

6. Заслонов В.В., Кравченко Н.А., Ходжаев С.С. Требования по обеспечению живучести и общей работоспособности морских технологических комплексов // Технические науки в России и за рубежом: материалы VII Междунар. науч. конф. Москва, ноябрь 2017 г. – М.: Буки-Веди, 2017.– С.86-89.
7. Senchenko, V., Lopatina, V., Studenikin, D., Butsanets, A. Technical automation tools for high-precision navigating of sea and river ships (2021) Lecture Notes in Civil Engineering, 130 LNCE, pp. 157-163.
8. Ходжаев С. С., Заслонов В. В., Кравченко Н. А. Технические требования к морскому технологическому комплексу и его составным частям // Техника. Технологии. Инженерия.– 2017.– № 4 (6).– С. 36-45.
9. Кравченко Н. В., Заслонов В. В. Проблема применения математического моделирования в создании морских технологических комплексов // Молодой ученый.– 2016.– № 7.– С. 88-90.
10. Заслонов В. В., Кравченко Н. А., Ходжаев С. С. Требования по обеспечению живучести и общей работоспособности морских технологических комплексов // Технические науки в России и за рубежом: материалы VII Междунар. науч. конф. (г. Москва, ноябрь 2017 г.). – М.: Издательский дом «Буки-Веди», 2017. – С. 86–89.
- https://cyberleninka.ru/article/n/pravovoe-regulirovanie-obespecheniya-transportnoy-bezopasnosti-v-rossii (dd: 25.02.2021).
4. Abrahamyan S K, Golubkina K V 2019 Interdepartmental cooperation as regards water transport in Russian Federation. Marine intellectual technologies. 1(43) V.2. P. 82-85
5. Vladimir V. Zaslouov, Anastasiya A. Golovina, and Anatolii N. Popov. Creating a Crewless Ship in the Framework of the Technological Paradigm of the Russian Federation / Industry Competitiveness: Digitalization, Management, and Integration. Volume 1 (115).2020. P.468-474.
6. Zaslouov V. V., Kravchenko N. A., Khodzhaev S. S. Requirements for ensuring survivability and general operability of marine technological complexes // Technical sciences in Russia and abroad: materials of Viimezhdunar. the science. Conf., Moscow, November 2017, Moscow: baki-Vedi. 2017. Sec. 86-89.
7. Senchenko, V., Lopatina, V., Studenikin, D., Butsanets, A. Technical automation tools for high-precision navigating of sea and river ships (2021) Lecture Notes in Civil Engineering, 130 LNCE, pp. 157-163.
8. Khodzhaev S. S., Zaslouov V. V., Kravchenko N. A. Technical requirements for the marine technological complex and its components // Technic. Technologies. Engineering. 2017. No. 4 (6). pp. 36-45.
9. Kravchenko N. V., Zaslouov V. V. The problem of applying mathematical modeling in the creation of marine technological complexes. 2016. No. 7. pp. 88-90.
10. Zaslouov V. V., Kravchenko N. A., Khodzhaev S. S. Requirements for ensuring survivability and general operability of marine technological complexes // Technical Sciences in Russia and abroad: materials of the VII International Scientific Conference (Moscow, November 2017). - Moscow: Publishing House "Buki-Vedi", 2017. - pp. 86-89.

#### References

1. The International Convention on the Training and Certification of Seafarers and Watchkeeping of 1978 (STCW) (Concluded in London on 07.07.1978) from the information bank "International Law [Electronic resource] // SPS "ConsultantPlus".
2. Boran-Keshishyan A. L., Kondratiev S. I., Tomilin A. N. 2019 The development of bank of test tasks for the state final examination of graduates from maritime educational institutions. Marine intellectual technologies. 1(43) V.2. P. 149-156
3. Golubkina K.V, Abramyan S.K. Legal regulation of transport security in Russia. Humanities, socio-economic and social sciences. 2017. №6-7. URL:

УДК 656.60.009.02

DOI: 10.34046/aumsuomt100/6

## ВЕКТОР РАЗВИТИЯ РОССИЙСКИХ МОРСКИХ ПОРТОВ

*Д.Д. Стрельников, кандидат технических наук, ст. преподаватель*

*И.А. Стрельникова, кандидат экономических наук, доцент*

В статье рассмотрены процессы цифровизации морских грузовых терминалов, изучены проекты зарубежных портов Роттердам, Гамбург, Сямьнь. Выявлен общий тренд в морской портовой индустрии на цифровизацию перегрузочных, складских, транспортных операций, а также на автоматизацию терминалов и удаленное управление операциями. Обращено внимание, что в российский портах существуют отдельные попытки цифровизации деятельности терминалов, однако в основном в сфере TOS-систем для контейнерных терминалов или в сфере внедрения электронного документооборота. Данного про-

