



КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОДСИСТЕМЫ ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЕЙ С ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМОЙ МЕГАПОЛИСА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

В. Е. Таратун, Е. А. Таратун

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

В статье рассмотрен вопрос взаимодействия различных подсистем на примере транспортной системы мегаполиса. Определена проблематика информационного обмена между подсистемами. Разработана и представлена новая концептуальная модель по взаимодействию подсистемы внутренних водных путей с транспортной системой мегаполиса с целью повышения эффективности работы, путем возможного перераспределения нагрузки.

Ключевые слова: транспортная система, информационный поток, повышение эффективности работы транспортной системы, цифровой двойник, имитационное моделирование.

Для цитирования:

Таратун, В. Е. Концептуальная модель взаимодействия подсистемы внутренних водных путей с транспортной системой мегаполиса Санкт-Петербурга / В. Е. Таратун, Е. А. Таратун // Системный анализ и логистика. – 2023. – № 3(37). – с. 163 – 168. DOI: 10.31799/2077-5687-2023-3-163-168.

CONCEPTUAL MODEL OF INTERACTION OF THE INTERNAL WATERWAYS SUBSYSTEM WITH THE TRANSPORT SYSTEM OF THE ST. PETERSBURG MEGA CITY

V. E. Taratun, E. A. Taratun

St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

The article examines the issue of interaction between various subsystems using the example of the transport system of a metropolis. The problems of information exchange between subsystems are identified. A new conceptual model has been developed and presented for the interaction of the inland waterways subsystem with the transport system of the metropolis in order to increase operational efficiency through possible load redistribution.

Keywords: transport system, information flow, improving the efficiency of the transport system, digital twin, simulation modeling.

For citation:

Taratun, V. E. Conceptual model of interaction of the internal waterways subsystem with the transport system of the St. Petersburg mega city / V. E. Taratun, E. A. Taratun // System analysis and logistics. – 2023. – № 3(37). – p. 163 – 168. DOI: 10.31799/2077-5687-2023-3-163-168.

Введение

Санкт-Петербург является городом миллионником с достаточно широко развитой инфраструктурой. Однако, как и другим городам данного уровня он имеет и ряд проблематик. В связи с повышением уровня урбанизации, что в свою присуще любому городу миллионнику, возникает перегруженность транспортной системы по причине роста численности населения и недостаточной развитости существующих методов, а также моделей по управлению, прогнозированию нагрузки и автоматизации ее перераспределения в системе.

Рассматривая транспортную систему города, можно с уверенностью сказать, что данный объект исследования является сложной технической системой, ввиду наличия сложной структуры организации данного объекта и в следствии предоставления множества функциональных возможностей. Транспортная система состоит из большого числа элементов, которые взаимодействуют и в значительной степени влияют друг на друга. Таким образом, для обеспечения эффективной работы системы в условиях постоянно растущей нагрузки требуется работать как поэлементно, выявляя проблемные места в работоспособности, так и с всей системой в целом, выстраивая и оценивая структурное межэлементное влияние внутри.

Санкт-Петербург имеет в своем составе порядка 7% внутренних водных путей



относительно других используемых видов транспорта. Внутренний водный транспорт на данный момент используется преимущественно для решения задач экскурсионного и прогулочного типов. Однако он может являться также в свою очередь альтернативным видом транспорта при наличии высокой загруженности основных элементов транспортной системы, что в свою очередь требует разработки планов интеграции и оценки влияния на основную систему.

Кроме того, важным фактором, влияющим на уровень принятия решений по организации управления транспортной системой, является получение информационного потока о текущем поэлементном состоянии системы в режиме реального времени с возможностью оценки влияния, прогнозирования нагрузки с целью обеспечения ее перераспределения. Качество информационного потока о текущем состоянии системы и возможном межэлементном взаимодействии, и влиянии значительно сказывается на качестве управления всей транспортной системой в целом.

Таким образом, требуется использование таких технологий, а также разработка новых моделей и методов, которые предоставят возможность получения информационного потока не только о текущем состоянии элементов, но и позволят выработать сценарии работы системы в целом с учетом межэлементного взаимодействия.

