

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

DOI: 10.21821/2309-5180-2024-16-1-154-162

MODELING OF TRANSPORTATION AND TECHNOLOGICAL PROCESSES IN AUTOMATED SYSTEMS

K. P. Goloskokov, N. B. Glebov, A. A. Astapkovich

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,
St. Petersburg, Russian Federation

The purpose of the study is to create a problem-oriented model of transport and technological processes in automated systems. To achieve this goal, it is necessary to develop methodological aspects of creating an automated modeling system. The content of the basic principles of problem-oriented modeling in the study of an integrated automated system for managing stocks and transport and technological processes is revealed in the paper. At the same time, methodological aspects of creating automated modeling systems, namely, a conceptual mathematical model for the analysis and standardization of technical and economic indicators are considered. The functioning of logistics systems, namely, system modeling (supply — transport) is also considered. The problems of interaction and relationships, optimization of resource flows, and increasing the efficiency of management decisions making have been solved. It is shown that modeling resource flows involves adjustments through iterative redistribution of interregional and intraregional supplies among suppliers and consumers. Combining product items into one delivery leads to savings in stocks formation costs by reducing the number of orders. To create effective automated control systems, it is necessary to study in detail the primary object — the logistics and technical support system itself. The creation of applied mathematical and software is a promising direction for solving this problem and developing it as an automated modeling system. In this regard, when creating such automated control systems, it is most advisable to use a model-oriented approach, which is based on the principles of system analysis, standardization, classification and modularity. Thus, it is shown that the use of the problem-oriented approach to creating an automated modeling system makes it possible to reduce the labor intensity of its development and implementation, to provide the opportunity to unify algorithms for solving a problem, but also to apply standard methods for processing experimental results.

Keywords: Mathematical model, automated system, transport and technological process, problem-oriented approach, supplies, raw materials.

For citation:

Goloskokov, Konstantin P., Nikolay B. Glebov, and Aleksey A. Astapkovich. “Modeling of transportation and technological processes in automated systems.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 16.1 (2024): 154–162. DOI: 10.21821/2309-5180-2024-16-1-154-162.

УДК 338.45:65:004

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ

К. П. Голоскоков, Н. Б. Глебов, А. А. Астапкович

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

В статье раскрывается содержание основных принципов проблемно-ориентированного моделирования в исследовании интегрированной автоматизированной системы управления запасами и транспортно-технологическими процессами. Рассматриваются один из методологических аспектов создания автоматизированных систем моделирования: концептуальная математическая модель анализа и нормирования технико-

экономических показателей, а также функционирование систем материально технического обеспечения: моделирование системы (поставка – транспорт). Решены задачи взаимодействия и взаимосвязей, оптимизации ресурсопотоков, повышения эффективности принятия управленческих решений. Показано, что моделирование потоков ресурсов предусматривает корректировку путем итеративного перераспределения межрегиональных и внутрирегиональных поставок по поставщикам и потребителям. Отмечается, что совмещение номенклатурных позиций в одну поставку ведет к экономии издержек формирования запасов за счет уменьшения числа заказов. Подчеркивается, что для создания эффективных автоматизированных систем управления необходимо подробно исследовать первичный объект — непосредственно систему материально-технического обеспечения. Создание прикладного математического и программного обеспечения является перспективным направлением решения этой проблемы и развития его как системы автоматизированного моделирования. В связи с этим при создании таких автоматизированных систем управления наиболее целесообразным является использование модельно-ориентированного подхода, основанного на принципах системного анализа, стандартизации, классификации и модульности. Показано, что использование проблемно-ориентированного подхода при создании автоматизированной системы моделирования позволяет снизить трудоемкость ее разработки и реализации, обеспечить возможность не только унифицировать алгоритмы решения задачи, но и применить стандартные методы обработки результатов экспериментов.

Ключевые слова: математическая модель, автоматизированная система, транспортно-технологический процесс, проблемно-ориентированный подход, поставки, сырье.

