

DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-6-1003-1010

ASSESSMENT OF THE FUNCTIONAL STATES OF BIOLOGICAL OBJECTS BY THE GAS-DISCHARGE VISUALIZATION METHOD

U. N. Lisenko¹, A. I. Sokolov¹, I. A. Sokolova²

¹ — Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,
St. Petersburg, Russian Federation

² — City hospital of St. George, St. Petersburg, Russian Federation

At present, at the current level of the water transport development, there is a fairly stable tendency to complicate the professional activities of seamen. The development of scientific and technological progress can be considered one of the main reasons for this trend occurrence. As a result, fundamentally new models of equipment have appeared in the arsenal of a modern skipper, and consequently the professional activity of the water transport specialists becomes more and more indirect. It should be noted that on the basis of existing research results on ensuring the transport safety at sea, scientists note that the human factor is one of the main causes of accident in the water transport. A complex term, that describes the possibility for a skipper to make erroneous or similar decisions while ensuring the navigation safety in specific situations under various conditions of its operation, is the human factor. At the same time, modern science knows that the skipper ability, if he is in a suboptimal (unacceptable) state due to the influence of environmental factors and the peculiarities of his adaptive limits, the psychophysiological characteristics of a particular person, can significantly decrease, that will prevent him to understand the necessary degree of adequacy in the current situation and make the right decision. The seafarers fatigue does not have a legally established and precise definition, on the basis of this the International Maritime Organization (IMO) uses the following term “reduction of physical and (or) mental capabilities as a result of physical, mental or emotional stress, which can weaken almost all physical capabilities”. Based on ensuring the navigation safety of ships for managing the human factor, it is extremely important to create the possibility of developing a proactive, controlling effect on the skipper, leveling negative situations caused by the influence of the human factor. Adverse functional conditions may arise for the skipper during performing his professional duties, which will undoubtedly affect the quality of his decisions. Ensuring the navigation safety on the basis of an assessment of the skipper functional state is taking into account a set of characteristics, functions and qualities of a particular individual, which directly or indirectly determine his duties fulfillment to ensure the navigation safety, the current manifestation of his psychophysiological and mental capabilities in a specific period of time. A method for ensuring navigation safety based on instrumental measurements of the functional state of a modern skipper during performing his duties, which allows us to quantitatively assess the degree of external factors influence on the correctness of his decisions and ensure the navigation safety, is described in the paper.

Keywords: gas discharge visualization method, functional states, GDV grams, shipping safety.

For citation:

Lisenko, Uriy N., Andrei I. Sokolov, and Irina A. Sokolova. “Assessment of the functional states of biological objects by the gas-discharge visualization method.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 11.6 (2019): 1003–1010. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-6-1003-1010.

УДК 57.02/614/656.6

МЕТОД ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЛАВАНИЯ СУДОВ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СУДОВОДИТЕЛЯ

Ю. Н. Лысенко¹, А. И. Соколов¹, И. А. Соколова²

¹ — ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

² — СПб ГБУЗ «Городская больница Святого Великомученика Георгия»,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Отмечается, что в современных условиях профессиональная деятельность судоводителей имеет склонность к усложнению. Научно-технический прогресс является основным фактором этого процесса.

