

24. SHafirkin B.I Povyshenie effektivnosti gruzovyh perevozok transportnoj sistemy SSSR. M.: Transport, 1978. 240 s.
25. SHramko A.P. Razrabotka mul'timodal'noj transportno – tekhnologicheskoy skhemy dostavki gruzu: uchebn. posob. /A.P. SHramko – Novorossiysk: RIO GMU im. adm. F.F. Ushakova, 2019. – 62 s.
26. Kodeks torgovogo moreplavaniya Rossijskoj Federacii. – Moskva: Prospekt, 2014.

УДК 656.073.235 : 656.073.28

DOI: 10.34046/aumsuomt95/3

МЕТОДИКА АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ГРУЗА НА КОНТЕЙНЕРНОМ ТЕРМИНАЛЕ

А.А. Янченко, кандидат технических наук.

Т.Е. Маликова доктор технических наук, доцент.

Теоретическая и практическая значимость работы связана с решением актуальной научно-технической задачи проектирования системы управления импортными грузопотоками в изменяющихся условиях внешней среды. В частности, представлена методика анализа технологического процесса обработки импортного грузопотока на функционирующем контейнерном терминале, в основание методики положены методы системного анализа, методы теории массового обслуживания и имитационное моделирование, эмпирические методы. В результате применения методики к одной из практических задач управления работой порта были получены модели, позволившие создать цифровую платформу для диагностики состояния системы управления потоковыми процессами в зоне хранения контейнерного терминала. Реализация имитационных моделей была выполнена на платформе инструментария дискретно-событийного моделирования пакета MATLAB/Simulink.

Ключевые слова: Международные перевозки, грузовой терминал, технологические операции, оптимизация, имитационное моделирование, модель, MATLAB

The theoretical and practical significance of the article is related to solving the urgent scientific and technical task of designing a system for managing imported cargo flows in changing environmental conditions. In particular, the article presents a methodology for analyzing the technological process of handling imported cargo at a functioning container terminal. The methodology is based on system analysis methods, queuing theory methods and simulation modeling, empirical methods. Applying the methodology to one of the practical tasks of controlling the operation of the port has resulted in obtaining the models that make it possible to create a digital platform for diagnosing the state of the streaming process control system in the storage area of the container terminal. Simulation models are implemented on the platform of the discrete event modeling toolkit MATLAB / Simulink.

Keywords: International forwarding, cargo terminal, technological operations, optimization, simulation modeling, model, MATLAB

Введение (Introduction)

Реализация программы цифровой экономики применительно к морскому транспорту состоит в организации информационного обмена между участниками транспортного процесса, в поддержке принимаемых управленческих решений и поиске оптимального варианта стратегии развития транспортной инфраструктуры. Неполнота и неточность информации при реализации инновационных мероприятий на транспорте может привести к дополнительным расходам или упущенной выгоде. Уменьшение воздействия неопределенности и рисков способствует цифровой оценке качества вариантов принимаемых решений. Основой применения цифровых технологий в транспортной логистике является моделирование сложных систем, которое уже на ранних стадиях планирования позволяет распознавать ошибки проектных планов, проигрывать различные сценарии организации технологических

процессов и выбирать наиболее оптимальный вариант доставки груза.

Методы и Материалы (Methods and Materials)

Обзор научных работ показал, что наиболее интенсивно развиваются цифровые платформы для координации транспортно-логистической деятельности портовых терминалов [1] – [4] и судоходных компаний [5] – [7], а также для оптимизации планов размещения экспортных и импортных поставок на рынке транспортных услуг [10, 11]. При этом в основу создания данных цифровых технологий положен процесс моделирования сложных динамических систем методами имитационного моделирования [1-4, 6, 11] или методами исследования операций [5, 7–10].

Анализ указанных трудов позволил сделать вывод о формировании нового подхода к методике совершенствования систем управления морским

транспортом в целом и совершенствования технологических операций обработки груза в уже работающем порту в частности на основе процессного подхода [2, 3]. Процессный подход для координации транспортно-логистической деятельности в портовых терминалах на основе моделей массового обслуживания апробированный в этих работах и давший положительный результат, был принят за основу представленного исследования.