гресса недостаточно для достижения конкурентноспособного состояния относительно зарубежных портов. В статье предлагается обобщенный план цифровизации порта, включающий в себя подготовку интеллектуальной инфраструктуры, создание информационного слоя данных и разработку программно-аппаратных комплексов для управления терминалами, основываясь на IoT-устройствах, технологиях искусственного интеллекта и прочих "умных" технологиях. Трансформация портов России по создаст новый уровень сервиса в транспортных услугах, что даст толчок для развития региональных транспортных сетей.

**Ключевые слова:** Цифровизация, морской порт, "цифровой прорыв"

## VECTOR OF DEVELOPMENT OF RUSSIAN SEAPORTS

*D.D. Strelnikov, I.A. Strelnikova*

The article considers the processes of digitalization of sea cargo terminals, studies the projects of foreign ports Rotterdam, Hamburg, Xiamen. The general trend in the seaport industry towards digitalization of transshipment, warehouse, transport operations, as well as terminal automation and remote operation management has been identified. Attention is drawn to the fact that there are separate attempts to digitalize the activity of terminals in Russian ports, but mainly in the field of TOS systems for container terminals or in the field of introducing electronic document management. This progress is not enough to achieve a competitive state, especially for foreign ports. The article offers a generalized plan for the digitalization of the port, which includes the preparation of an intelligent infrastructure, the creation of an information layer of data and the development of software and hardware complexes for terminal management, based on IoT devices, artificial intelligence technologies and other "smart" technologies. The transformation of Russian ports will create a new level of service in transport services, which will give an impetus to the development of regional transport chains.

**Keywords:** Digitalization, seaport, "digital breakthrough"

Трендом следующего десятилетия в российской науке станет цифровизация целых отраслей, в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации [1], Стратегия социально-экономического развития Краснодарского края до 2030 года [2], Программе стратегического академического лидерства [3] заявляется важность развития инновационных технологий, отображается необходимость в "цифровых прорывах" в отраслях, в подготовке высококвалифицированных ИТ-кадров. В том числе новые глобальные вызовы стоят и в области морских терминалов и связанной с ними логистики, как внутренней, так и региональной.

Развитие мировой торговли и средств перемещения товаров заставляет в том же темпе развиваться и портовую индустрию. В 2012 году крупнейшим контейнеровозом стал CMA CGM Marco Polo с грузоместимостью 16020 TEU, а в 2021 году крупнейшим станет EverAce с грузоместимостью 23992 TEU, соответственно рост на 49,7%. Новые суда требуют более крупных терминалов и более быстрой обработки судовых партий. В лидерах внедрения новых технологий европейские порты Роттердам, Гамбург, китайские порты Сяньшань, Шанхай. Учитывая, что возможности развития портов обычно имеют естественные географические ограничения, то наиболее интенсивно развивающимся направлением является усиление контроля и повышение эффективности управления морскими терминалами. В этом векторе развития важную роль играет цифровизация портовых процессов. Цифровизация процессов порта позволяет существенно продвинуться в следующих областях:

1. Повышение эффективности перегрузочных процессов;
2. Безопасность труда;
3. Экологическая безопасность;
4. Энергетическая устойчивость.

Общий тренд цифровизации портов направлен от информационных систем для диспетчера, удаленного контроля процессов до полной автоматизации терминалов. Глобально можно выделить 4 стадии развития умных портов:

1. Цифровизация отдельных грузовых партий.
2. Интеграция информационной системы в работу порта, анализ данных и удаленный контроль.
3. Интеграция морского терминала с логистическими цепочками региона, синхронизация и гармонизация транспортных потоков.
4. Объединение морских портов в глобальную логистическую сеть.

Для внедрения технологии в первую очередь необходимо создать интеллектуальную инфраструктуру в морском порту, что подразумевает применение идеологии IoT (Интернет вещей) и SCADA-систем. Актуальны исследования в области RFID (радиочастотной идентификации), на данный момент активно применяются RFID-метки для отслеживания объектов в порту, к примеру, в исследовании [7] RFID-метки использованы для контейнеров, транспортных средств терминала и судна, в работе [8] изучена проблема кибербезопасности при использовании указанной технологии.

