УДК 656.13.07:681.518.(075.32)

© Ю. Г. Котиков, д-р техн. наук, профессор

© А. В. Масимов, магистрант

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: cotikov@mail.ru, karma394@mail.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2017-14-2-251-256

© Ju. G. Kotikov, Dr. of Sci. Tech., Professor

© A. V. Masimov, undergraduate

(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)

E-mail: cotikov@mail.ru, karma394@mail.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК УСТЬ-ЛУЖСКОГО МОРСКОГО ПОРТА В ГОРОДА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

IMPROVEMENT OF AUTOMOBILE TRANSPORTATIONS FROM UST-LUGA SEAPORT TO THE CITIES OF THE EUROPEAN PART OF RUSSIA

Рассмотрены перспективы развития автомобильных перевозок Усть-Лужского морского порта в города европейской части России. Выбран инструмент ArcGIS, позволивший обработать и отобразить пространственную информацию дорожной сети. Описан процесс построения базы данных и опорного каркаса дорог. Разработан блок перевозок ArcGIS-модели. Проведен расчет и анализ перевозок. Даны рекомендации по развитию автомобильных перевозок.

Ключевые слова: Усть-Луга, морской порт, ArcGIS, автомобильный транспорт.

The article considers the prospects of developing the automobile transportations from Ust-Luga seaport to the cities located in the European part of Russia. The authors propose using the ArcGIS geographic-information system, which allows to process and display the spatial information of the road network. Process of creation of the database and road network basic framework is described. The block of transportations of the ArcGIS-model is developed. Recommendations about development of automobile transportations are made.

Keywords: Ust-Luga, seaport, ArcGIS, motor transport.

Усть-Лужский морской порт (УЛМП) — это современный многофункциональный порт, приспособленный для перевалки множества различных видов грузов. Он играет важную роль в организации транзитных грузовых перевозок в пределах Евро-Азиатской транспортной инфраструктуры. В ареале порта и прилежащих территориях на площади более 400 га развивается промышленно-логистическая зона. Значительная территория отведена под складскую зону, на которой имеются склады открытого и закрытого типа хранения, а также современное оборудование для обработки контейнеров и других грузов.

Важным конкурентным преимуществом УЛМП является относительная удаленность от населенных пунктов и отсутствие существенных ограничений по расширению портовой инфраструктуры. Развитие автомобильных дорог (АД), обеспечивающих работу порта, осуществляется с выходом на КАД СПб и на федеральную трассу СПб — Таллин. Расположение порта требует

формирования оптимальных маршрутов доставки грузов в Москву и другие области европейской части (ЕЧ) России [1].

Как известно, автомобильный транспорт (АТ) России имеет ряд проблем: требуется дальнейшее развитие сети АД, обеспечение регулярности и повышение скоростей движения (доставки), более полное обеспечение безопасности движения и сохранение биосферы среды. Поставленная нами цель — на базе анализа грузовых перевозок УЛМП выявить пути совершенствования автомобильных перевозок этого порта в ареале ЕЧ РФ, — естественно, должна рассматриваться с учетом решения перечисленных проблем.

Для достижения названной цели необходимо было осуществить следующие действия:

1. В среде ГИС сформировать базу геоданных (БГД) Опорного каркаса дорог ЕЧ РФ.

2. Отобразить на фоне Опорного каркаса размещение крупных логистических центров ЕЧ РФ.

3. Разработать блок перевозок ГИС-модели.

4. На основе анализа перевозок по ЕЧ РФ с использованием ГИС-модели сформировать рекомендации по совершенствованию автомобильных перевозок УЛМП в ареале ЕЧ РФ.

Формирование базы геоданных и построение Опорного каркаса дорог

Для проведения исследования, в том числе построения БГД и Опорного каркаса дорог, нами использовано программное обеспечение (ПО) ArcGIS — наиболее продвинутая ГИС с мощным инструментарием, позволяющая обрабатывать, визуализировать и анализировать большие объемы многомерной статистической информации и, в частности, осуществлять оптимизацию маршрутов следования транспорта [2–4].

При построении каркаса дорог за основу была взята «Национальная программа модернизации и развития АД РФ до 2025 года» [5]. Результат формирования каркаса АД ЕЧ РФ отражен на рис. 1.

На этом рисунке Опорный каркас существующих дорог обозначен синей линией, а проектных дорог — красной пунктирной линией.

