

4. Mezhdunarodnaja konvencija o podgotovke i diplomirovanii morjakov i neseniya vahty 78/95 (Tablica A-III/1)
5. Tenishheva V.F., Kuznecova Ju.S., Cyganko E.N. Vozможности trenazhera v formirovanii professional'noj kompetencii morskogo specialista v sootvetstvii s trebovanijami konvencii PDNV. Mir nauki, kul'tury, obrazovanija. 2020; № 2 (81): 77-80.
6. Avanesova T. P. et al. Analysis of cyber-security aspects both ashore and at sea //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2021. – T. 872. – №. 1. – S. 012024.
7. Avanesova T.P., Gruzdeva L.K., Gruzdev D.Ju., Drobyshhev V.I. Osobennost' inozazychnoj podgotovki morskikh specialistov k prohozhdeniju onlajn sobesedovanija. Pedagogicheskoe obrazovanie Tom 3, №6, 2022 – s. 135.
8. Cyganko E .N ., Kuznecova Ju .S., Tenishheva V.F. Zhurnal neftjanyh operacij.- Novorossijsk: RIO GM U im. adm. F.F. Ushakova, 2019. - 34 s.

УДК 656.60.009.02

DOI: 10.34046/aumsuomt105/19

## БАЗОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОРСКОГО ПОРТА В НАЦИОНАЛЬНОЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

*И.А. Стрельникова, кандидат экономических наук, доцент  
Д.Д. Стрельников, кандидат технических наук, доцент*

Развитие национальной цифровой логистической платформы в России подразумевает, процессы перевозки, перегрузки и оформления грузов должны стать прозрачны и прогнозируемы. На стадии заключения договора клиент должен знать о грузовом терминале его базовые характеристики и ситуацию на терминале на момент прибытия клиентской грузовой партии. Для выполнения данной задачи необходимо определить базовые параметры грузового терминала, которые необходимо передавать в НЦТЛП, а также набор динамических параметров, влияющих на создание прогноза по загрузочности терминала.  
**Ключевые слова:** цифровой порт, цифровая логистическая платформа, параметры работы порта, морской порт

## BASIC CHARACTERISTICS OF THE SEAPORT IN THE NATIONAL LOGISTICS SYSTEM

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

The development of the national digital logistics platform in Russia implies that the processes of transportation, transshipment and clearance of goods should become transparent and predictable. At the stage of conclusion of the contract, the client should be informed about basic characteristics of seaport and the situation at the terminal at the time of arrival of the client cargo shipment. It is necessary to determine the basic parameters of the cargo terminal, which must be transmitted to the national logistic system, as well as a set of dynamic parameters that affect the creation of a forecast for the terminal's workload.

**Keywords:** digital seaport, digital logistic platform, basic characteristics of seaport, seaport.

В рамках развития логистического сервиса Российской Федерации предполагается создание национальной цифровой транспортно-логистической платформы (НЦТЛП), в [2] рассмотрены вопросы создания НЦТЛП. Данная платформа будет призвана упростить транзитные процедуры, а также упорядочить и усовершенствовать логистику внутри страны. В [1] и [3] изучены аспекты функционирования цифровых платформ. Проект должен обеспечить создание экосистемы цифровых платформ для транспортных коридоров, адекватной современным вызовам. На текущий момент основными заявляемыми функциями НЦТЛП являются:

– Сбор и обработка данных о состоянии транспортного логистического комплекса, грузопотока - вектор состояния.

– Обмен данными между участниками транспортной перевозки.

– Автоматический синтез вариантов перевозки, интеллектуальная поддержка управленческих решений.

– Обмен юридически значимыми документами.

– Доступ для перевозчиков и грузовладельцев малых партий грузов.

– Электронная биржа логистических услуг.

В научной литературе исследования разделяются на применение различных методов оптимизации к частям перегрузочных комплексов, например только к железнодорожному фронту, причалам, внутривортовому транспорту и т.п. или оптимизация логистики между терминалами, что

особенно актуально для европейских транспортных сетей.

Model Predictive Control (MPC) – метод, применяемый для прогнозирования состояния динамической системы на основе двух групп переменных: независимые переменные (внешнее воздействие на систему) и зависимые переменные (параметры системы, которые изменяются в соответствии с некоторым законом при изменении независимых переменных). В применении к транспортным системам и интермодальным перевозкам данный метод использовал Huang [10], в его работе был построен метод MPC, обрабатывающий информацию в реальном времени в виде подвижного горизонта для реализации динамической маршрутизации контейнеров между интермодальными терминалами.