Следующим важным аспектом после интеллектуальной инфраструктуры является программное обеспечение. Отдельно стоит упомянуть ТОС-системы управления контейнерными терминалами, лидером на российском рынке является компания SOLVO. Подобные системы для управления контейнерными складами, железнодорожным грузовым фронтом, разработкой грузового плана внедрены во всех ведущих контейнерных терминалах мира. Однако для универсальных грузовых терминалов технологии управления недостаточно развиты.

В качестве примера цифровизации процессов морского порта приведем порт Роттердам, который заключил соглашение с компанией DaewooShipbuilding&MarineEngineering (DSME) по совместной разработке стандартов для smartship и smartport, разработке технологии «цифровых близнецов» для интерфейсов как для судов, так и для порта, тестировании динамического интерфейса порта и судов, а также планировании портовых операций и моделировании и оценке ключевых показателей работы судов в рейсе. в том числе запущены следующие проекты [4]:

1. **Climate change and inland navigation** – изменение климата оказывает влияние на уровень воды во внутренних водных путях и продолжительность периодов высокой и низкой воды. Существует потребность в точном инструменте прогнозирования, который обеспечивает поддержку при принятии решений об инвестициях в инфраструктуру (например, мосты и заграждения), составе флота и вопросах синхронизации с другими видами транспорта. Поскольку крупные инфраструктурные инвестиции делаются на период не менее 50 лет, в проекте разрабатывается более точный инструмент прогнозирования, чтобы иметь возможность принимать обоснованные решения и гарантировать, что реки останутся доступными после 2050 года

2. **Port Constructor** – симулятор, который дает пользователю представление об аспектах управления и развития порта. Пользователь является портовым администратором и имеет задачу, в выбранном сценарии, развивать портовую зону. Сценарии касаются энергетических проектов, развития рабочей силы и развития транспортных потоков: синхромодальность. Симулятор может быть использована студентами и специалистами портов, в компаниях и организациях, связанных с портами.

3. **External effects on the port – trends and developments** - научные исследования, для опре-

деления краткосрочных и долгосрочных изменений в мировой торговле и транспортной отрасли и последствий для будущей инфраструктуры, которая потребуется в порту Роттердам.

4. **Nautical traffic management – nautical-trafficmodels** - использование моделей морского движения, которые дают представление о текущем и ожидаемом судоходстве в порту. Моделирование морского движения позволяет поддерживать текущую безопасность и плавность движения, а также даже повышать безопасность и ускорять обработку судов.

5. **Quaywalls of the future with sensors providing data** – причальные стены в порту Роттердама находятся на исходе своего технического срока службы. Датчики в стенах причалов могут выдавать данные об их состоянии. Это знание приносит пользу владельцу причала и пользователям. Тогда техническое обслуживание существующих причалов может быть выполнено более эффективно. Таким образом, можно сэкономить затраты, уменьшить простоев. Эти данные также выявляют скрытые мощности, которые позволяют клиентам лучше использовать существующие причалы. Наконец, информация, предоставляемая датчиками, может быть использована при разработке и совершенствовании будущих причальных стенок.

6. **Navigation through fluid mud** – разработан совершенно новый метод определения глубины поверхности, который также учитывает вязкость и напряжения текучести бурового раствора, так называемые реологические свойства. Потенциал нового метода огромен, так как грязь определенной консистенции оказывается судоходной. Это открывает две возможности: во-первых, увеличение загрузки судов, что является более эффективным и, следовательно, выгодным для судоходных компаний. Во-вторых, меньше дноуглубительных работ и, как следствие, снижение затрат на дноуглубительные работы. Меньшее количество дноуглубительных работ также имеет дополнительные преимущества: меньше помех для судов и положительное влияние на биоразнообразие в районе порта.

Порт Гамбург исторически тесно сотрудничает с компанией Cisco и реализует программу SmartPortc 2013 года. Внедрение программы предполагает сбор с помощью специальных датчиков всей информации об инфраструктуре порта – причальной, складской, железнодорожной, автотранспортной – и распределение этой информации

между всеми участниками процесса. Эта информация позволяет прогнозировать развитие ситуации и принимать соответствующие решения [5]. Используются разработки в области мультиагентных систем.