Технические средства, которыми пользуется современный судоводитель, принципиально изменились, профессиональная деятельность специалистов водного транспорта становится более опосредованной. Статистические данные позволяют утверждать, что человеческий фактор является основной причиной аварийности на водном транспорте. Человеческий фактор, исследуемый в призме проблемы безопасности судовождения, характеризуется как комплекс ошибочных действий, совершаемых судоводителем, которые могут оказать и оказывают влияние на безопасность судоходства. В современном научном мире доказано и проверено экспериментально, что ресурсы судоводителя, когда он пребывает в плохом психофизическом состоянии, вызванном воздействиями обстоятельств внешней среды и в большей степени ситуацией его привыкания к окружающей обстановке и воздействующих на него факторов, а также психофизиологические свойства судоводителя могут значительно ухудшаться и это обстоятельство с большой вероятностью может помешать ему разобраться в текущей обстановке по существу и принять единственно правильное решение. Для обеспечения безопасного судовождения необходимо взять под контроль человеческий фактор, нужна разработка механизма воздействия на судоводителя и контроля его состояния. Предлагается выработать такие механизмы путем оценки функциональных состояний судоводительского состава. При выполнении судоводителем служебных обязанностей у него возникают функциональные состояния неблагоприятного характера, которые действуют отрицательно на скорость и качество принимаемых им решений. Для обеспечения плавания судов на безопасном уровне требуется комплексная оценка функциональных состояний судоводителей. В статье приведено описание метода, который позволит увеличить безопасность транспортного процесса. Основой данного метода служат инструментальные измерения функциональных состояний судоводительского состава в течение периода несения ходовой навигационной вахты.

Ключевые слова: метод газоразрядной визуализации, функциональные состояния, ГРВ грамм, безопасность судоходства.

Для цитирования:

Лысенко Ю. Н. Метод обеспечения безопасности плавания судов на основе оценки функционального состояния судоводителя / Ю. Н. Лысенко, А. И. Соколов, И. А. Соколова // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2019. — Т. 11. — № 6. — С. 1003–1010. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-6-1003-1010.

Введение (Introduction)

В современном научном мире проводятся междисциплинарные комплексные научные исследования, для реализации которых строятся различного рода модели, которые подразделяют на *предсказывающие, описательные и объяснительные*. Для решения задач прикладного характера в науке психодиагностике принято пользоваться статистическими (предсказывающими) моделями. Такие модели в большей степени способствуют выработке различных гипотез, на базе которых можно получить объяснение выявленных закономерностей [1]. В основном создание предсказывающих моделей происходит на базе уравнений регрессии, основой которых являются методы многомерного статистического анализа. Для того чтобы рассчитать статистические характеристики распределения оценок, требуется знание следующих величин: средней арифметической оценки и дисперсии [2]. Используя статистические характеристики, основанные на критериях согласия, можно определить и принять предположение о том, что измеренная величина подчинена нормальному закону распределения. Все оценки необходимо нормализовать, так как большинство методов статистического анализа основано на факте нормального распределения случайной величины. При отсутствии шанса воспользоваться гипотезой о нормальном законе следует выполнить преобразования, после чего появляется возможность использовать *метод непараметрической статистики*.

Для того чтобы определить наличие связи между двумя переменными, следует выполнить корреляционный анализ между двумя или несколькими переменными, а также необходимо эту статистическую связь выразить в количественной мере. Для расчета коэффициента корреляции существует большое количество различных формул. Выбор формулы целесообразно производить в зависимости от вида шкалы, на основе которой были выполнены измерения. Как правило, принято использовать парный коэффициент корреляции [3].

Исследование по разработке моделей происходит в нескольких направлениях, для исходного формирования модели принято использовать матрицу корреляции. Направление разработки моделей ориентировано на отклик, исходя из наличия которого происходит разработка в том или ином на-

правлении. В данном случае откликом считается более достоверный результат исследования, для которого необходимо большее количество времени для оценивания потенциала психофизиологических функций. Роль отклика также может выполнять вывод из психолого-педагогического исследования, большой по времени исследования человека результат, экспертные оценки, выводы психологической диагностики человека и группы людей. При отсутствии отклика разработку ведут с помощью *метода факторного анализа*. Суть данной методики заключается в выявлении напрямую не рассматриваемых факторов, а тех, которые наиболее точно описывают связь нескольких психологических методов, отображаемых в матрице корреляции. На рис. 1 представлена логическая схема для применения метода бутстреп, используемого для формирования регрессионных моделей оценки когнитивных функций.

