

3. Jarushkina, N. G. "Sovremennyj intellektual'nyj analiz nechetkih vremennyh rjadov." *Integrirovannye modeli i mjagkie vychislenija v iskusstvennom intellekte. V Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija*. 2007: 19–29.
4. Chernodub, A. N., and D. A. Dzjuba. "Obzor metodov nejroupravlenija." *Problemy programmirovanija* 2 (2011): 79–94.
5. Shmykov, V. G., V. V. Saharov, and S. V. Saburov. *Modelirovanie i avtomatizacija tehnologicheskikh processov na vodnyh putjah*. Kotlas.:Izd. filial «Dom pečati – VJaTKA», 2015.
6. Terehov, V. A., D. V. Efimov, and I. Ju. Tjukin. *Nejrosetevye sistemy upravlenija*. M.: Vysshaja shkola, 2002.
7. Hajkin, S. *Nejronnye seti: polnyj kurs (Neural Networks: A Comprehensive Foundation)*. 2 izd. M.: Viljams, 2006.
8. Kalackaja, L. V., V. A. Novikov, and V. S. Sadov. *Organizacija i obuchenie iskusstvennyh nejronnyh setej: Jeksperimental'noe ucheb. posobie*. Minsk: Izd-vo BGU, 2003.
9. Kruglov, V. V., M. I. Dli, and R. Ju. Golunov. *Nechetkaja logika i iskusstvennye nejronnye seti*. M.: Fizmatlit, 2001.
10. Saharov, V. V., A. A. Kuzmin, and A. A. Chertkov. *Modeli i algoritmy optimizacii tehnologicheskikh processov na obektah vodnogo transporta v srede MATLAB: monografija*. SPb.: Izd-vo GUMRF im. adm. S.O. Makarova, 2015.
11. Saharov, V. V., A. A. Kuz'min, A. A. Chertkov, and D. S. Tormashev. "The spline-method of fuel consumption economical control on river ships." *River transport (XXI<sup>st</sup> century)* 3(68) (2014): 62–65.
12. Hakimov, B. B. *Modelirovanie korrelycionnyh zavisimostej splajnami na primerah v geologii i jekologii*. M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 2003.
13. Andrianov, E. N., V. V. Saharov, and A. G. Taranin. "Modally damped parametric method for ship constructions." *Zhurnal Universiteta vodnyh kommunikacij* 4 (2012): 56a–66 .

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Вардомская Анна Александровна —  
старший преподаватель.  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени  
адмирала С. О. Макарова»  
AnutaV9@yandex.ru

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Vardomskaia Anna Alexandrovna —  
Senior lecturer.  
Admiral Makarov State University  
of Maritime and Inland Shipping  
AnutaV9@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 14 сентября 2015 г.

УДК 623.9

А. В. Кузьменко

### ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ БОРЬБОЙ ЗА ЖИВУЧЕСТЬ КОРАБЛЯ ПРИ КОМПЛЕКСНЫХ АВАРИЯХ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ СИТУАЦИОННОГО АНАЛИЗА И ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В статье рассмотрен подход к управлению борьбой за живучесть корабля при комплексных аварийных ситуациях на основе методов ситуационного анализа и имитационного моделирования. При использовании экспертных систем, базирующихся на ситуационном выборе управленческих решений, процесс доступа к информации приводит к многошаговым процедурам диалога оператора с базой данных, неприемлемым в условиях дефицита времени на принятие решений и реальной аварии в силу ее быстротечности, которая, как правило, носит комплексный характер. Для повышения качества рекомендаций и эффективности принимаемых решений в ходе борьбы за живучесть корабля предлагается подход к построению системы информационной поддержки принятия решений, в котором механизм выбора управленческих решений осуществляется на базе имитационного моделирования потоков опасных событий и их последствий в комплексной аварийной ситуации на объекте. Правило выбора основывается на ситуационном анализе,

закрывающемся в последовательном диалоге лица, принимающего решение, с прогнозными имитационными моделями, которые дополнены интерфейсными разработками, позволяющими качественно оценить состояние объекта управления по степени опасности.

*Ключевые слова:* система информационной поддержки, имитационное моделирование, борьба за живучесть корабля, комплексная аварийная ситуация.

