

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ ТРАНЗИТНЫХ СООБЩЕНИЙ

*З.В. Альметова, О.Н. Ларин*

Разработаны методические основы интеграции транзитных сообщений путем создания транзитных терминалов в транспортной системе региона. Они обеспечивают снижение непроизводительных пробегов транзитного транспорта с учетом неравномерности грузопотоков по направлениям и регионам назначения. В качестве примера рассматривается абстрактная модель транспортной системы условного региона. Через регион проходят транзитные сообщения между четырьмя терминалами. Транзитные сообщения разделяются на «входящие» и «исходящие» в зависимости от направления. Рассматриваются терминалы разного уровня в качестве отправителей и получателей грузов. Для характеристики эффективности транзитных перевозок рассмотрены потенциальные, фактические, избыточные провозные возможности транспортной системы. При создании модели транзитных сообщений по территории региона определяются методические принципы их осуществления: принцип возвратности транспортного средства, минимизации порожних пробегов, максимального использования грузоподъемности транспортного средства. Приводится методика расчета «входящих» и «исходящих» объемов перевозок. Провозные возможности транспортной системы определяются с учетом объемов перевозок. Интеграция разнонаправленных по максимальной мощности транзитных грузопотоков обеспечивает снижение неравномерности объемов транзитных грузопотоков по всем направлениям, сокращение потенциальных и избыточных транзитных провозных возможностей транспортных систем и порожних пробегов транзитного транспорта.

**Ключевые слова:** транспортная система, транзитные сообщения, терминальные комплексы, провозные возможности, порожний пробег.

В Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года в качестве одной из главных целей развития отечественной транспортной системы определена необходимость ее интеграции в мировое транспортное пространство и реализация транзитного потенциала страны за счет повышения эффективности транзитных сообщений и развития транспортно-логистических центров на территории страны. Россия в силу своего выгодного географического положения обладает высоким транзитным потенциалом, но который пока недостаточно полно используется. Однако, несмотря на оказываемые в последние годы значительные меры государственной поддержки транспортной отрасли, связанные с реализацией крупных инвестиционных проектов по модернизации и строительству новых путей сообщения разных видов транспорта, созданию новых транспортно-логистических комплексов, средние скорости транзитных сообщений по территории страны остаются низкими, по-прежнему остается высокой доля порожних пробегов. На недостаточное количество транзитных терминалов, как на сдерживающий фактор развития транзитных перевозок по транспортным системам регионов, отмечается в [2, 3, 5]. Повышение эффективности межтерминальных транзитных перевозок сопровождается уменьшением коэффициента неравномерности грузопотоков, что может быть обеспечено только за счет интеграции в транзитном терминале разно-

направленных по максимальному объему встречных межтерминальных грузопотоков. Данная проблема является комплексной и требует не только экономической поддержки, но и научно-методического обеспечения.

В качестве примера рассмотрим абстрактную модель транспортной системы условного региона  $R$ , через который проходят транзитные сообщения между четырьмя связанными взаимным грузообменом терминалами  $P$ , через которые осуществляются перевозки грузов между отправителями и получателями  $p_i$ .

Все транзитные сообщения относительно каждого терминала в зависимости от их направления разделяются на «исходящие» и «входящие». Каждому терминалу-отправителю присваивается индекс  $i$ , если он является источником сообщений  $P_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), а всем другим корреспондирующим с ним терминалам присваивается индекс  $j$ , если они являются получателями данных сообщений  $P_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ), где  $n$  – общее количество терминалов отправления и назначения, проходящих по территории транзитного региона  $R$  (см. рисунок).

В качестве отправителей или получателей грузов могут выступать международные или отечественные терминалы, в том числе регионального уровня. Терминалы  $P_i$  и  $P_j$  расположены на некотором расстоянии  $l_{ij}$  друг от друга с учетом конфигурации транспортной сети.