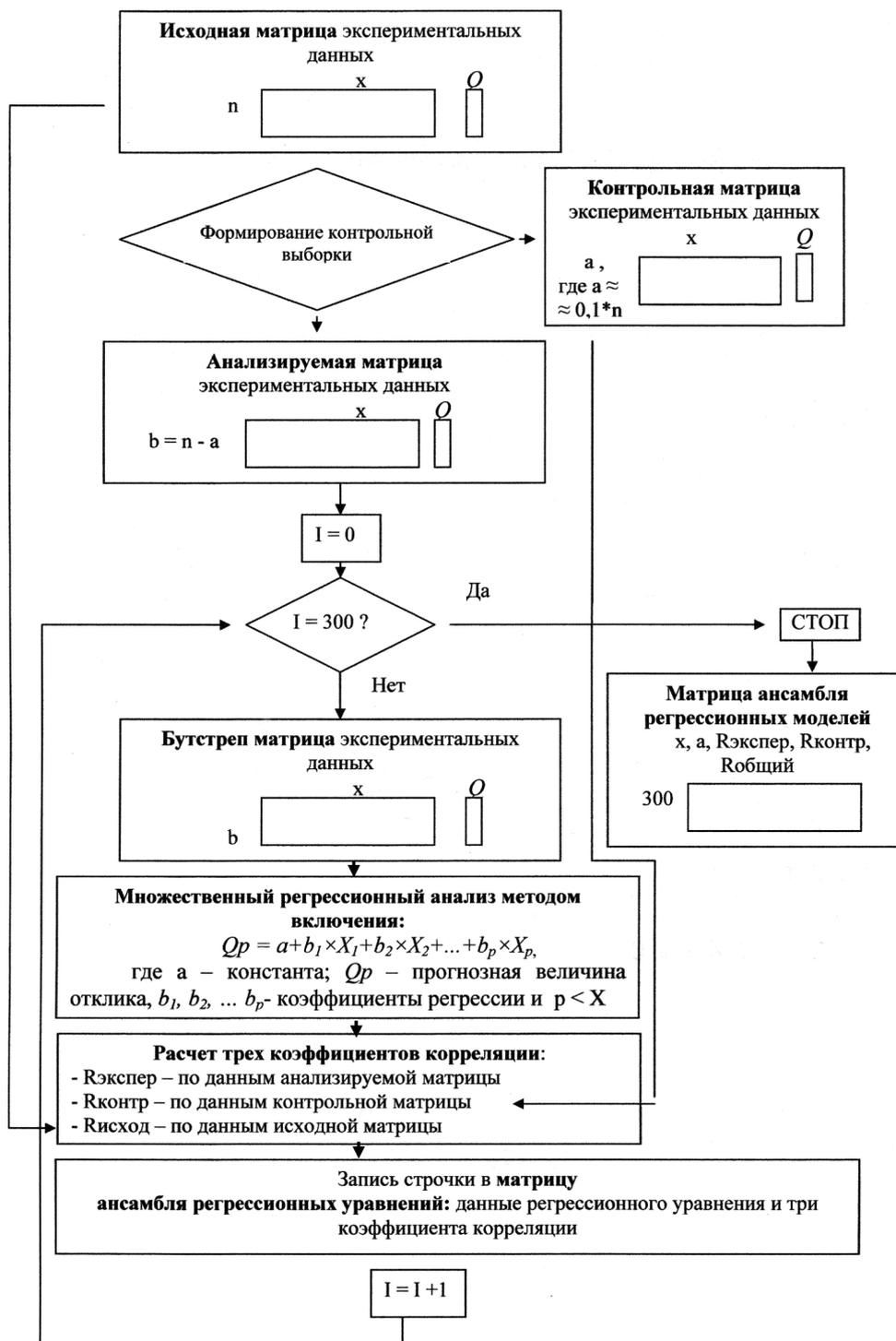


Рис. 1. Логическая схема бутстреп-анализа

В начале каждого исследования определяются цели и в зависимости от них используют различные алгоритмы, такие как алгоритмы факторного и компонентного анализа. Выполняют исследование матрицы факторных нагрузок, находят состав факторов, определяют их обозначение. Для данного рода исследований очень важным является использование регрессионных уравнений, так как они помогают понять уровень определенных общих факторов [4]. На рис. 2 приведена прогностическая схема для использования метода статистического анализа, применяемого для построения моделей оценки когнитивных функций.