Результаты (Results)

Результатом данной научной работы является авторская методика анализа технологического процесса обработки грузопотоков на функционирующем терминале порта на основе построения дискретно-имитационных моделей с использованием библиотеки Simulink пакета MATLAB, состоящая из логически последовательных шагов, представленных на рис. 1.

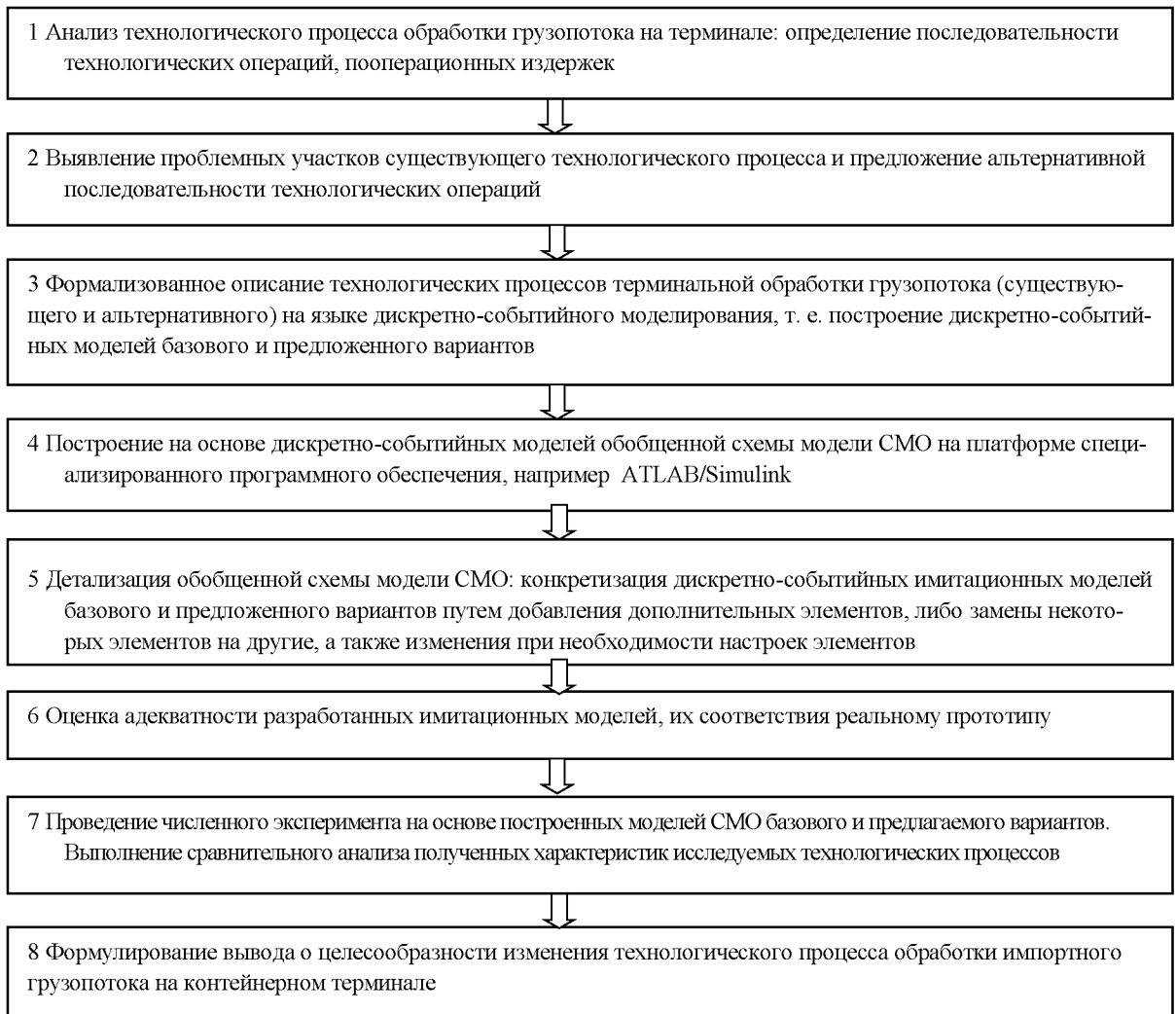


Рисунок 1 – Методика анализа технологического процесса обработки грузопотока на функционирующем терминале порта