Основные виды городского пассажирского транспорта мегаполиса

Транспортная система мегаполиса безусловно является сложной технической системой [1]. Наличие в ее составе различных видов транспорта, специфики каждой подсистемы, большого количества элементов внутренних процессов и их взаимосвязей диктует необходимость рассматривать не только локально каждую подсистему отдельно, но и учитывать взаимодействие подсистем с целью анализа и повышения эффективности транспортной системы в целом.

Городской пассажирский транспорт Санкт-Петербурга преимущественно можно представить в виде характеристики по видам транспорта, представленной в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика основных видов городского пассажирского транспорта

Транспортные средства	Преимущества	Недостатки
Автобусы	Хорошая маневренность Небольшие сроки введения в эксплуатацию Оперативность в изменении маршрутов Возможность быстро организовать перевозки для разово возникших потребностей в больших объемах перевозок Небольшие первоначальные затраты на освоение новых маршрутов	Большие эксплуатационные расходы Повышенный уровень загрязнения окружающей среды Большая степень напряженности труда водителя Меньшая надежность работы подвижного состава Необходимость ежедневной заправки топливом
Метрополитен*	Самая большая провозная способность Высокая скорость сообщения Высокая точность и регулярность движения Высокая степень безопасности движения Хорошие условия поездки для пассажиров Гарантирована невозможность неоплаченной поездки Быстрая посадка и высадка пассажиров	Высокая первоначальная стоимость сооружения Большое расстояние между станциями



Транспортные средства	Преимущества	Недостатки
Троллейбусы	Небольшие первоначальные затраты (но большие, чем у автобуса)	Необходимость сооружения устройств для электроснабжения Излишнее загромождение пространства улиц Ограниченная маневренность в движении
Трамваи	Относительно большая провозная способность Низкая себестоимость перевозок Большой срок службы подвижного состава Простота управления трамваем (трамвайным поездом)	Низкая маневренность Шумовое загрязнение окружающей среды Значительные первоначальные затраты Невозможность обойти впереди стоящие (отказавшие в работе) трамваи Загромождение улицы рельсовыми путями и электросетью
Автомобили	Высокая скорость сообщения Доставка пассажира непосредственно к местам назначения Комфортные условия поездки пассажиров Большая маневренность	Относительно высокая стоимость поездки. В часы пик затруднены вызов или посадка в пунктах стоянки автомобилей-такси Малая вместимость Большая трудоемкость перевозок

Несмотря на довольно широко развитую транспортную инфраструктуру, транспортная система мегаполиса имеет высокую нагрузку в часы пик и требуется в следствии роста урбанизации и числа населения применение способов повышения эффективности ее функционирования. Одним из способов повышения эффективности транспортной системы является интеграция внутреннего водного транспорта, который позволит выстроить альтернативные маршруты перемещения пассажиров относительно городского пассажирского транспорта.

Санкт-Петербург располагается на берегах Финского залива Балтийского моря и обладает разветвленной сетью рек и каналов. Общая протяжённость всех водных объектов на территории Санкт-Петербурга достигает 282 км, а их поверхность составляет около 7% всей площади города.

На сегодняшний день причальная инфраструктура [2] на территории Санкт-Петербурга подразделяется на:

- плавучие причалы;
- причалы спуски;
- стационарные причалы, предназначенные для обслуживания пассажиров;
- грузовые причалы;
- технические причалы для отстоя и обслуживания судов;
- причалы яхт-клубов для стоянки прогулочных и спортивных судов.

Городские набережные находятся в государственной собственности.

Начиная с 2010 года объем пассажирских перевозок на водном транспорте в Санкт-Петербурге превышал 3 млн. человек, достигая в 2018-2019 и 2022 гг. почти 3 млн. человек.

Исключением стали навигационные периоды 2017 г. (перевезено 1,667 млн. чел. в связи с плохими погодными условиями) и 2020 г. (перевезено 1,15 млн. чел. в связи с распространением COVID-19 и поздним открытием навигационного периода), когда произошло резкое снижение до 1 млн.