Для цитирования:

Голоскоков К. П. Моделирование транспортно-технологических процессов в автоматизированных системах / К. П. Голоскоков, Н. Б. Глебов, А. А. Астапкович // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2024. — Т. 16. — № 1. — С. 154–162. DOI: 10.21821/2309-5180-2024-16-1-154-162.

Введение (Introduction)

Решение задач взаимодействия и взаимосвязей, оптимизации ресурсопотоков, повышение эффективности принятия управленческих решений с целью оптимизации может выполняться достаточно хорошо на основе моделирования в рамках автоматизированных систем управления (АСУ) транспортно-технологическим процессом, АСУ материально-техническим снабжением, АСУ запасами и др. При этом решение таких задач имеет особенности. Так, если разработан план развития промышленности и хозяйства, детализированный до отраслевой номенклатуры ресурсов, решены вопросы структурно-технологической оптимизации, рассчитаны отраслевые схемы размещения производства, возникает проблема установления четкой взаимосвязи отраслевых схем [1]–[3]. В процессе решения этой проблемы следует различать два основных случая: первый, когда существенными являются затраты на перевозки ресурсов и готовой продукции, второй, когда на первый план выдвигается не транспортный фактор, а наличие необходимых ресурсов в том или ином регионе. Следовательно, межрегиональное моделирование материальных потоков тесно связано с размещением и объемами различных видов ресурсов [4]–[7].

Необходимо иметь четкую картину сверхнормативных запасов, информировать возможных потребителей о том, *какие ресурсы, где и в каких объемах* могут быть реализованы [8]–[10]. Обменные операции следует расценивать как регулятор изменения потребности в ресурсах из-за корректировок в номенклатуре и объемах выпускаемой продукции, поэтому необходимо повысить оперативность их выполнения. Повышение запасов обусловлено несвоевременными неритмичными поставками, многоступенчатое распределение запасов (по централизованным поставкам) осложняет работу предприятий и вызывает излишний расход ресурсов. В номенклатуре планирования запасов следует выделять позиции, относящиеся к малотранспортабельным ресурсам (трудовые ресурсы, строительные мощности, некоторые виды сырья, многотоннажные и негабаритные грузы и т. д.) [11]–[13]. Избыток малотранспортабельных видов ресурсов в n -м регионе обозначен вектором R^n .

Целью исследования является создание проблемно ориентированной модели транспортно-технологических процессов в автоматизированных системах. Для достижения этого необходимо разработать методологические аспекты создания автоматизированной системы моделирования.

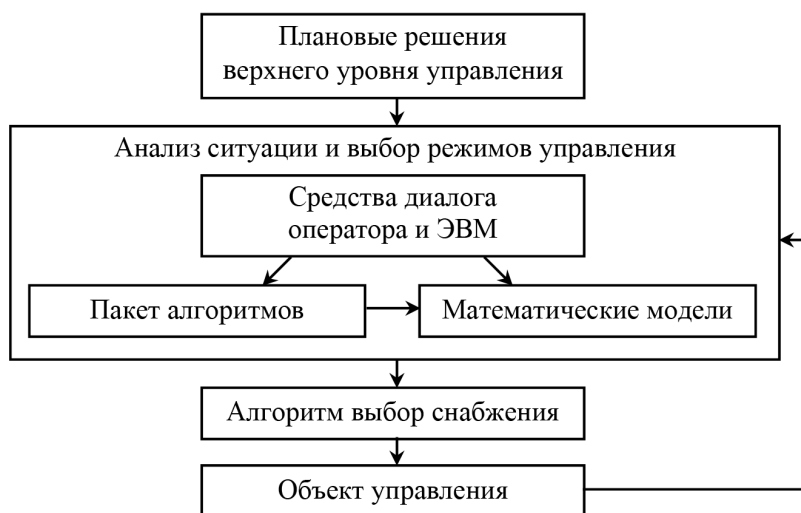
Методы и материалы (Methods and Materials)