Разработанная нами БГД содержит Опорный каркас АД, имеющий информацию о каждом участке дорожной сети с параметрами: протяженность участка, количество полос, скорости

движения и другие. Предусматривалось последующее наполнение БГД информацией о логистических объектах ЕЧ РФ.

Размещение крупных логистических центров

При размещении логистических центров в ГИС-модели использовались данные Транспортной стратегии РФ на период до 2030 г. [6]. На рис. 2 отображены наиболее крупные логистические центры в ЕЧ РФ, размещенные в Санкт-Петербурге, Москве, Саратове, Нижнем Новгороде и Великом Новгороде, Республике Татарстан и Ростове-на-Дону.

На рис. 3 представлено размещение в ArcMap (основное приложение ArcGIS) логистического центра Сормово Нижегородской области, обладающего современной многосторонней транспортно-логистической инфраструктурой.

Разработка блока перевозок ArcGIS-модели

Для проведения оптимизационных расчетов, в рамках выработки рекомендаций по совершенствованию автомобильных перевозок, необходима модель перевозок.

В линейке продуктов ArcGIS имеется мощный модуль сетевого анализа — Network Analyst. Он позволяет генерировать путевые листы по маршрутам, которые отражают текущие настройки имитационной модели: целевые функ-

Рис. 1. Опорный каркас существующих и проектных дорог

Рис. 2. Расположение логистических центров в ArcMap (основном приложении ArcGIS)

ции (минимум времени, либо пути доставки, либо других стоимостных величин), единицы измерения, полнота вывода информации о движении, символика отображения и другое [2–4].

На рис. 4 представлен пример поиска наилучшего маршрута из Усть-Луги в Великий Новгород.

Посредством Network Analyst для каждого привлеченного логистического центра ЕЧ РФ

производился сравнительный анализ минимум для двух вариантов перевозки из УЛМП: по существующим АД и некоторым перспективным (проектным) АД. На рис. 4 желтой линией обозначен маршрут движения автотранспортного средства (АТС) по существующей дороге (№ 1), красной линией — по проектной дороге (№ 2).

Посредством Network Analyst был составлен маршрутный лист движения транспорта.

Рис. 3. Логопром Сормово в Нижнем Новгороде

Рис. 4. Маршруты № 1 и № 2 Усть-Луга — Великий Новгород

На рис. 5 представлены путевые листы к маршрутам № 1 (существующий) и № 2 (перспективный) Усть-Луга — Великий Новгород.

Аналогично построены маршруты из Усть-Луги до остальных привлеченных логистических центров ЕЧ РФ. В результате это дало основу для проведения дальнейших расчетов технико-

экономических показателей (ТЭП) и формирования некой обобщающей картины перевозок.

Расчеты и анализ в среде ГИС ArcGIS

Для проведения расчетов себестоимости перевозок с целью экономического сравнения существующего маршрута с проектным необходимо выбрать подвижной состав.

Путевой лист (Маршрут)

Маршрут: Графический указатель 1 - Графический указатель 2			312 км	5 ч. 18 мин.
1:	Начните движение от Графический указатель 1			
2:	Поезжайте на северо-восток	416 м	1 мин.	
3:	Поверните налево	1,2 км	1 мин.	
4:	Поверните направо	3,2 км	4 мин.	
5:	Поверните налево	140 км	2 ч. 42 мин.	
6:	Продолжайте движение по М-10 Е-105	990 м	1 мин.	
7:	Продолжайте движение	117 м	< 1 мин.	
8:	Поверните налево на RR2	82 км	49 мин.	
9:	Поверните налево на Развязки	189 м	< 1 мин.	
10:	Слегка поверните направо на Р-35	885 м	1 мин.	
11:	Слегка поверните налево	22 км	26 мин.	
12:	Поверните налево	11,5 км	14 мин.	
13:	Поверните направо	14,1 км	17 мин.	
14:	Слегка поверните налево	31 км	37 мин.	
15:	Поверните направо	3,4 км	4 мин.	
16:	Поверните налево	1,4 км	1 мин.	
17:	Завершите движение в Графический указатель 2, на правой стороне			
Время в пути: 5 ч. 18 мин.			Протяженность маршрута: 312 км	

Путевой лист (Маршрут)

