УДК 656.13.07:681.518. (075.32)

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

© К. В. Шулькевич, магистрант

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: cotikov@mail.ru, kriss.shulkevich@gmail.com

DOI 10.23968/1999-5571-2017-14-3-232-238

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

© K. V. Shul'kevich, undergraduate

(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)

E-mail: cotikov@mail.ru, kriss.shulkevich@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА РАЗВИТИЯ УСТЬ-ЛУЖСКОГО АВТОМОБИЛЬНО-ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПАРОМНОГО КОМПЛЕКСА

ANALYSIS OF DEVELOPMENT POTENTIAL OF UST-LUGA AUTO-RAILWAY-FERRY TERMINAL

Проведен анализ работы Усть-Лужского автомобильно-железнодорожного паромного комплекса. Он построен на базе двухмерной и трехмерной моделей комплекса. Рассмотрены различные маршруты доставки грузов на комплекс. Проведен расчет основных показателей работы комплекса. Выявлены проблемы и разработаны рекомендации по развитию комплекса.

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

The paper presents the results of study of the Ust-Luga auto-railway-ferry terminal operation. The analysis is made on the base of two- and three-dimensional models of the terminal. Various routes of cargo delivery to the terminal are viewed. Calculation of the major indicators of the complex performance is carried out. Various problems are identified and the complex development recommendations are offered.

Keywords: Ust-Luga, seaport, ArcGIS, highway transport, railway transport, sea transport.

В настоящее время многие крупные и экономически значимые мировые города имеют выход в море. Существует множество способов комбинации различных видов транспорта с условием использования преимуществ каждого вида. Одним из подобных способов объединения стали автомобильно-железнодорожные комплексы (*ferry terminals*) [1]. Однако их количество невелико. Примерами могут быть Вентспилский свободный порт — глубоководный порт на восточном побережье Балтийского моря (Латвия); грузовой порт Вуосаари — открыт Портом Хельсинки в 2008 году; Порт Мууга — морской торговый порт в уезде Харьюмаа в северо-центральной части Эстонии. Основные проблемы таких комплексов — это малые мощности, неэффективное использование пространства и время ожидания погрузки/разгрузки.

В 2011 году начал свою работу Автомобильно-железнодорожный терминал в порту Усть-Луга, по многим параметрам превосходящий комплексы, перечисленные выше [2].

Оператором портовых услуг на Автомобильно-железнодорожном паромном комплексе (АЖПК) является АО «Морской торговый порт Усть-Луга». Общая площадь АЖПК составляет 38,2 га.

АЖПК имеет двухсторонний пирсовый причал и оснащен железнодорожной и автомобильной рампами для наката железнодорожных составов на паромные суда, а также накатной техники на паромные и «ро-ро» суда. Комплекс располагает шестнадцатью железнодорожными путями общей длиной 8,8 км. В табл. 1 приведены данные о морских путях, используемых на АЖПК [3].

У комплекса имеются недостатки, которые создают предпосылки для его развития. В настоящее время требуется рациональное использование пространства, изменение рабочего процесса, а также привлечение новых посредников.

Для анализа этих задач было необходимо:

1. Собрать картографическую и статистическую информацию.

Таблица 1

Морские пути

Название линии	Агент	Терминал судозахода	Номенклатура грузов	Направление
Усть-Луга — Балтийск	ИмэксСервис, ООО	АЖПК	ж/д вагоны «ро-ро» пассажиры	Усть-Луга — Балтийск — Усть-Луга
Усть-Луга — Балтийск — Засниц	БФИ, ООО	АЖПК	ж/д вагоны «ро-ро» пассажиры	Усть-Луга — Балтийск — Засниц — Усть-Луга
Усть-Луга — Силламяэ	УЛС-Раша	АЖПК	«ро-ро» пассажиры	Усть-Луга — Силламяэ
DFDS Seaways Ltd.	ДФДС Сивейз, ООО	АЖПК МПК «ЮГ-2»	«ро-ро» проектные контейнерные	Киль (Германия) / Клайпеда (Литва) / Карлсхамн (Швеция) / Копенгаген (Дания) / Санкт-Петербург (Россия) — Усть-Луга

2. Произвести пространственный анализ на базе трехмерной модели комплекса.