Для создания эффективных АСУ [14]–[16] необходимо подробно исследовать первичный объект — непосредственно систему материально-технического снабжения транспортно-технологического процесса. Исследование АСУ показывает [17], [18], что они, как правило, обладают достаточно сложной эшелонированной структурой с взаимозависимыми звеньями и разнообразными функциями. Изучение таких систем с помощью аналитических методов является затруднительным, поэтому возрастает актуальность разработки эффективных линейных моделей для анализа и нормирования технико-экономических показателей функционирования системы материально-технического обеспечения. Решением данной проблемы является создание прикладного математического обеспечения автоматизированной системы моделирования, предназначенной для автоматизации процессов анализа и функционирования на основе применения средств моделирования и принятия решений, а также вычислительной техники.

Анализ возможных подходов [9], [10] к построению АСУ показывает, что это можно выполнить на хорошем качественном уровне при максимальном соблюдении различных требований к АСУ, в том числе:

- адекватное отражение специфики процессов функционирования конкретного материально-технического обеспечения;
- наличие широких функциональных возможностей моделирования процессов материально-технического обеспечения с различными уровнями их детализации;
- обеспечение поэтапного наращивания функциональных возможностей АСУ за счет включения в ее состав новых моделей;
- способствование снижению трудоемкости и стоимости, а также повышению качества вырабатываемых решений;
- снижение требований к математической и трудовой квалификации программистов-пользователей.

В связи с этим при создании АСУ наиболее целесообразным является использование модельно-ориентированного подхода, основанного на принципах системного анализа, стандартизации, классификации, упорядочения и модульности. Использование принципов развития и совместимости, обеспечивающих возможность расширения функциональных характеристик АСУ с минимальной трудоемкостью, приведено на схеме.



Укрупненная функциональная структура АСУ
технологическими процессами

Суть данного подхода заключается в следующем. На основе детального анализа специфики проблемной области моделирования АСУ выполняется классификация и упорядочение понятий,

объектов, процессов, функций и структур материально-технического обеспечения. Кроме того, систематизируются, обобщаются и разбиваются на классы уже существующие и вновь разработанные задачи анализа и нормирования технических показателей процессов материально-технического обеспечения, а также модели функционирования материально-технического обеспечения, обеспечивающие решение этих задач.

Формализация осуществляется на основе множества проблемных переменных, принимающих классифицируемые или числовые значения:

$$K = \langle \{P\}, \{\Pi\}, \varphi_3^k \rangle,$$

где $\{P\}$ — множество проблемных переменных концептуальных элементов, описывающих понятия, объекты, процессы и отношения проблемной области моделирования;

$\{\Pi\}$ — множество значений, принимаемых в виде проблемных переменных P ;

φ_3^k — отображение переменных P на их значения Π :

$$\varphi_3^k: P \rightarrow \Pi.$$

Сущность задачи состоит в выработке (корректировке) оценочных или нормативных значений показателей содержания запасов и снабжения ресурсами исследуемой системы материально-технического обеспечения и определяется в виде

$$Z = \langle \{U\}, \{V\}, \{E\}, \{R\}, \{\Phi\}, \{J\}, \{\varphi\} \rangle,$$

где $\{U\}$ — множество управляемых переменных, которые можно варьировать для поиска решения задачи;

$\{V\}$ — множество наблюдаемых переменных, значения которых не изменяются в условиях данной задачи;

$\{E\}$ — множество критериев оценки решения задачи;

$\{R\}$ — множество переменных описания результатов решения задачи;

$\{\Phi\}$ — множество нормообразующих факторов задачи;

$\{J\}$ — множество типов отображений между компонентами задачи;