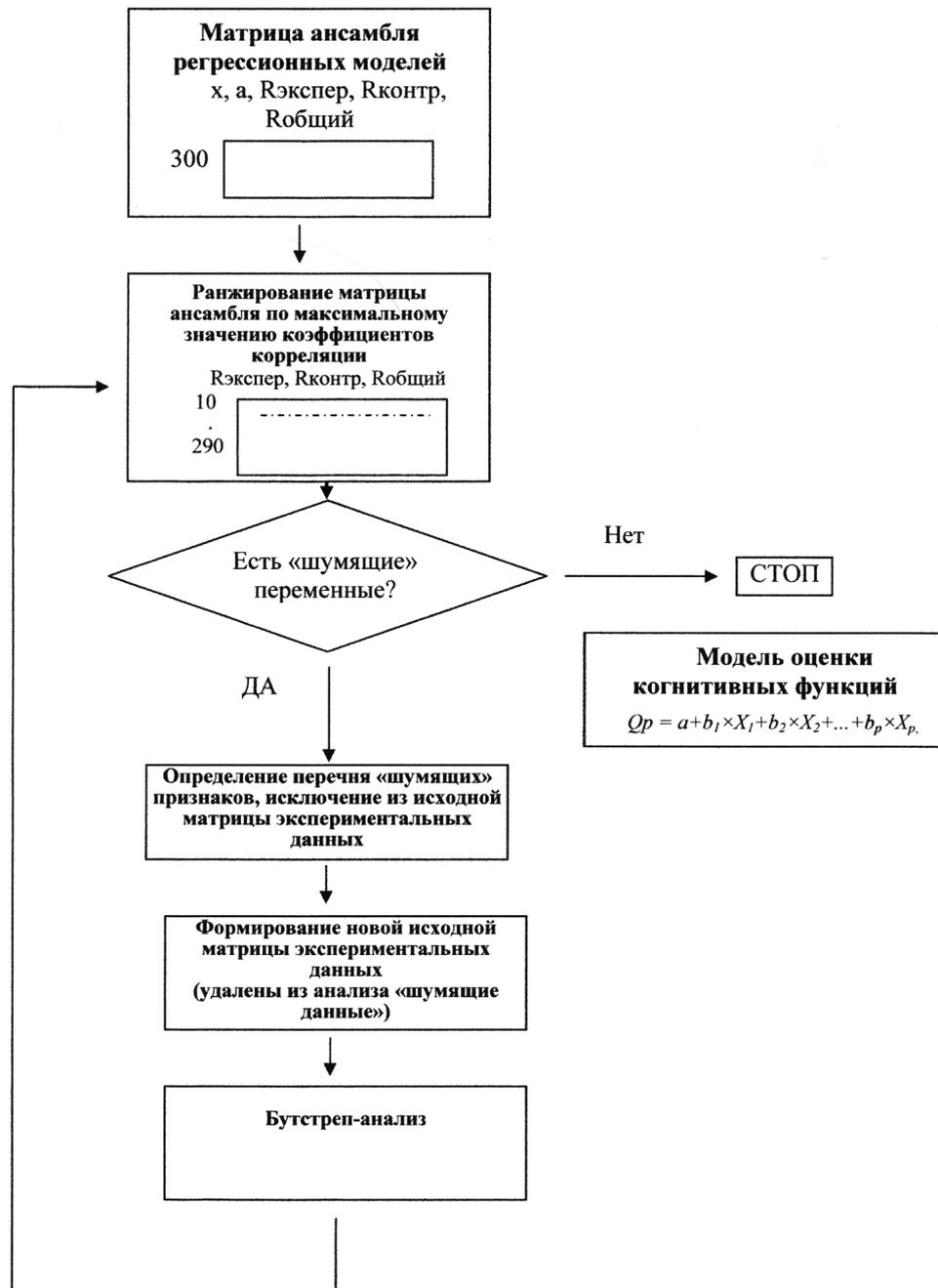


Рис. 2. Прогностическая схема использования методов статистических анализа

Следующим этапом служит математическая обработка данных, полученных в результате проведенного эксперимента, исследование всех выделенных моделей и выявление несоответствий. За эталон берется качество теоретической модели, с которой производится полное сравнение психодиагностических функций исследуемой модели, благодаря чему можно оценить качество и реа-

