

Н.Л. Ковтун

ФГУП «Крыловский государственный научный центр», Санкт-Петербург, Россия

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПЕРСПЕКТИВНОГО ФЛОТА

Объект и цель научной работы. Рассматривается задача прогнозирования изменения производственно-экономического потенциала, например, коммерческого транспортного или промышленного флота при различных стратегиях эксплуатации судов за время полного срока их службы. Задача решается в рамках создания методического инструментария для технико-экономического анализа и оптимизации судостроительных программ для систем управления жизненным циклом продукции судостроения.

Материалы и методы. Рассматриваемая задача является динамической и стохастической, т.е. задачей с неоднозначно определенными входными данными, и поэтому может быть представлена в виде марковского случайного процесса и решена с использованием соответствующего математического аппарата – дифференциальных уравнений А.Н. Колмогорова – методом динамики средних. Данный метод широко применяется для оценки стоимостных и временных характеристик стадий жизненного цикла сложных технических устройств различного назначения и построен на анализе смены типовых состояний однородных элементов сложной системы, в нашем случае – смены этапов жизненного цикла судов флота, однородных по типу и водоизмещению.

Основные результаты. Для решения указанной задачи предложен метод исследований сбалансированных решений триады «стоимость – эффективность – циклы» с использованием упомянутого выше математического аппарата. Метод динамики средних численностей судов учитывает регламенты их эксплуатации по требованиям судовладельцев, характеристики надежности, долговечности и ремонтпригодности морской техники, производственные мощности судостроения и судоремонта, а также финансовые ресурсы и порядок их распределения по этапам жизненного цикла судов планируемого флота.

Закключение. Метод позволяет моделировать различные альтернативные варианты создания, эксплуатации и ремонта перспективных судов флота с целью определения лучшего из этих вариантов по технико-экономическим показателям. Цель моделирования – поддержание производственно-экономического потенциала флота путем поиска рационального варианта стратегии планирования приобретения, организации сервисного обслуживания, заводских плановых и неплановых ремонтов. При этом также решается задача своевременного списания неэффективной устаревшей морской техники и пополнения флота новыми судами. Такая стратегия должна минимизировать риски неоправданных финансовых затрат на создание морально устаревшего и содержание изношенного флота при условии обеспечения заданной численности эксплуатируемых судов.

Ключевые слова: жизненный цикл судов, имитационное моделирование, статистический анализ, надежность, марковские случайные процессы, дифференциальные уравнения Колмогорова, прогноз, стоимость жизненного цикла.

Автор заявляет об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Для цитирования: Ковтун Н.Л. Технико-экономический анализ жизненного цикла перспективного флота. Труды Крыловского государственного научного центра. 2018; 3(385): 77–84.

УДК 629.5.02.001.63

DOI: 10.24937/2542-2324-2018-3-385-77-84

N.L. Kovtun

Krylov State Research Centre, St. Petersburg, Russia

TECHNO-ECONOMIC LIFE CYCLE ANALYSIS FOR PROSPECTIVE COMMERCIAL FLEET

Object and purpose of research. The paper considers the task of forecasting future changes in production and economic potential, e.g. as applied to commercial or fishing fleets considering various ship operation strategies throughout the ship

life cycle. This task is addressed using the methods and tools of techno-economic analysis and optimization of ship construction programs in the life-cycle management context as applied to shipbuilding products.

Materials and methods. The task under consideration is of dynamic and stochastic nature, i.e., it is a task with ambiguously defined input data, and, therefore, it can be represented as a random Markovian process and solved with appropriate mathematic tools, namely, Kolmogorov differential equations by dynamic average method. This method is widely used for estimation of life-cycle cost and time characteristics for sophisticated engineering systems of various purposes. The method is analyzing changes in type states of similar elements in a complex system. In our case it concerns changes in life-cycle phases for ships of similar types and displacements.

Main results. The task is suggested to be solved by a method seeking balanced solutions for the “cost-effectiveness-cycles” triad. The dynamic average method for fleet sizing takes into account ship operation schedules based on shipowners’ requirements, as well as reliability, durability and maintainability characteristics of vessels, production capacities of shipbuilding and ship repair yards, financial resources and their spread over the life cycle phases of ships considered for the planned fleet.