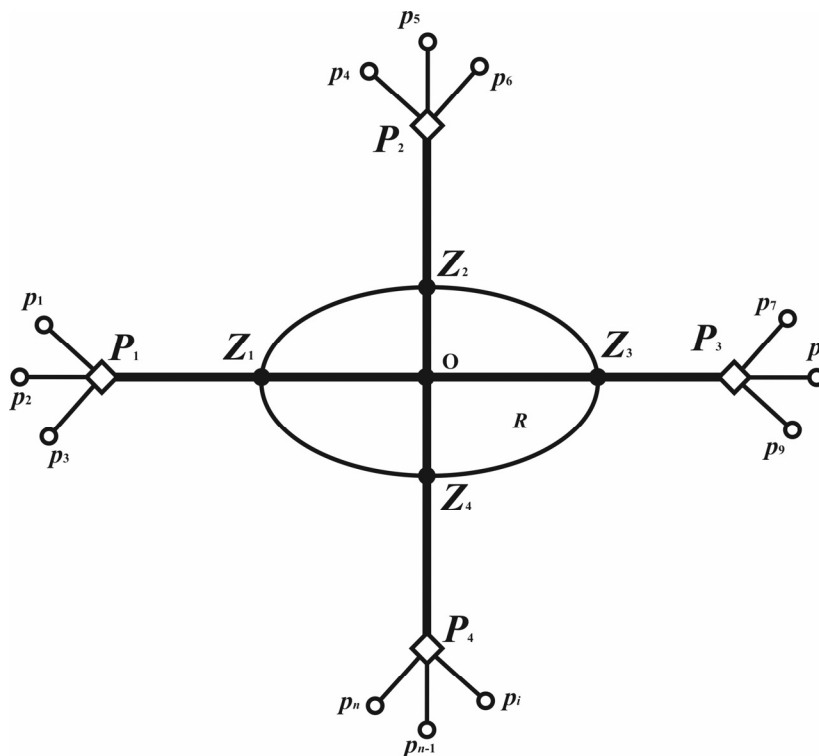


Схема транзитных сообщений между терминалами  $P_i$  по территории транзитного региона  $R$

Транзитные сообщения осуществляются по магистральной сети дорог с пересечением в точке  $O$ .

Расстояние между терминалами может быть представлено как сумма участков:

$$l_{ij} = l_{iO} + l_{Oj}. \quad (1)$$

Учитывая, что терминалы отправления и назначения могут находиться на сколько угодно большом расстоянии как друг от друга, так и территории транзитного региона, то для упрощения и корректности производимых расчетов предлагается все объемы грузопотоков из соответствующих терминалов «разместить» в условных местах «входа» и «выхода» магистральных дорог на транзитной территории в узлах  $Z$  с индексами  $i$  и  $j$ , соответствующими индексам связанных с ними терминалов-отправителей  $P_i$  и терминалов-получателей  $P_j$ .

Протяженность участков  $l_{P_i-Z_i}$  магистральных дорог от терминалов-отправителей  $P_i$  до связанных с ними узлов  $Z_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) на границе транзитной территории  $R$  и протяженность участков  $l_{Z_j-P_j}$  магистральных дорог от узлов  $Z_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) до терминалов-получателей  $P_j$  принимаются с учетом фактического расстояния перевозок.

Обозначим  $Q_{ij}$  ( $i, j = 1, 2, \dots, n$ ) объемы транзитных сообщений между терминалами  $P_i$  и  $P_j$ . Объемы перевозок внутри терминала имеют одинаковые индексы  $i = j$  и равны нулю.