листичность всего кластера методик психодиагностики. Если в результате сравнительных тестов наблюдаются слишком выраженные различия, то алгоритмы выбора методов и исследований психологических факторов многократно повторяют до устранения больших различий. В ходе таких экспериментов формируется ясная картина различия систем оценки.

Явление обычного способа для выполнения методик анализа статистических данных при применении для прогнозирования психодиагностических данных показывает, что математические модели, полученные в результате исследования, крайне нестабильны и их использование для контроля выборок в настоящих практических условиях затруднительно. С целью поиска наиболее устойчивых моделей обычную процедуру принятия нагружают дополнительной схемой, которая находится в поле методик размножения выборок и в математической науке называется *бутстреп* [5]. Метод бутстреп наиболее применим в современных ячейках с непростыми условиями и явлениями, когда база данных эксперимента недостаточна по отношению к составу переменных данных, используемых в исследовании. Данный метод получен на основе метода Монте-Карло. В нем информирование происходит не на основе новых данных, а уже имеющихся [6].

Методы и материалы (Methods and Materials)

В результате проведения длительного эксперимента были выработаны два психодиагностического метода, которые наиболее полно могут оценить функциональные состояния судоводительского состава с целью обеспечения безопасности на флоте, а именно: «кольца Ландольта» и «краткий ориентировочный тест» [7], [8]. Второе функциональное состояние представляет собой тест, состоящий из заданий, в количестве, равном пятидесяти трем, и их решений, которые можно решить только при развитии таких умственных способностей, как память, умение работать с информацией на вербальном уровне, в том числе владение операциями из области аналитики. После проведения тестирования анализируются данные, такие как общее количество задач, которые не решены, и решенных задач, и далее выводится общее значение, получившее название *эффективность*, которые включает все нерешенные и все решенные задачи и осуществляет прогнозирование по исследованию газоразрядной визуализации (ГРВ) — ГРВ-граммы.

С целью общего исследования таких качеств, как интеллект в выборки, были использованы выводы, сделанные по другим тестам «Корректирующая проба», представленным в виде теста «Кольца Ландольта». Представленный тест показывает взаимосвязь интеллектуальных качеств, таких как память и внимание. В нем основными критериями оценки интеллектуальных качеств служат: количество просмотренных колец и количество совершенных ошибок.

В ходе эксперимента были взяты пять критериев, наиболее полно описывающие функциональные состояния судоводителя, оцениваемые по ГРВ-граммам [9]. С целью получения выводов тестов психодиагностического характера были использованы сведения восьми ГРВ-грамм, такие как данные, полученные на основе проведенных исследований газоразрядного свечения состояния исследуемого объекта, типичные для различного уровня его здоровья. На основании того, что снятия показаний происходит на нескольких уровнях с использованием и без использования фильтра, для первого ГРВ параметра были взяты двадцать пять числовых значений [10]. Для формирования прогностических моделей были использованы результаты статистических исследований данных ГРВ характеристик с целью вывода условия их развития и возможного использования методов анализа параметрическим способом [11]. В ходе эксперимента были получены достоверные данные и выполнено сравнение с данными, полученными в ходе испытаний по общим законам распределения по показателям асимметрии и эксцесса, что позволяет использовать параметрические методы анализа данных с целью вывода прогностических математических моделей. Полученные модели полностью совпадают с уже используемой методикой статистического анализа, которая включает такие методы, как *шаговый регрессионный анализ* способом включения, и *бутстреп-метод* (рис. 2 и 3).