Conclusion. The method makes it possible to model various alternative options in construction, operation and repair of future vessels to find out the best one based on technical and economic criteria. The purpose of these modeling is to keep up the production and economic potential of the fleet by choosing the rational strategy for acquisition, maintenance, scheduled overhaul and emergency repair activities. An associated task of decommissioning obsolete vessels and their replacement with newbuildings is also resolved. This philosophy is expected to minimize the risks of financial penalties related to construction and maintenance of obsolete fleet, while providing the required numbers of operating vessels.

Key words: ship life cycle, simulation, statistical analysis, reliability, random markovian processes, Kolmagorov differential equations, forecast, life-cycle cost.

Author declares lack of the possible conflicts of interests.

For citations: Kovtun N.L. Techno-economic life cycle analysis for prospective commercial fleet. Transactions of the Krylov State Research Centre. 2018; 3(385): 77–84 (in Russian).

UDC 629.5.02.001.63

DOI: 10.24937/2542-2324-2018-3-385-77-84

Введение

Introduction

Общий методологический подход к обоснованию сбалансированных технико-экономических решений в области приобретения продукции судостроения и морской техники должен базироваться на принципах программно-целевого и оптимального планирования в соответствии с [1]. Для реализации этого подхода необходимо постоянное совершенствование методического инструментария для технико-экономического анализа и оптимизации судостроительных программ.

Традиционный подход в практической области технико-экономического анализа продукции судостроения основывается на методе структурно-стоимостного анализа отдельных образцов (проектов) морской техники с учетом цен составных частей судна. При этом используются данные расчетно-калькуляционных материалов известных прототипов продукции всех участников жизненного цикла судна. Здесь структура стоимостных затрат формируется как условно посто-

янные расходы на всех этапах жизненного цикла судна, отнесенные к единице времени соответствующего этапа. Такой метод упрощает реальную динамику расходования финансовых средств судовладельца, т.к. оперирует некоторыми «назначенными» сроками службы техники и временными регламентами их обслуживания без учета текущих производственных возможностей судостроения, судоремонта, сервисного обслуживания, рисков внепланового обслуживания и ремонта, а также интенсивности эксплуатации техники.

Задача анализа и оптимизации судостроительной программы является, во-первых, динамической, а во-вторых, стохастической, т.е. задачей с неоднозначно определенными входными данными [2, 3]. Поэтому в систему моделей для технико-экономического анализа и оптимизации судостроительных программ должна войти динамическая модель процессов создания, эксплуатации и утилизации продукции судостроения, осуществляющая поиск оптимальной стратегии распределения располагаемых ассигнований и ис-

пользования ресурсов. Полученные при применении данной модели решения нужно перепроверять и при необходимости корректировать на всех контрольных рубежах жизненного цикла перспективного флота. Сущность этой модели состоит в определении производственно-экономического потенциала, например, коммерческого транспортного или промыслового флота при различных стратегиях эксплуатации судов за время полного срока их службы. Критерием эффективного функционирования флота является постоянная техническая готовность заданной численности судов и обеспечение непрерывного цикла их функционирования по прямому назначению при минимальных расходах финансовых ресурсов судовладельца. Подобные задачи решаются на этапе исследовательского проектирования перспективного флота и на всех последующих этапах жизненного цикла морской техники, когда изменяются или уточняются характеристики управляемых процессов.

Методы и материалы

Methods and materials

Стоимостные и временные характеристики стадий жизненного цикла судов, относящихся к одному типу по назначению и дедвейту, обычно имеют относительно небольшой разброс вокруг некоторых средних значений. Это позволяет использовать для исследования вариантов распределения ассигнований математические модели, основанные на методе динамики средних на базе системы дифференциальных уравнений А.Н. Колмогорова [4, 5]. Данный метод описания случайных процессов использует математический аппарат марковских цепей [4, 6]. Этот аппарат широко применяется для оценки стоимостных и временных характеристик фаз жизненного цикла сложных технических устройств различного назначения [4, 5, 7–11]. Упомянутые выше модели построены на анализе смены типовых состояний однородных элементов сложной системы, в нашем случае – смены этапов жизненного цикла единиц однородных судов. Поэтому сущность метода динамики средних применительно к данной задаче заключается в том, что рассматривается не состояние флота (как сложной системы) в целом, а состояние отдельных судов флота, каждое из которых может быть в одном из четырех возможных состояний: постройка, эксплуатация, ремонт или утилизация. Состояние же флота

в целом в каждый момент времени характеризуется математическим ожиданием и дисперсией числа однородных судов флота, находящихся в одном из вышеперечисленных состояний, которые в общем случае являются случайными величинами. Обслуживание техники, учитываемое данной моделью, может быть организовано как по регламентам (time-based maintenance), так и по фактическому состоянию (condition-based maintenance) [12–16].

