

4. Carlin, Bradley P., Nicholas G. Polson, and David S. Stoffer. "A Monte Carlo approach to nonnormal and nonlinear state-space modeling." *Journal of the American Statistical Association* 87.418 (1992): 493–500.
5. West, Mike, P. Jeff Harrison, and Helio S. Migon. "Dynamic generalized linear models and Bayesian forecasting." *Journal of the American Statistical Association* 80.389 (1985): 73–83.
6. Jefron, B. *Netradicionnye metody mnogomernogo statisticheskogo analiza*. M.: Finansy i statistika, 1988.
7. Alspach, Daniel, and Harold Sorenson. "Nonlinear Bayesian estimation using Gaussian sum approximations." *IEEE transactions on automatic control* 17.4 (1972): 439–448. DOI: 10.1109/TAC.1972.1100034.
8. Smith, Adrian F. M., and Alan E. Gelfand. "Bayesian statistics without tears: a sampling–resampling perspective." *The American Statistician* 46.2 (1992): 84–88. DOI: 10.1080/00031305.1992.10475856.
9. Makshanov, A. V., and T. V. Popovich. "Slijanie raznokontentnoj informacii v zadachah poiska podvizhnyh morskikh obektov." *Informacija i kosmos* 4 (2014): 70–72.
10. Makshanov, A. V., and T. V. Popovich. "Solution of motion parameters estimation task by angular data." *Sbornik nauchnyh trudov professorsko-prepodavatelskogo sostava Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova: sb. nauch. st.* SPb.: Izd-vo GUMRF im. adm. S. O. Makarova, 2016: 214–221.
11. Makshanov, Andrey, Vladimir Polenin, and Tatyana Popovich. "Estimation of motion parameters of the object in the formation of intelligent services geoinformatic innovative systems." *Eurasian Union of Scientists* 5-7(14) (2015): 71–75.
12. Leontev, Yuri, Andrey Makshanov, and Tatiana Popovich. "Polyscenario approach at trajectory analysis of hydroacoustical signals." *Mezhdunarodnyj Nauchnyj Institut «Educatio»* 1(19) (2016): 32–37.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Макшанов Андрей Владимирович —
доктор технических наук, профессор.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова»
andrey.makshanov@mail.ru
Ли Изольда Валерьевна —
кандидат технических наук.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова»
liiv@gumrf.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Makshanov Andrey Vladimirovich —
Dr. of Technical Sciences, professor.
Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
andrey.makshanov@mail.ru
Li Izolda Valerievna — PhD.
Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
liiv@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 11 ноября 2016 г.

DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-6-235-241
УДК 656.025.4/.6

А. А. Павлова,
С. С. Соколов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИНОМИАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ РЕФРИЖЕРАТОРНЫХ КОНТЕЙНЕРНЫХ ГРУЗОВ

В статье рассматривается применение полиномиальных моделей для произведения расчетов характеристик хранения и переработки рефрижераторных контейнерных грузов. Система рассматривается на примере контейнерного терминала, имеющего условно-функциональные секции с определенным коэффициентом заполнения, на который поступает нерегулярный неоднородный поток судов с результирующей интенсивностью. Техническое оборудование порта, предназначенное для импорта и экспорта, не всегда может быть готово к хранению или обработке контейнерных грузов. В связи с этим необходима разработка моделей, которые позволяют оптимизировать и уменьшить затраты на оборудование и ресурсы. При проектировании сложных систем обслуживания контейнерных терминалов разумно использо-

вать систему совместимых и информационно-объединяемых полиномиальных моделей, которые определяются на основе методов активной идентификации. Актуальная теория определения сложных систем неразделимо связана с теориями оптимального управления и оптимального планирования эксперимента. Планирование вычислительного эксперимента осуществляется с помощью специализированных вычислительных моделей и обработки полученных результатов в соответствии с установленными критериями оптимальности, которые позволяют осуществить активную идентификацию процессов обработки и хранения рефрижераторных контейнерных грузов, т. е. получить совокупность совместимых моделей, которая благодаря учету используемых параметров исследуемых систем обслуживания демонстрирует полиномиальные зависимости различных показателей качества процессов. Под полиномиальными моделями процессов переработки рефрижераторных контейнерных грузов будем понимать полиномиальные зависимости: функции отклика от управляемых факторов. Управляемые факторы принимают значения нормированных параметров, равные 1,0 и –1. При расчетах будем использовать переход от ненормированных параметров (естественные обозначения) к нормированным параметрам и обратно.