3. Построить существующие маршруты, обслуживаемые комплексом, а также новые маршруты.

4. Проанализировать варианты маршрутов.

5. Разработать рекомендации по развитию комплекса.

Основные данные получены из служебных и литературных источников [2–4]. Проектная мощность АЖПК составляет 2,5 млн т в год. Грузооборот комплекса, как и самого порта Усть-Луга, увеличивается с каждым годом. В 2015 году объем перевозок грузов на АЖПК, осуществляемых автомобильным транспортом, составил 1,1 млн т (рис. 1).

Для дальнейшего анализа параметров и показателей работы комплекса потребовалось создание модели в среде ArcGIS [5, 6].

Рис. 1. Объем перевалки грузов в АЖПК, обслуживаемых автомобильным транспортом, млн т

Территория комплекса, представленная на снимке беспилотника (рис. 2), была оцифрована нами в программе ArcMap (рис. 3).

В 2D-модель комплекса вошли контрольно-пропускные пункты, стоянки, весы для транспорта, причалы, железнодорожные и автомобильные сети.

В программном продукте ArcGIS существует возможность построения маршрутов, прилегающих к комплексу. Для автомобильного транспорта выбран путь от АЖПК до терминала «Модуль», расположенного в промзоне Шушары. На рис. 4 изображен маршрут от АЖПК до терминала.

Для отображения примера морских линий построен один из транспортных путей, а именно Усть-Луга (АЖПК) — Балтийск — Засниц — Усть-Луга (АЖПК), представленный на рис. 5 зеленым цветом.

Следующим шагом явилось создание трехмерной модели представления объектов АЖПК посредством дополнительного модуля ArcScene (рис. 6).

В результате визуализации плана комплекса получена возможность пространственного представления территории комплекса, а также связанных с ним дорог. Построенная трехмерная модель позволяет проанализировать подъездные пути комплекса, а также выявить неиспользуемое пространство.

Полезная площадь складов на паромном комплексе составляет 86,5 тыс. кв. м, в том числе под

Рис. 2. Определение границ АЖПК

легковые автомобили — 29 тыс. кв. м, под накатные грузы — 57,5 тыс. кв. м. После построения модели АЖПК, а также измерений по ней площади используемого пространства (при помощи инструментов ArcGIS) выяснилось, что 15 тыс. кв. м пространства остаются неиспользованными.

В качестве рекомендаций предложено использовать данную площадь в качестве склада временного хранения перевозимого груза [7]. Схема возможного расположения груза при использовании свободной площади представлена на рис. 7.

Также для увеличения грузооборота автомобильного фронта комплекса предлагается удли-

нение причала, что позволит увеличить количество судозаходов в порт. Это потребует привлечения на линию дополнительно минимум трех судов.

Для увеличения грузопотока железнодорожного фронта комплекса предлагается строительство двухъярусной аппарели, которая позволит заезжать непосредственно на второй ярус судна и обеспечит, с одной стороны, сокращение времени нахождения вагонов на предпаромной станции, а с другой — максимальную загрузку паромов, и, как следствие, снижение затрат на перевозку вагонов.