Статистическая информация по ежегодным перевозкам пассажирским водным



транспортом [3] представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Статистическая информация по перевозкам водным транспортом

Перевезено пассажиров по рекам и каналам Санкт-Петербурга	Год					2018	2019			
	Млн. чел									

На сегодняшний день в Санкт-Петербурге пассажирский водный транспорт используется в экскурсионно-прогулочных целях. При этом все же в ряде направлений города и области внедрены транспортные маршруты (такие как переправа в крепость «Орешек», перевозки пассажиров с одного берега на другой при ремонте мостов города).

Концептуальная модель по взаимодействию подсистемы внутренних водных путей с транспортной системой мегаполиса

Существующая схема работы городского пассажирского транспорта и внутреннего водного представлена на рисунке 1.

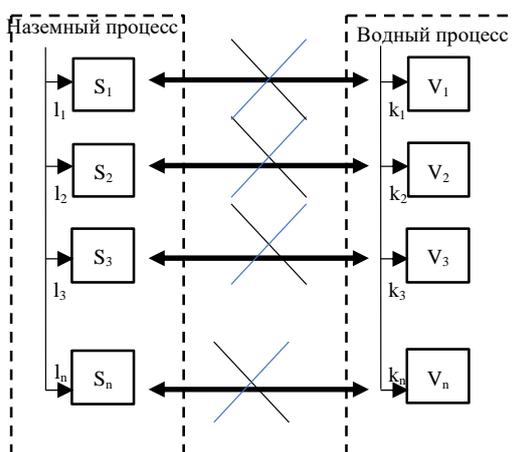


Рис. 1. Обобщенная действующая схема работы городского пассажирского и внутреннего водного транспорта

В данном случае согласно схеме: $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$ – остановочные пункты i -го автобусного маршрута; $V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$ – опорные элементы внутренних водных путей для обслуживания пассажиропотока; $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ и $k_1, k_2, k_3, \dots, k_n$ – внешние пассажиропотоки для дальнейшей обработки в системе.

Недостатком такого представления является невозможность взаимодействия городского наземного пассажирского транспорта с инфраструктурой водного транспорта ввиду малого количества опорных элементов внутренних водных путей и неоптимального их месторасположения.

Для интеграции внутреннего водного транспорта с целью повышения эффективности транспортной системы требуется разработка концептуальной модели размещения опорных элементов внутренних водных путей, являющихся локальными пересадочными узлами общественного транспорта.

Концептуальная модель по интеграции внутреннего водного транспорта представлена на рисунке 2.