Ключевые слова: планирование вычислительного эксперимента, полиномиальные модели, метод наименьших квадратов, рефрижераторный контейнерный терминал, хранение и обработка контейнерных грузов.

Введение

На сегодняшний день морские грузоперевозки остаются рентабельным способом перевозки грузов за счет низкой себестоимости, что позволяет морскому транспорту являться конкурентоспособным, несмотря на низкую скорость доставки. Морской порт является крупным транспортным узлом, использующим многие виды транспорта. Об эффективности функционирования разных видов транспорта в рамках морского порта свидетельствует положительная динамика роста грузооборота морских портов России. Согласно статистическим данным ассоциации морских портов России, грузооборот за десять месяцев 2016 г. увеличился на 5,7 % по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. Такая же тенденция наблюдалась за периоды январь – декабрь 2014 г. и январь – декабрь 2015 г., увеличение грузооборота происходило на 5,7 % [1] – [2].

Сейчас большой популярностью пользуются контейнерные терминалы, для транспортировки грузов, требующих низкотемпературных условий, используются рефрижераторные контейнеры. Рефрижераторные контейнеры — это достижение современных технологий, они предназначены для перевозки грузов, требующих поддержания специального температурного и влажностного режима. В основном такие контейнеры используются для морских перевозок и хранения скоропортящихся грузов. Рефрижераторные контейнеры могут быть использованы при перевозках практически на всех видах транспорта, а также для хранения скоропортящихся грузов — как временного, при перевалке на грузовых терминалах, так и длительного. Применение рефконтейнеров позволяет доставлять груз «от двери до двери», не нарушая температурный режим хранения в пути следования и в процессе погрузки / выгрузки при смене видов транспорта.

Состояние проблемы

При проектировании сложных систем обслуживания контейнерных терминалов разумно использовать систему совместимых и информационно-объединяемых полиномиальных моделей, которые определяются на основе методов активной идентификации. Актуальная теория определения сложных систем неразделимо связана с теориями оптимального управления и оптимального планирования эксперимента. На данный момент имеется большое количество работ, посвященных оптимальной идентификации систем в различных классах моделей, при этом наблюдается переход от использования теории оптимального управления к применению теории оптимального планирования эксперимента [3] – [5].

Разработка комплекса полиномиальных и классических моделей систем обслуживания контейнерных терминалов требует применения специальных планов вычислительного эксперимента, которые учитывают специфические особенности систем и процессы их проектирования.

Планирование вычислительного эксперимента осуществляется с помощью специализированных вычислительных моделей и обработки полученных результатов в соответствии с установленными критериями и позволяет провести активную идентификацию процессов обработки и хранения рефрижераторных контейнерных грузов, т. е. получить совокупность совместимых моделей, которая, благодаря учету используемых параметров исследуемых систем обслуживания, демонстрирует полиномиальные зависимости различных показателей качества процессов.

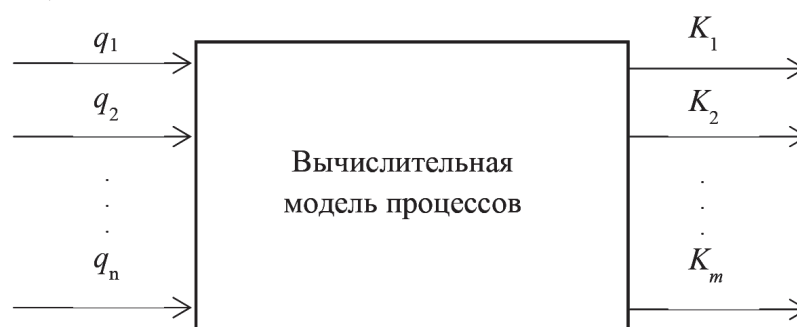
Для уменьшения затратной части и времени на этапе транспортировки грузов до территории порта широко используются контейнерные перевозки, они отличаются очень высокой степенью безопасности. Современные контейнеры разработаны и изготовлены с соблюдением всех существующих норм и стандартов, что гарантирует их прочность и герметичность. Это один из самых удобных и популярных видов транспортировки грузов. Во всем мире растет популярность использования контейнеров в качестве универсальной тары для перевозки грузов.