Рис. 3. Оцифрованные объекты комплекса

Рис. 4. Маршрут проезда до терминала «Модуль» автомобильным транспортом

Рис. 5. Пример отображения морского сообщения

Рис. 6. Трехмерная модель АЖПК — вид с моря

Рис. 7. Площадь комплекса, заполненная по рекомендациям исследования

Таблица 2

Расчет параметров аппарели

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Формула расчета	Значение величин
Величина эксплуатационного периода	T	сут	—	300,00
Грузооборот тылового фронта	S	тыс. т	—	1 833 726,00
Общее число вагонов	N	ед.	—	23 179,00
Число вагонов в одной подаче	p	ед.	—	160,00
Количество грузовых линий фронта	n	ед.	—	25,00
Количество суток на выгрузку за эксплуатационный период	T_u	сут	—	326,00
Количество суток ожидания выгрузки за эксплуатационный период	T_0	сут	—	226
Оперативное время работы грузовой линии	t_c	ч/сут	—	20
Средний вес одной подачи	g_m	т	$g_m = S/N_n$	79,11
Средняя интенсивность поступления грузов	q	т/сут	$q = S/T$	6112,42
Среднесуточная интенсивность выгрузки	I	т/сут	$I = (S/T_u)(t_c/24)$	4687,44
Пропускная способность фронта	P_m	т/сут	$P_m = nI$	117 185,97
Коэффициент использования тылового фронта	k_u^m	—	$k_u^m = q/P_m$	0,05
Среднее время выгрузки одной подачи	T_g	ч	$T_g = 24T_u/N$	0,34
Среднее время ожидания выгрузки подачи вагонов	T_c	ч	$T_c = 24T_0/N$	0,23
Коэффициент оперативного времени	k_c	—	$k_c = t_c/24$	0,83
Средний фронт обработки	a	—	$a = (T_u/T)(24/t_c)$	1,30
Среднее количество подач в очереди	m_c	ед.	$m_c = (T_u/T)(24/t_c)$	0,90
Среднее количество вагонов в очереди	M_s	ед.	$M_s = m_s p$	144,64
Максимальное количество подач в очереди	s	шт.	$s = m_s + (m_s^2 + 2m_s n(1 - k_u^m))0,5$	7,51
Максимальное количество вагонов в очереди	$M_{s \max}$	ед.	$M_{s \max} = sp$	1201,85

Для анализа потока вагонов было предложено рассмотреть следующую задачу [8].

Средняя очередь подач вагонов в ожидании выгрузки на тыловом фронте определяется отношением времени стоянки T_0 к периоду накопления вагонов T_z и рассчитывается по формуле

$$ms = T_0/T_z = sDT/(2T_z) = sD/(2(n + D)); \quad (1)$$

$$ms = s^2/(2(n(1 - ku^m) + s)).$$

Следовательно, максимальное число очереди подач железнодорожных вагонов

$$s = ms + (ms^2 + 2msn(1 - ku^m))^{0.5}, \quad (2)$$

а максимальное число вагонов в очереди

$$Ms = p(ms + (ms^2 + 2msn(1 - ku^m))^{0.5}). \quad (3)$$

Таким образом, если задать основные характеристики функционирования АЖПК, все остальные его параметры могут быть получены с использованием сформированной модели расчетным путем. В табл. 2 приведен пример расчета после построения аппарели.

Коэффициент использования тылового фронта и коэффициент оперативного времени являются безразмерными величинами. Те параметры, для которых не указаны формулы, являются входными данными.

В результате проведенного анализа выявлено, что при использовании существующей схемы ж.-д. линий максимальное количество вагонов в очереди $M_{s \max}$ составляет 982 шт., что соответствует 25 поездам. При использовании двухъярусной аппарели максимальное количество вагонов в очереди $M_{s \max}$ составит 1202 шт., что соответствует 31 поезду. Во избежание образования данной очереди рекомендуется привлечь новые паромы на линии. Минимальное количество паромов — 3 ед., так как в настоящее время используются три линии морского сообщения (поначалу хотя бы по одному парому на линию).

Проведенное исследование позволяет утверждать, что для увеличения грузопотоков автомобильного фронта АЖПК необходимо:

1. Организовать склад временного хранения на территории комплекса.

2. Удлинить причал.

3. Привлечь дополнительные паромы.

Для увеличения грузопотоков железнодорожного фронта АЖПК необходимо, помимо пунктов 2 и 3, построить двухъярусную аппарель.