Объемы «исходящих» перевозок  $Q_{ij}$  из терминала  $P_i$  в терминал  $P_j$  записываются в виде квадратной матрицы  $Q[i, j]$

$$Q = \begin{pmatrix} Q_{11} & Q_{12} & \dots & Q_{1j} \\ Q_{21} & Q_{22} & \dots & Q_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Q_{i1} & Q_{i2} & \dots & Q_{ij} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

в которой количество строк и столбцов соответствует количеству терминалов  $P_i$  и  $P_j$  ( $i, j = 1, 2, \dots, n$ ), а элементы  $Q_{ij} = 0$  для всех  $i = j$ , например,

$$Q = \begin{pmatrix} 0 & Q_{12} & Q_{13} & Q_{14} \\ Q_{21} & 0 & Q_{23} & Q_{24} \\ Q_{31} & Q_{32} & 0 & Q_{34} \\ Q_{41} & Q_{42} & Q_{43} & 0 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Если между какими-либо терминалами  $P_i$  и  $P_j$  отсутствуют сообщения  $u_{ij}$ , то на пересечении соответствующих строк и столбцов также ставится ноль.

Объемы «входящих» перевозок  $Q_{ji}$  в терминалы  $P_i$  из терминалов  $P_j$  являются элементами транспонированной матрицы  $Q^T[j, i]$ :

$$Q^T = \begin{pmatrix} Q_{11} & Q_{12} & \dots & Q_{1i} \\ Q_{21} & Q_{22} & \dots & Q_{2i} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Q_{j1} & Q_{j2} & \dots & Q_{ji} \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Для оценки эффективности работы транзитного транспорта рассмотрим следующие методические положения.

Основной характеристикой транспортной системы, отражающей ее возможности по перевозке грузов, является понятие «провозные возможности» [3, 5]. Для обобщенной характеристики эффективности перевозок транзитных грузов по транспортной системе используются понятия потенциальных, фактических и избыточных провозных возможностей транспортной системы.

В наиболее общем смысле потенциальные провозные возможности транспортной системы – это располагаемые, как фактически используемые, так и неиспользуемые, но имеющиеся ресурсы транспортной системы, предназначенные для осуществления транспортной работы.

Фактические провозные возможности определяются реальными объемами грузопотоков, обслуживаемых транспортной системой.

Если объемы грузопотоков по направлениям перевозок несбалансированны, то по направлению с наименьшим объемом грузопотока часть подвижного состава будет следовать в порожнем состоянии. Эта часть неиспользуемых ресурсов транспортной системы относится к избыточным провозным возможностям.

Избыточные провозные возможности – это располагаемые, но не используемые возможности транспортной системы по перевозке грузов в связи с отсутствием попутного грузопотока по направлению возвратного движения транзитного транспорта [4].

При создании модели транзитных сообщений по территории региона необходимо исходить из следующих методических принципов их осуществления:

– принцип возвратности. Каждое транспортное средство после выполнения перевозки должно возвратиться обратно в терминал первоначальной загрузки (в гараж, парк, в место постоянного пребывания и пр.) для выполнения нового цикла транспортировки;

– принцип минимизации порожних пробегов. При выполнении возвратной езды перевозчики стремятся обеспечить обратную загрузку подвижного состава при минимальном увеличении отклонения от обратного кратчайшего маршрута. Данный принцип может быть уподоблен принципу Гамильтона из классической механики [3];

– принцип максимального использования грузоподъемности транспортного средства. Если имеющийся объем отправки соответствует грузоподъемности двух транспортных средств, то этот объем не будет перераспределяться на большее количество транспортных средств. Данное правило отражается следующими условиями: если  $Q / q_n = n$ , то  $q_\phi \cdot \gamma \cdot n \rightarrow q_n \cdot n$ , так как  $q_\phi \cdot \gamma \rightarrow q_n$ .

Провозные возможности транспортной системы  $W_{ij}$  определяются с учетом запланированных объемов перевозок  $Q_{ij}$ :

$$W_{ij} = W(Q_{ij}). \quad (5)$$

Провозные возможности транспортной системы могут быть рассчитаны с использованием следующей аналитической модели [5]:

$$W = \frac{D_k A_{cn} \alpha_6 q_n \gamma T_n \beta V_m}{l_e + t_{n-p} v_T \beta}, \quad (6)$$

где  $W$  – провозные возможности транспортной системы, т/год;  $D_k$  – число календарных дней работы;  $A_{cn}$  – среднесписочное количество транспортных средств, ед./день;  $\alpha_6$  – коэффициент выпуска транспортных средств на линию;  $q_n$  – номинальная грузоподъемность транспортных средств, т;  $\gamma$  – коэффициент использования грузоподъемности транспортных средств;  $T_n$  – время в наряде, ч/день;  $\beta$  – коэффициент использования пробега;  $v_T$  – техническая скорость транспортных средств, км/ч;  $l_e$  – длина ездки с грузом (протяженность маршрута), км;  $t_{n-p}$  – время погрузки-разгрузки, ч.