Техническое оборудование порта не всегда может быть готово к хранению или обработке контейнерных грузов. В связи с этим необходима разработка моделей, которые позволяют оптимизировать и уменьшить затраты на оборудование и ресурсы [2]. Рассмотрим полиномиальную модель, построенную на математической модели процессов хранения и обработки рефрижераторных контейнерных грузов, с помощью которой возможно уменьшить допущения при расчетах.

Методы решения

Используя методы планирования вычислительного эксперимента на основе функционального подхода, можно идентифицировать технические системы.

Функциональный подход при исследовании и оптимизации сложных систем можно представить в виде «черного ящика». Под «черным ящиком» понимается система, где можно исследовать входы и выходы, но внутреннее устройство неизвестно. Тогда функциональная модель представляет собой функциональные зависимости между характеристиками входов и выходов «черного ящика» (см. рисунок).



Функциональное представление технических систем

Под полиномиальными моделями процессов переработки рефрижераторных контейнерных грузов будем понимать полиномиальные зависимости — функции отклика $K_1, K_2, \dots, K_m$ от управляемых факторов $q_1, q_2, \dots, q_n$. Функция отклика (результат расчета) представляет собой вектор значений показателя качества, определенный на множестве состояний системы. Каждый фиксированный набор значений факторов определяет состояние системы и представляет условие проведения эксперимента (расчета).

Применение методов планирования эксперимента позволяет значительно уменьшить число наблюдений, но при этом увеличить точность полученных результатов за счет выбора соответствующего плана эксперимента. План эксперимента представляет собой определенное расположение точек в факторном пространстве. Факторным пространством является область определения параметров $\tilde{q}_i$ ($i = 1, 2, \dots, n$), а границы области определяются диапазонами изменений данных параметров в соответствии с неравенствами $\tilde{q}_{i\min} \leq \tilde{q}_i \leq \tilde{q}_{i\max}$.

При выборе диапазонов изменений параметров следует учитывать, что увеличение диапазонов может привести к недостоверности полиномиальной модели. В теории планирования эксперимента обычно рассматривают факторное пространство — n -мерный параллелепипед или эллипсоид. Поэтому желательно осуществлять нормирование факторов, причем область определения параметров должна быть в пределах границ, установленных неравенствами $-1 \leq q_i \leq 1$. В этом случае n -мерный параллелепипед превратится в n -мерный куб. Основой симметричной типовой конфигурации является множество точек в факторном пространстве, определенных с помощью полного факторного эксперимента, на основе большого числа планов активного эксперимента. При описанном подходе нормирование параметров решает проблемы построения оптимальных планов эксперимента и упрощает процесс вычисления коэффициентов полиномиальной модели [6].

Нормирование параметров выполняется с помощью двух операций центрирования и масштабирования. Центрирование представляет собой перенос начала координат системы нормированных параметров в центр ненормированных параметров

$$\tilde{q}_{i0} = 0,5(\tilde{q}_{i\max} + \tilde{q}_{i\min}). \quad (1)$$

Масштабирование определяется нахождением полудиапазона изменения параметров

$$\Delta\tilde{q}_i = \tilde{q}_{i\max} - \tilde{q}_{i0}. \quad (2)$$

Соответственно выражение для i -го нормированного параметра будет выглядеть следующим образом:

$$q_i = \frac{\tilde{q}_i - \tilde{q}_{i0}}{\Delta\tilde{q}_i}. \quad (3)$$

Значения ненормированных параметров, соответствующих $q_{i\max}$, q_{i0} , $q_{i\min}$, равны 1,0 и $-1,0$.

В дальнейшем будем использовать для ненормированных параметров естественные обозначения, такие как F , m , и φ .

Постановка задачи

В настоящее время для адекватного представления показателей качества широкое распространение получил метод наименьших квадратов. Указанный метод позволяет выбрать коэффициенты полиномиальной модели таким образом, чтобы снизить сумму квадратов отклонений. Зависимость показателя качества представляется некоторой полиномиальной зависимостью $\hat{K}(q_1, q_2, \dots, q_n)$.