Маршрут: Графический указатель 2 - Графический указатель 3		257 км	2 ч. 57 мин.
1:	Начните движение от Графический указатель 2		
2:	Поезжайте на юго-восток	1,4 км	1 мин.
3:	Поверните направо	2,9 км	3 мин.
4:	Поверните налево	159 км	1 ч. 47 мин.
5:	Поверните налево	87 км	58 мин.
6:	Резко поверните налево	2,7 км	3 мин.
7:	Резко поверните налево	3,7 км	4 мин.
8:	Поверните налево	457 м	1 мин.
9:	Завершите движение в Графический указатель 3, на правой стороне		
Время в пути: 2 ч. 57 мин.			
Протяженность маршрута: 257 км			
<div><div>Опции...</div><div>Просмотр...</div><div>Сохранить как...</div><div>Печать</div><div>За...</div></div>			

Рис. 5. Путевые листы маршрутов № 1 (слева) и № 2 (справа)

Из множества АТС методом ранжированных показателей был выбран подвижной состав, в результате чего наиболее приемлемым явился седельный тягач МАЗ-5440А9, представленный в табл. 1 [7].

В качестве примера приведем результаты расчета по доставке груза от порта Усть-Луга до Великого Новгорода в 40-футовом контейнере весом 21 т. По алгоритму расчета ТЭП (по работе [8]) проведена калькуляция себестоимости перевозок на одну единицу транспортной работы.

Как видим, вариант доставки по маршруту № 2 (проект) (табл. 2) позволяет сократить затраты, связанные с перевозкой, приблизительно на 18 %.

Аналогичные операции были проведены с другими вариантами доставки груза от УЛМП до привлеченных логистических центров ЕЧ

России. Выгода от перевозки по проектным дорогам составила около 7 % (рис. 6).

Рекомендации по совершенствованию автомобильных перевозок УЛМП

Построив Опорный каркас сети существующих и перспективных (проектных) АД в ArcMap с учетом скоростей движения по этим АД, а также произведя расчет и анализ маршрутов в среде Network Analyst, установили, что при движении АТС по проектным дорогам длины маршрутов и значения времени оборота сокращаются, и, как следствие, идет сокращение условно-переменных затрат.

Из этого следует, что для налаживания процесса взаимодействия УЛМП и автомобильного транспорта, обслуживающего перевозки в Европейской части России, необходимо осуществить ряд мероприятий:

Таблица 1

Выбор АТС методом ранжированных показателей

Показатель	Тягач			Ранг
	МАЗ-5440А9	МАЗ-6440РА	МАЗ-642505-233	
Мощность двигателя, кВт	303 (0,68)	441 (1)	243 (0,55)	4
Максимальная скорость, км/ч	90 (1)	90 (1)	75 (0,83)	3
Расход топлива, л/100 км	23,8 (1)	35 (0,68)	35,5 (0,67)	1
Стоимость, млн руб.	2,853 (0,79)	4 (0,56)	2,25 (1)	2
Сумма приведенных долей	1,9	1,54	1,58	—

Примечание. В скобках даны доли соответствующего показателя от экстремального по строке. Названные доли, участвуя в комбинации по столбцу с рангами в качестве весов, образуют суммы приведенных долей, являющиеся критериями выбора.

Таблица 2

Результат расчета параметров на одну машину для различных маршрутов

Показатель	Усть-Луга — Великий Новгород		Показатель	Усть-Луга — Великий Новгород	
	Маршрут № 1	Маршрут № 2		Маршрут № 1	Маршрут № 2
Время движения t_d , ч	5,30	2,95	Стоимость топлива C_r , руб.	11 194	9220
Длина маршрута l_m , км	312	257	Стоимость шин с учетом затрат на их восстановление $C_{ш}$, руб.	1641	1351
Время оборота $t_{об}$, ч	12,08	7,38	Стоимость смазочных материалов $C_{см}$, руб.	3280	2702
Транспортная работа за оборот $P_{об}$, т · км	6552	5397	Фонд оплаты труда за оборот ФОТ _{об} , руб.	3007	2477
Пробег за оборот $L_{об}$, км	624	514	Общие затраты, руб.	19 122	15 750
Коэффициент использования пробега β	0,5	0,5	Разница затрат, руб.	3372	

Показатель	Великий Новгород		Москва		Ростов-на-Дону		Саратов		Нижегород		Свияжск	
	№1	№2	№1	№2	№1	№2	№1	№2	№1	№2	№1	№2
Общ. Затраты	19122,70	15751,71	53690,65	49461,60	119149,12	113387,80	104132,90	99842,55	77164,99	72935,93	98432,86	92548,96
Разница, руб	3370,99		4229,06		5761,33		4290,35		4229,06		5883,91	

Рис. 6. Результаты расчетов по всем маршрутам

• построить (реконструировать) АД, способные выдержать большие нагрузки. При этом магистральные АД, по возможности, провести в обход больших населенных пунктов;

• разработать рациональные схемы перевозок грузов в пределах попутных и конечных городов, которые позволят улучшить экологическую ситуацию и повысить безопасность дорожного движения;

• сократить въезд большегрузных автомобилей в города ЕЧ России с целью разгрузки УДС этих городов.