$\{\varphi\}$ — множество отображений j -го типа между компонентами задачи ($j = 1, J$), являющихся, в частности, следующими:

$$\varphi_1: U \times V \times E \rightarrow R;$$

$$\varphi_2: U \times V \rightarrow E;$$

$$\varphi_3: U \times V \times E \times R \rightarrow \Phi.$$

Множества $\{U\}$, $\{V\}$ и $\{R\}$ могут включать в зависимости от конкретной решаемой задачи различные сочетания показателей функционирования материально-технического обеспечения, формируемые, например, из следующего набора характеристик $\{V\}$: $v = 1$ — стоимость содержания запасов; $v = 2$ — ожидаемый средний объем дефицита; $v = 3$ — ожидаемый средний объем сверхнормативных запасов; $v = 4$ — издержки доставки поставок; $v = 5$ — задолженность по поставкам ресурсов; $v = 6$ — норма страхового запаса; $v = 7$ — норма максимального запаса; $v = 8$ — норма заказа (пороговый уровень запаса для заявки на пополнение); $v = 9$ — норма снабжения материалами и др.

Критериями $\{E\}$ при этом могут быть следующие показатели: стоимость содержания запасов в материально-техническом обеспечении при $e = 1$; приведенная обеспеченность ресурсами потребителей при $e = 2$; надежность снабжения потребителей при $e = 3$ и др.

Решение задач, определяемое отображением $\{\varphi\}$, осуществляется на моделях функционирования системы материально-технического обеспечения. Эти модели представляют собой концептуальное описание состава, структуры, функций и процессов функционирования в виде

$$m = \langle S, \{P\}, \{W\}, \{L\}, \{H\}, \{J\}, \{\Phi\}, Q, G, \{\varphi\} \rangle,$$

где S — структура (одноэшелонная или многоэшелонная) система материально-технического обеспечения;

$\{P\}$ — множество подразделений, складов, баз;

$\{W\}$ — множество запасов ресурсов (страховых, текущих и др.);

$\{L\}$ — множество обеспечиваемых систем внешних потребителей ресурсами;

$\{H\}$ — множество номенклатур (марок) ресурсов;

$\{J\}$ — множество типов функций хранения, наполнения, расходования, выполняемых системой материально-технического обеспечения;

$\{\Phi\}$ — множество функций i -го типа, выполняемых системой;

Q — процесс функционирования системы;

G — стратегия управления запасами в системе материально-технического обеспечения;

$\{\varphi\}$ — множество нормообразующих факторов модели.

Концептуальная модель M отображением F преобразуется в математическую модель M , определяющую структуру, состав и взаимосвязи типовых модельных компонентов, реализованных в составе автоматизированной системы моделирования задач $\{Z\}$ и моделей $\{M\}$ в виде

$$M = \langle \{\Delta\}, \{T\}, Z, \{X\}, \{Y\}, \{J\}, \{\Phi\} \rangle,$$

где $\{\Delta\}$ — множество модельных компонентов, поддерживающих задачи $\{Z\}$ и модели $\{M\}$;

$\{T\}$ — множество моментов времени, которые характеризуют процессы, описываемые модельными компонентами;

Z — пространство состояния модельных компонентов;

$\{X\}, \{Y\}$ — множества входных и выходных переменных модельных компонентов соответственно;

$\{J\}$ — множество типов отображений между компонентами модели;

$\{\Phi\}$ — множество отображений j -го типа между компонентами модели M , в частности имеющими следующий вид:

$$\varphi_1 : \{T\} \times \{Z\} \times \{Y\} \rightarrow \{\Delta\};$$

$$\varphi_2 : \{T\} \times \{X\} \times \{Y\} \rightarrow Z;$$

$$\varphi_3 : \{T\} \times \{X\} \times Z \rightarrow \{Y\}.$$

Анализ существующих моделей и задач управления запасами, используемых в практике исследования и нормирования процессов МТО, позволяет сделать вывод о необходимости построения АСУ на основе единой математической схемы. Очевидно, что общее число ограничений на потребляемые ресурсы не превышает произведения рассматриваемого количества ресурсов на количество регионов. Общее число неизвестных — это произведение числа всех размещаемых предприятий на число регионов. Известно, что при планировании выпуска и потребления материальных ресурсов достигается баланс в регионально не увязанной системе отраслевого планирования. Тем не менее при этом распределение ресурсов по регионам (базам) может оказаться настолько нерациональным, что не будет получено ни одного набора величин h_{kn} , удовлетворяющих условиям ранее сформулированной задачи.