Теория массового обслуживания (ТМО) также рассматривает функционирование терминала. В публикации Caballini [13] рассмотрены железнодорожные операции порта, включая погрузку и маневрирование поездов на внутренних путях терминала и передвижение поездов между внутренними и внешними станциями. Количество контейнеров, изменяющих свое состояние (например, перемещаемых с основных складских площадей на внутренний железнодорожный терминал), ограничено производительностью терминального ресурса с использованием теории массового обслуживания. Характеристики и параметры являются стандартными для ТМО: характеристика входящего и исходящего потоков, время обработки заявки, длина очереди, время ожидания и т.д.

Железнодорожные операции на оперативном уровне подробно рассмотрены в Rusca [14], авторы анализируют топологическую структуру портового маневрового двора и оценивают пропускную способность. С помощью программного обеспечения компьютерного моделирования ARENA разработана дискретная имитационная модель для маневрового процесса, тестируются различные сценарии и возможности маневрового процесса.

В [15] Rusca обогащает дискретную имитационную модель с учетом входных потоков как грузовых поездов из региональной сети, так и грузовых вагонов из морских терминалов, количества путей в портовой железнодорожной станции, технологий, используемых для разделения грузовых вагонов по направлениям внутри терминала.

Оперативный уровень управления железнодорожной припортовой станцией заключается в решении проблем маневрирования, таких как изменение графика маневровых работ, которое

может быть выполнено в режиме реального времени в случае задержек или нарушений. Эта задача оптимизации включает в себя решения о новом времени начала и окончания для каждой операции с целью как можно более точного соблюдения суточного плана.

Что касается задачи планирования, то последняя должна учитывать возможные пути, заданные путями в рассматриваемом районе, и имеющиеся ресурсы (маневровые бригады и локомотивы). Другими эксплуатационными проблемами, возникающими на терминалах, являются планирование погрузки поездов и осуществление погрузки/разгрузки поездов. Терминальные операции на поездах зависят от имеющегося погрузочно-разгрузочного оборудования и расположения путей и железнодорожных станций, определяемых решениями, принятыми на стратегических и тактических решениях, уровень.

Рассмотрим вопросы оптимизации использования причального фронта. Модель оптимизации планирования работы на причалах представлена Golias [16]. Используя реальные данные, в работе демонстрируется, что предлагаемая методика оптимизирует время ожидания в порту и сводит к минимуму последствия позднего прибытия морских перевозчиков. В [17] задача распределения причалов со стохастическим временем обработки судна формулируется как двуобъектная задача. Для решения полученной задачи предложена эвристика на основе эволюционного алгоритма и алгоритм обрезки фронта Парето на основе моделирования.

Zeng [18] предложил интегрированную модель для оптимизации размещения причалов, назначения складских площадей и плана прямой перевалки одновременно. Цель состоит в том, чтобы минимизировать эксплуатационные расходы грузовых автомобилей и кранов, а также стоимость задержки судов. Для решения этой задачи разработан эвристический алгоритм. Приведены численные эксперименты, иллюстрирующие обоснованность предложенной модели и алгоритмов. Результаты показывают, что режим прямой перевалки может значительно снизить эксплуатационные расходы.

Rida [19] рассматривает процесс разгрузки и погрузки судов на морских контейнерных терминалах. Из-за динамического характера процессов прогнозы по статусам операций должны быть пересмотрены с течением времени на основе состояния некоторых важнейших базовых факторов (таких как суда, краны или характеристики складских помещений), проблема сформулирована как марковский процесс принятия решений

(MDP). Задача состоит в том, чтобы обеспечить оптимальную последовательность решений, которые должны приниматься каждый раз в период разгрузочно-погрузочных работ, чтобы минимизировать общее время ожидания причальных кранов и транспортных средств, выделенных для обслуживания контейнерного судна. В данной работе также разработана имитационная модель для проверки и оценки оптимальной политики, обеспечиваемой МДП.

С точки зрения обеспечения работы морских портов в НЦТЛП необходимо уточнить характеристики грузовых терминалов, которые должны быть учтены и использованы для расчета вариантов перевозок, рейтинга терминалов и прочих расчетов. Вопросы развития цифровой составляющей морских портов рассмотрены в [8].

Необходимо определить параметры, которые необходимо учесть при рассмотрении внутренних технологических процессов.

Опишем базовые множества, описывающие груз, поступающий в порт:

1. Множество типов груза «CARGO\_TYPE»  

$$cargo\_type = \{id\_cargo\_type; cargo\_type\_name; cargo\_type\_slv; cargo\_type\_ans\} \in CARGO\_TYPE \quad (1)$$

Параметры, обозначающие удельный погрузочный объем ( $cargo\_type\_slv$ ) и угол естественного откоса груза ( $cargo\_type\_ans$ ) могут быть получены из транспортных характеристик грузов.