**Н**ЕСМОТРЯ на появление усовершенствованных систем управления кораблем и, как следствие, уменьшение экипажа, существуют ограничения на минимальную численность экипажа. Связаны они со спецификой и трудоемкостью исполнения команд во время боевых действий — в первую очередь, с борьбой за живучесть корабля, включающей такие элементы как живучесть оружия и технических средств, непотопляемость, прочность, взрывопожаробезопасность, защита личного состава [1].

В наше время ВМС всего мира обращают особое внимание на усиленный контроль над живучестью корабля и необходимостью управления ею при помощи автоматизации многих аспектов данного направления как для повышения качества управления борьбой за живучесть корабля, так и для дальнейшей оптимизации численности экипажа корабля. В связи с этим, например, управление оборонных исследований и разработок Канады по направлению Атлантики инициировало проект «Борьба за живучесть и оптимизация численности экипажа» для получения сведений о том, как может быть решена задача дальнейшего сокращения экипажа на проектируемых кораблях. В [2] представлена полная критическая оценка имеющихся технологий в области системы поддержки борьбы за живучесть. В этот документ также входит рассмотрение новых технологий и решений, находящихся в разработке, и представление информации о будущих направлениях развития системы информационной поддержки борьбы за живучесть (СИП БЖ) как имеющих непосредственное влияние на оптимизацию численности экипажа корабля. Постоянные процессы разработки, совершенствования и интеграции «человеко-машинных» систем [3] являются ключом к решению поставленной задачи — уменьшению численности экипажа корабля без уменьшения боеспособности и качества борьбы за живучесть. В то же время они дают понимание баланса между стоимостью внедрения технологии и экономией, получаемой за счет снижения требований к укомплектованности экипажа.

Анализ имеющихся в открытом доступе данных отечественных и зарубежных разработок в области СИП БЖ [2] – [10] показал отсутствие комплексного решения задач борьбы за живучесть технических средств, непотопляемость, прочность, взрывопожаробезопасность и защищенность личного состава. Имеются отдельные реализованные программные разработки, решающие только одну из задач борьбы за живучесть (или затопление, или пожар, или выход из строя технических средств, или потеря прочности) в *отдельном* расчетном модуле [4], [6], [11]. Обзор данных разработок свидетельствует, что входящие в состав СИП БЖ расчетные модули элементов живучести корабля программно и алгоритмически не связаны друг с другом. Анализ основных путей исследования в области систем информационной поддержки управления борьбой за живучесть корабля представлен в публикациях [2], [12], [13]. Один из подходов к решению задачи построения СИП БЖ для борьбы с комплексной аварией предложен в [12], [13].

Управление борьбой за живучесть корабля можно отнести к классу реальных задач, для которых использование традиционных методов математики неосуществимо или осложнено. Управление борьбой за живучесть корабля характеризуется следующими особенностями: иерархически-сложной структурой объекта; требованием своевременного принятия решения, базирующегося на анализе большого объема постоянно изменяющейся информации; динамичностью и неопределенностью процессов, протекающих на корабле; большой размерностью вектора входных данных; присутствием различного рода влияющих данных (качественных, порядковых, количественных); дефицитом времени и др.

При решении слабо формализованных задач указанные свойства приводят к усложнению описания модели аварийной ситуации. В подобных ситуациях возникает потребность в информационной поддержке решения поставленной задачи, т. е. потребность в разработке комплекса соответствующих методов и технологических решений, обеспечивающих выработку верного решения для успешного выполнения задачи. К таким задачам относятся:

- создание и оптимизация информационных моделей для обеспечения лица, принимающего решения (ЛПР), необходимым объемом актуальной информации;
- составление эвристических процедур, допускающих исключение заведомо неприемлемых вариантов решения задачи;
- разработка алгоритмов обработки семантической нечеткой информации для принятия на ее основе оптимального управленческого решения;
- организация человеко-машинного интерфейса системы информационной поддержки борьбы за живучесть.

Важным свойством СИП БЖ является наличие взаимодействия человека и машины. Основной проблемой разработки таких систем является представление и учет ЛПР динамики реальных процессов, анализ и синтез неколичественной, нечеткой информации и интерпретация результатов в форме рекомендаций. В свою очередь, дополнительно возникает потребность в оптимизации алгоритмов взаимодействия модулей человеко-машинных систем и обработки нечеткой информации для принятия управленческих решений. В целом это указывает на актуальность исследований в области поддержки принятия решений. Реализация систем информационной поддержки на базе экспертных систем с использованием имитационно-вычислительных моделей-симуляторов под управлением когнитивной обобщающей метамодели с приоритетом действий ЛПР улучшает качество обработки информации и снижает временные затраты на выработку решения. На основе результатов моделирования ЛПР принимаются или корректируются управленческие решения. Разработка и развитие новых методов решения слабо формализованных задач базируется на автоматизации отдельных интеллектуальных функций обработки данных. На этом направлении в настоящее время общезначимым является использование интеллектуальных информационных алгоритмов [14].