Результаты (Results)

Для построения из типовых математических компонент моделей реальных систем материально-технического обеспечения и постановки на них задач анализа и нормирования технико-экономических показателей разрабатывается комплекс конструктивных параметров. С помощью конструктивных параметров выполняется настройка типовых математических компонент на конкретную математическую модель. Настройка может заключаться, например, в выборе стратегий пополнения запасов ресурсов, планировании отгрузки ресурсов, управлении запасами ресурсов, а также в выборе критериев оптимизации и ограничений, определении набора исследуемых и нормируемых технико-экономических показателей процессов материально технического обеспечения. Кроме

того, с помощью конструктивных параметров определяются связи между отдельными типовыми математическими компонентами. Учет связей между типовыми математическими компонентами, а также направлений передачи сигналов и видов сигналов выполняется с помощью предикатов, задающих оси выдачи и приема входных (управляющих) сигналов.

Проанализируем следующим образом систему ограничений. Пусть g — некоторый вектор оценок «транспортабельности» ресурсов (величина этих оценок зависит количества затрат на перемещение ресурсов из одного региона в другой (из одной базы в другую)); h_{kn} — целочисленные неизвестные, принимающие значения «0» или «1». Запишем значения критерия K в виде

$$K = g \sum_n (R^n - \sum_k P^k h_{kn}),$$

откуда следует, что минимум потерь за счет межрегиональных поставок материальных ресурсов достигается при условии

$$R^n < \sum_k (P^k h_{kn}).$$

Несовместимость ограничений легко выявляется решением задачи с критерием. Несовместимость означает, что при спланированном распределении ресурсов по совокупности регионов рассчитанный ранее хозяйственный план не может быть реализован. В этом случае необходимо осуществить очередную итерацию межрегионального перераспределения ресурсов с учетом некоторого возрастания затрат. При использовании итеративных методов решения задачи несовместимость ограничений выражается в том, что оценки некоторых ресурсов в одних регионах будут возрастать до бесконечности, а в других — принимать нулевые значения. Исходя из этого можно организовать итеративный процесс перераспределения материальных ресурсов, изменяя величины R^n и минимизируя хозяйственные потери от межрегиональных поставок ресурсов.

Выполнение ряда итераций приведет к совместимости ограничений задачи, что гарантируется сбалансированностью регионально не увязанной системы оптимальных отраслевых планов производства. Повторяя решение задачи для различных векторов оценок g , можно получить несколько вариантов R^n , а, следовательно, разные направления перераспределения и поставок ресурсов. Издержки при поставках по маршруту ss' для v -го ресурса примут следующий вид:

$$f_{ss}(q_{ss}) = \mu_{ss} \delta_{ss} + (C_{ss} + El_v \theta_{ss}) q_{ss},$$

где μ_{ss} — издержки организации поставки;

$$\delta_{ss} = \begin{cases} 1, & \text{при } q_{ss} > 0; \\ 0, & \text{при } q_{ss} = 0, \end{cases}$$

C_{ss} — удельные издержки реализации поставки по маршруту ss' ;

l_v — цена единицы v -го ресурса;

θ_{ss} — время реализации поставки;

q_{ss} — величина транспортируемой партии ресурса.

При создании автоматизированной системы наиболее целесообразно использовать представление объекта исследования в виде линейных моделей. Агрегат, выбранный в качестве моделирующего объекта, имеет динамический характер, наглядно представляет структурные и временные особенности, описывает обмен сигналами с внешней средой и учитывает воздействие случайных факторов.

Выделенные и стандартизованные объекты и процессы системы материально технического обеспечения, заданные в виде типовых математических компонент, представляют собой простейшие линейные системы, которые при построении моделей процессов материально-технического обеспечения вместе могут образовывать новые, более сложные линейные системы. С помощью типовых математических компонент задаются такие типовые элементы системы материально технического обеспечения, как запас, спрос, пополнение запасов, заказ на пополнение и др. Кроме того, типовые математические компоненты обеспечивает построение блоков анализа и оптимизацию параметров моделей, расчет критериев оптимизации и ограничений, а также организацию итеративного поиска оптимальных значений параметров при решении задач.

