ВЕСТНИК ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА МОРСКОГО И РЕЧНОГО ФЛОТА ИМЕНИ АДМИРАЛА С. О. МАКАРОВА

УДК 656.61.052.1:001.891.573

В. А. Гроховский,
В. И. Меньшиков,
С. А. Агарков

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ЗОНЫ НАВИГАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ С УЧЕТОМ ТЕКУЩЕЙ И АПРИОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ

В рамках существующих представлений о разрешении проблемных навигационных ситуаций, связанных с обеспечением безопасности плавания судна, предложен новый вариант алгоритма прогноза параметров зоны навигационной безопасности, основанный на использовании как текущей, так и априорной навигационной информации. В статье показано, что правильный выбор текущей и априорной составляющих навигационной информации с учетом их взаимосвязанности позволяет одновременно повысить при прогнозе как оценку экономической эффективности, так и оценку показателя безопасности плавания судна. Алгоритм предложен в виде последовательности рекуррентных соотношений, связывающих параметры множественных оценок и имеющих вид многомерных эллипсоидов в пространстве состояний эффективности и безопасности плавания судна по заданному навигационному маршруту. Доказано, что прогноз зоны навигационной безопасности должен осуществляться не минимальными по объему эллипсоидами, а такими, у которых объемы не возрастают по сравнению с исходным эллипсоидом. Сделан вывод о том, что предложенный алгоритм, не ухудшая процедур расчета параметров этой зоны, будет более предпочтительным, чем алгоритмы, использующие только априорные навигационные данные.

Ключевые слова: прогноз зоны навигационной безопасности, априорная информация, текущая информация, рекуррентный алгоритм, оценка безопасности мореплавания.

Введение

Главной целью данного исследования является построение алгоритма, прогнозирующего состояния безопасности судна при планировании навигационного маршрута. Пусть известен набор факторов, которые можно отнести к числу «подозрительных» по степени их влияния на значения параметров навигационной зоны безопасности, характеризующих общее состояние безопасности мореплавания. Требуется получить по возможности наиболее точные прогнозы этих параметров в различные промежутки времени (глубины прогноза), используя статистику факторов и их параметров, полученную на предыдущих реализациях планируемого навигационного маршрута [1, с. 87], [2, с. 734]. При этом необходимо отметить, что лицо, ответственное за планирование навигационного маршрута, обычно располагает достаточно существенными сведениями о процессах, происходящих в данном навигационном районе, в отличие от информации о факторах и параметрах состояния безопасности судна [3, с. 109], [4, с. 241]. Например, лицу, которое планирует навигационный переход, оказываются известными или частично известными многие промежуточные механизмы протекания гидрометеорологических процессов в данном навигационном районе [5, с. 109].

Постановка задачи по формированию зоны навигационной безопасности в рамках требований максимальной полезности

Пусть текущее состояние навигационной безопасности судна характеризуется неопределенным или многозначным вектором $\xi \in X \subseteq R^n$, который определен в n-мерном векторном пространстве R^n, обладающим достаточно обширным подпространством X, к которому вектора ξ заведомо принадлежат. Кроме того, пусть задано компактное множество $Q_\xi \subset X$, которое содержит любую реализацию вектора ξ и является допустимым множеством. Тогда траекторию состояний навигационной безопасности при плавании судна можно задать с помощью последовательности, заданной в виде

$$\{\xi_0, \xi_1, ..., \xi_j ...\} \in X_0 \times X_1 \times ... \times X_j \times ... \, . \tag{1}$$

Если, в свою очередь, отождествить эту последовательность со значениями дискретного времени $t = 0, 1, ..., j$ на конечном интервале $T_0^{\,t} \equiv (0, 1, ..., t)$, то усеченное отношение

$$\xi_0^{\,t} \equiv \{\xi_0, \xi_1, ..., \xi_t\} \in X_0^{\,t} \equiv X_0 \times X_1 \times ... \times X_t \tag{2}$$

является конечной последовательностью, составленной из первых элементов последовательности (1), для которой имеет место вложение вида $Q_{\xi,t} \subset X_0^{\,t}$. Такое представление компактного допустимого множества $Q_{\xi,t}$ позволяет считать, что все реализации (2) будут в него обязательно включены.