Модель динамики средней численности судов флота

Model of dynamic variations in average number of vessels in fleet

Рассмотрим модель динамики количественного и качественного состава судов флота, описанную в соответствии с методом динамики средних системой дифференциальных уравнений А.Н. Колмогорова [4, 5] (для упрощения будем считать, что флот состоит из судов одного типа по назначению и дедвейту, однако данный метод без принципиальных изменений может быть применен и к флоту, состоящему из судов разного типа (см., например, [4])):

$$\begin{aligned} \frac{\partial m_0}{\partial t} &= -\varphi_{01}(m_0)m_0 + \delta; \\ \frac{\partial m_1}{\partial t} &= \varphi_{01}(m_0)m_0 + \varphi_{21}(m_2)m_2 - (\varphi_{12}(m_1) + \varphi_{13}(m_1))m_1; \\ \frac{\partial m_2}{\partial t} &= \varphi_{12}(m_1)m_1 - (\varphi_{21}(m_2) + \lambda_{23})m_2; \\ \frac{\partial m_3}{\partial t} &= \varphi_{13}(m_1)m_1 + \lambda_{23}m_2; \end{aligned} \quad (1)$$

где m_i – средняя численность судов флота в i -м состоянии; λ_{ij} – независимая от численности состояний интенсивность потока событий, переводящих судно флота из i -го в j -е состояние; $\varphi_{ij}(m_i)$ – зависящая от численности состояний интенсивность потока событий, переводящих судно флота из i -го в j -е состояние. В соответствии с принципом квазирегулярности [4] в качестве независимой переменной для данной функции будем использовать среднюю численность состояния m_i .

Граф состояний, визуализирующий данную модель, представлен на рис. 1. Здесь отдельная вер-

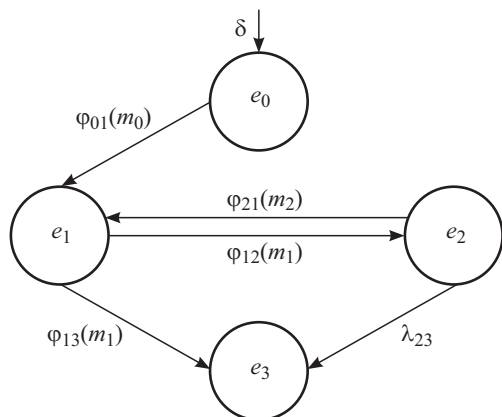


Рис. 1. Граф состояний судов флота
Fig. 1. Graph illustrating ship conditions

шина графа представляет собой одно из четырех возможных состояний судна: e_0 – постройка, e_1 – эксплуатация, e_2 – ремонт, e_3 – утилизация. Значения ребер графа являются интенсивностями потоков событий, переводящих судно флота из i -го состояния в j -е.

Интенсивности определяются следующим образом:

$$\varphi_{01}(X_0) = \frac{S_0}{C_0 X_0}, \quad (2)$$

$$0 \leq S_0 \leq \begin{cases} C_0 X_0 n_{\text{стр}} & \text{при } X_0 \leq n_{\text{стап}} \\ C_0 n_{\text{стап}} n_{\text{стр}} & \text{при } X_0 > n_{\text{стап}} \end{cases},$$

где S_0 – объем финансирования закупок судов данного вида за единицу времени; C_0 – средняя стоимость одной единицы морской техники; $n_{\text{стап}}$ – количество стапелей, используемых для постройки судов данного типа; $n_{\text{стр}}$ – средняя численность судов данного типа, строящихся на одном стапеле за единицу времени;

$$\varphi_{12}(X_1) = \frac{1}{T_{\text{мрпэ}}} \frac{n_{\text{тр}}}{X_1} + \frac{1}{T_{\text{мрпо}}} \left(1 - \frac{n_{\text{тр}}}{X_1} \right), \quad (3)$$