2. Множество грузовых партий, поступающих в терминал или уже находящихся на складах терминала «CARGO\_PARTY»  

$$cp = \{id\_cargo\_party; cargo\_party\_weight; cargo\_type; cargo\_party\_time\_in; cargo\_party\_out\} \in CARGO\_PARTY \quad (2)$$

Опишем базовые элементы инфраструктуры терминала:

1. Список, обозначающий тип инфраструктуры PLACE\_TYPE  

$$PLACE\_TYPE = \{berth, warehouse, train\} \quad (3)$$

2. Множества причалов грузового терминала «BERTH»  

$$b = \{id\_berth; berth\_length; berth\_depth; plc = berth\} \in BERTH \quad (4)$$

3. Множество складов грузового терминала «WAREHOUSE»  

$$wh = \{id\_warehouse; warehouse\_square; warehouse\_type; cp_i, \dots, cp_{i+}; warehouse\_capacity; plc = warehouse\} \in WAREHOUSE \quad (5)$$

4. Множество железнодорожных путей грузового терминала «RAILROAD»  

$$rr = \{id\_railroad; railroad\_num\_of\_trains; plc = railroad\} \in RAILROAD \quad (6)$$

Параметр  $railroad\_num\_of\_trains$  обозначает количество железнодорожных составов, которые могут быть одновременно обслужены на одной жд-ветке внутренних путей.

Базовыми множествами, описывающими функционал докеров-механизаторов, являются:

1. Множество используемых сертификатов для допуска рабочих к выполнению грузовых операций на определенном типе техники «WORKER\_SKILL»  

$$ws = \{id\_worker\_skill; worker\_skill\_name\} \in WORKER\_SKILL \quad (7)$$

2. Множество докеров-механизаторов, доступных для назначения на работы «WORKER»  

$$w = \{id\_worker; ws_i, \dots, ws_{i+}\} \in WORKER \quad (8)$$

Базовыми множествами, описывающими вспомогательную технику, используемую на терминале, являются:

1. Множество видов вспомогательной техники «TECH\_TYPE»  

$$tt = \{id\_tech\_type; tech\_type\_name; tech\_type\_min\_load; tech\_type\_max\_load; ws\} \in TECH\_TYPE \quad (9)$$

2. Множество единиц вспомогательной техники «TECH»  

$$tech = \{id\_tech; tech\_load; tt\} \in TECH \quad (10)$$

3. Множество, определяющее периоды технического обслуживания вспомогательной техники «TECH\_REPAIR»  

$$tr = \{id\_tech\_repair; tech; tech\_repair\_time\_start; tech\_repair\_time\_stop;\} \in TECH\_REPAIR \quad (11)$$

Базовые множества, описывающие главные перегрузочные машины / краны:

1. Множество видов кранов «CRANE\_TYPE»  

$$ct = \{id\_crane\_type; crane\_type\_name; crane\_type\_min\_load; crane\_type\_max\_load; ws\} \in CRANE\_TYPE \quad (12)$$

2. Множество единиц кранов «CRANE»

$$crane = \{id\_crane; ct; crane\_cycle\_load; crane\_cycle\_time; ws_i, \dots, ws_{i+}; b_j, \dots, b_{j+}; rr_i, \dots, rr_{i+}\} \in CRANE \quad (13)$$

3. Множество, определяющее периоды технического обслуживания вспомогательной техники «CRANE\_REPAIR»

$$cr = \{id\_crane\_repair; crane; crane\_repair\_time\_start; crane\_repair\_time\_stop;\} \in CRANE\_REPAIR \quad (14)$$

Базовые множества обслуживаемого транспорта

1. Множества судов «VESSEL»:

$$vsl = \{id\_vessel; vessel\_draft; vessel\_lenght; vessel\_operation; vessel\_priority; vessel\_time\_in; vessel\_time\_out; cp_i, \dots, cp_{i+}\} \in VESSEL \quad (15)$$

Параметр *vessel\_operation* принимает значения 0 или 1 в зависимости от того, необходима загрузка судна или его разгрузка. Параметр *vessel\_priority* позволяет поставить приоритет обработки какого-либо судна. Предполагается использование 5-бальной шкалы, где 5 – высший приоритет.

