УДК 656.13.07:681.518. (075.32)

© Ю. Г. Котиков, д-р техн. наук, профессор
© Ф. Ю. Котов, магистрант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: cotikov@mail.ru, filkotov@mail.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2017-14-5-149-156

© Ju. G. Kotikov, Dr. Sci. Tech., Professor
© F. Ju. Kotov, undergraduate
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: cotikov@mail.ru, filkotov@mail.ru

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ТРЕХУРОВНЕВОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК В МУЛЬТИПОРТОВОЙ ЗОНЕ ЛЕНИНГРАДСКОГО РЕГИОНА

PRESENTATION OF A THREE-LEVEL ORGANIZATION OF FREIGHT ROAD TRANSPORT IN THE MULTI-PORT ZONE OF THE LENINGRAD REGION

Рассматривается возможность применения трехуровневой системы перевозок в мультипортовой зоне Ленинградского региона (ЛР). На основе изучения зарубежного опыта делается вывод, что для повышения эффективности системы перевозок региона необходимо развивать систему тыловых терминалов. Использован модифицированный гравитационный метод размещения распределительных терминалов. Формируется база геоданных опорного каркаса дорог, портов и промышленных зон ЛР. Производится отбор промышленных зон, подходящих для размещения распределительных пунктов. Приводится пример расчета «меры транспортного притяжения» по методу О. Н. Числова для выбранных промышленных зон. Рассчитывается стоимость перегрузки одной тонны груза на выбранном терминале.

Ключевые слова: транспорт, ГИС, хаб, мультипортовая зона, сухой порт.

The paper discusses the possibility of applying a three-level freight system in multiport area of Leningrad region (LR). On the basis of foreign experience, the authors make a conclusion, that the system of rearward terminals should be developed in order to reclaim the loss of expected profit. A modified gravity method of distribution terminals placement is applied. A database containing geo-data on basic skeleton of roads, ports and industrial areas of LR is formed. A selection of industrial areas suitable for placing allocation terminals is carried out. A calculation of "transport attraction measure" for a certain number of selected industrial areas completed by the method of O. N. Chislov is given as an example. The cost of reloading (for one ton of cargo in a selected terminal) is reported.

Keywords: transport, GIS, hub, multiport area, dry port.

Транспортная отрасль является динамично растущей ветвью экономики Ленинградского региона (ЛР). Почти четверть грузооборота страны приходится на порты региона. По территории ЛР проходит транзит грузов из стран Юго-Восточной Азии в Западную Европу и обратно. Богатые собственные ресурсы ЛР иницируют и свои значительные грузопотоки.

Доступ к Балтийскому морю стимулирует развитие портовых мощностей и строительство новых портово-технологических комплексов. На территории ЛР расположены пять морских торговых портов, образующих мультипортовую зону: Большой порт Санкт-Петербург; Мор-

ские порты (МП) Усть-Луга, Приморск, Выборг. Актуальной задачей для страны является создание в этой зоне мультипортового транспортно-логистического кластера (ТЛК).

Известны три типа ТЛК — портовые, пограничные, региональные [1]. Определим мультипортовый кластер как группу близко расположенных портов с общим прилегающим региональным ареалом, обладающую передовыми технологиями и организацией продвижения и обработки массовых потоков грузов через регион.

Мировые мультипортовые кластеры характеризуются наработанным подобием схем организации продвижения и обработки больших

грузопотоков — как через собственно порты (шлюзы — gateway), так и в континентальной зоне притяжения портов (hinterland).

Одним из путей решения проблем как мультипортовой зоны ЛР, так и дальних транспортных коридоров является внедрение так называемых «сухих портов» как минимум с двумя целями: 1) оперативного вывода грузопотоков из морских портов; 2) формирования на базе сухих портов системы распределительных пунктов — хабов [2, 3]. Хаб — вершина, которая обрабатывает существенное количество трафика и подключает элементы той же самой транспортной сети или различные по масштабу сети [4].

Сухие порты являются промежуточными терминалами на пути грузов к конечным адресатам ЛР либо на сухих мостах к дальним терминалам страны.

В случае мультипортового кластера возникает как минимум трехуровневая транспортно-логистическая сеть с перекрестными связями, упрощенное представление которой отображено на рис. 1. Создание системы сухих портов ЛР на основе подобной схемы представляется нам настоящей проблемой экономики региона.

Фрагментом этой проблемы является задача оптимального размещения множества сухих портов. Представим один из возможных способов решения этой задачи средствами ГИС на

Рис. 1. Обобщенный граф трехуровневой транспортно-логистической сети ЛР: красные треугольники — морские порты; звездочки — сухие порты; черные кружки — промышленные зоны и/или конечные терминалы

базе статистических и картографических материалов по Ленинградской области.