Общий объем исходящих грузов  $Q_i$  из терминала-отправителя  $P_i$  в другие терминалы-получатели  $P_j$  по всем направлениям транзитных сообщений определяется на основании данных матрицы  $Q[i, j]$  по формуле:

$$Q_i = \sum_{j=1}^n Q_{ij}. \quad (7)$$

Общий объем входящих грузов  $Q_j$  в терминалы-получатели  $P_j$  из других терминалов-отправителей  $P_i$  может быть определен на основании данных транспонированной матрицы  $Q^T[j, i]$  по формуле:

$$Q_j = \sum_{i=1}^n Q_{ji}. \quad (8)$$

Фактический объем  $Q_{\phi ij}$  перевозимого груза по маршруту определяется с учетом номинальной грузоподъемности (вместимости) кузова  $q_{Hij}$  и в основном зависит от коэффициента  $\gamma$  использования грузоподъемности (вместимости) транспортного средства:

$$Q_{\phi ij} = q_{Hij} \gamma. \quad (9)$$

Протяженность  $L_{ij}$  транзитного маршрута  $M_{ij}$  между терминалами  $P_i$  и  $P_j$  определяется как сумма протяженности участка  $l_{P_i-Z_i}$  от терминала  $P_i$  до узла  $Z_i$ , протяженности участка  $l_{Z_i-Z_j}$  от узла  $Z_i$  до узла  $Z_j$ , протяженности участка  $l_{Z_j-P_j}$  от узла  $Z_j$  до терминала  $P_j$ :

$$L_{ij} = l_{P_i-Z_i} + l_{Z_i-Z_j} + l_{Z_j-P_j}. \quad (10)$$

Значения соответствующих переменных берутся по данным натурных обследований, либо может быть сделано допущение, что магистральные сети имеют крестообразную конфигурацию и связывают противоположные узлы  $Z$ , пересекаясь между собой в точке  $O$  по кратчайшему расстоянию. В этом случае протяженность магистральных

пути сообщения  $l_{Z_i-Z_j}$  между узлами рассчитывается по следующей формуле:

$$l_{Z_i-Z_j} = l_{Z_i-O} + l_{O-Z_j} = \sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2} + \sqrt{(x_j - x_0)^2 + (y_j - y_0)^2}, \quad (11)$$

где  $x_i, y_i, x_j, y_j, x_0, y_0$  – координаты соответственно  $i$ -го  $j$ -го узлов и центра пересечения магистралей.

Время оборота  $t_{обij}$  по маршруту  $M_{ij}$  для каждого транспортного средства рассчитывается на основе данных о протяженности маршрутного расстояния, средней технической скорости движения и времени на выполнение погрузочно-разгрузочных операций по всем терминалам погрузки и выгрузки груза:

$$t_{обij} = \frac{L_{спij}}{v_{Гij}} + \frac{L_{обрij}}{v_{Гij}} + t_{nij} + t_{pij} = \frac{L_{ij}}{v_{Гij} \beta_{ij}} + t_{n-pij} = \frac{2 \cdot L_{ij}}{v_{Гij}} + t_{n-pij}, \quad (12)$$

где  $L_{спij}$  – протяженность груженого пробега транзитного транспорта, км;  $L_{обрij}$  – протяженность обратного (в данном случае порожнего) пробега транзитного транспорта, км;  $L_{ij}$  – протяженность транзитного маршрута  $M_{ij}$ , км;  $v_{Гij}$  – средние технические скорости движения транзитного транспорта, км/ч;  $t_{nij}$  и  $t_{pij}$  – продолжительность времени погрузочных и разгрузочных работ соответственно, ч;  $t_{n-pij}$  – продолжительность погрузочно-разгрузочных работ, ч;  $\beta_{ij}$  – коэффициент использования пробега.