Библиографический список

1. Rodrigue J. P. The geography of transport systems. Hofstra University // Department of Global Studies & Geography. 2013. URL: 30.04.2 <http://people.hofstra.edu/geotrans/> (дата обращения: 30.04.2017).
2. Официальный сайт ОАО «Усть-Луга город-порт»: Общая информация о порте. URL: <http://усть-луга.рф> (дата обращения: 30.04.2017).
3. Распоряжение Правительства РФ № 1734-р «Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года» (принято 22.11.2008, с изм., внесенными распоряжением Правительства РФ от 11.06.2014 № 1032-р).
4. Порты и терминалы: Общая информация о порте. URL: http://www.morspb.ru/images/pdf/port-2015_web.pdf (дата обращения: 30.04.2017).
5. Котиков Ю. Г. Геоинформационная система ArcGIS как интегратор в моделях планирования транспортных систем мегаполисов // Вестник гражданских инженеров. 2012. № 2 (31). С. 214–222.
6. Kotikov Ju. Geographic information system modelling of freight transport and logistics in Saint Petersburg, Russia // Civil Engineering. Vol. 168, Issue 5. Pp. 31–38. OI: 10.1680/cien.14.00026 at <http://dx.doi.org/10.1680/cien.14.00026>. Published online 07/02/2015 at <http://www.icevirtuallibrary.com/content/serial/cien>.
7. Технологический процесс порта и факторы, его определяющие. URL: <http://transporton.ru/vodnii-transports/121-tekhnologicheskij-protsess-porta-i-factory-ego-opredelyayushchie.html> (дата обращения: 30.04.2017).
8. Клепиков В. Расчет параметров грузового терминала мультимодального логистического центра // Логистика. 2015. № 11. С. 52–57.

References

1. Rodrigue J. P. The geography of transport systems. Hofstra University, Department of Global Studies & Geography Publ., 2013. Available at: 30.04.2 <http://people.hofstra.edu/geotrans/> (accessed: 30.04.2017).
2. Oficial'nyy sayt OAO «Ust'-Luga gorod-port»: Obshchaya informatsiya o porte [Official site of JSC Ust-Luga town-port. General information about the port.]. Available at: <http://ust'-luga.rf> (accessed: 30.04.2017).
3. Rasporyazhenie Pravitel'stva RF no. 1734-r «Transportnaya strategiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda» (prinyato 22.11.2008, s izm., vnesennymi rasporyazheniem Pravitel'stva RF ot 11.06.2014 no. 1032-r) [The Order of the Government of the Russian Federation no. 1734-r "Transport strategy of the Russian Federation for the period till 2030" (accepted 22.11.2008, with

amendments entered by the Order of the Government of the Russian Federation of 11.06.2014 no. 1032-r)].

4. *Porty i terminaly. Obshchaya informatsiya o porte* [Ports and terminals. General information about the port]. Available at: http://www.morspb.ru/images/pdf/port-2015_web.pdf (accessed: 30.04.2017).

5. Kotikov Ju. 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.

6. Kotikov Ju. *Geographic information system modelling of freight transport and logistics in Saint Petersburg, Russia.*

Civil Engineering, vol. 168, iss. 5, pp. 31–38. Available at: DOI: 10.1680/cien.14.00026 at <http://dx.doi.org/10.1680/cien.14.00026>. Published online 07/02/2015 at <http://www.icevirtuallibrary.com/content/serial/cien>

7. *Tekhnologicheskij protsess porta i faktory, ego opredelyayushchie* [Technological process of the seaport operation and the factors defining it.]. Available at: <http://transporton.ru/vodnii-transports/121-tekhnologicheskij-protsess-porta-i-factory-ego-opredelyayushchie.html> (accessed: 30.04.2017).

8. Klepikov V. *Raschet parametrov gruzovogo terminala mul'timodal'nogo logisticheskogo tsentra* [Calculation of parameters of the cargo terminal of multimodal logistic center]. *Logistika – Logistics*, 2015, no. 11, pp. 52–57.