Для назначения и швартовки судна к причалу необходимо выполнить условия.

$$vessel\_draft < berth\_depth \text{ AND } vessel\_lenght \leq berth\_lenght$$

2. Множество железнодорожных составов «TRAIN»:

$$trn = \{id\_train; train\_operation; train\_time\_in; train\_time\_out; cp_i, \dots, cp_{i+}\} \in TRAIN \quad (16)$$

Для назначения железнодорожного состава на железнодорожный путь необходимо выполнить проверку, что количество уже занятых мест меньше, чем общее число мест *num\_of\_trains*. В данной статье не рассмотрены вопросы использования маневровых поездов.

Для описания рабочей технологической карты терминала создадим множество локаций, состоящее из элементов инфраструктуры, и множество видов РТК «TWC\_TYPE»:

Множество видов РТК «TWC\_TYPE» представляет собой описание схемы перегрузки/перемещения груза из одной локации терминала в другую с указанием необходимых типов техники и их количества, специалистов с необходимыми навыками, а также производительности процесса для одной технологической линии.

$$\begin{aligned} twc\_type = \{id\_twc\_type; cargo\_type; \\ plc\_from, plc\_to \in PLACE\_TYPE; \\ ct_i, ct_{i+} \in CRANE\_TYPE; \\ (tt_j, num_{tt_j}), \dots, (tt_{j+}, num_{tt_{j+}}) \} tt_j, \dots, tt_{j+} \in TECH\_TYPE; \\ (ws_k, num_{ws_k}), \dots, (ws_{k+}, num_{ws_{k+}}), \\ ws_k, \dots, ws_{k+} \in WORKER\_SKILL; \\ eff\} \in TWC\_TYPE \end{aligned} \quad (17)$$

Производительность перегрузочного процесса *eff* указана в рабочей технологической карте напрямую для каждого варианта работы, однако, довольно часто информация о производительности является устаревшей. Также производительность грузовой операции обычно зависит от главной перегрузочной машины/основного крана. В случае использования одного и того же варианта работы, но различных перегрузочных машин, общая производительность операции меняется. Следовательно, производительность рассчитывается для каждого отдельного случая применения крана в варианте работ. Для данной работы прием расчет производительности технологической линии с использованием одного крана по формуле (18), единица измерения т/час.

$$eff = \frac{crane\_cycle\_load * 3600}{crane\_cycle\_time} \quad (18)$$

В случае применения двух кранов (одного на тыловом фронте, одного на кордонном) общая производительность технологической линии равна минимальному значению производительности в соответствии с формулой (19). Для крана на кордонной линии следует учитывать коэффициент снижения производительности перегрузочных установок при их концентрации на причале.

$$eff = \min\left(\frac{crane\_cycle\_load\_1 * 3600}{crane\_cycle\_time\_1} K_{CH}; \frac{crane\_cycle\_load\_2 * 3600}{crane\_cycle\_time\_2}\right) \quad (19)$$

Коэффициент снижения производительности при использовании нескольких перегрузочных машин  $K_{CH}$  принимает значение  $K_{CH}=0,9$  при использовании двух машин,  $K_{CH}=0,8$  при использовании трех машин.

Для назначения определенной единицы крана / вспомогательной техники / специалиста на перегрузку данная единица должна быть свободна на весь период предполагаемой грузовой операции. Для

определения периодов времени выполнения операции следует учитывать не только производственный, но и климатический фактор.

Множество времени или временных отрезков, являющееся универсумом  $T$ , применим для определения внутри него периодов технического обслуживания единиц техники, периодов выполнения грузовых работ, обслуживания транспорта и действия погодных условий. Для каждой единицы техники и специалиста определим подмножество «Available Time»  $AT \in T$ , как множество доступных интервалов времени, и подмножество «Not Available Time»  $NAT \in T$ , как множество не доступных интервалов времени по причине занятости в грузовых операциях, технического обслуживания или вынужденного простоя техники по климатическим причинам. Логично, что  $AT + NAT = T$ .

Определим множество выполняемых грузовых операций  $OPERATION$ :

$$\begin{aligned} oper &= \{id\_operation, id\_twc\_type; cp; num\_of\_lines; \\ from &= b \text{ OR } wh \text{ OR } rr, to = b \text{ OR } wh \text{ OR } rr; \\ crane_i, crane_{i+} &\in CRANE; \\ tech_j, \dots, tech_{j+} &\in TECH; \\ w_k, \dots, w_{k+} &\in WORKER; \\ operation\_time\_start, operation\_time\_stop &\} \in OPERATION \end{aligned} \quad (20)$$

Необходимые условия для начала выполнения грузовой операции:

1. Существует вариант работы в рабочей технологической карте, который можно применить для перемещения груза между заданными локациями  $from$  и  $to$ ;
2.  $operation\_time\_start, operation\_time\_stop \in AT$  для каждой единицы используемой техники и специалиста терминала, назначаемых на выполнение операции;
3. Количество и типы выбранных единиц техники и сотрудников соответствуют количеству и типам, описанным в  $twc\_type$ ;

Параметр количества одновременно используемых технологических линий  $num\_of\_lines$  принимает значения от 1 до 3 включительно.