Продолжительность времени выполнения погрузочно-разгрузочных работ  $t_{n-pij}$  определяется с учетом норм на соответствующие операции  $t_{Hn}$  и  $t_{Hp}$  и фактической загрузки транспортного средства  $Q_{\phi}$  при движении по маршруту:

$$t_{n-pij} = t_{nij} + t_{pij} = (t_{Hrij} + t_{Hrij}) \cdot Q_{\phi ij} = (t_{Hrij} + t_{Hrij}) \cdot q_{Hij} \cdot \gamma. \quad (13)$$

Большинство транзитных маршрутов являются маятниковыми, при которых  $\beta = 0,5$ , поэтому вместо коэффициента  $\beta_{ij}$  может быть поставлена цифра два в числителе формулы (12). Поэтому производительность транспортного средства в связи с необходимым большим временем его работы на маршруте будет также почти в два раза ниже [1].

Фактический объем транспортной работы (грузооборот)  $G_{ij}$  по маршруту  $M_{ij}$  составит:

$$G_{\phi ij} = Q_{\phi ij} L_{ij}. \quad (14)$$

Фактический грузооборот  $G_i$  по каждому терминалу и по системе в целом  $G$  определяется суммированием грузооборота по маршрутам:

$$G_{\phi i} = \sum_{j=1}^n G_{\phi ij}. \quad (15)$$

$$G_{\phi} = \sum_{i=1}^n G_{\phi i}. \quad (16)$$

Рассчитанные показатели грузооборота характеризуют соответствующие затраты транспортной системы на перевозку фактических объемов грузопотоков, однако они не отражают потери от неэффективного использования части транзитного транспорта по мало загруженным направлениям, выполняющего возвратные пробеги в порожнем состоянии.

Наличие обратных, в том числе, порожних пробегов подвижного состава обусловлено необходимостью его возврата в первоначальный терминал загрузки. Принцип возвратности движения транспорта является основным принципом рациональной организации работы транспортных средств, так как если не обеспечивать возврат подвижного состава в терминал первоначальной загрузки, то для вывоза имеющихся грузов потребуются постоянное наращивание провозных возможностей в данном терминале. Соответственно об эффективности использования провозных возможностей транспортной системы можно судить по наличию и величине избыточных провозных возможностей, которые обусловлены в основном объективными факторами (несбалансированностью грузопотоков по направлениям), и характеризуют ориентировочную долю порожнего транспорта в общем составе транзитного потока, следующего по соответствующему направлению.

## Литература

1. Альметова, З.В. Использование транзитных терминалов для повышения эффективности транзитных перевозок / З.В. Альметова, О.Н. Ларин // *Отраслевой ежемесячный научно-производственный журнал «Автотранспортное предприятие»*. – 2014. – № 4. – С. 25–27.
2. Альметова, З.В. Оценка и прогнозирование эффективного развития транзитных грузовых перевозок Уральского региона автомобильным транспортом / З.В. Альметова, О.Н. Ларин, Э.И. Альметов // *Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика: материалы XI Всероссийской НПК студентов, аспирантов и молодых ученых 14–15 ноября 2013 г. (с международным участием)*. – Пермь: ПНИПУ, 2014. – Т. 2. – Р. 40–49.
3. Ларин, О.Н. Закономерности формирования транзитного потенциала: научная монография / О.Н. Ларин, Н.К. Горяев, З.В. Альметова. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2012. – 188 с.
4. Ларин, О.Н. Методология организации и функционирования транспортных систем регионов: монография / О.Н. Ларин; под ред. Л.Б. Миротина. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 205 с.
5. Логистика: управление в грузовых транспортно-логистических системах: учеб. пособие / под ред. Л.Б. Миротина. – М.: Юристъ, 2002. – 414 с.