Выводы (Summary)

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Использование проблемно-ориентированного подхода при создании АСУ позволяет снизить трудоемкость ее разработки и реализации, а также обеспечивает возможность с единых методологических позиций унифицировать не только алгоритмы решения задач, но и применить стандартные методы обработки результатов решения задач.
2. Совмещение номенклатурных позиций в одну поставку ведет к экономии издержек формирования запасов за счет уменьшения числа заказов (и, естественно, поставок), что в свою очередь сказывается на организации перемещения материальных потоков.
3. Моделирование потоков ресурсов предусматривает корректировку путем итеративного перераспределения межрегиональных и внутрирегиональных поставок по поставщикам и потребителям (регионам, объединениям, предприятиям) и они проверяются на возможность реализации на транспорте.
4. Качественное исследование системы материально-технического обеспечения основывается на создании проблемно-ориентированных автоматизированных систем, для разработки которых наиболее целесообразным является использование проблемно-ориентированного подхода, позволяющего снизить трудоемкость разработки и реализации ее концептуальной, математической и алгоритмической моделей; построение концептуальной модели в виде сети фреймов обеспечивает применение стандартных средств общения с пользователем системы, снижая требования к их квалификации.
5. При создании математической модели наиболее целесообразным является выбор представления процессов материально-технического обеспечения в виде систем с типовой математической схемой; введение типовой математической схемы имеет существенное значение для выработки единого методического подхода к количественному и качественному исследованию систем материально-технического обеспечения, а также позволяет стандартизовать или унифицировать процесс построения математических моделей и обеспечить его эффективную реализацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильченко А. А. Автоматизированный подход к решению задачи определения района эксплуатации морского автономного надводного судна / А. А. Ильченко, Д. А. Акмайкин, А. В. Гамс // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2022. — Т. 14. — № 4. — С. 508–518. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-4-508-518.
2. Федоровская Н. К. Оценка эффективности систем охлаждения судовых энергетических установок с учетом экологического фактора / Н. К. Федоровская, К. Ю. Федоровский // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2021. — Т. 13. — № 4. — С. 559–568. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-4-559-568.
3. Кузнецов А. Л. Технологическая трансформация универсальных причалов в малые контейнерные терминалы / А. Л. Кузнецов, А. В. Галин, С. С. Валькова, А. М. Сампиев // Транспортное дело России. — 2022. — № 2. — С. 243–249. DOI: 10.52375/20728689_2022_2_243.
4. Царев Р. Ю. Модель анализа надежности распределенных вычислительных систем / Р. Ю. Царев, А. Н. Пупков, М. А. Огнерубова, М. В. Сержантова, Н. А. Бесчастная // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М. Ф. Решетнева. — 2013. — № 1 (47). — С. 86–91.
5. Павловская О. О. Статические методы оценки надежности программного обеспечения / О. О. Павловская // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. — 2009. — № 26 (159). — С. 35–37.
6. Гражданцев Е. В. Практическая реализация надежностного анализа архитектуры программной системы / Е. В. Гражданцев, М. А. Русаков, О. И. Завьялова, Р. Ю. Царев // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М. Ф. Решетнева. — 2008. — № 1 (18). — С. 37–40.
7. Царев Р. Ю. К проблеме оценки надежности сложных программных систем / Р. Ю. Царев, Е. Н. Штарик, А. В. Штарик // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. — 2015. — Т. 8. — № 1. — С. 33–47.

8. Кузнецов А. Л. Расчет вместимости склада навалочных грузов морского порта с помощью имитационного моделирования / А. Л. Кузнецов, А. В. Галин, С. С. Валькова, А. М. Сампиев // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. — 2022. — № 3. — С. 82–89. DOI: 10.24143/2073-1574-2022-3-82-89.