Рассмотрим подробнее коэффициенты, используемые в динамических характеристиках. Коэффициент загрузки терминала определяется отношением фактически обрабатываемого грузопотока к проектной пропускной способности терминала, однако, коэффициент следует оценивать не в годовом измерении, а в месячном, поскольку существует достаточно высокая зависимость от сезонности грузопотока. На основе статистических данных можно вывести среднее медианное значение коэффициента фактической загрузки терминала в каждый месяц (формула 21).

$$K_{фзт} = \frac{Q_{ф}}{Q_{пропуск}} * 100\% \quad (21)$$

где  $K_{фзт}$  – коэффициент фактической загрузки терминала;  $Q_{ф}$  – фактический грузопоток, вычисленный по предыдущим периодам;  $Q_{пропуск}$  – пропускная способность терминала за указанный период

Рассмотрим прогнозирование загрузки терминала на некоторое малое количество дней вперед. Количество груза, которое необходимо обработать за указанный период  $Q$  является суммой, состоящей из грузовых партий, прибывающих или убывающих в рассматриваемый период времени. Определим период прогнозирования как  $[t_0, t_+]$ . Определим объемы входящего, исходящего и транзитного грузопотоков:

1. если  $cargo\_party\_time\_in \in [t_0, t_+]$ , то грузовая партия прибывает в порт и остается в нем на хранение в период прогнозирования загрузки терминала, тогда можно записать выражение для подсчета входящего грузопотока  $Q_+$  как:

$$IF cargo\_party\_time\_in \in [t_0, t_+] THEN Q_+ = \sum_{i=1}^N cargo\_party\_weight\_i \quad (22)$$

2. если  $cargo\_party\_time\_out \in [t_0, t_+]$ , то грузовая партия убывает из порта со склада, тогда можно записать выражение для подсчета исходящего грузопотока  $Q_-$  как:

$$\begin{aligned} IF cargo\_party\_time\_out \in [t_0, t_+] \\ THEN Q_- = \sum_{j=1}^N cargo\_party\_weight\_j \end{aligned} \quad (23)$$

3. если  $cargo\_party\_time\_in \in [t_0, t_+] \& cargo\_party\_time\_out \in [t_0, t_+]$ , то грузовая партия прибывает и убывает из порта в период прогнозирования загрузки терминала, тогда определим объем транзитного грузопотока  $Q_T$ :

$$\begin{aligned} IF cargo\_party\_time\_in \in [t_0, t_+] \\ AND cargo\_party\_time\_out \in [t_0, t_+] \\ THEN Q_T = \sum_{k=1}^N cargo\_party\_weight\_k \end{aligned} \quad (24)$$

Соответственно если выполняется одно из этих условий для грузовой партии, то количество груза, которое соответствует грузовой партии, добавляется к множеству  $Q$ . Для прогнозирования значения коэффициента загруженности перегрузочных мощностей терминала на срок  $N_{\text{дп}}$  дней используем формулу (26).

$$Q = Q_+ + Q_- + Q_T = \sum_{i=1}^N \text{cargo\_party\_weight}_i + \sum_{j=1}^N \text{cargo\_party\_weight}_j + \sum_{k=1}^N \text{cargo\_party\_weight}_k \quad (25)$$

$$K_{\text{пзт}} = \frac{N_{\text{дп}} * Q}{N_{\text{дм}} * Q_{\text{пропуск}}} * 100\% \quad (26)$$

где  $K_{\text{пзт}}$  – коэффициент загруженности перегрузочных мощностей терминала, измеряемый в процентах;  $N_{\text{дп}}$  – количество дней в периоде прогнозирования;  $N_{\text{дм}}$  – количество дней в рассматриваемом месяце.

Рассмотрим коэффициент загруженности складских площадей.

$$K_{\text{пзс}} = \frac{Q_{\text{тек}}}{R} * 100\% \quad (27)$$

$$Q_{\text{тек}} = Q_{\text{тек}} + Q_+ - Q_- \quad (28)$$

$Q_T$ , разумеется, создает нагрузку на складские площади терминала, однако, во-первых складироваться только та часть груза, которая не отправляется по прямому варианту, во-вторых, учитывая, что груз в течение прогнозируемого времени появится на терминале и покинет его, то на глобальные переменные, показываемые внешним участникам цифровой логистической платформы, данная величина не влияет.  $Q_T$  необходимо учитывать при составлении суточных планов грузовых операций, то есть рассматривать груз на оперативном уровне управления – диспетчерская служба порта. Возможности обучения диспетчеров для повышения их квалификации описаны в [6]. Способы выбора оптимального маршрута грузовой партии через морской порт рассмотрены в [7].