где $T_{\text{мрпэ}}$ – продолжительность межремонтного периода (усредненная по всей стадии эксплуатации жизненного цикла морской техники) в единицах времени при условии непрерывной эксплуатации судна; $T_{\text{мрпо}}$ – продолжительность межремонтного периода (усредненная по всей стадии эксплуатации жизненного цикла морской техни-

ки) в единицах времени при условии нахождения судна в состоянии ожидания в порту; $n_{\text{тр}}$ – минимально требуемое число судов, находящихся в состоянии эксплуатации (при этом очевидно, что X_1 не должно быть меньше, чем $n_{\text{тр}}$);

$$\varphi_{21}(X_2) = \frac{S_2}{C_2 X_2}, \quad (4)$$

$$\text{где } 0 \leq S_2 \leq \begin{cases} C_2 X_2 n_{\text{рем}} & \text{при } X_2 \leq n_{\text{док}} \\ C_2 n_{\text{док}} n_{\text{рем}} & \text{при } X_2 > n_{\text{док}} \end{cases},$$

где S_2 – объем финансирования ремонта судов данного вида за единицу времени; C_2 – средняя стоимость ремонта одной единицы морской техники; $n_{\text{док}}$ – количество доков, используемых для ремонта судов данного типа; $n_{\text{рем}}$ – средняя численность судов данного типа, ремонтирующихся в одном доке за единицу времени;

$$\varphi_{13}(X_1) = \frac{1}{T_{\text{жцэ}}} \frac{n_{\text{тр}}}{X_1} + \frac{1}{T_{\text{жцо}}} \left(1 - \frac{n_{\text{тр}}}{X_1} \right), \quad (5)$$

где $T_{\text{жцэ}}$ – продолжительность стадии эксплуатации жизненного цикла судна в единицах времени при условии его непрерывной эксплуатации; $T_{\text{жцо}}$ – продолжительность стадии эксплуатации жизненного цикла судна в единицах времени при условии нахождения его в состоянии ожидания в порту;

$$\lambda_{23} = \frac{1}{T_{\text{жцр}}}, \quad (6)$$

где $T_{\text{жцр}}$ – продолжительность стадии эксплуатации жизненного цикла судна в единицах времени при условии нахождения его в состоянии ремонта; δ – интенсивность пополнения флота новыми судами за единицу времени.

Таким образом, система дифференциальных уравнений (1) позволяет учесть периодическое дополнительное пополнение численного состава флота для компенсации фактора физического износа судов, если технологические возможности средств судостроения и судоремонта достаточны, а финансирование работ своевременно и полноценно. Ввиду вышесказанного можно считать указанный метод инструментом управления процессом поддержания технической готовности судов и морской техники путем:

- мониторинга среднегодового финансирования и средней стоимости обеспечения строительства, эксплуатации и ремонта морской техники;

