

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, СУДОВОЖДЕНИЕ

УДК 646.078

Н. Н. Майоров,
А. В. Кириченко,
В. А. Фетисов

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЙ КОНТЕЙНЕРНОГО ТЕРМИНАЛА НА ОСНОВЕ ТРАНСПОРТНОЙ МОДЕЛИ И ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В статье на основе изучения современных логистических процессов контейнерного терминала, характеризующихся динамической изменчивостью, необходимостью учета разнородных параметров, а также учетом критериев безопасности, отмечается, что для транспортного узла необходимо определение большого числа таких параметров, как пропускная способность, определенное количество обслуживающей техники и др., а также для повышения безопасности транспортный узел необходимо исследовать на уязвимости. Для этого нужно иметь инструментарий, который позволит решить данные вопросы. Предлагается для решения задач разрабатывать специализированные транспортные модели с использованием имитационного моделирования и данных от систем видеофиксации. В статье рассмотрено применение системного подхода к описанию транспортного узла, рассматривается математическая методика для определения состояний контейнерного терминала, приводится структурно-адекватная модель терминала и обзор методик систем фиксации событий. В работе рассмотрен фрагмент транспортной модели контейнерного терминала и сделан вывод как о достоинствах применения таких моделей, так и сложностях при их разработке.

Ключевые слова: транспортный узел, имитационное моделирование, вероятностные характеристики, грузопоток, контейнерный терминал, транспортная модель.

Введение

Для качественной и бесперебойной работы транспортного узла необходима слаженная работа множества подразделений и служб, которые в случае возникновения любых внештатных ситуаций должны быстро принимать меры по их ликвидации. При работе любого транспортного узла возникают задачи прогнозирования загруженности, анализа слабых мест, задачи организации непрерывного мониторинга с целью повышения безопасности. В настоящее время данные задачи на практике, как правило, решаются по отдельности, что может привести к ситуациям, когда лицо, принимающее решение (ЛПР), может сделать неправильный выбор, основываясь на теоретическом прогнозе грузопотока или на некотором наборе статистических данных. Современные логистические процессы характеризуются динамической изменчивостью, в том числе под воздействием мировой экономической ситуации, что обуславливает необходимость принятия оперативных решений в течение небольшого промежутка времени работы транспортного узла, тем самым принять решение в условиях неопределенности. В данном аспекте сегодня для лиц, принимающих оперативные решения по работе транспортного узла, требуется использование специализированных логистических автоматизированных информационных систем на основе имитационного моделирования, решающих задачи прогнозирования в зависимости от потока входящих объектов и использующих мониторинг перемещения объектов внутри транспортного узла в режиме реального времени.

Методы исследований операций в транспортных узлах и терминалах

Под транспортным узлом понимается совокупность материальных и людских ресурсов, организованных в системе взаимосвязанных технологических процессов в целях обеспечения и координации перевозок. Транспортный узел, как правило, организуется в местах стыковки транспорта. Понятие *транспортный узел* включает рассмотрение особенностей процесса перевозки, технических устройств и средств контроля и управления. В работах [1] – [4] для его раскрытия

рассматриваются комплексный подход и практические примеры применительно к морских транспортным узлам. Среди особенностей транспортного узла можно выделить:

- стремление к ускорению процесса доставки грузов;
- наличие сложности функций работы и протекающих процессов (взаимодействие различных видов транспорта, погрузка, выгрузка, сортировка, хранение грузов и т. д.);
- наличие системы управления, обеспечивающей интенсивное использование технических средств;
- достижения высокой пропускной способности и осуществление перевозок с минимальными затратами.

Систему транспортного узла можно описать следующим образом (рис. 1). Транспортный узел состоит из входов 5 и выходов 7, которыми являются транспортные средства (суда, грузовые автомобили). Транспортный узел функционирует в условиях различного вида возмущений, в том числе возмущений окружающей среды (вероятностный характер транспортных процессов, выход из строя технических средств, сбой в очередях обслуживания и др.), для компенсации которых вводятся управляющие воздействия $U_{np.}$, формируемые на основе информации, поступающей из внешних систем, которые основываются, как правило, на статистической информации о работе узла, получаемой по каналам обратной связи. Также происходит обмен информацией с другими системами, окружающими транспортный узел. Согласно работам [4] – [7], в которых приведены практические примеры, информация о работе элемента узла в случае возникновения некоторого сбоя по обратной связи приходит с задержкой, причем последняя может отразиться на последующих технологических этапах обработки груза. В том числе на практике необходимо учитывать также человеческий фактор возникновения сбоя. К примеру, сбой в обработке контейнерного судна из-за технической поломки при разгрузке вызовет изменение в расписании движения судна и, в конечном итоге, может повлиять на время доставки. Множество подобных случайных факторов вынуждает использовать вероятностный аппарат.