### Заключение

Зная расписание прибытия / отбытия грузовых партий и текущее состояние терминала, возможно рассчитать текущее состояние складов на каждый момент времени, но расчет будет верен до тех пор, пока службы порта или внешние операторы не нарушают график прибытия / отбытия грузов по техническим или формальным причинам. Условно, отправляя груз из Сибири в порт Новороссийск, невозможно предсказать все сбои в работе терминала, можно опираться на базовое расписание всех грузопотоков выбранной стивидорной компании, среднее время оформления грузов на терминале и процент грузовых партий, которые были обработаны со смещением срока выполнения работ по вине терминала. Помимо этого в пути могут произойти иные события, которые изменят дату прибытия груза в порт (размытие жд-колеи при паводках), соответственно изменят расписание терминала и расчет коэффициентов загруженности перегрузочных мощностей и складских площадей.

В связи с этим предлагается разделить расписание прибытия и отбытия грузовых партий по горизонту планирования:

1. Оперативный горизонт – срок прибытия или отбытия грузов до 3 дней. На этом этапе задержки, не относящиеся к терминалу, сведены к минимуму, следовательно, за обработку груза по большей мере отвечают службы порта и государственные службы, оформляющие документы в порту. Грузовые партии оперативного горизонта

уже могут планироваться к постановке в суточный план выполнения работ на терминале.

2. Среднесрочный горизонт - срок прибытия или отбытия грузов от 3 до 14 дней. На данном горизонте планирования возможны сбои в логистической деятельности, не относящейся к терминалу непосредственно: аварии на автомобильных и железнодорожных путях, увеличение или уменьшение сроков прибытия морского / речного транспорта к терминалу, иные причины.

3. Дальний горизонт - срок прибытия или отбытия грузов от 14 до 30 дней. Данный горизонт позволяет оценить приблизительную загруженность терминала в ближайший месяц и позволяет ориентироваться пользователю цифровой транспортно-логистической платформы в состоянии терминала на момент проработки вариантов доставки своего груза.

Дальнейшее увеличение сроков планирования не является необходимым для системы, поскольку существует высокая доля неопределенности в логистике при условии прогнозирования крупного множества перевозок на срок более месяца и в потоке заказов от пользователей цифровой транспортно-логистической платформы.

Вопрос определения параметров терминала, которые следует использовать для определения суточного плана грузовых работ, а также создание плана и его выполнение перестанут быть информацией для исключительно внутреннего пользования сотрудников грузового терминала. С внедрением решений цифровой логистической

платформы, smart-контрактов и прочих инструментов прогнозирования логистических процессов морские порты обязаны стать прозрачными. Это означает, что клиент НЦТЛП должен на стадии выбора варианта перевозки не только получить финансовые условия грузовых операций в порту, но и точные сроки, которые обязаны соблюдаться.

На основе параметров, предложенных в статье возможно создание фрагмента базы данных НЦТЛП, который бы описывал текущее состояние терминала, и по которому можно было бы составлять графики грузовых операций на оперативном горизонте и оценивать загруженность терминала на среднесрочном горизонте.