Основным практическим результатом применения методики является инструментарий диагностики состояния системы управления контейнерного терминала на основе разработанных в пунктах 3-5 моделей обработки грузопотока. При этом исследуемые в рамках модельных экспериментов технологические подходы к совершенствованию работы контейнерного терминала в случае подтверждения их экономической целесообразности (пункт 7 методики) могут быть положены в основу разработки принципиально новой системы грузораспределения.

Апробация данной методики была выполнена на примере предложенной авторами двухзвенной системы распределения импортного грузопотока на основе деления складской площади на горячую и холодную зоны [12] в сочетании с технологией предварительного информирования таможенных органов [13, 14]. Горячая зона предназначена для хранения контейнеров, попавших под систему управления рисками таможенных органов («рисковые» контейнеры). В холодной зоне осуществляется хранение оставшейся части грузопотока (контейнеры в отношении которых не

назначены операции таможенного осмотра и до- осмотра). Ниже по тексту холодная зона хранения будет называться терминальный склад, а горячая зона – специализированный склад. Целью выполненного исследования являлось подтверждение экономической целесообразности предложений по совершенствованию системы управления импортным контейнерным потоком на морском терминале в условиях свободного порта Владивосток.

В ходе предварительных исследований был выполнен системный анализ технологического процесса терминальной обработки импортного контейнерного потока в сочетании оформления судна и груза по технологии предварительного

информирования государственных контролируемых органов порта прибытия [15, 16]. В результате были определены операции и элементы основной технологической схемы «судно – терминальный склад», а также дополнительной технологической схемы «терминальный склад – специализированный склад» (табл. 1). Основная технологическая схема соответствует процессу выгрузки контейнеров и помещению их на складские площади терминала. Дополнительная схема – процессу перемещения контейнеров, в отношении которых был назначен фактический таможенный контроль, из складской зоны терминала в специализированную досмотровую зону.

Таблица 1 – Схемы технологического процесса терминальной обработки импортного контейнерного потока (основная и дополнительная)

№ операции	Наименование операции	Условное обозначение операции
Основная технологическая схема «судно – терминальный склад» («трюм – кран – причал – погрузчик – терминальный склад»)		
I	начальная (кордонная)	АНГ–ЗГ–ХГ–ОГ–АНП
II	передаточная	АНП–ЗГ–АНГ
III	перемещения (внутрипортовая транспортная)	ЗГ–ХГ–ОГ–ХП
IV	конечная (складская)	ЗГ–ХГ–ОГ–ХП
Дополнительная технологическая схема «терминальный склад – специализированный склад» («терминальный склад – перегрузчик – погрузчик – специализированный склад»)		
I	начальная (складская)	ХП–ЗГ–ХГ–ОГ–АНП
II	передаточная	АНП–ЗГ–АНГ
III	перемещения (внутрипортовая транспортная)	ЗГ–ХГ–ОГ–ХП
IV	конечная (складская)	ЗГ–ХГ–ОГ–ХП

В случае применения технологии зонирования на контейнерном терминале произойдут изменения в существующем технологическом процессе терминальной обработке грузопотока. Дополнительная технологическая схема «терминальный склад – специализированный склад» исключается из технологического процесса. Обработка грузопотока выполняется в двухзвенной системе. Первое звено — это основная технологическая схема «судно – терминальный склад». В этом звене выполняется грузопереработка не «рисковых» контейнеров. Второе звено – технологическая схема «судно – специализированный склад» предназначено для грузопереработки «рисковых» контейнеров. Следует отметить, что технологическая схема «судно – специализированный склад» состоит из тех же операций и элементов, что и основная технологическая схема, представленная в табл. 1. Отличие лишь в последнем элементе – терминальный склад заменен на специализированный склад.