Рис. 1. Общее представление транспортного узла

Кроме того, согласно работам [8], [9], необходимо учитывать наличие вероятностных процессов. Лицу, принимающему решение, необходимо найти наиболее значимые активные слабые места, в которых могут возникнуть задержки либо сбои. Но в реальной ситуации этого недостаточно, так как возможны ситуации системных задержек, которые спрогнозировать можно только с помощью моделирования. Также следует учитывать геометрические особенности (вместимость контейнерной площадки, количество морских фронтов и т. д.) транспортного узла, которые также могут быть источниками задержек при увеличении входного потока грузов. Используя имитационное моделирование как метод оптимизации отдельных узлов, можно получить степень нагрузки на тот или иной элемент системы или спрогнозировать возникновение внештатной ситуации и принимать решения по управлению или модернизации работы отдельного элемента, оценивая и улучшая при этом в итоге пропускную способность всей системы. Разработка эффективной координирующей системы управления технологическими процессами в транспортных узлах является одним из резервов снижения затрат на развитие перегрузочных мощностей и улучшение эксплуатационных и технико-экономических показателей их работы.

Имитационная модель должна содержать два уровня представления. *Первый уровень* представляет собой просчет различных вариантов работы терминала в зависимости от входного грузопотока и определения количественных характеристик работы, анализа загруженности. *Второй уровень* заключается в визуализации работы терминала. Перегрузочные процессы в транспортном узле рассматриваются как объекты моделирования, позволяющие решать задачи оптимального управления различными вариантами перегрузки грузов. Случайный характер процессов, протекающих в транспортных узлах, дает возможность рассматривать их отдельные модели как вероятностные и относить их тогда к моделям массового обслуживания, как показано в работах [10], [11].

Имитационная модель контейнерного терминала реализуется на основе ориентированного графа, который отражает последовательно все перегрузочные процессы транспортного узла. В каждом морском транспортном узле существует множество подсистем. Для составления ориентированного графа необходимо представить эти подсистемы узлами погрузки-разгрузки и представить вершинами некоторого графа. Множество дуг отражают направление перемещения грузов. Необходимо отметить, что при практической реализации имеет место суммирование объемов грузов либо транспорта, которыми нагружают ориентированный граф, который можно представить как матрицу перемещения грузов и матрицу передвижения транспортных средств.

Матричная модель, благодаря своей универсальности, позволяет с различных сторон взглянуть на задачу оптимизации различных по содержанию вариантов перегрузки грузов в транспортном узле. Матричная форма заложена во многие прикладные пакеты (FlexSim CT, AnyLogic и ряд других). В работе [4] представлен разработанный инструментарий, позволяющий на основе матричной формы прогнозировать грузопотоки, рассматривая морской порт и систему «сухих портов». Строки матрицы обозначают направления поэтапной перевозки грузов в транспортном узле. В любом порту известно количество приходящих судов, так как известно расписание, а наличие свободных перегрузочных машин является либо случайным, либо заданным в пределах граничных значений. Для каждого момента времени вероятность любого состояния системы зависит только от ее состояния в настоящем, при этом имеет место множество переходов. Таким образом, может быть спрогнозировано $(n + 1)$ состояние системы.

Согласно работе [12], данная цепь обработки обоснованно является цепью Маркова, а значит можно применить соответствующий математический аппарат и представить её линейной стохастической сетью. Если все потоки событий, переводящие систему из состояния в состояние, — пуассоновские, то процесс, протекающий в системе, будет Марковским. Вероятность j -го состояния системы тогда можно вычислить по формулам:

$$P_j = p_{ij} P_i, i, j = 1 \dots N; \quad (1)$$

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{21} & p_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ p_{n1} & \dots & p_{nn} \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где p_{ij} — вероятность перехода за один шаг из состояния i в состояние j ; p_{ii} — вероятность задержки системы в состоянии i ; P — матрица вероятностей переходов.