Полиномиальная модель представляет собой полином достаточно высокого порядка вида

$$K = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i q_i + \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \leq j}}^n b_{ij} q_i q_j + \sum_{\substack{i,j,p=1 \\ i \leq j \leq p}}^n b_{ijp} q_i q_j q_p + \dots + \sum_{\substack{i_1, i_2, \dots, i_n \\ \sum_{j=1}^n i_j = d}}^n b_{i_1 i_2 \dots i_n} q_1^{i_1} q_2^{i_2} \dots q_n^{i_n}. \quad (4)$$

Метод наименьших квадратов является наиболее универсальной и эффективной процедурой поиска оценок неизвестных коэффициентов по экспериментальным данным. Другие методы аппроксимации не обеспечивают такие же широкие возможности.

Для поиска коэффициента полиномиальной модели используются следующая формула:

$$\bar{B} = (Q^T Q)^{-1} Q^T \bar{K}, \quad (5)$$

где Q — матрица наблюдений, получаемая из фиктивного параметра q_0 ; $\bar{K}$ — вектор значений функций отклика.

Рассмотрим полином четвертого порядка зависимости среднего времени ожидания $\bar{\tau}_{\text{ож}}$ от трех параметров: F — число условно функциональных секций; φ — коэффициент заполнения, на который поступает нерегулярный поток судов m (количество судов). Представим данный полином следующим образом:

$$\begin{aligned} \bar{\tau}_{\text{ож}} = & b_0 q_0 + b_1 q_1 + b_2 q_2 + b_3 q_3 + b_{11} q_1^2 + b_{12} q_1 q_2 + b_{13} q_1 q_3 + b_{22} q_2^2 + b_{23} q_2 q_3 + b_{33} q_3^2 + \\ & + b_{111} q_1^3 + b_{112} q_1^2 q_2 + b_{113} q_1^2 q_3 + b_{122} q_1 q_2^2 + b_{123} q_1 q_2 q_3 + b_{133} q_1 q_3^2 + b_{222} q_2^3 + b_{233} q_2 q_3^2 + \\ & + b_{333} q_3^3 + b_{1111} q_1^4 + b_{1112} q_1^3 q_2 + b_{1113} q_1^3 q_3 + b_{1122} q_1^2 q_2^2 + b_{1123} q_1^2 q_2 q_3 + b_{1133} q_1^2 q_3^2 + \\ & + b_{1222} q_1 q_2^3 + b_{1223} q_1 q_2^2 q_3 + b_{1233} q_1 q_2 q_3^2 + b_{1333} q_1 q_3^3 + b_{2222} q_2^4 + b_{2223} q_2^3 q_3 + b_{2233} q_2^2 q_3^2 + \\ & + b_{2333} q_2 q_3^3 + b_{3333} q_3^4, \end{aligned} \quad (6)$$

где q_1 — нормированное значение m ; q_2 — нормированное значение F ; q_3 — нормированное значение φ .

Используя, формулы (1) – (3) проведем переход к нормированным значениям от естественных обозначений (ненормированных). Проведем расчет показателя качества, принятого как среднее время ожидания $\bar{\tau}_{\text{ож}}$ для каждого эксперимента, описанного в плане. Для решения задачи по поиску коэффициентов полиномиальной модели воспользуемся методом наименьших квадратов. На основе данных расчетов определяется полиномиальная зависимость, которая в среднем наилучшим образом приближается к результатам расчетов.

Выводы

С развитием терминала претворялась в жизнь новая организационная структура управления, одновременно совершенствовались и методы, и аппарат оценки показателей работы перегрузочного терминала и других участков мультимодальных перевозок [7]. Для моделирования работы перегрузочного терминала используется теория планирования эксперимента. При этом системы массового обслуживания лежат в основе классического и полиномиального моделирования процессов переработки грузов [8]. Для определения характеристик процессов переработки контейнерных грузов не всегда целесообразно применять существующие модели массового обслуживания, так как указанные модели некорректно описывают процессы функционирования работы порта [9] – [10].