На основе технологических схем была выполнена декомпозиция транспортно-технологического

процесса, определены его функциональные элементы и существующие между ними взаимосвязи. В результате получили формализованное описание существующего технологического процесса терминальной обработки грузопотока [17] и предложенного [18] на языке дискретно-событийного моделирования. Разработанные модели предназначены для выполнения экспериментов по диагностике состояния системы управления потоковыми процессами в зоне хранения контейнерного терминала [19].

Реализация модельных экспериментов была выполнена в библиотеке SimEvents (MATLAB/Simulink, версия R2017b, лицензия № 970311). Данный программный продукт является крайне гибким инструментом для поддержки дискретно-событийного моделирования, позволяет организовать визуализацию процесса симуляции, что существенно облегчает анализ соответствия экспериментальной модели реальному технологическому процессу.

Дискретно-событийные модели существующего и предложенного вариантов технологического

ского процесса терминальной обработки грузопотока были положены в основание построения обобщенной схемы модели системы массового обслуживания (СМО). Следует отметить, что в данном контексте под потоком заявок понимают поток контейнеров, прибывших в порт на одном и том же судне. В ходе построения обобщенной модели СМО был выполнен сравнительный анализ последовательностей событий, характерных для

каждого из двух вариантов дискретно-событийных моделей. Выделены ключевые блоки событий, совпадающих в обеих моделях, а также дополнительные блоки, характерные только для одной из анализируемых моделей. В результате были выбраны шесть ключевых блоков, соединенные между собой в определенной последовательности (рис. 2), которые необходимо включить в обобщенную схему модели.

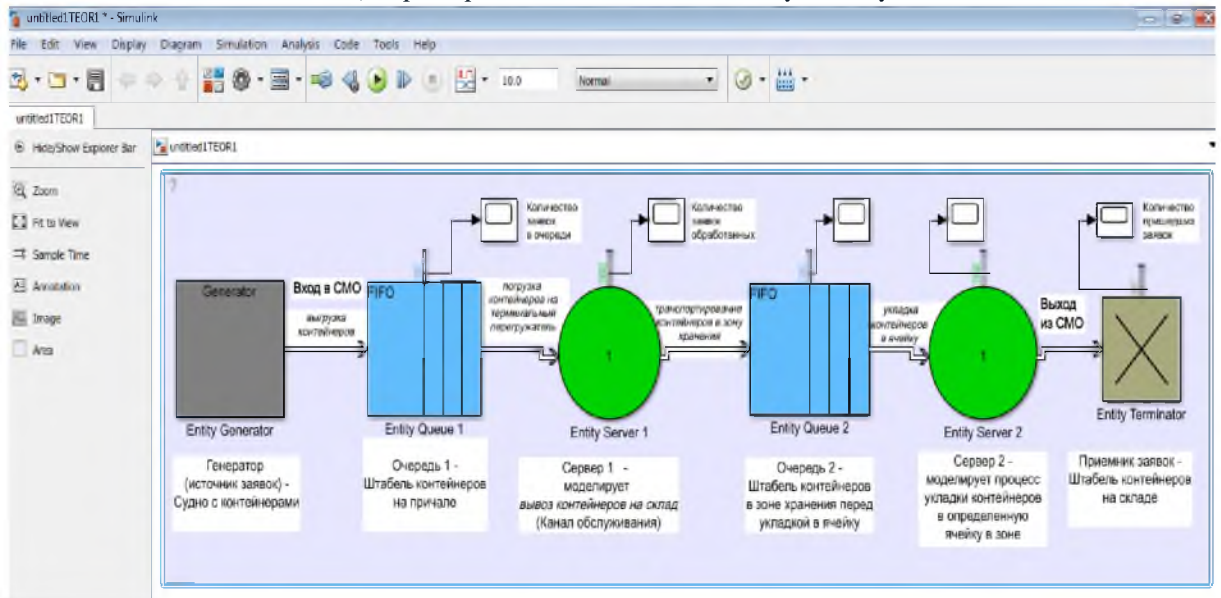


Рисунок 2 – Обобщенная схема модели СМО

Первый блок модели СМО – «источник заявок» (*Entity Generator*). Он предназначен для имитации работы причального крана, выгружающего контейнеры с определенной периодичностью. Его основой является формирователь заявок, в настройках которого пользователь задает интервал появления новой заявки в системе (время выгрузки одного контейнера на причал), и также закон распределения заявок.