Возможно, решение на каждом шаге задачи оптимизации управления перегрузочными процессами на практике может быть представлено необходимостью составления такого маршрута передвижения каждого грузопотока и транспортного средства внутри транспортного узла, чтобы обеспечить минимум затрат на перевозку грузов и сокращение времени обработки транспортных средств. Для терминала, конечно, достаточно сложно создавать граф вручную. Сейчас существует определенное количество программных систем, которые в процессе описания терминала позволяют автоматизированно создавать матричную форму. Данный математический аппарат на практике реализуется дискретно-событийным методом моделирования. Возможные перемещения грузов и транспортных средств реализуются с помощью множества полилиний, входящих как инструментальное средство в состав информационных систем. Данное множество вариантов размещается

с учетом реальной подложки или данных геоинформационной системы, которая представляет собой реальную схему терминала, возможно взятую в подходящем для реализации масштабе.

Объектом управления является технологический процесс, заключающийся в погрузке / выгрузке с транспортного средства контейнеров и их дальнейшую обработку в терминале. Часто контейнеры в штабеле размещены в произвольном порядке и при отгрузке нужного контейнера производятся лишние операции по перемещению контейнеров. Терминал является управляемой системой, на поведение которой оказывается целенаправленное воздействие. Отечественный и зарубежный опыт разработки автоматизированных систем управления показал, что среди объектов, подлежащих автоматизации, широкий класс образуют технологические процессы, которые являются сложными стохастическими объектами, подверженными действию внешней среды с плохо определенной математической моделью.

Учитывая воздействие внешней среды, структурно-адекватная модель терминала будет иметь следующий вид:

$$\vec{y} = f(\vec{x}, \vec{\theta}), \quad (3)$$

где y — прогнозируемое значение выходного показателя; $f(x)$ — известная функция, $\vec{x} \in X$ — вектор управляемых переменных; $\vec{\theta}$ — вектор оценок параметров.

Под воздействием внешней среды подразумевается прибытие транспортных средств под погрузку / выгрузку. Прибытие транспортного средства и наличие сбоев носят стохастический характер. В связи с этим часто принятие управляющего решения происходит в условиях неопределенности. Чем больше система, тем больший объем данных необходимо анализировать и тем сложнее не совершить ошибки.

Развитие современного терминала связано с непрерывным использованием информации. Система функционирования контейнерного терминала зависит от точности информации. Роль информации заключается в устранении любых неопределенностей. Информация предназначена для упорядочения процессов перемещения контейнеров и транспортных средств, осуществления планирования деятельности терминала. Зачастую информация для оперативного управления поступает из различных источников (различных внутренних служб). Поэтому дополнительно возникает вопрос о ее правильном совмещении и точности. Среди наиболее часто встречающихся задач оперативного планирования можно выделить расчет количества заявок, обрабатываемых в каждом интервале работы контейнерного терминала, определение порядка обработки заявок, анализ максимальной загруженности, определение необходимого количества обрабатываемой входной поток техники.

В настоящее время открываются возможности интегрирования в информационные системы транспортных терминалов и узлов имитационных моделей, а также появляется возможность создания информационных транспортных моделей. Для повышения точности данных, поступающих на вход имитационной модели, необходимо интегрировать модуль анализа данных о транспорте и грузопотоке в режиме реального времени, например, на основе системы видеокамер и алгоритмов считывания информации из потока видеоданных.

Методики сбора данных о работе транспортного узла

Для получения объективной и достоверной информации по работе исследуемой службы транспортного узла необходимо провести сбор данных одновременно в нескольких точках обследования, так как службы работают в тесной взаимосвязи и оказывают влияние друг на друга. На практике при исследовании процессов применимы три основных способа сбора информации.

1. *Ручной способ.* При ручном способе непосредственный сбор данных производится учетчиками транспорта. Сбор данных производится в течение определенного интервала времени. В конце информацию с рабочих листов специалист вносит в контрольную карту. В результате проведения замеров в контрольную карту заносятся данные об интенсивности работы, времени

обработки грузов, а также о распределении грузовых потоков. Данная статистическая информация должна быть введена в программное обеспечение для дальнейшего анализа.