При построении математических моделей для описания пропускных способностей контейнерных терминалов имеет место много допущений при расчетах [11] – [12]. Таким образом, полученная полиномиальная зависимость позволяет произвести анализ процессов хранения контейнерных грузов в рефрижераторных терминалах, учитывая специфику процессов переработки грузов. При расчете полиномиальной модели мы можем найти среднее приведенное время ожидания. Результаты получаются точнее, чем при использовании вычислительного подхода.

Используя полиномиальные модели и схему функционального представления описанных технических систем, авторы произвели поиск коэффициентов полиномиальной модели, которые приближены к результатам расчетов вычислительной модели за счет выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью. При осуществлении активного эксперимента произведен ряд наблюдений в определенных точках факторного пространства, используя матрицу планирования.

Выбор метода наименьших квадратов для вычисления коэффициентов полиномиальной модели позволяет решить все поставленные задачи, а именно: производить более точные расчеты за счет увеличения наблюдений (опытов). Планирование эксперимента направлено на произведение расчета на основе вычислительной модели вероятностных характеристик процессов хранения и переработки рефрижераторных контейнерных терминалов. Идентификация процессов переработки рефрижераторных контейнерных грузов на основе полиномиальных моделей четвертого порядка позволяет получать значения показателей качества с достаточной точностью за счет большого количества коэффициентов.

По результатам расчетов можно сказать, что среднее время ожидания, рассчитанное согласно представленной полиномиальной зависимости, дает более точную оценку по сравнению с результатами вычислительной модели, так как при алгебраическом представлении технической системы допускаются большее количество погрешностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ассоциация морских торговых портов. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.morport.com/rus/> (дата обращения: 01.11.2016).
2. Преимущества контейнерных перевозок. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.wiraj-perevozki.ru/text_7.html (дата обращения: 01.11.2016).
3. Русинов И. А. Формализация и оптимизация процессов переработки рефрижераторных грузов на специализированных терминалах / И. А. Русинов. — СПб.: Политехника, 2008. — 472 с.
4. Вычужанин В. В. Повышение эффективности эксплуатации судовых сложных технических систем на основе моделирования и многокритериальной оптимизации / В. В. Вычужанин, Н. О. Шибасева // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2016. — № 4 (38). — С. 223–231. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-4-223-231.
5. Кельманов А. В. Полностью полиномиальная аппроксимационная схема для одной задачи двухкластерного разбиения последовательности / А. В. Кельманов, С. А. Хамидуллин, В. И. Хандеев // Дискретный анализ и исследование операций. — 2016. — Т. 23. — № 2 (128). — С. 21–40. DOI: 10.17377/daio.2016.23.511.
6. Зубарев Ю. Я. Планирование эксперимента в научных исследованиях / Ю. Я. Зубарев. — СПб.: Изд-во СПбГУВК, 2004. — 154 с.
7. Зубарев Ю. Я. Вероятностная формализация процессов обработки контейнерных грузов с учетом ограничения на число судов в очереди / Ю. Я. Зубарев, Д. С. Ловяников // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2014. — № 1 (23). — С. 109–113.
8. Максимов В. М. Вероятностные структуры и вероятностные множества / В. М. Максимов // Успехи математических наук. — 2007. — Т. 62. — № 6. — С. 181–182. DOI: 10.4213/rm7597.
9. Вихров Н. М. Стохастические модели управления технологическими процессами судоремонта / Н. М. Вихров, А. П. Нырков, С. С. Соколов, А. А. Шнуренко // Морской вестник. — 2013. — № 2 (46). — С. 17–20.
10. Соколов С. С. Оптимизация грузопотоков при мультимодальном сообщении / С. С. Соколов, В. Н. Ежгуров // Научные труды SWorld. — 2013. — Т. 8. — № 1. — С. 68–73.
11. Семенов К. М. Планирование обработки грузов в морских портах и терминалах на основе дискретно-событийного имитационного моделирования: дис. ... канд. техн. наук / К. М. Семенов. — Калининград, 2014. — 171 с.
12. Бик Ю. И. Анализ опыта технического обслуживания портовых перегрузочных комплексов (на примере Сибирского региона) / Ю. И. Бик, Ю. И. Пивон // Речной транспорт (XXI век). — 2016. — № 2 (78). — С. 57.