Очевидно, что при сформулированных условиях процесс (1) реализуется в классе ограниченных по норме последовательностей. Поэтому, если далее предположить, что каждое состояние траектории которое начинается с $j = 1$, измеримо, то состояние $x_j \in X_j$ и результат его измерения $y_j \in Y_j \subseteq R^m$ находятся в виде

$$S_j = \{(x_j, y_j) : \|(B_j^{-1})^{1/2}(y_j - F_j x_j)\| \le c_j\} \subset X_j \times Y_j\,, \tag{3}$$

где для всех значений $jB_j > 0$ — $(n{\times}n)$ — симметрическая матрица; F_j — $(m{\times}n)$ — матрица максимального ранга; $c_j \ge 0$ — вещественная константа; $Y_j \subseteq R^m$ — пространство измерений размерности $m \le n$.

В рамках представления о разрешении проблемных навигационных ситуаций, связанных с обеспечением безопасности плавания [5, с. 95], [6, с. 123], [7, с. 33], алгоритм такого разрешения должен быть обеспечен информацией, которую можно представить следующей совокупностью:

$$I = (I_1, I_2),$$

где I_1 — априорная информация о состоянии судна, объекта лова и окружающей среде, используемая в механизме предвидения (планирование технологии добычи), т. е. информация, которая задается заранее и не изменяется в течение длительного времени; I_2 — текущая переменная информация, получаемая судоводителем в процессе ведения промысла и управления промысловыми операциями.

Правильный выбор составляющих I_1 и I_2 с учетом их взаимосвязанности является одним из способов одновременного повышения как экономической эффективности, так и безопасности плавания. Предельную величину эффективности и безопасности можно представить как величину максимальной полезности, записанную в виде

$$P = \max_{I_1, I_2.} p\,(I_1, I_2). \tag{4}$$

Поэтому далее в рамках максимальной полезности (4) и представлений о траектории состояний безопасности плавания, заданной выражениями (1) – (3), рассмотрим задачу по составлению алгоритмов построения оценивающих эллипсоидов, которые способны формировать зону навигационной безопасности. Причем эти алгоритмы должны «работать» как при наличии текущих и априорных навигационных данных, так и априорных навигационных данных [8, с. 121].

Алгоритм построение эллипсоидов, оценивающих зону навигационной безопасности с учетом априорных данных

В данном случае речь будет идти о разработке способа построения n-мерных эллипсоидов безопасной навигации $L_t \subset X_t$, для которых $x_t \in L_t$ при любой реализации вектора $\xi_0^{\,t}$ без учета измерительной информации. Пусть далее $D \subset X_t$ — компактное множество. Обозначим через $[D]_0$ класс всех n-мерных эллипсоидов, содержащих (покрывающих) множество D. Пусть $[D]'_э$ — конкретный элемент класса $[D]_э$, причем $[D]'_э \in [D]_э$ и $[D]'_э \supseteq D$. Тогда поставленную задачу можно решить следующим рекуррентным относительно искомого оценивающего эллипсоида L_t способом, который с формальной точки зрения может быть задан в виде

$$L_t = [Q_{\xi,t}(L_{t-1})]'_э \tag{5}$$

с учетом начального множества $L_0 = Q_\xi$.

При этом множество

$$Q_{\xi,t}(L_{t-1}) = \cup Q_{\xi,t}(x_{t-1}) \tag{6}$$

будет являться образом множества L_{t-1} при его преобразовании с помощью многозначного отображения, заданного как $Q_{\xi,t}$.

При выборе способа построения покрывающего эллипсоида $[Q_{\xi,t}(L_{t-1})]'_э$ естественно стремиться к тому, чтобы его n-мерный объем был минимален [9, с. 83], [10, с. 393]. Только тогда он будет оптимальным в классе оценивающих множеств типа n-мерных эллипсоидов.