#### Литература

1. Serdyukova, L. O. Digital platforms for development of innovative transport logistic systems / L. O. Serdyukova, R. R. K. Bashirzade, A.V. Pakhomova // St.Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics. – 2020. – Vol. 13. – No 2. – P. 64-78. – DOI 10.18721/JE.13206.
2. Воронов, И. Создание национальной логистической платформы / И. Воронов // Логистика. – 2020. – № 10(167). – С. 34-37.
3. Дмитриев, А.В. Развитие цифровых платформ транспортно-логистического обслуживания / А.В. Дмитриев // Логистические системы в глобальной экономике. – 2020. – № 10. – С. 125-129.
4. Volynchikov, I.B., Timchenko, T.N. Provisions for the formation of a maritime shipping company's competitiveness management system (2019) International Journal of Economics and Business Administration, 7, pp. 93-100. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85069656260&partnerID=40&md5=a7b86d093705fa42db9a7d73cd900371>
5. Buzenkov, I.I., Tyufanova, A.A., Khaleeva, E.P. On the possibility of organizing communication for e-Navigation in the coastal zone using radio-technical posts of the vessel traffic control system (2021) Journal of Physics: Conference Series, 2061 (1), статья № 012110. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85119470225&doi=10.1088%2f1742-6596%2f2061%2f1%2f012110&partnerID=40&md5=0bb2543bd4eae46803d8e2e4d7e5409>
6. Перспективы создания тренажерной системы для диспетчера морского порта / Д.Д. Стрельников, А.В. Бачище, И.А. Стрельникова [и др.] // Морские интеллектуальные технологии. – 2021. – Т. 4. – № 2(53). – С. 116-120. –
7. Strelnikov, D. Finding an optimal route of a consignment in a seaport / D. Strelnikov, J. Rudnitckaia // 4th International Conference on Intelligent Transportation Engineering, ICITE 2019 : 4, Singapore, 05–07 sep. 2019. – Singapore, 2019. – P. 29-33. – DOI 10.1109/ICITE.2019.8880154.
8. Ильин, И. В. Цифровые технологии для реализации сотрудничества Smart City и Smart Port / И. В. Ильин, С. Е. Калязина, А. Д. Борремманс // Технологическая перспектива в рамках Евразийского пространства: новые рынки и точки экономического роста: Труды 5-ой Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 07–08 ноября 2019 года. – Санкт-Петербург: Центр научно-производственных технологий "Астерион", 2019. – С. 127-129.
9. Alekseev, A.A., Popov, V.V., Boran-Keshishyan, A.L. Artificial intelligence for data collection and application of the probabilistic-logistic method in ship traffic control systems of seaports (2021) Journal of Physics: Conference Series, 2061 (1), статья № 012106, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85119497954&doi=10.1088%2f1742-6596%2f2061%2f1%2f012106&partnerID=40&md5=f6acce22783edf99675f2735e8a58853>
10. Yuankai Huang, Qicai Zhou, Xiaolei Xiong, Jiong Zhao, "A Cooperative Intermodal Transportation Network Flow Control Method Based on Model Predictive Control", Journal of Advanced Transportation, vol. 2021, Article ID 6658319, 15 pages, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6658319>
11. L. Heilig, E. Lalla-Ruiz, and S. Voss, "port-IO: an integrative mobile cloud platform for real-time inter-terminal truck routing optimization," Flexible Services and Manufacturing Journal, vol. 29, no. 3-4, pp. 504–534, 2017.
12. M. P. M. Hendriks, D. Armbruster, M. Laumanns, E. Lefeber, and J. T. Udding, "Strategic allocation of cyclically calling vessels for multi-terminal container operators," Flexible Services and Manufacturing Journal, vol. 24, no. 3, pp. 248–273, 2012.
13. C. Caballini, C. Pasquale, S. Sacone, and S. Siri, "An event-triggered receding-horizon scheme for planning rail operations in maritime terminals," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 15, no. 1, pp. 365–375, 2014.
14. Rusca, A., Rusca, F., Rosca, E., Dragu, V., Rosca, M., 2018. Improving capacity of port shunting yard. Progress in Maritime Technology and Engineering, pp. 35–42.
15. Rusca, F., Popa, M., Rosca, E., Rusca, A., Rosca, M., Dinu, O., 2019. Assessing the transit capacity of port shunting yards through discrete simulation. Transport Problems: an International Scientific Journal, 14(4).
16. Golias, M.M., Boilé, M., Theofanis, S. and Taboada, A.H. (2010) A multi-objective decision and analysis approach for the berth scheduling problem. International Journal of Information Technology Project Management 1 (1): 54–73.
17. Karafa, J., Golias, M.M., Ivey, S. et al. The berth allocation problem with stochastic vessel handling times. Int J Adv Manuf Technol 65, 473–484 (2013). <https://doi.org/10.1007/s00170-012-4186-0>
18. Zeng, Q., Feng, Y. & Chen, Z. Optimizing berth allocation and storage space in direct transshipment operations at container terminals. Marit Econ Logist 19, 474–503