Общий подход к обоснованию управленческих решений представлен в [15], [16]. В основе обоснования решения лежат:

- модель выбора, включающая предъявление конечного множества основных факторов и альтернатив выбора;
- механизм выбора — установление неэквивалентных (различной ценности) основных факторов и альтернатив выбора;
- правило выбора, выражающее цель выбора в виде назначения приоритетов (шкалы оценок) выбора альтернатив.

В общем виде задачу выбора можно представить в виде функции выбора  $C$ :

$$C: \{X''\} = C(X), \{X''\} \subset \{X'\} \subset \{X\},$$

где  $\{X\}$  — универсальное (полное) множество предъявления, включающее все принципиально возможные значащие факторы и альтернативы выбора;  $\{X'\}$  — допустимое множество предъявления, выделяющее из универсального множества те факторы и альтернативы выбора, которые могут быть исполнены или соответствовать целям оперирующей стороны (оператора или ЛПР) нормам или правилам, которых она придерживается;  $\{X''\}$  — предпочтительное множество предъявления, выделяющее из всего допустимого множества только физически содержательные факторы, отвечающие физическим законам природы или условиям реальности.

Данная функция выбора, таким образом, используется не однократно, а в многошаговых процедурах принятия решений. Одновременно, по мере изменения возмущающих и управляющих воздействий, в модель выбора на каждом новом шаге решения задачи последовательно поступают вновь сформированные альтернативы для выбора. Максимальной эффективностью обладают

решения, устраняющие наибольшие негативные последствия от возмущающих воздействий при минимальных затратах на исполнение соответствующих управляющих воздействий. Для разрешения проблемной ситуации, связанной со случайными возмущающими воздействиями, для которых не могут быть заданы заранее соответствующие управляющие воздействия, применяются критериальные, ситуационные или равновесные правила выбора управляющего решения [17].

Рассмотрим ситуационный подход для обоснования управленческих решений, свойственный для операторской деятельности при взаимодействии со сложными техническими системами и комплексами машиностроения — такими как корабль. Выбор оператором решения из множества  $\{X''\}$  характеризуется большим многообразием и сложностью. Это не позволяет мгновенно сделать выбор рационального решения без использования в дальнейшем принципа сужения множества решений. Число предъявляемых на этом этапе оператору вариантов ограничивается когнитивными способностями человека осмысленно оперировать тремя-четырьмя сущностями (факторами), изменяющимися во времени и удерживать пять – семь элементов информации в краткосрочной памяти [18], [19]. Соответственно для этого устанавливаем определенный набор каталожных (типовых) ситуаций  $\{S^c\}$ . В наших задачах это пожар, потеря остойчивости, поступление воды, навигационное воздействие и т. п., а также структурные уровни описания и дискретные оценки опасности событий. В таком случае текущую ситуацию  $\{s^t\}$  из всего перечня каталожных ситуаций в соответствии с [15] можно записать как

$$s^t = s_i^c \Leftrightarrow x(s_i^c) \succ x(s_j^c), \forall j \neq i, x \in \{X''\}, s_i^c \in \{S^c\}.$$

Эта запись читается так: «Как только устанавливается тождество текущей ситуации  $s^t$  любой каталожной  $s_i^c$  из полного множества ситуаций  $\{S^c\}$ , так сразу (и обратно) выбирается решение  $x(s_i^c)$ , представляющее собой пару « $i$ -ситуация –  $j$ -решение», которая становится предпочтительнее любого другого решения  $x(s_j^c)$  из множества всех решений  $\{X''\}$ ».

Множество каталожных ситуаций состоит из подмножеств исходных эксплуатационных режимов использования корабля, его технических средств и систем, корабельных комплексов, установок и механизмов. Выбор эффективных решений осуществляется последовательно на всех уровнях иерархической организации системы управления, начиная с базового (верхнего) и далее вниз. Движение по цепи критических неблагоприятных событий осуществляется до выявления причины, следствием которой стала опасная ситуация на верхнем уровне управления. Предпочтительное решение, устраняющее причину опасной ситуации, выбирается по правилу доступности и скорости реализации альтернатив выбора [17]. Таким образом, в производственной модели в общем виде представляется логика вывода. В принципе, это и есть механизм ситуационного выбора, который лежит в основе функционирования экспертной системы.