С целью упрощения процедуры экстраполяции покрывающий эллипсоид далее будем строить некоторым *субоптимальным способом* при следующем допущении. Однако прежде чем перейти к формулировке этого допущения, найдем предварительно множество-образ $Q_{\xi,t}(L_{t-1})$, где L_{t-1}: (H_{t-1}, x^*_{t-1}), причем H_{t-1}, x^*_{t-1} — некоторые фиксированные и заданные параметры. Перепишем множества $Q_{\xi,t}(x_{t-1})$ и L_{t-1} в параметризованном виде. Для этого введем вспомогательные параметры $\zeta_t \in X_t$ и $\varphi_{t-1} \in X_{t-1}$, и используя их найдем:

$$Q_{\xi,t}(x_{t-1}) = \{x_t: x_t = Ax_{t-1} + \zeta_t, \ \|(\mathrm{W}_t^{-1})^{1/2}\zeta_t\| \le \omega\};$$

$$L_{t-1} = \{x_t: x_t = x^*_{t-1} + \varphi_{t-1}, \ \|(H_{t-1}^{-1})^{1/2}\varphi_{t-1}\| \le 1\}.$$

Тогда для искомого образа можно найти выражение

$$Q_{\xi,t}(L^*_{t-1}) = \{x_t: x_t = Ax^*_{t-1} + A\varphi_{t-1} + \zeta_t, \ \|(\mathrm{W}_t^{-1})^{1/2}\zeta_t\| \le \omega \|(H_{t-1}^{-1})^{1/2}\varphi_{t-1}\| \le 1\}, \tag{7}$$

которое и позволяет сформулировать следующее допущение: *если заданы два многозначных вектора* γ *и* λ *в множестве* R^n *с допустимыми множествами*:

$$\Gamma = \{x \in R^n: \|(E^{-1})^{1/2} x\| \le e\};$$

$$\Lambda = \{x: \|(P^{-1})^{1/2} x\| \le p\}$$

соответственно, где $E > 0$ и $P > 0$ — *симметрические* $(n \times n)$-матрицы; $e \ge 0$ и $p \ge 0$ — *константы, одновременно неравные нулю, то значения многозначного вектора* $\mu = \gamma + \lambda$ *будут принадлежать множеству*

$$M \subset R^n: ((p + e)(eE + pP), 0).$$

Следует обратить внимание на то, что в принятом допущении эллипсоид M не является эллипсоидом минимального n-мерного объема. Однако в случае, когда $p/e \to 0$ либо $e/p \to 0$, он асимптотически стремится к такому эллипсоиду, совпадая в пределе с множеством Γ или Λ соответственно.

Если воспользоваться сформулированным допущением и привлечь параметрическое представление (7), то можно найти покрывающий эллипсоид $[Q_{\xi,t}(L_{t-1})]'_э$, а с учетом выражения (1) записать следующие рекуррентные уравнения, связывающие параметры множеств L^*_t и L^*_{t-1}:

$$x^*_t = Ax^*_{t-1}; \tag{8}$$

$$H^*_t = (1 + \omega)AH^*_t A^T + (1 + \omega)\omega W_t, \tag{9}$$

где $x^*_0 = x_0$ и $H^*_0 = Q_0$.

Ограниченность параметров фильтра (8), (9) требует, чтобы условие $\|A\| < 1$ было усилено. Данный факт является следствием введенной операции покрытия образа (7) n-мерным эллипсоидом. В результате этой операции к покрываемому множеству присоединяются дополнительные участки. Если параметр $\omega = 0$, то образ эллипсоида L_{t-1} остается эллипсоидом. Операция покрытия становится излишней, и требования к матрице A в модели фильтруемого процесса могут быть ослаблены.