9. Галин А. В. Развитие сборных отправок грузов в ситуации роста стоимости контейнерных перевозок / А. В. Галин, А. Е. Слищан // Транспортное дело России. — 2022. — № 3. — С. 117–119.

10. Слищан А. Е. Особенности определения количества погруженного груза на судах типа река-море / А. Е. Слищан, А. В. Галин, Э. В. Виноградова // Транспортное дело России. — 2022. — № 4. — С. 124–126. DOI: 10.52375/20728689_2022_4_124.

11. Гаскаров Д. В. Применение математического программирования в дискриминантном анализе для решения задачи прогнозирования / Д. В. Гаскаров, К. П. Голоскоков, А. В. Шкабардня // Автоматика и телемеханика. — 1988. — № 7. — С. 174–181.

12. Голоскоков К. П. Математическая модель технологии управления запасами компании / К. П. Голоскоков, К. А. Давыдов // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. — 2012. — № 2 (38). — С. 9.

13. Голоскоков К. П. Прогнозирование и оценка технического состояния сложных систем / К. П. Голоскоков // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. — 2008. — № 1 (53). — С. 164–168.

14. Голоскоков К. П. Повышение эффективности деятельности производственного предприятия / К. П. Голоскоков, Н. К. Нестеренко, М. Ю. Чиркова // Аудит и финансовый анализ. — 2014. — № 1. — С. 331–335.

15. Брусакова И. А. Математическая модель функциональной надежности автоматизированных систем управления / И. А. Брусакова, К. П. Голоскоков // Вестник ИНЖЭКОНа. Серия: Технические науки. — 2010. — № 8. — С. 48–51.

16. Нырков А. П. Обеспечение безопасности объектов информатизации транспортной отрасли / А. П. Нырков, А. А. Нырков, С. С. Соколов, А. А. Шнуренко; под ред. А. П. Ныркова. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. — 544 с.

17. Нырков А. П. Методика проектирования безопасных информационных систем на транспорте / А. П. Нырков, С. С. Соколов, А. В. Башмаков // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. — 2010. — № 3. — С. 58–61.

18. Люльченко А. Н. Модель системы обеспечения информационной безопасности на транспорте / А. Н. Люльченко, А. П. Нырков, В. Г. Швед // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2015. — № 5 (33). — С. 184–193. DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-5-184-193.

REFERENCES

1. Ilchenko, Anna A., Denis A. Akmaykin, and Anastasia V. Gams. “Automated approach for solving the problem of determining the maritime autonomous surface ship operation area.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 14.4 (2022): 508–518. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-4-508-518.

2. Fedorovskaya, Nadezhda K., and Konstantin Yu. Fedorovskiy. “Estimating the efficiency of ship power plants cooling systems taking into account the environmental factor.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 13.4 (2021): 559–568. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-4-559-568.

3. Kuznetsov, A., A. Galin, S. Valkova, and A. Sampiev. “Technological transformation of universal berths into small container terminals.” *Transport business of Russia* 2 (2022): 243–249.

4. Tsarev, R. Yu., A. N. Pupkov, M. A. Ognerubova, M. V. Serzhantova, and N. A. Beschastnaya. “Model of analysis of distributed computing systems reliability.” *The Siberian Aerospace Journal* 1(47) (2013): 86–91.

5. Pavlovskaya, O. O. “Static methods of assessment of software.” *Bulletin of the South Ural State University. Series, Computer technologies, automatic control, radio electronics* 26(159) (2009): 35–37.

6. Grazhdantsev, E. V., M. A. Rusakov, O. I. Zavyalova, and R. Ju. Tsarev. “Practical realization of reliability analysis of software architecture.” *The Siberian Aerospace Journal* 1(18) (2008): 37–40.

7. Tsarev R. Yu., E. N. Shtarik, and A. V. Shtarik. “Toward the problem of estimation of the complex software system reliability.” *Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies* 8.1 (2015): 33–47.