Китайский порт Сямэнь в мае 2021 г. запустил полностью автоматизированный контейнерный терминал [6]. Связь осуществляется через сеть 5G, используются системы искусственного интеллекта, машинное зрение, дополненная реальность. Терминальный транспорт способен самостоятельно распознавать препятствие и объезжать его. Управление перегрузочным оборудованием осуществляется удаленно из офиса. Аналогично автоматизирован еще один китайский порт - Циндао.

Однако, цифровизация портовых процессов не является конечной точкой прогресса, следует наладить взаимодействие всех участников транспортного процесса через единую информационную платформу. Основной проблемой по-прежнему остается неготовность обмениваться информацией между конкурирующими и неконкурентоспособными организациями.

В российских портах внедрение «умных» технологий в портовой индустрии ограничено внедрением TOS-систем на контейнерных терминалах (ООО "НУТЭП", ПАО "НМТП", ОАО «Усть-Лужский контейнерный терминал», ПАО «Владивостокский морской торговый порт»). Зачастую даже у развитых морских терминалов наблюдается отсутствие единого формата документации и ведения журналов событий, что затрудняет ход цифровизации. Существуют также отдельные разработки в области электронного документооборота (к примеру, ООО "НУТЭП", АО «Новорослесэкспорт», ПАО «Владивостокский морской торговый порт») и технологий "единого окна" для оформления документов о приходе судна. Данные попытки цифровизации уже показывают результаты, но не позволяют конкурировать в уровне управления и предоставляемого сервиса с современными мировыми портами-лидерами.

На взгляд авторов для «цифрового прорыва» в области портовой инфраструктуры отечественным портам необходимо пройти через следующие этапы:

• **Этап 1** – Подготовка информационной инфраструктуры:

– Внедрение системы позиционирования и мониторинга транспортных и перегрузочных средств.

– Формирование сети IoT-устройств, передающих информацию внутри терминальной системы связи, регламентация M2M-связей устройств.

– Внедрение единой системы документооборота для подразделений порта и внешних участников.

– Подбор алгоритмов, обрабатывающих базы данных и журналы событий.

– Интеграция информационных ресурсов транспортных систем.

Результаты выполнения этапа:

– Создание единого архива данных по всем операциям морского порта.

– Формирование единой информационной системы для взаимодействия внутренних подразделений порта и внешних участников, в том числе с использованием БЭС. Прозрачная система документооборота.

– Эффект внедрения: уменьшение бумажного потока, улучшение общего отслеживания процессов, единый "словарь" терминов, атрибутов, характеристик всех процессов и операций терминала.

• **Этап 2** – Создание информационного слоя данных:

– Создание 5G-сети или WiFi-Max для обеспечения связи диспетчерского центра морского порта, СУДС, БЭС и иных транспортных средств в рамках порта

– Разработка протоколов и каналов связи всех транспортных средств в радиусе действия сети.

– Создание визуальной 3D модели морского порта с указанием маршрутов для транспорта, зон хранения грузов, зон таможенного оформления и пограничного контроля.

– Создание карты процессов "Как есть", т.е. определение устойчивых связей и процессов между подразделениями и внешними участниками.

– Создание облачных сервисов для обмена данными о маршрутах судов, метео и гидрологической обстановке.

Результаты выполнения этапа:

– Оперативное получение актуальной информации о перемещениях и состоянии перегрузочной и транспортной техники в режиме online.

– Полное покрытие зоны действия СУДС, территории морского порта и подъездов к нему единой сетью 5G или WiFi-Max, в рамках которой действует система управления портовыми про-

цессами и обмен данными между портом и внешними участниками (судами, железнодорожными составами, автотранспортом).

• **Этап 3** – Разработка программно-аппаратного комплекса для управления терминалом:

– Разработка алгоритмов анализа информации из архива данных морского порта.

– Разработка алгоритмов для прогнозирования характеристик производственных процессов.

– Создание цифрового двойника морского порта.

Результаты выполнения этапа:

– База алгоритмов для анализа данных, специализированных для морского порта.

– Коллекция метрик и критериев для оценки качества процессов.

– Создание базы "лучших экземпляров" процессов для изучения их характеристик, свойств и условий выполнения.

– Поиск "узких мест" в процессах морского порта.

– Получение рекомендаций по реорганизации производственных процессов для устранения "узких мест".

– Создание системы поддержки принятия решений для оператора (диспетчера) грузового терминала.