Разработка осуществлялась с применением комплекса статистических утилитарных программ STATISTICA 6 с использованием интерфейса на русском языке [12], [13]. С целью усовершенствования

выполняемых вычислений в форме комплекса STATISTICA 6 и автоматического течения выбора показателей, коэффициент регрессии которых может быть статистически истинным ($p < 0,01$), был выработан макрос на языке STATISTICA Visual Basic. В ходе проведенных экспериментов было выявлено, что количество итераций, из-за которых происходит сходимость процесса и выработка наиболее применимой группы ГРВ данных, лежит в пределах 10–12. Была создана математическая модель определения когнитивных показателей, которая способна по данным ГРВ-граммы определить функциональное состояние судоводительского состава с целью обеспечения безопасности транспортного процесса.

Результаты (Results)

На основе выработанных показателей определения функциональных условий судоводительского состава существует большая вероятность гарантии безопасности транспортного процесса. На рис. 3 показано выполнение на практике метода обеспечения безопасности судоходства, в основе которого лежит определение функциональных состояний судоводительского состава, сформированного на базе применения чек-листов, сформированных в структуре системы управления безопасностью.

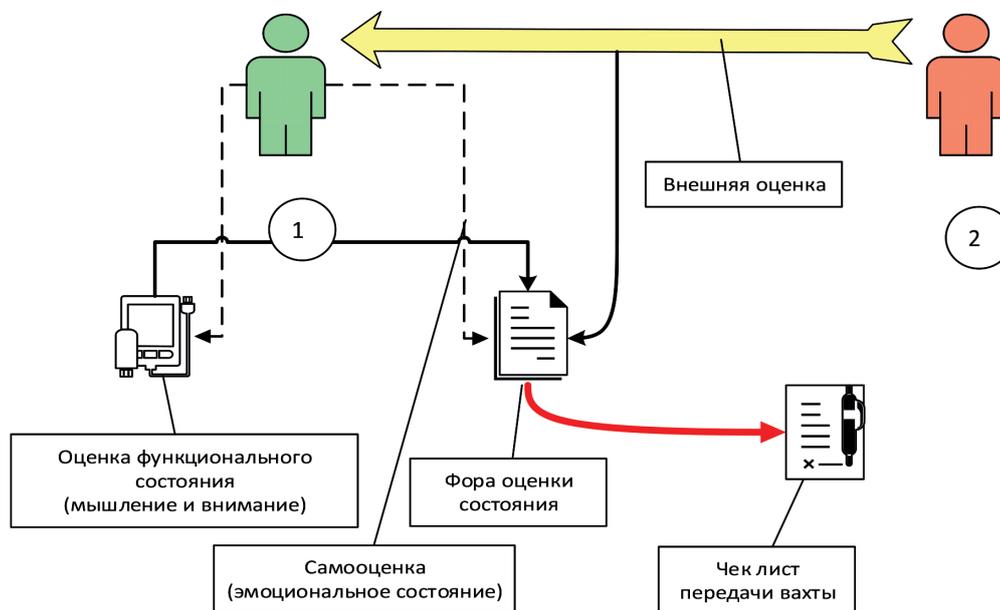


Рис. 3. Использование метода обеспечения безопасности судоходства на базе определения функциональных состояний судоводительского состава

Заключение (Conclusion)

Прикладной алгоритм действия метода обеспечения безопасности судоходства на базе определения функциональных состояний судоводителя действует следующим образом: если на основе произведенных измерений у заступающего на ходовую навигационную вахту судоводителя выявлено критическое функциональное состояние, то смена вахты им исключена. Все процедуры оценивания функциональных состояний накапливаются и впоследствии досконально рассматриваются ответственным за анализ лицом для формирования административных и координационных резолюций, целью которых является минимизирование и полное исключение отрицательной формы профессионального выгорания у членов экипажа.