(2017). <https://doi.org/10.1057/mel.2016.2>

## References

- Serdyukova, L. O. Digital platforms for development of innovative transport logistic systems / L. O. Serdyukova, R. R. K. Bashirzade, A. V. Pakhomova // St.Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics. – 2020. – Vol. 13. – No 2. – P. 64-78. – DOI 10.18721/JE.13206.
- Voronov, I. Sozdanie nacional'noj logisticheskoy platformy / I. Voronov // Logistika. – 2020. – № 10(167). – S. 34-37.
- Dmitriev, A.V. Razvitie cifrovyyh platform transportno-logisticheskogo obsluzhivaniya / A.V. Dmitriev // Logisticheskie sistemy v global'noj ekonomike. – 2020. – № 10. – S. 125-129.
- Volynchikov, I.B., Timchenko, T.N. Provisions for the formation of a maritime shipping company's competitiveness management system (2019) International Journal of Economics and Business Administration, 7, pp. 93-100. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85069656260&partnerID=40&md5=a7b86d093705fa42db9a7d73cd900>
- Bizhenkov, I.I., Tyufanova, A.A., Khaleeva, E.P. On the possibility of organizing communication for e-Navigation in the coastal zone using radio-technical posts of the vessel traffic control system (2021) Journal of Physics: Conference Series, 2061 (1), stat'ya № 012110. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85119470225&doi=10.1088%2f1742-6596%2f2061%2f1%2f012110&partnerID=40&md5=0bb2543bd4eae46803d8e2e4d7e54>
- Perspektivy sozdaniya trenazhernoj sistemy dlya dispetchera morskogo porta / D. D. Strel'nikov, A. V. Bachishche, I. A. Strel'nikova [i dr.] // Morskie intellektual'nye tekhnologii. – 2021. – T. 4. – № 2(53). – S. 116-120. – DOI 10.37220/MIT.2021.52.2.079.
- Strel'nikov, D. Finding an optimal route of a consignment in a seaport / D. Strel'nikov, J. Rudnitckaia // 4th International Conference on Intelligent Transportation Engineering, ICITE 2019 : 4, Singapore, 05–07 sep. 2019. – Singapore, 2019. – P. 29-33. – DOI 10.1109/ICITE.2019.8880154.
- Il'in, I. V. Cifrovye tekhnologii dlya realizacii sotrudnichestva Smart City i Smart Port / I. V. Il'in, S. E. Kalyazina, A. D. Borremans // Tekhnologicheskaya perspektiva v ramkah Evrazijskogo prostranstva: novye rynki i tochki ekonomicheskogo rosta : Trudy 5-oj Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, Sankt-Peterburg, 07–08 noyabrya 2019 goda. – Sankt-Peterburg: Centr nauchno-proizvodstvennyh tekhnologij "Asterion", 2019. – S. 127-129.
- Alekseev, A.A., Popov, V.V., Boran-Keshishyan, A.L. Artificial intelligence for data collection and application of the probabilistic-logistic method in ship traffic control systems of seaports (2021) Journal of Physics: Conference Series, 2061 (1), stat'ya № 012106. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85119497954&doi=10.1088%2f1742-6596%2f2061%2f1%2f012106&partnerID=40&md5=f6acce22783edf99675f2735e8a58853>
- Yuankai Huang, Qicai Zhou, Xiaolei Xiong, Jiong Zhao, "A Cooperative Intermodal Transportation Network Flow Control Method Based on Model Predictive Control", Journal of Advanced Transportation, vol. 2021, Article ID 6658319, 15 pages, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6658319>
- L. Heilig, E. Lalla-Ruiz, and S. Voss, "port-IO: an integrative mobile cloud platform for real-time inter-terminal truck routing optimization," Flexible Services and Manufacturing Journal, vol. 29, no. 3-4, pp. 504–534, 2017.
- M. P. M. Hendriks, D. Armbruster, M. Laumanns, E. Lefeber, and J. T. Udding, "Strategic allocation of cyclically calling vessels for multi-terminal container operators," Flexible Services and Manufacturing Journal, vol. 24, no. 3, pp. 248–273, 2012.
- C. Caballini, C. Pasquale, S. Sacone, and S. Siri, "An event-triggered receding-horizon scheme for planning rail operations in maritime terminals," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 15, no. 1, pp. 365–375, 2014.
- Rusca, A., Rusca, F., Rosca, E., Dragu, V., Rosca, M., 2018. Improving capacity of port shunting yard. Progress in Maritime Technology and Engineering, pp. 35–42.
- Rusca, F., Popa, M., Rosca, E., Rusca, A., Rosca, M., Dinu, O., 2019. Assessing the transit capacity of port shunting yards through discrete simulation. Transport Problems: an International Scientific Journal, 14(4).
- Golias, M.M., Boilé, M., Theofanis, S. and Taboada, A.H. (2010) A multi-objective decision and analysis approach for the berth scheduling problem. International Journal of Information Technology Project Management 1 (1): 54–73.
- Karafa, J., Golias, M.M., Ivey, S. et al. The berth allocation problem with stochastic vessel handling times. Int J Adv Manuf Technol 65, 473-484 (2013). <https://doi.org/10.1007/s00170-012-4186-0>
- Zeng, Q., Feng, Y. & Chen, Z. Optimizing berth allocation and storage space in direct transshipment operations at container terminals. Marit Econ Logist 19, 474–503 (2017). <https://doi.org/10.1057/mel.2016.2>