Второй блок – «первая очередь» (*Entity Queue*) имитирует работу терминального перегружателя. На входе в блок осуществляется прием очередной заявки (следующий выгруженный на причал контейнер) и постановка ее в конец формируемой очереди. При этом заявка, стоящая в начале очереди, отправляется на обслуживание в третий блок, лишь в том случае, если в данный момент времени выход не заблокирован (есть в наличии свободный терминальный перегружатель). В противном случае длина очереди в блоке увеличивается на одну заявку. Допустимая емкость очереди задается дисциплиной обслуживания FIFO. Для визуализации процесса моделирования в блоке дополнительно установлены осциллографы. Они отражают текущую информацию о состоянии заявок в блоке, а именно количество

контейнеров в очереди в определенный момент времени, среднее время ожидания и другую дополнительную информацию.

Третий блок – «канал обслуживания» (*Entity Server*) или «первый сервер» имитирует операцию перемещения потока контейнеров в зону хранения. Канал обслуживания принимает на вход заявки, поступающие из второго блока модели, и задерживает их на разные интервалы равные промежутку времени, необходимому для доставки очередного контейнера до отведенного ему штабеля, расположенного в зоне хранения терминала. Длительность интервала задержки определяется случайным образом с помощью генератора времени обслуживания, в котором установлены такие характеристики сигнала, как величина и закон распределения. В случае организации работы СМО с приоритетами дополнительно необходимо установить такой параметр как вес пришедшей заявки. Осциллограф, установленный в этом блоке, информирует пользователя о количестве доставленных в зону хранения контейнеров в данный момент времени.

Четвертый блок – «вторая очередь» (*Entity Queue*) имитирует операцию укладки контейнера

в соответствующую ячейку штабеля для дальнейшего хранения. В процессе имитации на вход четвертого блока поступает заявка с первого сервера и становится в конец формируемой в данном блоке очереди. При этом заявка, стоящая в начале очереди, отправляется на обслуживание во «второй сервер» (пятый блок), имитирующий операцию хранения контейнера в штабеле. Параметры работы этих двух блоков задаются аналогично настройкам второго и третьего блока модели соответственно.

Шестой блок – «приемник заявок» (*Entity Terminator*) или накопитель предназначен для определения момента времени, когда СМО должна завершить свою работу. Иначе говоря, шестой блок это блок выхода системы из процесса симуляции при наступлении такого случая, когда количество заявок, поступивших в шестой блок, становится равным количеству заявок, которые необходимо было обработать (количество прибывших контейнеров на одном судне).

В процессе модельного эксперимента обобщенная модель СМО адаптируется под конкретный технологический процесс путем добавления дополнительных блоков, имитирующих выполнение индивидуальных операций, присущие только этому процессу, а также изменения порядка соединения этих дополнительных блоков в моделях конкретных технологических процессов. В качестве примера детализации обобщенной модели можно рассмотреть модель СМО технологического процесса терминальной обработки импортного контейнерного потока в условиях преференций свободного порта Владивосток, представленную в работе [19, с. 60].

В процессе детализации обобщенной модели важно постоянно уделять внимание вопросу оценки адекватности разрабатываемой имитационной модели реальному прототипу. В англоязычной литературе проверка на адекватность делится на три составляющие обозначенные как VV&C. Аббревиатура дословно означает три направления проверки: верификация, валидация и заслуживающая доверия. Верификация – процесс контроля корректности трансляции дискретно-событийной модели в имитационную программу. Валидация – процесс проверки является ли модель, допустимым представлением реального технологического процесса, основываясь на целевой направленности модели. Модель считается заслуживающей доверия (*credible*), если она и результаты моделирования, полученные на ее основе, приняты заказчиком и используются для принятия управленческих решений.