Выработка заключения о состоянии судоводительского состава принимается на основе базового заключения о функционировании когнитивных показателей и, в конечном счете, на основе оценивания непосредственно самим судоводителем именно своего состояния и действительных показателей осуществления должностных функций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколова И. А. Обоснование метода обеспечения безопасности плавания судов на основе функционального состояния судоводителя: дис. канд. техн. наук; специальность: 05.22.19 «Эксплуатация водного транспорта, судовождение» / И. А. Соколова. — СПб.: ФГБОУ ВО «ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова», 2018. — 152 с.
2. Омаров М. А. Поиск способов построения информационных систем оценивания сложности ситуации в медицине и на транспорте на примере конкретных ситуаций / М. А. Омаров, И. И. Цехмистро, А. А. Трубицин // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. — 2015. — № 5 (114). — С. 66–75.
3. Кубасов Р. В. Проблемы стресса и адаптации в морской медицине / Р. В. Кубасов [и др.] // Морская медицина. — 2015. — Т. 1. — № 3. — С. 13–18.
4. Морская доктрина Российской Федерации // Морская медицина. — 2015. — Т. 1. — № 3. — С. 66–87.
5. Привалов В. Е. 23-я Международная конференция «Лазерно-информационные технологии в медицине, биологии, геоэкологии на транспорте-2015» / В. Е. Привалов, В. А. Туркин, В. Г. Шеманин // Вестник государственного морского университета им. адмирала Ф. Ф. Ушакова. — 2016. — № 2 (15). — С. 76–81.
6. Попова Т. В. Метод газоразрядной визуализации в исследовании влияния физических нагрузок на организм / Т. В. Попова, О. Г. Коурова, Е. Г. Кокорева // Центрально-европейский журнал науки и исследований. — 2015. — Т. 60. — С. 24.
7. Глухова Н. В. Метод расчета неопределенности измерений геометрических параметров газоразрядных изображений / Н. В. Глухова // Системи обробки інформації. — 2016. — № 6. — С. 32–35.
8. Каретников В. В. Исследование влияния усталости судоводителя на процесс обеспечения безопасности судоходства / В. В. Каретников, С. В. Козик, И. А. Соколова // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 2. — С. 272–279. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-2-272-279.
9. Özsever B. Analysing the effects of working period on psychophysiological states of seafarers / B. Özsever, L. Tavacıoğlu // International Maritime Health. — 2018. — Vol. 69. — Is. 2. — Pp. 84–93. DOI: 10.5603/IMH.2018.0013.
10. Yuli Y. Human factors in vessel safety operation: a study of Indonesian seafarers / Y. Yuli, W. Handoko, A.A. Wijinurhayati // Ponte Academic Journal. — 2017. — Vol. 73. — Is. 10. DOI: 10.21506/j.ponte.2017.10.21.
11. Jeon J. W. Ship Safety Policy Recommendations for Korea: Application of System Dynamics / J.W. Jeon, Y. Wang, G. T. Yeo // The Asian Journal of Shipping and Logistics. — 2016. — Vol. 32. — Is. 2. — Pp. 73–79. DOI: 10.1016/j.ajsl.2016.06.003.
12. Akyuz E. Utilisation of cognitive map in modelling human error in marine accident analysis and prevention / E. Akyuz, M. Celik // Safety Science. — 2014. — Vol. 70. — Pp. 19–28. DOI: 10.1016/j.ssci.2014.05.004.
13. Димитракиев Д. Procedures for improving safety in the shipping activities / Д. Димитракиев, В. Станков, К. Атанасова // Научни трудове–Висше военноморско училище «Н.Й. Вапцаров». — 2017. — Vol. 32. — Pp. 5–11. DOI: 10.14748/scnvn.v32i0.4488.