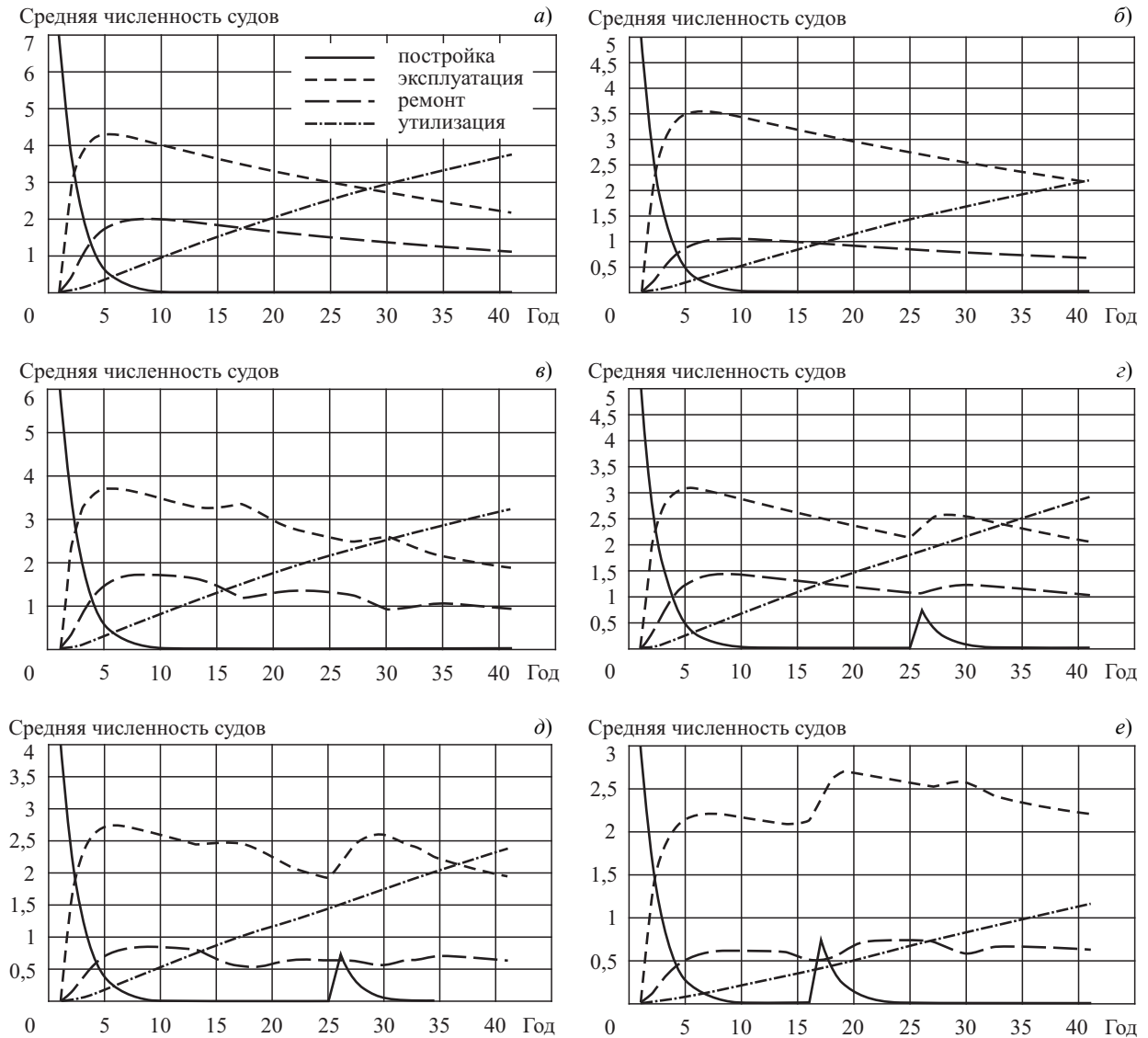


Рис. 2. Результаты математического моделирования изменения средней численности судов флота в различных состояниях в течение 40 лет: а) для 7 построенных судов; б) для 5 построенных судов с улучшенными характеристиками надежности, долговечности и ремонтпригодности; в) для 6 построенных судов с учетом увеличения объема их ремонтов в определенные периоды; г) для 5 построенных судов и дополнительного строительства одного судна через 25 лет после начала строительства первой серии; д) для 4 построенных судов с учетом увеличения объема их ремонтов в определенные периоды и дополнительного строительства одного судна через 25 лет после начала строительства первой серии; е) для 3 построенных судов с улучшенными характеристиками надежности, долговечности и ремонтпригодности с учетом увеличения объема их ремонтов в определенные периоды и дополнительного строительства одного судна через 15 лет после начала строительства первой серии

Fig. 2. Mathematical modeling of variations in average number of ships in different conditions over a 40-year life cycle: а) for 7 newbuildings; б) for 5 newbuildings with improved reliability, durability and maintainability characteristics; в) for 6 newbuildings with consideration of requirement for increased scope of repair in certain phases during life cycle; г) for 5 newbuildings and one more newbuilding to follow after 25 years from commencement of the first series construction; д) for 4 newbuildings with consideration of requirement for increased scope of repair in certain phases during life cycle and one more newbuilding to follow after 25 years from commencement of the first series construction; е) for 3 newbuildings with improved reliability, durability and maintainability characteristics with consideration of requirement for increased scope of repair in certain phases during life cycle and one more newbuilding to follow after 15 years from commencement of the first series construction

- упреждающего моделирования средней численности и сроков нахождения судов флота в указанных состояниях;
- определения негативных трендов и расхождений в динамике фактической средней численности судов и плановых показателей с целью выработки оптимальных корректирующих воздействий;
- подтверждения эффективности корректирующих воздействий с использованием прогнозного моделирования для обоснования их оптимальности.