Альметова Злата Викторовна. Кандидат технических наук, ст. преподаватель кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), zla.ta.almetova@yandex.ru

Ларин Олег Николаевич. Доктор технических наук, профессор кафедры «Логистика и управление транспортными системами», Московский государственный университет путей сообщения, larin\_on@mail.ru

Поступила в редакцию 14 ноября 2014 г.

**Bulletin of the South Ural State University  
Series "Economics and Management"  
2014, vol. 8, no. 4, pp. 159–163**

## METHODOLOGICAL PRINCIPLES OF TRANSIT TRAFFIC FORMALIZATION

**Z.V. Almetova**, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

**O.N. Larin**, Moscow State University of Railway Engineering, Moscow, Russian Federation

The methodological bases for the integration of transit traffic are developed by creating transit terminals in the transport system of the region. They ensure the reduction of unproductive runs of transit transport taking into account the irregularity of freight traffic in the areas and regions of destination. An abstract model of the transport system in a conditional region is considered as an example. The transit traffic is organized between four terminals across the region. The transit communication is divided into "incoming" and "outgoing" depending on the direction. The terminals of different levels are considered as freight forwarder and receiver. Potential, actual and excess traffic capacities of the transport system are examined to characterize the efficiency of transit transport. When creating a model of transit traffic across the region methodological principles of its implementation are specified: principle of vehicle return, minimization of empty runs, and maximum use of a freight-carrying capacity of the vehicle. The technique of calculating the "incoming" and "outgoing" traffic volumes is provided. The freight capacities of the transport system are determined taking into the consideration the traffic volume. The integration of multidirectional in the context of maximum capacity of transit traffic ensures the reduction of irregularity of transit transportation volumes in all directions, the reduction of potential and excessive transit transport opportunities of transport systems and empty runs of transit transport.

**Keywords:** transport system, transit traffic, terminal complexes, traffic capacity, empty run.

### References

1. Al'metova Z.V., Larin O.N. [The use of transit terminals to improve the efficiency of transit traffic]. *Otrastevoy ezhe mesyachnyy nauchno-proizvodstvennyy zhurnal "Avtotransportnoe predpriyatie"* [Industry-specific scientific and production monthly magazine "Automobile Operating Company"]. 2014, no. 4, pp. 25–27. (in Russ.)
2. Al'metova Z.V., Larin O.N., Al'metov E.I. [Evaluation and prediction of the effective development of transit freight in the Ural region by motor transport]. *Ekologiya i nauchno-tekhnicheskij progress. Urbanistika* [Ecology and scientific and technical progress. Urban Studies]. Proceedings of XI All-Russian Research and Practical Conference for students, postgraduate students and young scientists, 14–15 November, 2013 (with international participation). Perm, Publishing house PNIPU, 2014, vol. 2, pp. 40–49. (in Russ.)
3. Larin O.N., Goryaev N.K., Al'metova Z.V. *Zakonomernosti formirovaniya tranzitnogo potentsiala* [Transit Potential Formation]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2012. 188 p.
4. Larin O.N. *Metodologiya organizatsii i funktsionirovaniya transportnykh sistem regionov* [Methodology of the Organization and Functionality of the Regional Transport Systems]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2007. 205 p.
5. Mirotin L.B. (Ed.) *Logistika: upravlenie v gruzovykh transportno-logisticheskikh sistemakh* [Logistics: management in freight transport and logistics systems]. Moscow, Yurist Publ., 2002. 414 p.

**Almetova Zlata Viktorovna.** Candidate of Sciences (Engineering), senior teacher, Department of Automobile Transport Exploitation, South Ural State University, Chelyabinsk, zla.ta.almetova@yandex.ru

**Larin Oleg Nikolaevich.** Doctor of Science (Engineering), professor, Department of Logistics and Transportation Systems Management, Moscow State University of Railway Engineering, larin\_on@mail.ru

Received 14 November 2014