2. *Полуавтоматический способ.* Полуавтоматический способ сбора информации заключается в том, что сбор информации осуществляется с помощью специального видеоборудования, которое позволяет выполнять съемку, а обработка собранной информации производится затем вручную. При этом данные вносятся сразу в базу данных, т. е. отсутствует этап ввода собранных данных в некоторую контрольную карту. Сбор данных для такого способа осуществляется с помощью таких устройств, как камеры видеонаблюдения. Для сбора информации со всех направлений движения внутри транспортного узла можно использовать систему купольных камер видеонаблюдения. К недостаткам таких устройств следует отнести неориентированность на сбор данных (их расположение не всегда может быть оптимальным для достижения необходимой цели).

Полученные видеоматериалы обрабатываются оператором ПК с использованием специализированного программного обеспечения для проведения учета грузопотока. Специализированное программное обеспечение позволяет оператору напрямую осуществлять ввод количества объектов с видеозаписи и в автоматическом режиме заполнять базу данных обследования интенсивности. Таким образом, существенным отличием второго способа сбора данных от первого является то, что непосредственный подсчет интенсивности движения потоков объектов производится одновременно с вводом информации в базу данных.

3. *Автоматический способ.* В третьем случае предполагается использование автоматизированного программного обеспечения, определяющего по видеозаписи число объектов и вносящее их непосредственно в базу данных, минуя оператора. В данном случае возможно наличие технической ошибки распознавания точного числа грузов. Экран отслеживания контейнеров и оборудования с использованием систем видеонаблюдения приведен на рис. 2.

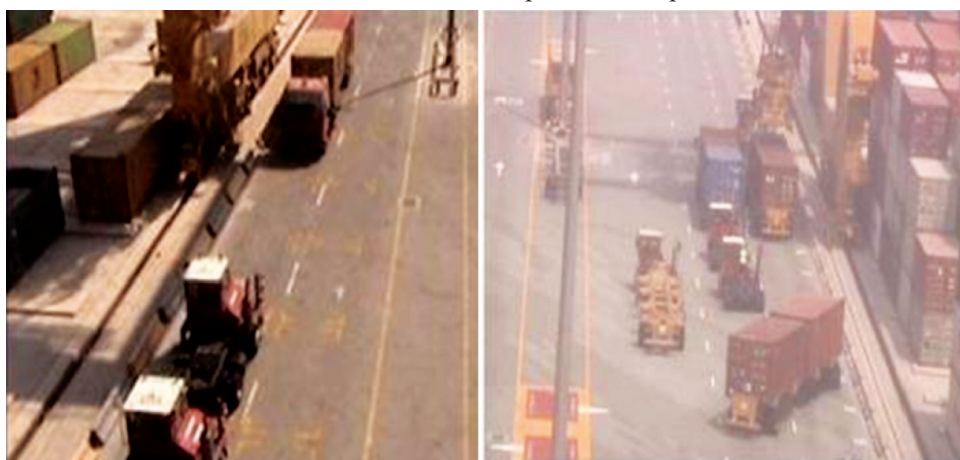


Рис. 2. Экран отслеживания контейнеров и оборудования с использованием систем видеонаблюдения

Отслеживание места, где контейнеры и оборудование расположены и где они концентрируются, является критически важным компонентом в работе терминала. Информация об их местонахождении позволит осуществить оптимизированное планирование местоположения и эффективной работы оборудования. Как отмечалось ранее, отслеживание контейнеров и оборудования только при помощи систем видеонаблюдения, с одной стороны, замедлит процесс, а с другой, потребует решения большого количества последующих оперативных задач.