8. Kuznetsov, Alexander Lvovich, Alexander Valentinovich Galin, Svetlana Sergeevna Valkova, and Adam Mihaylovich Sampiev. "Analysis of seaport bulk cargo warehouse capacity by using simulation modeling." *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine engineering and technologies* 3 (2022): 82–89. DOI: 10.24143/2073-1574-2022-3-82-89.
9. Galin, A., and A. Slican. "Development of LCL shipments in a situation of rising cost of container transportation." *Transport business of Russia* 3 (2022): 117–119. DOI: 10.52375/20728689_2022_3_117.
10. Slican, A., A. Galin, and E. Vinogradova. "Features of determining the amount of loaded cargo on river-sea vessels." *Transport business of Russia* 4 (2022): 124–126. DOI: 10.52375/20728689_2022_4_124.
11. Gaskarov, D.V., K. P. Goloskokov, and A. V. Shkabardnya. "Mathematical programming in discriminant analysis for forecasting." *Avtomatika i Telemekhanika* 7 (1988): 174–181.
12. Goloskokov, K.P., and K. A. Davydov. "Mathematical model of technology of storekeeping of the company." *Upravlenie ekonomicheskimi sistemami* 2(38) (2012): 9.
13. Goloskokov, K. P. "Prognozirovaniye i otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya slozhnykh system." *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta* 1(53) (2008): 164–168.
14. Goloskokov, K. P., N. K. Nesterenko, and M. Y. Chirkova. "Increase of efficiency of activity of the industrial enterprise." *Audit and financial analysis* 1 (2014): 331–335.
15. Brusakova, I. A., and K. P. Goloskokov. "Mathematical model of functional reliability of the automated control systems." *Vestnik INZhEKONa. Seriya: Tekhnicheskie nauki* 8 (2010): 48–51.
16. Nyrkov, A. P., A. A. Nyrkov, S. S. Sokolov, and A. A. Shnurenko. *Obespechenie bezopasnosti ob"ektov informatizatsii transportnoi otrasli*. Edited by A. P. Nyrkov. SPb.: Izd-vo Politekh. un-ta, 2015.
17. Nyrkov, A. P., S. S. Sokolov, and A. V. Bashmakov. "Technique of designing safe information systems on transport." *Information Security Problems. Computer Systems* 3 (2010): 58–61.
18. Lyulchenko, Andrei Nikolaevich, Anatoliy Pavlovich Nyrkov, and Viktor Grigorievich Shved. "Model of the system providing information security on transport." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 5(33) (2015): 184–193.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Голоскоков Константин Петрович —

доктор технических наук, доцент
 ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
 С. О. Макарова
 198035, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург,
 ул. Двинская, 5/7
 e-mail: goloskokovkp@gumrf.ru

Глебов Николай Борисович —

кандидат военных наук, доцент
 ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
 С. О. Макарова
 198035, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург,
 ул. Двинская, 5/7
 e-mail: glebovnb@gumrf.ru

Астапкович Алексей Александрович — аспирант *Научный руководитель:*

Голоскоков Константин Петрович
 ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
 С. О. Макарова
 198035, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург,
 ул. Двинская, 5/7
 e-mail: kaf_koib@gumrf.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Goloskokov, Konstantin P. —

Dr. of Technical Sciences, associate professor
 Admiral Makarov State University of Maritime
 and Inland Shipping
 5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
 Russian Federation
 e-mail: goloskokovkp@gumrf.ru

Glebov, Nikolay B. —

PhD, associate professor
 Admiral Makarov State University of Maritime
 and Inland Shipping
 5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
 Russian Federation
 e-mail: glebovnb@gumrf.ru

Astapkovich, Aleksey A. — Postgraduate *Supervisor:*

Goloskokov, Konstantin P.
 Admiral Makarov State University of Maritime
 and Inland Shipping
 5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
 Russian Federation
 e-mail: kaf_koib@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 17 ноября 2023 г.
 Received: November 17, 2023.