Результаты математического моделирования

Results of mathematical simulation

На рис. 2 представлены результаты математического моделирования изменения средней численности судов флота в различных состояниях в течение 40 лет при условии обеспечения не менее двух судов в состоянии эксплуатации. Расчеты выполнены путем решения системы дифференциальных уравнений (1) методом численного интегрирования с помощью ЭВМ.

После анализа полученных результатов было определено, что предпоследний и последний варианты (рис. 2*д*, *е*) плана развития флота более предпочтительны, т.к. исключают опасность значительных провалов средней численности эксплуатируемых судов и, как следствие, не требуют значительного резервирования судов перспективного флота. Кроме того, эти варианты обеспечивают более равномерную загрузку мощностей судостроения и судоремонта.

Заключение

Conclusion

Предлагаемый методологический подход к созданию технологии управления жизненным циклом продукции судостроения обеспечивает поддержку принятия управленческих решений. Судовладелец на базе имитационного моделирования имеет возможность упреждающей оценки эффективности различных планов финансирования приобретения, содержания и утилизации судов, а также выбора предприятий сервисного обслуживания, проведения заводских ремонтно-восстановительных работ. Целью моделирования

является поиск рационального варианта стратегии планирования приобретения, организации сервисного обслуживания, заводских плановых и неплановых ремонтов, своевременного списания неэффективной морской техники. Такая стратегия должна минимизировать риски временных и финансовых затрат на создание и содержание флота при условии обеспечения необходимой численности эксплуатируемых судов.

Этот инструмент управления может быть применен для решения задач по гарантированному обеспечению непрерывных процессов транспортировки углеводородного сырья судами арктического флота. Сопутствующие предложения обсуждались также в [17–20].

Библиографический список

References

1. *Томашевский В.Т., Пашин В.М., Захаров И.Г.* и др. Расчет и конструирование машин / Машиностроение. Энциклопедия. Раздел IV. Корабли и суда. Т. IV-20. Общая методология и теория кораблестроения. Кн. 1 / Под ред. В.Т. Томашевского, В.М. Пашина. СПб.: Политехника, 2003. [*Tomashevsky V.T., Pashin V.M., Zakharov I.G.* et al. Design and engineering of machines. Machine building. Encyclopedia. Section IV. Ships and vessels. V.IV-20. General philosophy and theory of shipbuilding. Book 1. Edited by Tomashevsky V.T., Pashin V.M. SPb.: Politekhnik, 2003. (in Russian)].
2. *Пашин В.М.* Оптимизация судов. Л.: Судостроение, 1983. [*Pashin V.M.* Optimization of ships. L.: Sudostroenie, 1983. (in Russian)].
3. *Singpurwalla N.D.* Survival in dynamic environments // Statistical Science. 1995. Vol. 10(1). P. 86–103.
4. *Вентцель Е.С.* Исследование операций. М.: Советское радио, 1972. [*Ventsel E.S.* Investigation of operations. M.: Sovetskoe radio, 1972. (in Russian)].
5. *Королюк С.М.* Метод и модель прогноза динамики развития количественного состава и функциональных характеристик вида вооружения в зависимости от ассигнований на закупки, ремонт и эксплуатацию // Вестник академии военных наук. 2009. № 29. С. 114–121. [*Korolyuk S.M.* Method and model of forecasting the development of armament type in terms of numbers and functional performance depending on allocation of funds for procurement, maintenance and operation. Academy of Military Sciences Journal. 2009. No. 29. P. 114–121. (in Russian)].