USE POLYNOMIAL MODELS FOR MODELING PROCESSING OF REEFER CONTAINER CARGO

The article discusses the use of polynomial models for product calculations storage characteristics and processing of reefer container cargo. The system is seen as an example of a container terminal, having conditionally functional section with a certain duty cycle, which receives an irregular non-uniform flow vessels with the resultant intensity. Technical equipment in the direction of the port of import and export, can not always be prepared for storage or handling of containerized cargo. In this regard, the need to develop models that optimize and reduce the cost of equipment and resources. When designing sophisticated container terminal service systems is reasonable to use a set of agreed and compatible information polynomial models, which are determined based on the active identification methods. Current theory of complex systems identification is inextricably linked with the theory of optimal control theory and optimal experiment. Planning computational experiment based on specific computational models and processing of the results, in accordance with the criterion of optimality, it allows for the identification of active processing and storage of refrigerated containerized cargo, ie get a set of agreed models representing a polynomial depending on the different processes of the quality indicators of the studied systems of service parameters. We mean the polynomial depending Under polynomial models of processing of reefer container cargo: the response function of the controllable factors. Controllable factors assume the values of normalized parameters equal to 1.0 and -1. In the calculations we used the transition from non-normalized parameters (natural symbols) to the normalized parameters and back.

Keywords: planning computing experiment, polynomial models, least square method, refrigerated container terminal, storage and handling of containerized cargo.

REFERENCES

1. Asociacija morskih trgovih portov. Web. 1 Nov. 2016 < <http://www.morport.com/rus/> >.
2. Preimushhestva kontejnernih perevozok. Web. 1 Nov. 2016 < http://www.wiraj-perevozki.ru/text_7.html >.
3. Rusinov, I. A. *Formalizacija i optimizacija processov pererabotki refrizheratornyh Грузов на специализированных терминалах*. SPb.: Politehnika, 2008.
4. Vychuzhanin, Vladimir Viktorovich, and Natalia Olegovna Shibaeva. "Improving efficiency operation of ship complex technical systems based on modeling and multiobjective optimization." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 4(38) (2016): 223–231. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-4-223-231.
5. Kel'manov, A. V., S. A. Khamidullin, and V. I. Khandeev. "A fully polynomial-time approximation scheme for a sequence 2-cluster partitioning problem." *Journal of Applied and Industrial Mathematics* 10.2 (2016): 209–219. DOI: 10.1134/S199047891602006X.
6. Zubarev, Ju. Ja. *Planirovanie jeksperimenta v nauchnyh issledovanijah*. SPb.: SPGUVK, 2004.
7. Zubarev, Ju. Ja., and D. S. Lovjanikov. "Probabilistic formalization of containerized cargo handling process considering limitation of vessels in the queue." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 1(23) (2014): 109–113.
8. Maksimov, V. M. "Probability structures and probability sets." *Russian Mathematical Surveys* 62.6 (2007): 1215–1217. DOI: 10.1070/RM2007v062n06ABEH004490.
9. Vikhrov, N. M., A. P. Nyrkov, S. S. Sokolov, and A. A. Shnurenko. "Stochastic models of technological procedures of ship-repair management." *Morskoy Vestnik* 2(46) (2013): 17–20.
10. Sokolov, S. S., and V. N. Ezhgurov. "Optimizacija Грузопотоков при мул'tимодальном сообщении." *Nauchnye trudy SWorld* 8.1 (2013): 68–73.
11. Semenov, K. M. *Planirovanie obrabotki Грузов в морских портах и терминалах на основе дискретно-событийного имитационного моделирования*. PhD diss. Kaliningrad, 2014.
12. Bik, Ju. I., and Ju. I. Pivon. "The analysis of experience of maintenance service of port transshipment complexes (on the example of Siberian region)." *River transport (XXIst century)* 2(78) (2016): 57.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Павлова Лидия Алексеевна — аспирант.
Научный руководитель:
Соколов Сергей Сергеевич.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С.О. Макарова»
lidiya_pavlova13@mail.ru
Соколов Сергей Сергеевич —
кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С.О. Макарова»
sokolovss@gumrf.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Pavlova Lidiya Alekseevna — postgraduate.
Supervisor:
Sokolov Sergey Sergeevich.
Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
lidiya_pavlova13@mail.ru
Sokolov Sergey Sergeevich —
PhD, associate professor.
Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
sokolovss@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 3 ноября 2016 г.