REFERENCES

1. Sokolova, I. A. Obosnovanie metoda obespechenia bezopasnosti plavania sudov na osnove funkcionalnogo sostoiyania sudovoditeliya. Phd diss. SPb.: FGBOU SUMRF im. adm. S.O. Makarova, 2018.
2. Omarov, M. A., I. I. Tsekhmistro, and A. A. Trubitsin. “Poisk sposobov postroeniya informatsionnykh sistem otsenivaniya slozhnosti situatsii v meditsine i na transporte na primere konkretnykh situatsii.” *Informatsiino-keruyuchi sistemi na zaliznichnomu transporti* 5(114) (2015): 66–75.
3. Koubassov, R. V., V. V. Lupachev, I. M. Boyko, M.V. Popov, and E. D. Koubassova. “Climate-geographic environments of main sea shipping regions that based in Archangelsk and health condition of sailor staffs.” *Marine medicine* 1.3 (2015): 13–18.
4. “Morskaya doktrina Rossiiskoi Federatsii.” *Marine medicine* 1.3 (2015): 66–87.
5. Privalov, V. E., V. A. Turkin, and V. G. Shemanin. “23rd International Conference “Laser Information Technologies in Medicine, Biology, Geoecological and Transport-2015”.” *Vestnik gosudarstvennogo morskogo universiteta im. admirala F. F. Ushakova* 2(15) (2016): 76–81.

6. Popova, T. V., O. G. Kourova, and E. G. Kokoreva. "Method of gas discharge visualization in the investigation of the influence of physical loads on the organism." *Stredoevropsky Vestnik pro Vedu a Vyzkum* 60 (2015): 24.
7. Glukhova, N. V. "Metod rascheta neopredelennosti izmerenii geometricheskikh parametrov ga-zorazryadnykh izobrazhenii." *Sistemi obrobki informatsii* 6 (2016): 32–35.
8. Karetnikov, Vladimir V., Sergei V. Kozik, and Irina A. Sokolova. "Influence of fatigue skipper on ensuring security of navigation." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 9.2 (2017): 272–279. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-2-272-279.
9. Özsever, Barış, and Leyla Tavacıoğlu. "Analysing the effects of working period on psychophysiological states of seafarers." *International Maritime Health* 69.2 (2018): 84–93. DOI: 10.5603/IMH.2018.0013.
10. Yuli, Yuliani, Wisnu Handoko, and Anissofiah Azise Wijinurhayati. "Human factors in vessel safety operation: a study of Indonesian seafarers." *Ponte Academic Journal* 73.10 (2017). DOI: 10.21506/j.ponte.2017.10.21.
11. Jeon, Jun Woo, Ying Wang, and Gi Tae Yeo. "Ship Safety Policy Recommendations for Korea: Application of System Dynamics." *The Asian Journal of Shipping and Logistics* 32.2 (2016): 73–79. DOI: 10.1016/j.ajsl.2016.06.003.
12. Akyuz, Emre, and Metin Celik. "Utilisation of cognitive map in modelling human error in marine accident analysis and prevention." *Safety science* 70 (2014): 19–28. DOI: 10.1016/j.ssci.2014.05.004.
13. Dimitrakiev, D., V. Stankov, and K. Atanasova. "Procedures for improving safety in the shipping activities." *Nauchni trudove–Visshе voennomorsko uchilishche „N.I. Vaptsarov“* 32 (2017): 5–11. DOI: 10.14748/scvna.v32i0.4488.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Лысенко Юрий Николаевич —

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

Соколов Андрей Игоревич —

ст. преподаватель
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С.О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: kaf_svvp@gumrf.ru

Соколова Ирина Александровна —

кандидат технических наук, директор по развитию
СПб ГБУЗ «Городская больница Святого
Великомученика Георгия»
194354, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
Северный пр., 1
e-mail: sokolova.ia@mail.ru

Lisenko, Uriy N. —

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

Sokolov, Andrei I. —

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

Sokolova, Irina A. —

PhD,
Director of Development
City hospital of St. George
1 Severniy Av., St. Petersburg, 194354,
Russian Federation
e-mail: sokolova.ia@mail.ru

Статья поступила в редакцию 15 октября 2019 г.

Received: October 15, 2019.