Алгоритм построение эллипсоидов, оценивающих зону навигационной безопасности с учетом текущих и априорных данных

Представление о состоянии безопасности плавания судна x_t в каждый момент t дискретного времени в общем случае может складываться из двух информационных составляющих (4). С одной стороны, вектор $\boldsymbol{x}_t$ можно оценить на основе априорных данных (множество-образ $[Q_{\xi,t}\,(L_{t-1})]$, а с другой — информация о том же векторе содержится в множестве-прообразе $S_t^{-1}(y_t)$ измерений y_t. Это множество, в соответствии с выражением (3), для данного варианта информационного обеспечения безопасности плавания можно записать в виде

$$S_t^{-1}(y_t) = \{\boldsymbol{x}_t{:}\|(B_t^{-1})^{1/2}(\boldsymbol{y}_t - F_t\boldsymbol{x}_t\| \le c_t\} \subset X_t,$$

где вектор $\boldsymbol{y}_t \in Y_t$ фиксирован.

Тогда алгоритм построения искомого оценивающего множества, образующего зону навигационной безопасности, аналогично можно составить следующим образом:

$$L_t = [S^{-1}(\boldsymbol{y}_t) \cap [Q_{\xi,t}\,(L_{t-1})]'_э]_э{}^*, \tag{10}$$

где $L_0 = Q_{\xi,\,0}$.

Звездочкой отмечен конкретный эллипсоид из класса всех n-мерных эллипсоидов, покрывающих пересечение множеств, заключенных во внешние квадратные скобки. На выбор этого эллипсоида наложим требование

$$L_t| < |[Q_{\xi,t}\,(L_{t-1})]'_э|, \tag{11}$$

гарантирующее улучшение качества оценки за счет учета измерительной информации. В тех случаях, когда требование (11) не удается обеспечить, будет иметь место отношение

$$[S^{-1}(\boldsymbol{y}_t) \cap [Q_{\xi,t}\,(L_{t-1})]'_э]_э{}^* \equiv [Q_{\xi,t}\,(L_{t-1})]'_э,$$

которое показывает появление неинформативных измерений $\boldsymbol{y}_{t}$. В частности, измерение $\boldsymbol{y}_t$ неинформативно, если выполняется вложение

$$S^{-1}(\boldsymbol{y}_t) \supset [Q_{\xi,t}\,(L_{t-1})]'_э.$$

Для построения покрывающего эллипсоида, который удовлетворяет требованиям, примем следующее вспомогательное допущение: *пусть пересечение n-мерного эллипсоида* $\Theta_0 \subset R^n{:}(K_0,\, x_0^*)$ *и множества* $\Xi = \{x \in R^n{:}\|(B^{-1})^{1/2}(y_0^* - Fx)\| \le c\}$ *не является пустым*. Тогда введенное допущение позволяет считать, что n-мерный эллипсоид

$$\Theta_1 \subset R^n{:}(K_1,\, x_1^*),$$

покрывающий пересечение $\Theta_0 \cap \Xi$, может быть определен следующими параметрами:

$$x^*_1 = x^*_2 + (K_0h^* / \|\,(K_0)^{-1}\,h^*\,\|)\,\rho; \tag{12}$$

$$K_1 = [K_0 - (1-\beta^2)\,(K_0h^*h^{*T}K_0) / \|\,(K_0)^{1/2}\,h^*\,\|^2]\,((1-\rho)/\beta)^2, \tag{13}$$

если параметр

$$\rho \equiv ((1/n)+1)\,(1 + (\,n\,\Delta\,\|\,(B^{-1})^{1/2}\,z^*_0\,\| / \|(K_0)^{-1}\,h^*\|) \in (0,\,1), \tag{14}$$

иначе $x^*_1 = x^*_2$, $K_1 = K_0$.

При этом для выражения (14) будет иметь место равенство

$$|\Theta_1| < |\Theta_0|.$$

Здесь следует заметить, что в выражениях (12) – (14) используются следующие обозначения:

$$\Delta = -c + \|(B^{-1})^{1/2}\,z^*_0\|;\ \beta^2 = (1-\rho) / [1 + ((n+1)/(n-1))\rho]; \tag{15}$$

$$h^* = F^TB^{-1}\,z^*_0,\ z^*_0 = \boldsymbol{y}^*_0 - F\boldsymbol{x}^*_0. \tag{16}$$

где $\boldsymbol{x}^*_0 \in R^n$ и $\boldsymbol{y}^*_0 \in R^n$ — фиксированные векторы; $K_0 > 0$ и $B > 0$ — симметрические матрицы размерностей $(n \times n)$ и $(m \times m)$ соответственно; F — $(m \times n)$-матрица ранга m, $c \geq 0$ — вещественная константа.