Проектирование сухих портов производится с учетом долгосрочной перспективы, поэтому необходимо учитывать критерий оценки вариантов размещения — «меру транспортного притяжения» [5].

Для ее оценки воспользовались модифицированным гравитационным методом О. Н. Числова и В. Л. Люц [6]. Можно использовать дробно-степенную функцию по формуле

$$W_{ij} = a_j \frac{a_{ij} Q_j}{l_{ij}^2}, \quad (1)$$

где a_{ij} — объем портового грузопотока, обслуживаемого терминалом; Q_j — мощность терминала; l_{ij} — расстояние между морским портом и сухим портом; a_j — коэффициент транспортной работы.

Коэффициент транспортной работы рассчитывается по формуле

$$a_j = \frac{P_{ij}}{P_{\text{общ}}}, \quad (2)$$

где P_{ij} — тонно-километровая (т-км) работа по доставке грузов для i -го варианта размещения порта и j -го варианта размещения сухого порта; $P_{\text{общ}}$ — общая транспортная работа, т-км.

Из формулы (1) следует, что чем больше величина показателя W_{ij} , тем выше специализация складской инфраструктуры, меньше расходы на подготовку к транспортировке грузов и потери при доставке.

Для получения исходных данных для расчета по методу О. Н. Числова и В. Л. Люц разработана ArcGIS-модель. В процессе работы размещены грузогенерирующие и грузопоглощающие объекты ЛР [7]. На основе экспертного метода исследования были отобраны восемь промышленных зон, подходящих для размещения сухих портов: «Гаврилово»; «Парголово»; «Офицерское село»; «Шушары-Красноборск»; «Уткина Заводь»; «Кирпичный завод»; «Тосно»; индустриальный парк «Кириши Левобережный». Графическое отображение выбранных участков на модели приведено на рис. 2.

На основе данной концепции был предложен вариант создания системы перевозок мультипортовой зоны ЛР, состоящий из трех «поясов». Первый «пояс» — порты ЛР (грузогенерирующие объекты), второй «пояс» — хабы; третий

«пояс» — промышленные зоны ЛР (грузопоглощающие/генерирующие объекты).

Различные сухие порты классифицируются согласно их функциям и расстояниям от морского порта [8, 9]. Выделяют три основных категории сухих портов: ближние (до 100–150 км), среднеотдаленные (до 400–500 км), дальние (более 500 км). Связано это не только с расстоянием, но также с модальными и организационно-технологическими особенностями транспортировки [10].

В качестве хаба в данном случае выступает ближний сухой порт, отобранный по методу О. Н. Числова и В. Л. Люц. Ближние сухие порты предлагают морским портам место для склада и также увеличенные пропускные способности терминала. Ближний сухой порт предлагает консолидацию для автомобильных перевозок к/от морского порта. Прямое железнодорожное сообщение между сухим портом и морским портом разгружает улицы портового города [11].

Далее в ArcGIS были построены геопривязанные матрицы корреспонденций, позволяющие определить географическую доступность и рас-

стояния между пунктами [12]. Данные матрицы приведены на рис. 3–6.

Отметим, что на карте выводятся прямые линии (соответствующие связям матриц), а не реальные пути, следующие по сети, однако реальные значения длин маршрутов по сети заносятся в таблицу атрибутов. По данным приведенных матриц с использованием формул (1) и (2) при помощи ПО Excel далее были рассчитаны следующие частные матрицы: расстояний, объемов потребления, общей транспортной работы, коэффициентов транспортной доступности. Результатом этих вычислений стало построение итоговой матрицы гравитационных связей (табл. 1).

В итоге наиболее выгодными зонами с точки зрения использования метода О. Н. Числова и В. Л. Люц стали следующие:

- промышленная зона «Офицерское село»;
- индустриальный парк «Кириши Левобережный»;
- промышленная зона «Уткина Заводь»;
- промышленная зона «Шушары–Красноборск».

Рис. 2. Схема размещения сухих портов в ЛР

Рис. 3. Матрица «источник–назначение» морских портов и промышленных зон

Рис. 4. Матрица «источник–назначение» морских портов и сухих портов

Рис. 5. Матрица «источник–назначение» сухих портов и промышленных зон

Рис. 6. Матрица расстояний между сухими портами

Таблица 1

Матрица гравитационных связей

Название	Морские порты			Сухие порты		Сумма
	Новая Гавань	...	Приморск	Кирпичный завод	Кириши	
Офицерское село	2,73	...	16 992,56	274,65	802,35	480 586
Парголово	2,39	...	20 634,63	441,78	743,82	127 488
Шушары-Красноборск	2,32	...	15 768,83	353,61	866,17	187 495
Уткина Заводь	2,16	...	15 276,37	450,74	779,83	135 904
Тосно	1,61	...	10 436,39	159,96	949,60	82 977
Гаврилово	1,39	...	26 241,25	72,45	329,23	67 001
Кирпичный завод	1,47	...	11 818,73	7061,64	563,40	74 043
Кириши	0,40	...	2147,44	0,37	3 616 722,00	3 627 123

В процессе работы на основании расчетов по методу О. Н. Числова и В. Л. Люц были рассмотрены два варианта организации перевозочного процесса:

- без использования хаба;
- с использованием хаба.