Обсуждение (Discussion)

Следует отметить, что процесс программирования и верификации модели достаточно автоматизирован в MATLAB/Simulink и не вызывает особых трудностей у пользователя [19, с. 63]. Процесс валидации является внешним по отношению к программному обеспечению и может быть организован в три этапа: валидация внешнего представления, эмпирическое тестирование допущений модели, статистическое сравнение. На первом этапе выполняется проверка насколько модель выглядит адекватной по мнению специалистов, которые будут ее использовать в своей повседневной работе. Данный этап предполагает непосредственное взаимодействие разработчика модели с экспертами и заказчиком. На втором этапе осуществляется графическое представление данных, проверка гипотез о распределениях, анализ модели на чувствительность и др. Третий этап предполагает статистическое сравнение между откликами модели и реального прототипа.

После проверки моделей на адекватность и получения положительного результата можно приступать к их практическому использованию, а именно проведению численных экспериментов. В случае отрицательного результата проверки модели на адекватность, необходимо разобраться в причинах его возникновения и внести соответствующие корректировки либо в структуру модели, либо в настройки ее параметров.

Выводы (Summary)

Выполненные в рамках исследования численные эксперименты, во-первых, подтвердили выдвинутую при постановке задачи гипотезу о том, зонирование контейнерного терминала при условии предварительного информирования оказывает влияние скорость прохождения импортного груза через контейнерный терминал порта [19, с. 62], а предложенные технологические подходы к совершенствованию работы контейнерного терминала могут быть внедрены в практическую деятельность. Во-вторых, была подтверждена эффективность применения предложенной методики для разработки цифровых платформ диагностики состояния различных сложных систем управления потоковыми процессами морского транспорта.

Литература

1. Сампиев А.М. Применение метода Монте-Карло для оценки эффективности использования бюджета рабочего времени морского терминала / А.М. Сампиев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2019. – Т. 11. – № 1. –