Эллипсоид Θ_1 не минимален (по объему), основное его свойство состоит в том, что он не возрастает в объеме по сравнению с исходным эллипсоидом. Это свойство позволяет удовлетворить требование (11), т. е. обеспечить неухудшение процедуры расчета с учетом измерений по отношению к алгоритму, использующему только априорные данные. С целью уменьшения объема результирующего эллипсоида Θ_1 процедуру расчета (12) – (16) можно «зациклить», считая эллипсоид Θ_1, полученный на первой итерации, исходным эллипсоидом для последующей итерации. Эти вычисления следует прекратить после первого нарушения условия (14).

Возвращаясь к уравнению (10), найдем параметры $H_{t\,|\,t-1}$ и $x_{t\,|\,t-1}$ эллипсоида $[Q_{\xi,t}\ (L_{t-1})]'_э$, покрывающего множество-образ $Q_{\xi,t}\ (L_{t-1})$. При этом параметры оценивающего эллипсоида $L_{t-1}\ (H_{t\,|\,t-1},\ x_{t\,|\,t-1})$ будем считать заданными. Тогда по аналогии с соотношениями (19) и (20) сразу можно найти:

$$x_{t\,|\,t-1} = Ax^*_{\ t-1}; \tag{17}$$

$$H_{t\,|\,t-1} = (1 + \omega)\ (AH_{t-1}A^T + \omega W_t). \tag{18}$$

Данные параметры будут выполнять роль вектора $\boldsymbol{x}^*_0$ и матрицы K_0, а для множества L_t: $(H_t,\ x^*_t)$, в соответствии с алгоритмом (10), можно окончательно получить:

$$\boldsymbol{x}^*_t = \boldsymbol{x}_{t\,|\,t-1} + (H_{t\,|\,t-1}h^*_t \,/\, \|\ (H_{t\,|\,t-1}\ h^*\|)\ \rho_t; \tag{19}$$

$$H_t = [H_{t\,|\,t-1} - (1 - \beta_t^2)\ (H_{t\,|\,t-1}h_t^*h_t^{*T}H_{t\,|\,t-1}) \,/\, \|\ (H_{t\,|\,t-1})^{1/2}h_t^*\|^{\,2}]\ ((1 - \rho_t) \,/\, \beta_t)^2, \tag{20}$$

если параметр

$$\rho \equiv ((1/n) + 1)\ (1 + (n\Delta_t\|(B_t^{\,-1})^{1/2}\ z_{t\,|\,t-1}\|)) \,/\, \|(H_{t\,|\,t-1})^{\,1/2}h_t^*\| \in (0,\ 1), \tag{21}$$

иначе

$$x^*_t = \boldsymbol{x}_{t\,|\,t-1},\ H_t = H_{t\,|\,t-1}, \tag{22}$$

где

$$z_{t\,|\,t-1} = y_t - F_t x_{t\,|\,t-1}, h_t^* = F_t B_t^{\,-1} z_{t\,|\,t-1}; \tag{23}$$

$$\Delta_t = -c_t + \|\ (B^{-1})^{1/2} z_{t\,|\,t-1}\|;\ \beta_t^{\,2} = (1 - \rho_t) \,/\, [1 + ((n + 1) \,/\, (n - 1))\rho_t]. \tag{24}$$

Начальными значениями рекуррентно вычисляемых элементов в соотношениях (17) – (20) служат соответствующие параметры эллипсоида (10):

$$H_0 = Q_0;\ x_0 = x^*_0. \tag{25}$$

Таким образом, соотношения (19) – (22), с учетом входящих в них параметров (17), (18), (23), (24) при условиях (25), могут быть представлены как искомый алгоритм расчета текущей зоны навигационной безопасности от текущих и априорных навигационных данных. Предложенный алгоритм может быть рекомендован к использованию в составе программного продукта электронной картографической навигационно-информационной системы (ЭКНИС) для оценки состояния безопасного плавания судна по заданным курсам при прохождении, например, узкостей [11].