Размещение хаба было произведено в промышленной зоне «Офицерское село» по результатам расчета «меры транспортного притяжения». Варианты организации перевозочного процесса приведены на рис. 7 и 8.

Для сравнения двух вариантов организации движения была произведена калькуляция себестоимости по статьям затрат: время на перевозку, затраты на топливо, горюче-смазочные материалы, техническое обслуживание и ремонт, на восстановление и ремонт шин, на оплату труда водителей с учетом НДС. С учетом всех перечисленных затрат вариант перевозочного процесса с хабом уменьшает затраты на перевозку на 22 % (табл. 2).

Производился расчет стоимости перегрузки одной тонны груза на терминале «Офицерское

Рис. 7. Матрица «источник–назначение» для варианта без хаба

Рис. 8. Матрица «источник–назначение» для варианта с хабом

село». Была составлена смета капитальных вложений и произведен расчет амортизационных отчислений. Себестоимость перегрузки одной тонны груза составила 11,1 руб./т. Годовая прибыль от размещения хаба на выбранном терминале составит 10 млн руб.

В качестве заключения, несмотря на условный и приближенный характер приведенного примера, показана, как нам представляется, состоятельность способа решения задачи размещения сухих портов мультипортового кластера средствами ГИС. Естественно, предложенная

методология требует дальнейшего развития и атрибутивного обогащения.

Отметим также, что созданию системы сухих портов в ЛР препятствует относительно слабое развитие транспортной инфраструктуры региона (в сравнении с мировыми полюсами транспортно-логистической активности). Решение же транспортных проблем региона придаст импульс для развития всей системы хабов ЛР и позволит приблизить логистическую инфраструктуру ближе к заказчику [13].

Библиографический список

1. Смирнов И. Г. Процессы транспортно-логистической кластеризации в Европейском союзе и Украине: региональный аспект. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/protsessy-transportno-logisticheskoy-klasterizatsii-v-evropeyskom-soyuze-i-ukraina-regionalnyy-aspekt>
2. Программа развития транспортной системы Санкт-Петербурга и Ленинградской области на период до 2020 года. Т. 6. URL: <http://www.spbtrd.ru/program-development/>
3. Гапочка А. А. Международные морские порты-хабы как фактор развития региона Балтийского региона. URL: <https://disser.spbu.ru/files/disser2/disser/1WXZVyzNrc.pdf>
4. Котиков Ю. Г. Транспортно-логистические кластеры. СПб.: СПбГАСУ, 2017. 178 с.

Таблица 2

Сравнение показателей двух вариантов организации автомобильных перевозок

Параметры	Без хаба	С хабом
Время, ч	36,0	23,1
Затраты на топливо, руб.	13 281 169,3	8 224 673,6
Затраты на ГСМ, руб.	1 770 343,9	1 096 326,8
Затраты на ТО и Р, руб.	179 000,0	121 000,0
Затраты на восстановление и замену шин, руб.	1 660 211,3	1 028 124,5
Затраты на оплату труда с учетом НДС, руб.	15 424 500,0	15 424 500,0
Итого, руб.	32 315 224,6	25 894 624,8

5. Кудрявцев И. В., Котиков Ю. Г. Комбинированный способ размещения концентрирующего тылового терминала Усть-Лужского морского порта // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 6 (59). С. 225–230.

6. Числов О. Н., Люц В. Л. Модифицированный гравитационный метод в размещении распределительных терминалов портовых железнодорожных транспортно-технологических систем. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modifitsirovanny-gravitatsionny-metod-v-razmeschenii-raspredelitelnyh-terminalov-portovyh-zheleznodorozhnyh-transportno>

7. Kotikov Ju. Geographic information system modelling of freight transport and logistics in Saint Petersburg, Russia. URL: <http://www.icevirtuallibrary.com/doi/full/10.1680/cien.14.00026>

8. Roso V., Woxenius J., Lumsden K. The dry port concept: connecting container seaports with the hinterland. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966692308001245>

9. Roso V. Dry port logistics 2015. URL: <http://www.slideshare.net/MehmetInanir/dry-port-logistics-2015>.

10. Котиков Ю. Г., Олещенко Е. М. Аспекты моделирования мультипортовой мультимодальной сети Ленинградского региона.