Недостатком информационной поддержки на базе экспертных систем является необходимость реализации сложного диалога ЛПП с ЭВМ при большом объеме информации, которая требует много времени у человека для получения точного ответа. Это снижает удобство пользования такой технологией и увеличивает время доступа к информации. Указанный недостаток ограничивает применение информационной поддержки на базе ситуационного подхода предоставлением необходимой справочной информации, проектно-конструкторской и нормативно-технической документации, правил и руководств по эксплуатации техники, а также мониторинга текущих параметров процессов на корабле. Рассмотренный подход не дает наиболее приемлемое решение, но, если принять во внимание динамическую вариативность критериев оценок решения, значения которых меняются во времени, а также потребность в ранжировании приоритетов решения, он обеспечивает выбор рационального решения.

В современной практике управления корабельной техникой для принятия решения, отвечающего выполнению поставленной задачи, уже недопустимо ограничиваться только информационным обеспечением оператора или использованием отдельных расчетных модулей (как уже было указано). Помимо этого наблюдается переход в концепции управления от «реагировать и устранять» к «прогнозировать и упреждать», а также прослеживается тенденция к оптимизации

численности экипажа. Существующие отечественные и мировые аналоги в области современных автоматизированных систем управления и информационных средств поддержки принятия решения большей частью представляют собой экспертные системы, основанные на ситуационном выборе управленческих решений и содержащие заранее рассчитанные варианты аварийных ситуаций, их последствий и соответствующие меры противодействия в виде статических «карт потерь» и рекомендаций. Понятно, что в случае несовпадения реальной ситуации с заранее рассчитанной СИП БЖ не предложит ЛПР адекватной рекомендации (она отсутствует в базе) и он, скорее всего, откажется от ее использования. Пополнение базы знаний экспертных систем осуществляется с использованием нейросетевого подхода. Доступ к большим объемам структурированной информации производится с помощью механизма выбора на основе диалоговых СУБД и приводит к многошаговым процедурам диалога оператора с базой данных, неприемлемым в условиях реальной аварии в силу ее быстротечности, которая к тому же, как правило, носит комплексный характер.

Для исключения данных недостатков наблюдается тенденция внедрения в процесс поддержки принятия решения имитационного моделирования, которое позволяет прогнозировать возможные состояния объектов при различных условиях [20]. Такой прогноз полезен при выборе управленческих решений на стадии борьбы за живучесть корабля в условиях комплексной аварийной ситуации.

В связи с этим, для повышения качества рекомендаций и эффективности принимаемых решений предлагается подход к построению системы информационной поддержки принятия решений, в котором механизм выбора управленческих решений осуществляется на базе имитационного моделирования потоков опасных событий и их последствий в комплексной аварийной ситуации на объекте, которое позволяет прогнозировать вероятные состояния объектов при дифференциальных условиях. Правило выбора основывается на ситуационном подходе, заключающемся в последовательном диалоге ЛПР с прогнозными имитационными моделями, которые дополнены интерфейсными разработками, позволяющими качественно оценить состояние объекта управления по степени опасности. В отличие от экспертных систем, предлагается не хранить в базе данных все пары возможных «ситуаций – решений», а вычислять процессы их возникновения с помощью логико-динамической имитационной модели комбинационного типа. Далее осуществляется их эвристическая фильтрация в логико-лингвистические переменные и с помощью формальных процедур и когнитивной компьютерной графики применяется принцип ситуационного выбора.

При логико-динамическом моделировании комплексных аварийных процессов формируется оценка потерь технических свойств корабля во времени и возможности восстановления/сохранения их в соответствии с выбранными критериями живучести (исключение гибели, потеря хода и управления, потеря энергообеспечения и т. д.) на основании анализа остаточной работоспособности комплекса технических средств и оценки изменения посадки, запаса плавучести и остойчивости поврежденного корабля. Логико-динамическая модель позволяет учитывать различные варианты проектных решений и действий по борьбе за живучесть, а также изменение внешних обстоятельств и новые условия развития поражающих факторов. Имитационная логико-динамическая модель обладает «жестким» детерминизмом и позволяет проводить анализ видов последствий и критичности отказов в соответствии с [21] с отслеживанием их критических траекторий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Безнос Л. А.* Основные понятия и определения // В кн.: Энциклопедия «Машиностроение»; Т. IV-20. «Корабли и суда». Кн. 1. «Общая методология и теория кораблестроению» / Л. А. Безнос. — СПб.: Политехника, 2003. — С. 619–621.
2. *Cosby L.* Critical Assessment of Damage Control System Technologies. – Contract Report DRDC Atlantic CR 2006-283, December 2006 [Электронный ресурс] / L. Cosby, Y. Lamontagne. — Режим доступа: <http://cradpdf.drdc.gc.ca/PDFS/unc63/p527467.pdf> (дата обращения: 03.03.2015).