В современных условиях ужесточающихся требований как к безопасности транспортного узла, так и к качеству работы, необходимо внедрять информационные транспортные модели, так как они позволяют проводить анализ работы контейнерного терминала в режиме реального времени. Необходимо отметить, что данные, поступающие от системы видеофиксации, могут поступать как непрерывно, так и дискретно. Предлагается в транспортных моделях

использовать блоки, моделирующие работу транспортного узла. Центральным компонентом системы является системная имитационная модель транспортного узла. Пример разработанного инструментария приведен в работе [13]. Виртуальная модель терминала может быть реализована с помощью следующих современных программных систем: AnyLogic, FlexSim, TBA и др. Входной информацией для данной модели будут геометрические параметры транспортного узла, прогнозируемый по расписанию поток объектов, данные от системы видеофиксации, а также плановое число обслуживающей техники. Практический пример реализации транспортной модели приведен на рис. 3.

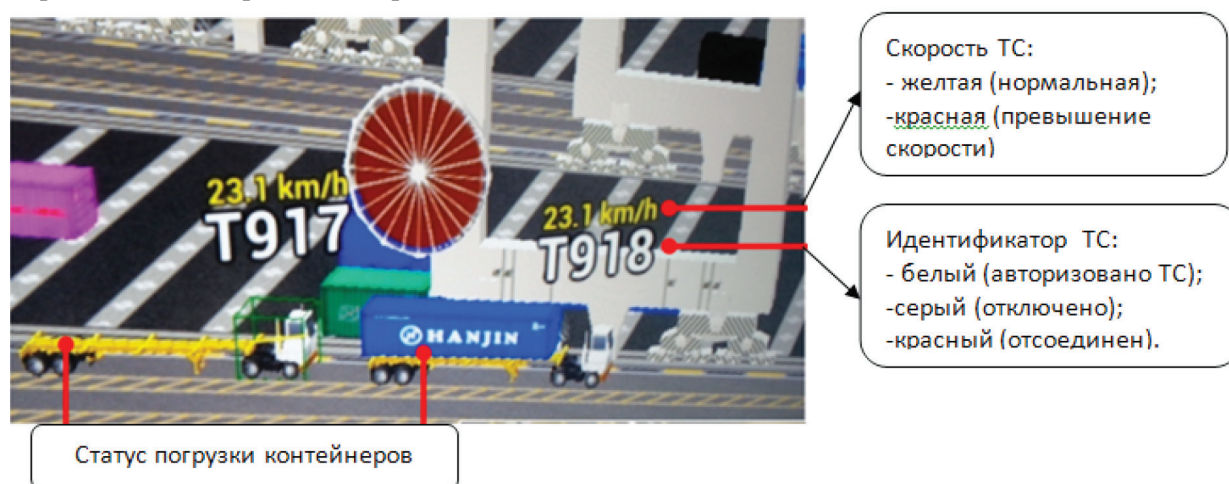


Рис. 3. Оконная форма учета перемещения грузового транспорта на контейнерном терминале и анализа производительности в транспортной модели

С этой точки зрения имитационная модель транспортного узла (ее трехмерная реализация), объединенная с системой видеофиксации, дает следующие возможности:

- позволяет решать группы прогнозных вопросов, касающихся как входного потока, так и возникновения внештатных ситуаций;
- позволяет на основе реальных данных от видеофиксации объектов моделировать различные ситуации и способствовать принятию правильных системных решений;
- позволяет передавать полученную после моделирования информацию в информационную среду транспортного узла;
- способствует созданию отдельного аналитического отдела для транспортного узла, реализующего задачи как прогнозирования, так и оперативного управления;
- повышает качество работы транспортного узла;
- повышает безопасность транспортного объекта.

Пример блок-схемы концепции организации транспортной модели контейнерного терминала с учетом системы видеофиксации и использованием имитационного моделирования приведен на рис 4, где приведены судно, портовый кран, терминальный тягач, козловой контейнерный кран и ЛПР. Основными требованиями такой системы является высокая точность моделирования и наивысшая производительность, которая позволила бы всего за считанные минуты получать прогноз грузопотока, а также оптимальное перемещение транспортных средств на несколько часов вперед. К алгоритму распознавания грузов и транспортных средств предъявляются высокие требования по точности. Для ЛПР открывается возможность выполнения значительного количества ограничений технических, экономических, которые взаимосвязаны между собой и подвержены влиянию многочисленных факторов. ЛПР может напрямую влиять на основные параметры контейнерного терминала, такие как время переработки одного контейнера, суточное количество перерабатываемых контейнеров, количество единиц техники, количество персонала путем принятия оперативных решений.