11. Галин А. В. Сухие порты как часть транспортной инфраструктуры. Направления развития // Вестник ГУМРФ им. адмирала С. О. Макарова. Вып. 2. С. 87–97. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/suhie-porty-kak-chast-transportnoy-infrastruktury-napravleniya-razvitiya/> (дата обращения: 30.06.2017).

12. Геоинформационные системы ESRI. URL: <https://www.esri-cis.ru/arccgis/>

13. Казначеев Д. А. Организация хабов как условие развития транспортной инфраструктуры российских регионов. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/organizatsiya-habov-kak-uslovie-razvitiya-transportnoy-infrastruktury-rossijskih-regionov>

References

1. Smirnov I. G. *Protsessy transportno-logisticheskoy klasterizatsii v Evropeyskom soyuze i Ukraine: regional'nyy aspekt* [The processes of transport and logistic clustering in the European Union and Ukraine: regional aspect]. Available at: <http://cyberleninka.ru/article/n/protssy-transportno-logisticheskoy-klasterizatsii-v-evropeyskom-soyuze-i-ukraina-regionalnyy-aspekt>

2. *Programma razvitiya transportnoy sistemy Sankt-Peterburga i Leningradskoy oblasti na period do 2020 goda* [Program of development of the transport system of St. Petersburg and the Leningrad Region up to 2020]. Vol. 6. Available at: <http://www.spbtrd.ru/program-development>

3. Gapochka A. A. *Mezhdunarodnye morskije porty-khaby kak faktor razvitiya regiona Baltijskogo regiona*

[International seaports-hubs as factor of the Baltic Region development]. Available at: <https://disser.spbu.ru/files/disser2/disser/1WXZVyzNrc.pdf>

4. Kotikov Ju. G. *Transportno-logisticheskie klastery* [Transport and logistics clusters]. St. Petersburg, SPSUACE Publ., 2017, 178 p.

5. Kudryavtsev I. V., Kotikov Ju. G. *Kombinirovannyi sposob razmeshcheniya kontsentriruyushchego tylovogo terminala Ust'-Luzhskogo morskogo porta* [Combined method of placement of the concentrating rear port terminal in Ust-Luga]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2016, no. 6 (59), pp. 225–230.

6. Chislov O. N., Lyuts V. L. *Modifitsirovannyi gravitatsionnyy metod v razmeshchenii raspredelitel'nykh terminalov portovykh zheleznodorozhnykh transportno-tekhnologicheskikh sistem* [The modified gravitational method in placement of distributive terminals of port railway transport and technological systems]. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/modifitsirovanny-gravitatsionny-metod-v-razmeschenii-raspredelitelnyh-terminalov-portovyh-zheleznodorozhnyh-transportno>

7. Kotikov Ju. *Geographic information system modelling of freight transport and logistics in Saint Petersburg, Russia*. Available at: <http://www.icevirtuallibrary.com/doi/full/10.1680/cien.14.00026>

8. Roso V., Woxenius J., Lumsden K. *The dry port concept: connecting container seaports with the hinterland*. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966692308001245>

9. Roso V. *Dry port logistics 2015*. Available at: <http://www.slideshare.net/MehmetInanir/dry-port-logistics-2015>.

10. Kotikov Ju. G., Oleshchenko E. M. *Aspekty modelirovaniya mul'tiportovoy mul'timodal'noy seti Leningradskogo regiona* [Aspects of simulation of a multiport multimodal network in the Leningrad region].

11. Galin A. V. *Sukhie porty kak chast' transportnoy infrastruktury. Napravleniya razvitiya* [Dry ports as part of transport infrastructure. The directions of development]. *Vestnik GUMRF im. admirala S. O. Makarova – Bulletin of the Admiral S. O. Makarov GUMRF*, iss. 2, pp. 87–97. Available at: <http://cyberleninka.ru/article/n/suhie-porty-kak-chast-transportnoy-infrastruktury-napravleniya-razvitiya/> (accessed: 30.06.2017).

12. *Geoinformatsionnye sistemy ESRI* [ESRI geographic information systems]. Available at: <https://www.esri-cis.ru/arccgis/>

13. Kaznacheev D. A. *Organizatsiya khabov kak uslovie razvitiya transportnoy infrastruktury rossiyskikh regionov* [Organization of hubs as condition of transport infrastructure development in Russian regions.]. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/v/organizatsiya-habov-kak-uslovie-razvitiya-transportnoy-infrastruktury-rossijskih-regionov>