- С. 68-77. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-1-68-77.
2. Kuznetsov A. L. Simulation Model of Container Land Terminals / A. L. Kuznetsov, A. V. Kirichenko, J. J. Eglit // *TransNav*. – 2018. – Vol. 12. – Num. 2. – Pp. 321-326. DOI: 10.12716/1001.12.02.13.
 3. Аблязов К. А. Использование информационных технологий для имитационного моделирования технологических операций погрузочно-разгрузочных работ на причалах морского порта / К. А. Аблязов, Э. К. Аблязов // *Эксплуатация морского транспорта*. – 2017. – № 2 (83). – С. 5-10.
 4. Kuznetsov A. L. Simulation for assessment of bulk cargo berths number / A. L. Kuznetsov, A. V. Kirichenko, A. E. Slitsan // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. — IOP Publishing, 2017. — Vol. 87. — Is. 6. — Pp. 062010. DOI: 10.1088/1755-1315/87/6/062010.
 5. Платов А.Ю. О современных методах бизнес-планирования работы речного флота / А.Ю. Платов, Ю. И. Платов // *Вестник Волжской государственной академии водного транспорта*. – 2018. – № 54. – С. 110-115.
 6. Эглит Я. Я. Математическое моделирование выбора варианта доставки груза транспортно-экспедиторскими компаниями / Я. Я. Эглит, К. Я. Эглите, А. А. Ковтун, А. Ю. Рюзин, А. А. Дмитриев // *Эксплуатация морского транспорта*. – 2019. – № 1 (90). – С. 15-22.
 7. Вишневский Д.О. Моделирование оптимальной структуры флота и перспективных направлений его работы / Д.О. Вишневский // *Технологический аудит и резервы производства*. – 2015. – Т. 1 – № 3(21). – С. 4-8.
 8. Румянцева А.А. Рациональная расстановка флота с использованием индексного метода / А.А. Румянцева // *Экономика и предпринимательство*. – 2019. – № 7(108). – С. 1073-1076.
 9. Тимошек Е.С. Определение зоны эффективного использования транспортного флота в арктическом регионе на примере группы судов компании ООО «Маринтэк» / Е. С. Тимошек, С.Е. Чуйкова // *Вестник Волжской государственной академии водного транспорта*. – 2019. – № 61. – С. 184-193.
 10. Эглит Я.Я. Возможности применения современных методов в регулировании логистических потоков на транспорте / Я.Я. Эглит, К.Я. Эглите, А.А. Ковтун, А.А. Дмитриев // *Системный анализ и логистика*. – 2019. – № 3 (21). – С. 13-20.
 11. Эглит Я. Я. Оптимизация экспортно-импортных поставок товаров как одного из важнейших направлений экономического развития страны / Я. Я. Эглит, К. Я. Эглите, А. А. Дмитриев // *Эксплуатация морского транспорта*. – 2018. – № 3 (88). – С. 108-113.
 12. Янченко А. А. Зонирование контейнерного терминала по принципу Парето: информационный аспект / А. А. Янченко // *Логистика: современные тенденции развития: материалы XVII Международной научно-практической конференции*. — СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2018. — С. 204-208.
 13. Азовцев А. И. Разработка инфологической модели базы данных предварительного информирования таможенных органов для судоходной компании / А. И. Азовцев, Т. Е. Маликова, А. И. Филиппова, А. А. Янченко // *Морские интеллектуальные технологии*. — 2016. — Т.1. — № 3 (33). — С. 327-332.
 14. Маликова Т. Е. Разработка системы слежения за импортными грузопотоками, оформляемыми по технологии предварительного информирования в морском пункте пропуска / Т. Е. Маликова, А. И. Филиппова // *Морские интеллектуальные технологии*. — 2016. — Т. 2. — № 4 (34). — С. 32-36.
 15. Маликова Т. Е. Системный анализ взаимодействия участников транспортного рынка при оформлении грузов в морском порту / Т. Е. Маликова, А. А. Янченко // *Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока*. — 2015. — № 4. — С. 25-29.
 16. Янченко А. А. Алгоритм оформления судна в порту по технологии предварительного информирования таможенных органов в условиях свободного порта Владивосток / А. А. Янченко, Т. Е. Маликова, А. В. Кузьмин // *Территории опережающего социально-экономического развития в Российской Федерации и свободный порт Владивосток: сб. науч. тр. X Регион. науч. конф., посвященной 25-летию ФТС России*. — Владивосток: Владивостокский филиал Российской таможенной академии, 2016. — С. 257-262.
 17. Янченко А.А. Дискретно-событийная модель в задачах эксплуатации контейнерных терминалов / А.А. Янченко, Т.Е. Маликова // *Эксплуатация морского транспорта*. — 2017. — № 4 (85). — С. 25-31.
 18. Янченко А.А. Разработка модели исследования влияния зонирования контейнерного терминала на эффективность его работы / А. А. Янченко, Т. Е. Маликова, И. Н. Вольнов // *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова*. — 2017. — Т. 9. — № 4. — С. 704-713. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-4-704-713.
 19. Янченко А. А. Экспериментальные исследования влияния зонирования контейнерного терминала на эффективность его работы в условиях свободного порта Владивосток / А. А. Янченко, Т. Е. Маликова, Д. А. Оськин // *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова*. – 2019. – Т. 11. – № 1. – С. 57-67. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-1-57-67.