Рис. 4. Принципиальная схема использования транспортной модели на основе анализа видеоинформации с использованием имитационной модели контейнерного терминала

Необходимо отметить следующее: так как каждый транспортный узел обладает своей уникальностью, то универсальной программной системы создать не получится, для каждого объекта необходимо создать свою имитационную модель, включающую уникальные особенности терминала. Это на порядок усложняет внедрение и разработку подобных систем, но с другой стороны, улучшается качество принятия решений как оперативных, так и стратегических за счет непрерывного анализа и использования видеоинформации в режиме реального времени. Внедрение подобных систем повышает на порядок безопасность транспортного узла.

Выводы

1. В работе обосновывается современная необходимость создания транспортных моделей. Их использование позволяет с помощью одного инструмента решить большое число практических задач, которые на практике решаются по отдельности. За счет того, что внутри транспортной модели используется имитационное моделирование, открывается возможность в любой момент времени внести любые изменения в транспортную модель, изменить условия обработки, внести изменения в расписание и ряд других.

2. В работе описывается математическое обеспечение работы контейнерного терминала, структурно-адекватная модель терминала и приводится принципиальная схема использования транспортной модели. При этом отмечаются как достоинства использования транспортных моделей, так и сложность их разработки, обусловленная тем, что каждый объект обладает своими особенностями.

3. В работе также отмечается, что использование транспортных моделей позволяет повысить безопасность транспортного объекта, т. е. решить очень актуальную задачу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Майоров Н. Н. Практические задачи моделирования транспортных систем / Н. Н. Майоров, В. А. Фетисов. — СПб.: Изд-во ГУАП, 2012. — 185 с.
2. Кириченко А. В. Введение в транспортную логистику / А. В. Кириченко, А. Л. Кузнецов, О. А. Ражев [и др.]. — СПб.: Изд-во ГУАП, 2011. — 228 с.
3. Лазарев Н. Ф. Перегрузочные процессы в морских портах. Обработка и обслуживание судов / Н. Ф. Лазарев. — М.: Транспорт, 1987. — 197 с.
4. Понятовский В. В. Морские порты и транспорт (эволюция) / В. В. Понятовский. — М.: МГАВТ, 2006. — 429 с.
5. Container Terminals and Automated Transport Systems / [edited by] K. H. Kim, H.-O. Günther. — Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004. — 374 p. DOI: 10.1007/b137951.
6. Maritime Logistics: A Complete Guide to Effective Shipping and Port Management / [edited by] D.-W. Song, Ph. M. Panayides. — London: Kogan Page Publishers, 2012. — 344 p.
7. Handbook of Terminal Planning / [edited by] Jürgen W. Böse. — Springer-Verlag New York, 2011. — 433 p. DOI: 10.1007/978-1-4419-8408-1.
8. Амосова Н. Н. Математика. Теория массового обслуживания / Н. Н. Амосова, Ю. Д. Максимов. — СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2013. — 200 с.
9. Майоров Н. Н. Моделирование транспортных процессов / Н. Н. Майоров, В. А. Фетисов. — СПб.: Изд-во ГУАП, 2011. — 165 с.
10. Фетисов В. А. Исследование и реализация оптимального варианта работы портовой логистической системы с использованием имитационных моделей систем массового обслуживания / В. А. Фетисов, Н. Н. Майоров // Эксплуатация морского транспорта. — 2012. — № 3. — С. 3–7.
11. Свидетельство № 19958. Алгоритм реализации имитационной модели работы морской контейнерной линии / Н. Н. Майоров, В. А. Фетисов. Объединенный фонд электронных ресурсов «Наука и образование» Государственной академии наук, 2014. — 6 с.
12. Шуршев В. Ф. Разработка математической модели для решения задач оптимизации управления перегрузочными процессами морского порта / В. Ф. Шуршев, Тхи Хыонг Чан // Вестник АГТУ. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. — 2011. — № 1. — С. 83–88.
13. Майоров Н. Н. Моделирование контейнерооборота морской транспортной системы на основе математического аппарата гравитационной модели / Н. Н. Майоров, А. В. Кириченко, В. А. Фетисов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2015. — № 5 (33). — С. 26–33.