6. *Barlow R.E., Proschan F.* Mathematical theory of reliability. New York: John Wiley & Sons, 1965.
7. *Zayed T.M., Chang L.M., Fricker J.D.* Life-cycle cost analysis using deterministic and stochastic methods: conflicting results // *Journal of Performance of Constructed Facilities*. 2002. Vol. 16(2). P. 63–74.
8. *Bocchini P., Saydam D., Frangopol D.M.* Efficient, accurate, and simple Markov chain model for the life-cycle analysis of bridge groups // *Structural Safety*. 2013. Vol. 40. P. 51–64.
9. *Stump E.J.* An application of Markov chains to life-cycle cost analysis // *Engineering Costs and Production Economics*. 1988. Vol. 14. P. 151–156.
10. *Unal R.* Operations and support cost modeling using Markov chains // *NASA/American Society for Engineering Education (ASEE) Summer Faculty Fellowship Program*. 1989.
11. *Frangopol D.M., Maarten-Jan Kallen, J.M. van Noortwijk.* Probabilistic models for life-cycle performance of deteriorating structures: review and future directions // *Progress in Structural Engineering and Materials*. 2004. Vol. 6. P. 197–212.
12. *Ahmad R., Kamaruddin S.* An overview of time-based and condition-based maintenance in industrial application // *Computers & Industrial Engineering*. 2012. Vol. 63. Is. 1. P. 135–149.
13. *Shin J-H., Jun H-B.* On condition based maintenance policy // *Journal of Computational Design and Engineering*. 2015. Vol. 2. Is. 2. P. 119–127.
14. *Zhu W., Fouladirad M., Berenguer C.* Condition-based maintenance policies for a combined wear and shock deterioration model with covariates // *Computers & Industrial Engineering*. 2015. Vol. 85. P. 268–283.
15. *Do P., Voisin A., Levrat E., Iung B.* A proactive condition-based maintenance strategy with both perfect and imperfect maintenance actions // *Reliability Engineering & System Safety*. 2015. Vol. 133. P. 22–32.
16. *Amari S.V., McLaughlin L., Pham H.* Cost-effective condition-based maintenance using markov decision processes // *In Annual reliability and maintainability symposium, RAMS'06*. Newport Beach, CA. 2006. P. 464–469.
17. *Ковтун Л.И.* Супервизорная система автоматизированного управления иерархически структурированными организационно-техническими комплексами морской техники с использованием имитационно-вычислительных симуляторов // *Труды ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова*. 2010. Вып. 54(338). С. 5–48. [*Kovtun L.I.* Computerized supervisor system for management of hierarchy structured organization & technical marine complexes using computing/modeling simulators. *Transactions of Krylov Shipbuilding Research Institute*. 2010. Issue 54(338). P. 5–48. (in Russian)].
18. *Шарков Н.А., Ковтун Н.Л.* Имитационное моделирование процессов управления жизненным циклом продукции судостроения с использованием методов нейронечетких систем // *Труды Крыловского государственного научного центра*. 2013. Вып. 78(362). С. 171–180. [*Sharkov N.A., Kovtun N.L.* Simulation of life-cycle management of shipbuilding products using neural fuzzy systems. *Transactions of Krylov State Research Centre*. 2013. Issue 78(362). P 171–180. (in Russian)].
19. *Ковтун Н.Л.* Имитационный статистический анализ параметров технологических процессов на судах для прогнозирования надежности техники // *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова*. 2016. № 5(39). С. 215–224. [*Kovtun N.L.* Simulation statistical analysis of technological processes on board the ship for reliability predictions. *Journal of Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping*. 2016. No. 5(39). P 215–224. (in Russian)].
20. *Шарков Н.А., Ковтун Л.И., Харитоненко В.Т., Ковтун Н.Л.* Создание интегрированной системы управления сервисным обслуживанием морской техники на основе анализа ее фактического состояния с учетом контролируемых технологических параметров // *Труды Крыловского государственного научного центра*. 2018. Специальный выпуск 1. С. 97–105. [*Sharkov N.A., Kovtun L.I., Kharitononkov V.T., Kovtun N.L.* Development of an integrated management system for servicing marine vessels based on actual condition analysis taking into account monitored technical parameters. *Transactions of Krylov State Research Centre*. 2018. Special issue 1. P. 97–105. (in Russian)].

Сведения об авторе

Ковтун Николай Львович, ведущий инженер ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Адрес: 196158, Россия, Санкт-Петербург, Московское шоссе, 44. Телефон: +7 (904) 604-41-45. E-mail: kovtun5@yandex.ru.

About the author

Kovtun, Nikolay, L., lead engineer, Krylov State Research Centre. Address: 44 Moskovskoe shosse, Saint-Petersburg, Russia, post code 196158. Tel.: +7 (904) 604-41-45. E-mail: kovtun5@yandex.ru.

Поступила / Received: 08.06.18
Принята в печать / Accepted: 07.08.18
© Ковтун Н.Л., 2018