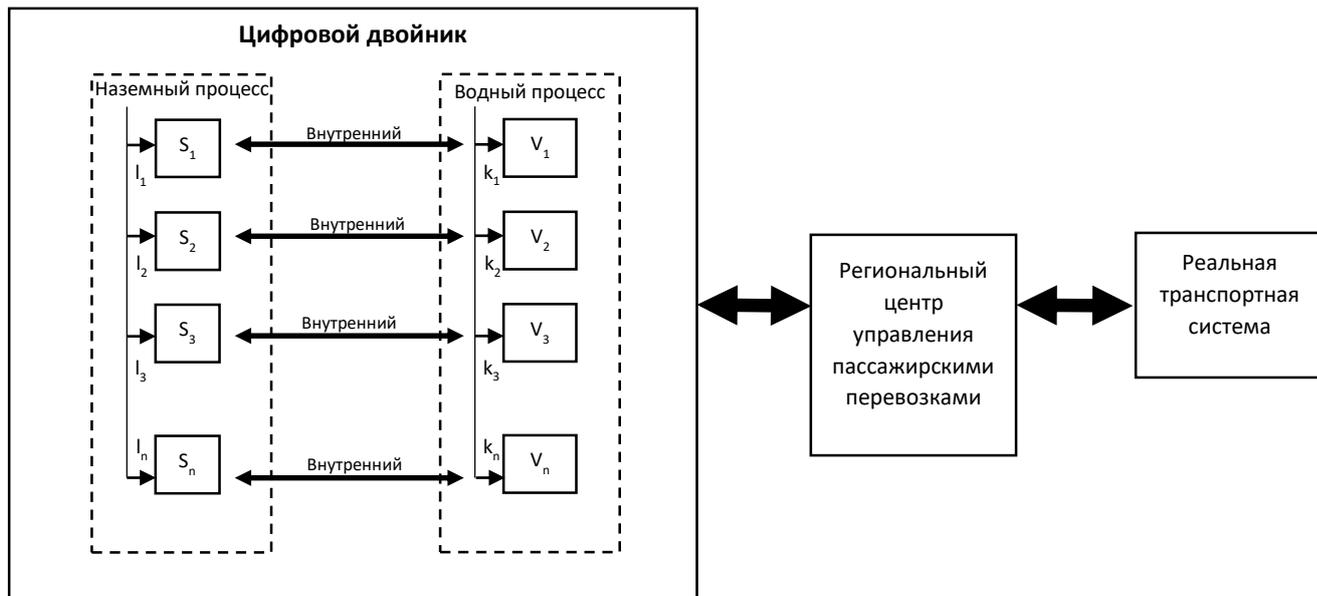


Рис. 2. Новая модель взаимодействия городского пассажирского наземного транспорта и внутреннего водного транспорта

Согласно модели интеграции городского пассажирского наземного и внутреннего водного транспорта, требуется размещение опорных пунктов (причалов) в максимально возможной близости от остановочных пунктов городского пассажирского наземного транспорта для организации внутренних потоков P_n и согласование расписаний движения.

Заключение

Концептуальная модель предполагает разработку цифрового двойника [4, 5] по оценке взаимодействия и загруженности как опорных пунктов внутренних водных путей как элемента транспортной системы мегаполиса, так и маршрутов общественного наземного транспорта. При этом задачей цифрового двойника является выработка сценариев оптимальной работы системы с целью перенесения результатов на реальную транспортную систему. Объектом взаимосвязи с реальной транспортной системой для внедрения полученных результатов с цифрового двойника с целью оптимальности управления транспортной системой выступает региональный центр управления пассажирскими перевозками. Задачей данного объекта является не только применение полученных результатов с помощью цифрового двойника в реальной транспортной системе, но и получение из последних статистических данных, являющихся входными данными для выработки решений и выполнения экспериментов в виртуальной среде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Таратун В. Е. Имитационное моделирование как подход в решении задач систем массового обслуживания / В. Е. Таратун, В. С. Шаперова // Системный анализ и логистика. – 2020. – № 04(26). – С. 35-44.
2. Таратун Е. А. Проблемы и перспективы развития городской инфраструктуры водного транспорта Санкт-Петербурга/ Е. А. Таратун // Сборник: Аэрокосмическое приборостроение и эксплуатационные технологии. Вторая Международная научная конференция. Санкт-Петербург, 2021. – С. 150–152. doi: 10.31799/978-5-8088-1554-4-2021-2-150-152.
3. Статистика – Официальный сайт Администрации Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – URL: https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/c_tourism/statistic/ (дата обращения: 09.09.2023).



4. Таратун В. Е. Имитационное моделирование как метод оптимизации сложной технической системы/ В. А.Фетисов, Н. Н. Майоров, В. Е. Таратун //Системный анализ и логистика. – 2013. –№ 10. –С. 63-69.
5. Таратун В. Е. Роль цифровых двойников для развития интеллектуальных транспортных систем/ В. Е. Таратун, Е. А. Таратун // Сборник: Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Материалы XXIV Международной научной конференции. В 3-х частях. – Санкт-Петербург. –2021. – С. 294-299.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Таратун Виталий Евгеньевич –

кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры системного анализа и логистики Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А
E-mail: taratun.vitaliy@gmail.com

Таратун Екатерина Александровна –

ассистент кафедры системного анализа и логистики Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А
E-mail: losekaterina@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Taratun Vitaliy Evgenievich –

Candidate of Technical Sciences, senior lecturer of the Department of Systems Analysis and Logistics Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation 67, Bolshaya Morskaja str., Saint-Petersburg, 190000, Russia
E-mail: taratun.vitaliy@gmail.com

Taratun Ekaterina Aleksandrovna –

assistant of the Department of Systems Analysis and Logistics Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation 67, Bolshaya Morskaja str., Saint-Petersburg, 190000, Russia
E-mail: losekaterina@yandex.ru