3. *Lamontagne Y.* New developments in damage control – interactive incident board management system – I<sup>2</sup>BMS // The Fourteenth International Ship Control Systems Symposium (SCSS) in Ottawa, Canada, on 21–23 September 2009 [Электронный ресурс] / Y. Lamontagne, O. Knutson. — Режим доступа: <http://www.mapps.l-3com.com/whitePapers/Marine/NEW%20DEVELOPMENTS%20IN%20DAMAGE%20CONTROL%20-%20INTERACTIVE%20INCIDENT%20MANAGEMENT%20SYSTEM%20BOARD.pdf> (дата обращения –01.06.2015).
4. Информационная поддержка борьбы за живучесть [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.seaproject.ru/activity/borba-za-zhivuchest> (дата обращения: 19.02.2016).
5. Battle Damage Control Systems. FrontLine-Defence Canada. Issue 2, IndustryspecialL-3 MAPPS, 2012 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://defence.frontline.online/article/2012/2/1727-Industry-Report%3A-L-3-MAPPS> (дата обращения: 19.07.2015).
6. Система информационной поддержки борьбы за живучесть [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://argos-navy.ru/content/sip\\_bg](http://argos-navy.ru/content/sip_bg) (дата обращения: 18.02.2016).
7. *Богданов Д. А.* Зарубежный опыт применения систем информационной поддержки борьбы за живучесть / Д. А. Богданов, В. В. Гапанюк, С. Н. Соловьев [и др.] // Морской вестник. — 2014. — № 3 (51). — С. 63–66.
8. The integrated control system for naval vessels [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.industry.siemens.com/verticals/global/de/marine/marineschiffe/automatisierung/Documents/sinavy-automation-en.pdf> (дата обращения: 19.02.2016).
9. Информационное обеспечение живучести морских технических объектов (СИП БЖ) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://neotech-marine.ru/sip-bg> (дата обращения: 18.02.2016).
10. *Gullaksen J.* Preliminary damage assessment process using decision support system – initial damage stability assessment and verification based on existing and proposals for future damage stability regulation // International conference Damaged Ship III, 2015, London, UK [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.rina.org.uk/showproducts.html?product=7445> (дата обращения: 19.01.2016).
11. *Зайнуллин О. Ф.* Решение задач надводной непотопляемости в СИП БЖ подводных лодок / О. Ф. Зайнуллин // Материалы IX Санкт-Петербургской межрег. конф. «Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2015)». — СПб., 2015. — С. 268.
12. *Ковтун Л. И.* Супервизорная система автоматизированного управления иерархически-структурированными организационно-техническими комплексами морской техники с использованием имитационно-вычислительных симуляторов / Л. И. Ковтун // Труды ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова. — 2010. — № 54. — С. 5–48.
13. *Шарков Н. А.* Анализ и синтез иерархически-интегрированных человеко-машинных комплексов управления морской техникой в аварийных условиях на базе интеллектуальных технологий / Н. А. Шарков // Труды ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова. — 2010. — № 54. — С. 49–76.
14. *Барсегян А. А.* Технологии анализа данных: DataMining, VisualMining, TextMining, OLAP / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, В. В. Степаненко [и др.]. — СПб.: БХВ-Петербург, 2007. — 384 с.
15. *Захаров И. Г.* Обоснование выбора. Теория и практика / И. Г. Захаров. — СПб.: Судостроение, 2006. — 528 с.
16. *Поспелов Д. А.* Ситуационное управление: теория и практика / Д. А. Поспелов. — М.: Наука, 1986. — 288 с.
17. *Шарков Н. А.* Алгоритмы имитационного моделирования и ситуационного анализа процессов противоаварийного управления сложными человеко-машинными системами в обучающих судовых тренажерах / Н. А. Шарков // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. — 2007. — № 4 (38). — С. 219–229.
18. ГОСТ РВ 1900-003-2008. Корабельные функциональные комплексы и автоматизированные системы управления. Типовой состав эргономических характеристик: государственный военный стандарт. — М.: Стандартинформ, 2010.
19. ГОСТ Р МЭК 62508-2014. Менеджмент риска. Анализ влияния на надежность человеческого фактора. — М.: Стандартинформ, 2015.
20. Требования ВМФ к системам информационной поддержки по борьбе за живучесть надводных кораблей, кораблей специального назначения и морских судов обеспечения ВМФ / НИР «Разработка требований к системам информационной поддержки борьбы за живучесть НК». — СПб.: НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ ФГБОУ ВПО ВУНЦ ВМФ «ВМА». — 2014.