RESEARCH OPERATIONAL MANAGEMENT CONTAINER TERMINAL BASED ON THE TRANSPORT MODEL AND SIMULATION

The article based on the study of modern logistic processes of container terminal, characterized by dynamic variation, need to take account of diverse settings, as well as taking into account the criteria of safety, it is noted that for the transport hub is necessary to define a large number of parameters such as bandwidth, a certain amount of servicing equipment and other. as well as to improve security transport unit should be examined for vulnerabilities. To do this, you need to have tools that will help to solve these issues. It is proposed to use to solve problems and to develop specialized transport models that use simulations and data from video fixation systems. The article deals with the application of a systematic approach to the transport hub, of the description a mathematical technique for determining the state of the container terminal, adequate terminal model and review events practices fixing systems. In this paper we consider a fragment of a container terminal transport models and concluded that in practice there is the merits of the application of such models and the difficulties in their development.

Keywords: transport hub, simulation, probability characteristics, cargo, container terminal, transport model.

REFERENCES

1. Majorov, N. N. *Prakticheskie zadachi modelirovaniya transportnyh sistem*. SPb.: Izd-vo GUAP, 2012.
2. Kirichenko, A. V., A. L. Kuznecov, O. A. Razhev, et al. *Vvedenie v transportnuju logistiku*. SPb.: Izd-vo GUAP, 2011.
3. Lazarev, N. F. *Peregruzochnye processy v morskikh portah. Obrabotka i obsluzhivanie sudov*. M.: Transport, 1987.
4. Ponjatovskij, V. V. *Morskie porty i transport (jevoljucija)*. M.: MGA VT, 2006.
5. *Container Terminals and Automated Transport Systems*. Ed. Kap Hwan Kim, Hans-Otto Günther. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004. DOI: 10.1007/b137951.
6. *Maritime Logistics: A Complete Guide to Effective Shipping and Port Management*. Ed. D.-W. Song, Ph. M. Panayides. London: Kogan Page Publishers, 2012.
7. *Handbook of Terminal Planning*. Ed. Jürgen W. Böse. Springer-Verlag New York, 2011. DOI: 10.1007/978-1-4419-8408-1.
8. Amosova, N. N., and Ju. D. Maksimov. *Matematika. Teorija massovogo obsluzhivaniya*. SPb.: Izd-vo Politeh, 2013.
9. Majorov, N. N., and V. A. Feti-sov. *Modelirovanie transportnyh processov*. SPb.: Izd-vo GUAP, 2011.
10. Fetisov, V. A., and N. N. Maiorov. "Research and realization of an optimum variant of work of port logistical system, using imitating models of systems of mass service." *Jekspluatacija morskogo transporta* 3 (2012): 3–7.
11. Majorov N. N., and V. A. Fetisov. Algoritm realizacii imitacionnoj modeli raboty morskoy kontejnernoj linii. Certificate № 19958. Obedinennyj fond jelektronnyh resursov «Nauka i obrazovanie» Gosudarstvennoj Akademii Nauk, 2014.
12. Tran, Thi Huong, and Valeriy Fedorovich Shurshev. "Development of the mathematical model for optimization of management of seaport transfer processes." *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics* 1 (2011): 83–88.
13. Majorov, Nikolaj Nikolaevich, Aleksandr Viktorovich Kirichenko, and Vladimir Andreevich Fetisov. "Modeling of marine container transport system on the basis of the mathematical apparatus of the gravity model." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 5(33) (2015): 26–33.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Майоров Николай Николаевич —
кандидат технических наук, доцент.
ГУАП
sciencesuai@yandex.ru
Кириченко Александр Викторович —
доктор технических наук, профессор.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова»
KirichenkoAV@gumrf.ru
Фетисов Владимир Андреевич —
доктор технических наук, профессор.
ГУАП
FetI@aanet.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Maivorov Nikolai Nikolaevich —
PhD, associate professor.
Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
sciencesuai@yandex.ru
Kirichenko Aleksandr Viktorovich —
Dr. of Technical Sciences, professor.
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
KirichenkoAV@gumrf.ru
Fetisov Vladimir Andreevich —
Dr. of Technical Sciences, professor.
Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
FetI@aanet.ru

Статья поступила в редакцию 29 марта 2016 года