Выводы

1. Получены математические зависимости, обеспечивающие наиболее точные прогнозы параметров зоны навигационной безопасности для различных промежутков времени (глубины прогноза), статистики факторов и параметров, полученных при предыдущих реализациях планируемого навигационного маршрута.

2. Сформулирована задача по составлению алгоритма, который обеспечивает построение оценивающих эллипсоидов и формирует зону навигационной безопасности, причем этот алгоритм

«работает» как при наличии текущих и априорных навигационных данных, так и при наличии только априорных навигационных данных.

3. Расчет параметров зоны навигационной безопасности для различных промежутков времени должен быть основан на предложенной последовательности вычислений, а дополнительный учет граничных условий окончательно формируется искомый алгоритм расчета текущей зоны навигационной безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гладышевский М. А.* Организационно-технические структуры, обеспечивающие безопасную эксплуатацию судна / М. А. Гладышевский, М. А. Пасечников, К. В. Пеньковская. — Мурманск: Изд-во МГТУ, 2008. — 212 с.
2. *Кулезнев И. А.* Оценка позитивной полноты планирования навигационных маршрутов / И. А Кулезнев, М. С Житняк, В. И. Меньшиков // Вестник МГТУ. — 2013. — Т. 16. — № 4. — С. 734–736.
3. *Карташов С. В* Диагностика состояния мореплавания судна с использованием принципа статистического согласия / С. В. Карташов, В. И. Меньшиков // Рыбное хозяйство. — 2014. — № 2. — С. 108-109.
4. *Дмитриев В. И.* Организационно-технические основы безопасности судов и портовых средств: монография / В. И. Дмитриев [и др.]; под ред. А. В. Кириченко, С. В. Латухова. — СПб.: ГАОЦ СПО «Санкт-Петербургский морской технический колледж», 2014. — 365 с.
5. *Агарков С. А.* Анализ результатов моделирования движения танкера в условиях ветровых нагрузок / С. А. Агарков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2015. — № 4 (32). — С. 16–22.
6. *Никитин Н. И.* Структурная идентификация и разрешение проблемных промысловых и навигационных ситуаций / // Рыбное хозяйство. — 2012. — № 5. — С. 94-96.
7. *Кукуи Ф. Д.* Основные процессы в структурах безопасной эксплуатации судна / Ф. Д. Кукуи, Н. А. Анисимов, А. А. Анисимов. — Мурманск: Изд-во МГТУ, 2008. — 185 с.
8. *Карташов С. В.* Обеспечение безопасности мореплавания с учетом дополнительных источников навигационной информации и полной информированности судоводителя / С. В. Карташов, В. И. Меньшиков // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. — 2015. — № 1. — С. 32-36.
9. *Катенин В. А.* Навигационное обеспечение судовождения / В. А. Катенин, В. И. Дмитриев. — М.: Академкнига, 2006. — 372 с.
10. *Дмитриев В. И.* Практика мореплавания (Practice of navigation) / В. И. Дмитриев. — СПб.: Элмор, 2009. — 231 с.
11. *Железный Г. М.* Судоводителям. Опыт и знание: практ. пособие / Г. М. Железный, А. И. Задорожный, В. Н. Щербак; под общ. ред. Г. М. Железного. — Одесса: КП ОГТ, 2009. — 521 с.

THE ALGORITHM FOR CALCULATING THE NAVIGATION SECURITY ZONE PARAMETERS WITH THE ACCOUNT OF CURRENT AND A PRIORI INFORMATION

Within the scope of current conception which deals with problem navigational situations connected with providing safe navigation a new version of the algorithm for the prognosis of navigation security zone parameters based on using both current and a priori navigational information is being introduced.

The article shows that the correct choice of current and a priori components of navigational information with the account of their interrelation makes it possible to simultaneously improve, while forecasting, both estimation of economic efficiency and estimation of safe navigation index.

The algorithm is presented in the form of recurrent correlations binding the parameters of multiple estimations which look like multidimensional ellipsoids in the amplitude of efficiency states and navigational security on a set navigational route.