21. ГОСТ 27.310-95. Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения. — Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. — 152 с.

## THE APPROACH TO THE MANAGEMENT OF THE STRUGGLE FOR THE VITALITY OF THE SHIP FOR COMPLEX EMERGENCIES BASED ON THE METHODS OF SITUATIONAL ANALYSIS AND SIMULATION MODELING

*The article describes the approach to the management of the struggle for the vitality of the ship for complex emergency situations, based on the methods of situational analysis and simulation. By using expert systems based on the situational choice of administrative decisions, the process of access to information leads to multistep procedures Operator dialogue with the database, unacceptable under time pressure on decision-making and the actual accident because of its transience, which, as a rule, is complex. To improve the quality of recommendations and effectiveness of decisions taken in the course of the struggle for the survival of the ship the approach to construction information decision support system, in which management decisions the selection mechanism is carried out on the basis of simulation modeling flows of hazardous events and their consequences in a complex emergency situation at the facility. The rule to choose is based on the situational analysis of decision-makers in a consistent dialogue with the forecast simulation models, which are complemented by interface development, allowing qualitatively assess the state of the control object on the degree of danger.*

*Keywords: system of information support, simulation modeling, the struggle for vitality of the ship, a complex emergency.*

### REFERENCES

1. Beznos, L. A. *Osnovnyeponjatijaiopredelenija. In.: Jenciklopedija «Mashinostroenie»; Tom IV-20: Korabliisuda; Kniga 1: Obshhajametodologijaiteorijakorablestroeniju.* SPb.:Politehnika, 2003: 619–621.
2. Lloyd, Cosby, and Yvan Lamontagne. Critical Assessment of Damage Control System Technologies. Web. 03 March 2015 <<http://cradpdf.drdc.gc.ca/PDFS/unc63/p527467.pdf>>.
3. Lamontagne, Yvan, and Olaf Knutson. New developments in damage control - interactive incident board management system. Web. 01 June 2015 <<http://www.mapps.l-3com.com/whitePapers/Marine/NEW%20DEVELOPMENTS%20IN%20DAMAGE%20CONTROL%20-%20INTERACTIVE%20INCIDENT%20MANAGEMENT%20SYSTEM%20BOARD.pdf>>.
4. Informacionnaja podderzhka borby za zhivuchest. Web. 19 Feb. 2016 <<http://www.seaproject.ru/activity/borba-za-zhivuchest>>.
5. MAPPS, L-3. Battle Damage Control Systems. Industry special L-3 MAPPS. FrontLine-Defence Canada, 2012. 19 July 2015 <<http://defence.frontline.online/article/2012/2/1727-Industry-Report%3A-L-3-MAPPS>>.
6. Sistema informacionnoj podderzhki borby za zhivuchest. Web. 18 Feb. 2016 <[http://argos-navy.ru/content/sip\\_bg](http://argos-navy.ru/content/sip_bg)>.
7. Bogdanov D. A., V. V. Gapanyuk, S. N. Solovev, S. V. Stupnenkov, and R. A. Myskin. "Foreign experience in applying information support systems of struggle for survival." *Morskoy Vestnik* 3(51) (2014): 63–66.
8. The integrated control system for naval vessels. Web. 19 Feb. 2016 <<http://www.industry.siemens.com/verticals/global/de/marine/marineschiffe/automatisierung/Documents/sinavy-automation-en.pdf>>.
9. Informacionnoe obespechenie zhivuchesti morskikh tehniceskikh obektov (SIP BZh). Web. 18 Feb. 2016 <<http://neotech-marine.ru/sip-bg>>.
10. Gullaksen, J. Preliminary damage assessment process using decision support system - initial damage stability assessment and verification based on existing and proposals for future damage stability regulation. International conference Damaged Ship III, 2015, London, U. London, UK, 25 March 2015. Web. 19 Jan. 2016 <<http://www.rina.org.uk/showproducts.html?product=7445>>.
11. Zaynullin, O. F. "Reshenie zadach nadvodnoj nepotopljaemosti v SIP BZh podvodnyh lodok." *IX Sankt-Peterburgskaja mezhhregionalnaja konferencija «Informacionnaja bezopasnost regionov Rossii (IBRR-2015)»: materialy konferencii.* SPb., 2015: 268.