– Цифровой двойник морского порта с функциями мониторинга датчиков на транспорте и перегрузочной технике, визуализации процессов порта, анализа процессов, как архивных, так и текущих, создания рекомендаций для принятия управленческих решений в транспортных и складских процессах порта, имитационного моделирования процессов.

Выполнение данных этапов позволит существенно продвинуться в цифровизации портов и обеспечить конкурентноспособный уровень отечественных портов относительно зарубежных.

В рамках приведенных этапов (по примеру программы развития порта Роттердам) должны функционировать проекты, отражающие специализированные задачи морских терминалов. Следует обратить внимание на следующие области задач:

• Портовая энергетика.

• Область «больших данных» и искусственного интеллекта - машинное зрение для терминального транспорта, быстрая обработка данных, прогнозирование хода процессов на основе журналов событий.

• Портовая экология.

• Область юридических и экономических трансформаций порта по причине внедрения новых технологий.

Цифровизация морских портов -необходимый шаг в развитии не только сервиса стивидорных и складских услуг, но и региональной логистики, магистральных транспортных коридоров, так как около 80% экспортно-импортного грузопотока Российской Федерации приходится именно на морские порты страны. Трансформация порта должна не только повысить пропускную способность самого терминала и качественно улучшить уровень управления им, но и задать тренд развития всей транспортной отрасли в своем регионе, а далее - через взаимосвязь "умных" морских портов и железнодорожных перевозчиков - логистической системы страны.

#### Литература

1. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_207967/491d0aad1a57443c712cfd119c49c7d5291eab8/#dst100016](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_207967/491d0aad1a57443c712cfd119c49c7d5291eab8/#dst100016) (дата обращения 18.07.2021)
2. Стратегия социально-экономического развития Краснодарского края до 2030 года URL: <https://www.economy.gov.ru/material/file/e4e8b9ddede078a93f60f5e7a08fce28/krasnodar.pdf> (дата обращения 18.07.2021)
3. Программа стратегического академического лидерства "Приоритет-2030" URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400693960/> (дата обращения 18.07.2021)
4. Smartport URL: <https://smartport.nl/en/> (дата обращения 18.07.2021)
5. Smartport по-гамбургски URL: <https://seanews.ru/2017/04/07/4025743/> (дата обращения 18.07.2021)
6. Первый в Китае полностью автоматизированный «умный» порт с 5G-покрытием URL: <https://seanews.ru/2020/05/13/ru-pervyj-v-kitae-polnostju-avtomaticheskij-umnyj-port-s-5g-pokrytiem/> (дата обращения 18.07.2021)
7. Wang, L. An Overview of the Application of RFID in Smart Ports. *Logist. Eng. Manag.* 2018, 6.
8. Heilig, L.; Voß, S. A holistic framework for security and privacy management in cloud-based smart ports. In *Proceedings of the 15th International Conference on Computer and IT Applications in the Maritime Industries-COMPIT '16*, Lecce, Italy, 9–11 May 2016.

#### References

1. Strategiya nauchno-tehnologicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_207967/491d0aad1a57443c](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_207967/491d0aad1a57443c)

- 712cfd119c49c7d5291eab8/#dst100016 (data obrashcheniya 18.07.2021)
2. Strategiya sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Krasnodarskogo kraja do 2030 goda URL: <https://www.economy.gov.ru/material/file/e4e8b9ddede078a93f60f5e7a08fce28/krasnodar.pdf> (data obrashcheniya 18.07.2021)
  3. Programma strategicheskogo akademicheskogo liderstva "Prioritet-2030" URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400693960/> (data obrashcheniya 18.07.2021)
  4. Smart port URL: <https://smartport.nl/en/> (data obrashcheniya 18.07.2021)
  5. Smart port по-гамбургски URL: <https://seanews.ru/2017/04/07/4025743/> (data obrashcheniya 18.07.2021)
  6. Первый в Китае полностью автоматизированный «умный» порт с 5G-покрытием URL: <https://seanews.ru/2020/05/13/ru-pervvi-v-kitae-polnostju-avtomaticheskij-umnyi-port-s-5g-pokrytiem/> (data obrashcheniya 18.07.2021)
  7. Wang, L. An Overview of the Application of RFID in Smart Ports. *Logist. Eng. Manag.* 2018, 6.
  8. Heilig, L.; Voß, S. A holistic framework for security and privacy management in cloud-based smart ports. In *Proceedings of the 15th International Conference on Computer and IT Applications in the Maritime Industries-COMPIT '16*, Lecce, Italy, 9–11 May 2016.