References

1. Sampiev, Adam M. "Monte-Carlo simulation for the efficiency assessment of marine terminal working time budget using." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 11.1 (2019): 68–77. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-1-68-77.
2. Kuznetsov, A.L., A.V. Kirichenko, and J.J. Eglit. "Simulation Model of Container Land Terminals." *TransNav* 12.2 (2018): 321–326. DOI: 10.12716/1001.12.02.13.
3. Ablyazov K.A., and E.K. Ablyazov "Usage of information technology for a simulation technique of technological operations of loading-unloading works on the berths of the sea port." *Jekspluatacija morskogo transporta* 2 (83) (2017): 5-10.
4. Kuznetsov, A. L., A. V. Kirichenko, and A. E. Slitsan. "Simulation for assessment of bulk cargo berths number." IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 87. No. 6. IOP Publishing, 2017. DOI:10.1088/1755-1315/87/6/062010.
5. Platov, A.Yu, and Yu. I. Platov "O sovremenny'x metodax biznes-planirovaniya raboty' rechnogo flota" *Vestnik Volzhskoj gosudarstvennoj akademii vodnogo transporta* 54 (2018): 110–115.
6. Eglit Y.Y., C.Y. Eglite, A. A. Kovtun, A Y Rusin, and A. A. Dmitriev. "Mathematical modeling of choice of variant of delivery of cargo forwarding companies." *Jekspluatacija morskogo transporta* 1 (90) (2019): 15–22.
7. Vishnevskij D.O. "Modelirovanie optimal'noj struktury' flota i perspektivny'x napravlenij ego raboty'" *Texnologicheskij audit i rezervy' proizvodstva* 1.3 (21) (2015): 4–8.
8. Rumyanцева A.A. "Racional'naya rasstanovka flota s ispol'zovaniem indeksnogo metoda" *E'konomika i predprinimatel'stvo* 7 (108) (2019): 1073–1076.
9. Timoshek E. S., and S. E. Chuikova "Determination of the zone of effective use of transport fleet in the Arctic region on the example of the «MARINTEK» VESSEL GROUP". *Vestnik Volzhskoj gosudarstvennoj akademii vodnogo transporta*. 61 (2019): 184–193.
10. E`glit Ya.Ya, K.Ya. E`glite, A.A. Kovtun, and A.A. Dmitriev "Vozmozhnosti primeneniya sovremenny'x metodov v regulirovanii logisticheskix potokov na transporte". *Sistemny'j analiz i logistika*. 3 (21) (2019): 13-20.
11. E`glit Ya.Ya, C.Y. Eglite, and A. A. Dmitriev. "Optimization of export-import supplies of goods as one of the most important directions of economic development of the country." *Jekspluatacija morskogo transporta* 3 (88) (2018): 108-113.
12. Yanchenko, A. A. "Zoning container terminal on pareto principle: information aspect." *Logistika: sovremennye tendencii razvitiya: materialy XVII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. SPb.: Izd-vo GUMRF im. adm. S. O. Makarova, 2018. 204–208.
13. Azovtsev, A. I., T. E. Malikova, A. I. Filippova, and A. A. Yanchenko. "The development of infological customs preliminary informing data base model for shipping company." *Marine Intellectual Technologies* 1.3(33) (2016): 327–332.
14. Malikova, T. E., and A. I. Filippova. "Development of tracking flow of import goods, cleared through advance notification technology at a sea border entry point." *Marine Intellectual Technologies* 2.4(34) (2016): 32–36.
15. Malikova, T. E., and A. A. Yanchenko. "The system analysis of transport market participants interaction in the process of goods clearance at sea port." *Nauchnye problem transporta Sibiri i Dalnego Vostoka* 4 (2015): 25–29.
16. Yanchenko, A. A., T. E. Malikova, and A. V. Kuzmin. "The Algorithm for Ship Clearance at Port According to the Technology of Preliminary Informing Customs Authorities under the Conditions of the Free Port of Vladivostok." *Territorii operzhayushchego sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya v Rossiiskoi Federatsii i svobodnyi port Vladivostok sbornik nauchnykh trudov X Regional'noi nauchnoi konferentsii, posvyashchennoi 25- letiyu FTS Rossii. Vladivostok: Vladivostokskii filial Rossiiskoi tamozhennoi akademii*, 2016: 257–262.
17. Yanchenko, A.A., and T.E. Malikova. "A discrete-event model for operations in container terminals." *Ekspluatatsiya morskogo transporta* 4 (85) (2017): 25–31.
18. Yanchenko, Anna A., Tatiana E. Malikova, and Igor N. Volnov. "Developing the model for study of terminal zoning impact on its operating efficiency." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 9.4 (2017): 704–713. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-4-704-713.
19. Yanchenko, Anna A., Tatiana E. Malikova, and Dmitry A. Oskin. "Experimental studies of the impact of a container terminal zoning on its operation efficiency under the conditions of the free port Vladivostok." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 11.1 (2019): 57–67. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-1-57-67.