12. Kovtun, L. I. “Supervizornaja sistema avtomatizirovannogo upravlenija ierarhicheski-strukturirovannymi organizacionno-tehnicheskimi kompleksami morskoy tehniki s ispolzovaniem imitacionno-vychislitelnyh simuljatorov.” *Trudy CNI im. akad. A.N. Krylova* 54 (2010): 5–48.
13. Sharkov, N. A. “Analiz i sintez ierarhicheski-integrirovannyh cheloveko-mashinnyh kompleksov upravlenija morskoy tehniki v avarijnyh uslovijah na baze intellektualnyh tehnologij.” *Trudy CNI im. akad. A.N. Krylova* 54(2010): 49–76.
14. Barsegjan, A. A., M. S. Kuprijanov, V. V. Stepanenko, and I. I. Holod. *Tehnologii analiza dannyh: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP*. SPb.: BHV-Peterburg, 2007.
15. Zaharov, I. G. *Obosnovanie vybora. Teorija i praktika*. SPb.: Sudostroenie, 2006.
16. Pospelov, D. A. *Situacionnoe upravlenie: teorija i praktika*. M.: Nauka, 1986.
17. Sharkov, N. A. “Algoritmy imitacionnogo modelirovanija i situacionnogo analiza processov protivopavarnogo upravlenija slozhnymi cheloveko-mashinnymi sistemami v obuchajushhih sudovyh trenazherah.” *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics* 4(38) (2007): 219–229.
18. Russian Federation. GOST RV 1900-003-2008. Korabelnye funkcionalnye komplekсы i avtomatizirovannye sistemy upravlenija. Tipovoj sostav jergonomicheskikh harakteristik: gosudarstvennyj voennyj standart. M.: Standartinform, 2010.
19. Russian Federation. GOST R MJeK 62508 – 2014. Menedzhment riska. Analiz vlijanija na nadezhnost chelovecheskogo faktora. M.: Standartinform, 2015.
20. Proekt trebovanij VMF k sistemam informacionnoj podderzhki po borbe za zhivuchest nadvodnyh korablej, korablej specialnogo naznachenija i morskikh sudov obespechenija VMF. 2014.
21. GOST 27.310-95. Dependability in technics. Failure mode, effects and criticality analysis. Basic principles. Minsk: Mezhdgosudarstvennyj sovet po standartizacii, metrologii i sertifikacii.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Кузьменко Александр Владимирович — преподаватель.  
ФГК ВОУ ВПО Военно-морской институт ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия имени Адмирала флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова»  
kuzmenko\_alexandr@mail.ru

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Kuzmenko Alexandr Vladimirovich — lecturer.  
Naval Institute of Military Training and Research Center of the Navy “Naval Academy”  
kuzmenko\_alexandr@mail.ru

Статья поступила в редакцию 20 февраля 2016 г.

УДК 004.42

**А. Н. Егоров,  
В. А. Кузнецов**

### РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЕ ВЫЧИСЛЕНИЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМ КОНВЕЙЕРОМ ШЛЮЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ

В статье рассматриваются вопросы оптимизации оперативного управления транспортным конвейером шлюзованной системы. Обосновывается возможность реализации автоматизированной диспетчеризации судопропуска на основе взаимодействия имитационной модели и алгоритма управления в реальном масштабе времени, конечной целью которой является расписание проводки судов. До настоящего времени подобных систем, работающих в рамках шлюзованного судоходного канала в целом, не создано. Делается вывод, что для этого необходимо использовать системы, обеспечивающие автоматический обмен информацией между судами и береговыми службами, а также параллельные алгоритмы обработки данных. В качестве среды реализации предлагается универсальная программная оболочка распараллеливания, модель и особенности функционирования которой представлены в статье.