Как частный вывод, введение магистральной АД Усть-Луга — Великий Новгород федерального значения является насущным мероприятием, поскольку эта АД позволит сократить затраты на перевозку на уровне 18 %.

Библиографический список

1. Официальный сайт ОАО «Усть-Луга город-порт». URL: <http://усть-луга.рф>.
2. Геоинформационные системы: Первые шаги в Network Analyst. URL: <http://geosys.by>.
3. Котиков Ю. Г. Геоинформационная система ArcGIS как интегратор в моделях планирования транспортных систем мегаполисов // Вестник гражданских инженеров. 2012. № 2 (31). С. 214–222.
4. Кудрявцев И. В., Котиков Ю. Г. Комбинированный способ размещения концентрирующего тылового терминала Усть-Лужского морского порта // Вестник гражданских инженеров. 2012. № 2 (31). С. 225–230.
5. Национальная программа модернизации и развития автомобильных дорог Российской Федерации до 2025 года: федеральный проект от 25.03.2004 (принят Министерством транспорта и связи Российской Федерации 25.03.2004, введен 01.01.2005).
6. Распоряжение Правительства РФ от 22.11.2008 № 1734-р «Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года» (с изм., внесенными распоряжением Правительства РФ от 11.06.2014 № 1032-р).
7. Спецтехника МАЗ. Технические характеристики и схемы тягачей и полуприцепов. URL: <http://maz.by>.
8. Лукинский В. С. Логистика автомобильного транспорта: концепции, модели, методы // М.: Финансы и статистика, 2000. 280 с.

References

1. *Ofitsial'nyy sayt OAO «Ust'-Luga gorod-port»* [Official site of JSC Ust-Luga city-port.]. Available at: <http://ust'-luga.rf>.
2. *Geoinformatsionnye sistemy. Pervye shagi v Network Analyst* [Geographic information systems. The first steps in Network Analyst]. Available at: <http://geosys.by>.
3. Kotikov Yu. G. *Geoinformatsionnaya sistema ArcGIS kak integrator v modelyakh planirovaniya transportnykh sistem megapolisov* [Geographic-information system ArcGIS as the integrator in models of transport planning systems of megalopolises]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2012, no. 2 (31), pp. 214–222.
4. Kudryavtsev I. V., Kotikov Yu. G. *Kombinirovannyi sposob razmeshcheniya kontsentriruyushchego tylovogo terminala Ust'-Luzhskogo morskogo porta* [A combined method of placing the concentrating rear terminal of Ust-Luga seaport]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2012, no. 2 (31), pp. 225–230.
5. *Natsional'naya programma modernizatsii i razvitiya avtomobil'nykh dorog Rossiyskoy Federatsii do 2025 goda: federal'nyy projekt ot 25.03.2004 (prinyat Ministerstvom transporta i svyazi Rossiyskoy Federatsii 25.03.2004, vveden 01.01.2005)* [National program of modernization and development of highways of the Russian Federation up to 2025. Federal project of 25.03.2004 (accepted by the Ministry of Transport and Communications of the Russian Federation 25.03.2004, enforced 01.01.2005)].
6. *Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 22.11.2008 no. 1734-r «Transportnaya strategiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda» (s izm., vnesennymi rasporyazheniem Pravitel'stva RF ot 11.06.2014 no. 1032-r)* [The Order of the Government of the Russian Federation of 22.11.2008 no. 1734-r "Transport strategy of the Russian Federation for the period till 2030" (with the amendments brought by the Order of the Government of the Russian Federation of 11.06.2014 no. 1032-r)].
7. *Spetstekhnika MAZ. Tekhnicheskie kharakteristiki i skhemy tyagachey i polupritsepov* [MAZ special equipment. Technical characteristics and schemes of tractors and semi-trailers]. Available at: <http://maz.by>.
8. Lukinskiy B. C. *Logistika avtomobil'nogo transporta: kontseptsii, modeli, metody* [Logistics of the motor transport: concepts, models, methods]. Moscow, *Finansy i statistika – Finance and statistics*, 2000, 280 p.