It is proved that the navigation security zone forecast is to be fulfilled by the ellipsoid not minimum in volume but by those ellipsoids volumes of which do not grow compared to the initial ellipsoid.

Conclusion is drawn that the algorithm being presented, while not deteriorating the process of calculating the parameters of the zone, will be more preferable when compared to other algorithms that use a priori navigational data solely.

Keywords: forecast of the navigation security zone, a priori information, current information, recurrent algorithm, estimation of safe navigation.

REFERENCES

1. Gladyshevskij, M. A., M. A. Pasechnikov, and K. V. Penkovskaja. *Organizacionno-tehnicheskie struktury, obespechivajushhie bezopas-nuju jekspluataciju sudna*. Murmansk: Izd-vo MGTU, 2008.
2. Kuleznev, I. A., M. S Zhitnyak, and V. I. Men'shikov. "Estimation of positive completeness of navigation routes planning." *Proceedings of the MSTU* 16.4 (2013): 734–736.
3. Kartashov, S. V., and V. I. Menshikov. "The vessel's navigation condition diagnostic through fitting criteria." *Fisheries* 2 (2014): 108–109.
4. Dmitriev, V. I., et al. *Organizacionno-tehnicheskie osnovy bezopasnosti sudov i portovyh sredstv : monografija*. Ed. A. V. Kirichenko, S. V. Latuhov. SPb.: GAOC SPO «Sankt-Peterburgskij morskoj tehnicheskij kolledzh», 2014.
5. Agarkov, S. A. "Analiz rezultatov modelirovanija dvizhenija tankera v uslovijah vetrovyh nagruzok." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 4(32) (2015): 16–22.
6. Nikitin, N. I., I. I. Ziva, S. I. Poznyakov, and V. I. Menshikov. "Structural identification and solving of problem fishing or navigational situations." *Fisheries* 5 (2012): 94–96.
7. Kukui, F. D., N. A. Anisimov, and A. A. Anisimov. *Osnovnye processy v strukturah bezopasnoj jekspluatacii sudna*. Murmansk: Izd-vo MGTU, 2008.
8. Kartashov, Sergey Veniaminovich, and Vyacheslav Ivanovich Menshikov. "Ensuring safety of navigation taking into account additional sources of navigation data and ultimate awareness of navigator." *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies* 1 (2015): 32–36.
9. Katenin, V. A., and V. I. Dmitriev. *Navigacionnoe obespechenie sudovozhdenija*. M.: Akademkniga, 2006.
10. Dmitriev, V. I. *Praktika moreplavanija = Practice of navigation*. SPb.: Jelmor, 2009.
11. Zheleznyj, G. M., A. I. Zadorozhnyj, and V. N. Shherbak. *Sudovoditeljam. Opyt i znanie: prakt. posobie*. Ed. G. M. Zheleznoi. Odessa: KP OGT, 2009.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ	INFORMATION ABOUT THE AUTHORS
Гроховский Владимир Александрович — доктор технических наук, профессор. ФГБОУ «Мурманский государственный технический университет» *GrohovskiyVA@mstu.edu.ru*	*Grokhovsky Vladimir Alexandrovich* — Dr. of Technical Sciences, professor. FSEI HPE «Murmansk State Technical University» *grohovskiyva@mstu.edu.ru*
Меньшиков Вячеслав Иванович — доктор технических наук, профессор. ФГБОУ «Мурманский государственный технический университет» *kseniaMGTU@rambler.ru*	*Menshikov Vyacheslav Ivanovich* — Dr. of Technical Sciences, professor, FSEI HPE «Murmansk State Technical University» *KseniaMGTU@rambler.ru*
Агарков Сергей Анатольевич — доктор экономических наук, доцент. ФГБОУ «Мурманский государственный технический университет» *AgarkovSA@mstu.edu.ru*	*Agarkov Sergey Anatolievich* — Dr. of Economic Sciences, associate professor. FSEI HPE «Murmansk State Technical University» *AgarkovSA@mstu.edu.ru*

Статья поступила в редакцию 21 апреля 2016 г.