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

**DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-5-823-830**

# GUARANTEED ESTIMATION OF SHIPS' DOMAINS

**A. E. Pelevin**

Concern CSRI Elektropribor, JSC, St. Petersburg, Russian Federation

*Currently, in the oceans there is an annual increase in the vessel traffic intensity; in addition, there is a significant increase in operational speed, as well as the linear dimensions of ships. Taking into account the high level of technical equipment of modern vessels, the need for participants in the transport process to comply with the requirements of the "International Rules of Preventing Collision" in the field of surveillance, safe speed, etc., a sufficient level of navigation safety in general has to be ensured. As known, excessive approach of ships on the high seas most often occurs due to the development of two situations: crossing courses and reciprocal courses.*

*Thus, the issue of assessing the size of the zone of permissible approach of vessels for various situations of excessive approach, important from the point of view of ensuring the navigation safety in the high seas and coastal areas is considered in the paper. This issue seems to be extremely relevant taking into account the prospects for the introduction of unmanned technologies in maritime and inland water transport. In the work in the context of situations of crossing and reciprocal courses, it is proposed to use the well-known representations of navigational safety zones (permissible approach) in the form of rectangular, circular, elliptical and polygon areas. However, the quantitative characteristics of the navigational safety zones are set on the basis of statistical data that do not take into account the features of the vessels approaching, their speed and characteristics. In the paper, the main focus is on the guaranteed assessment, taking into account the possible uncoordinated maneuver of the oncoming vessel, time-lag of its detection and characteristics of own vessel. The problem is solved by the methods of the Theory of Differential Games. Analytical formulas for calculating zones parameters are obtained.*

*Keywords: ships' domains, guaranteed estimate, maneuver of the oncoming vessel.*

**For citation:**
Pelevin, Alexander E. "Guaranteed estimation of ships' domains." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 11.5 (2019): 823–830. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-5-823-830.

**УДК 656.61.052**

# ГАРАНТИРОВАННАЯ ОЦЕНКА ЗОНЫ ДОПУСТИМОГО СБЛИЖЕНИЯ СУДОВ В МОРЕ

**А. Е. Пелевин**

АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», Санкт-Петербург, Российская Федерация

*В настоящее время в Мировом океане наблюдается ежегодный рост интенсивности движения судов и имеет место значительное увеличение эксплуатационной скорости движения, а также линейных размеров судов. Принимая во внимания высокий уровень технической оснащенности современных судов, а также необходимость соблюдения участниками транспортного процесса требований «Международных правил предупреждения столкновений судов в море» в области наблюдения, безопасной скорости и др., следует обеспечить достаточный уровень безопасности судоходства в целом. Известно, что чрезмерное сближение судов в открытом море наиболее часто происходит вследствие развития двух ситуаций: первая —пересекающиеся курсы, вторая — встречные курсы.*

*Рассматривается важный с точки зрения обеспечения безопасности судоходства в открытом море и прибрежных районах вопрос оценки размеров зоны допустимого сближения судов для различных ситуаций чрезмерного сближения. Данный вопрос представляется крайне актуальным, принимая во внимание перспективы внедрения безэкипажных технологий на морском и внутреннем водном транспорте. В системах предупреждения столкновения судов, реализованных в судовых ECDIS или в системах автоматической радиолокационной прокладки (САРП), в настоящее время используются представления зон навигационной безопасности (допустимого сближения) в виде прямоугольных, круговых, эллиптических и полигонных областей. Однако количественные характеристики зон навигационной безопасности задаются на основании*

*статистических данных, не учитывающих особенности сближения судов, их скорости и характеристики. Основное внимание в данной работе уделяется гарантированной оценке, учитывающей возможный несогласованный маневр встречного судна, время запаздывания его обнаружения и характеристики своего судна. Задача решается методами теории дифференциальных игр. Получены аналитические формулы расчета параметров зон.*

*Ключевые слова: допустимое сближение судов, гарантированная оценка, маневр встречного судна.*

**Для цитирования:**
*Пелевин А. Е.* Гарантированная оценка зоны допустимого сближения судов в море / А. Е. Пелевин // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2019. — Т. 11. — № 5. — С. 823–830. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-5-823-830.

## Введение (Introduction)

Принятые «Международные правила предупреждения столкновений судов в море (Правила МППСС-72)» (далее — Правила) для обеспечения безопасности мореплавания, связанной с возможным столкновением со встречными судов, являются обязательными для гражданских судов [1]. Однако Правила не устанавливают конкретные количественные значения дистанции опасных сближений, вместо них используются качественные описания, такие как «настолько близко к другому судну», или «чрезмерное сближение». При этом назначение области опасного сближения судоводителем при решении задачи безопасного расхождения в реальных условиях встречи судов в море определяется «хорошей морской практикой», т. е. собственным опытом судоводителя.

Развитие концепции морского безэкипажного судна также ставит задачи автоматизации процессов управления и в частности такой задачи, как обеспечение безопасного расхождения судов в море [2], [3], где опасное расстояние при сближении судов должно определяться автоматически. При оценке опасного сближения судов, обусловленного несогласованным маневром встречного судна, может быть использована *теория дифференциальных игр.* Подобный подход к решению данной проблемы был предложен автором в работе [4]. В данной статье этот подход дополнен новыми результатами.

## Методы и материалы (Methods and Materials)

В источнике [5] рассматриваются основные принципы формирования оценки навигационной ситуации о районе плавания по информации, полученной от судовой *ECDIS*, и прогноз развития ситуации в течение заданного промежутка времени. При построении оценки опасности данной ситуации принимаются во внимание навигационные ограничения и возможность опасного сближения со встречным судном, поэтому судоводитель задает параметры опасной зоны (сближение на дистанцию, менее этой величины, считается опасным), зоны усиленного внимания (сближение на дистанцию, менее которой считается потенциально опасным и требует внимания со стороны судоводителя) исходя из своего опыта. При этом констатируется, что параметры могут быть различными в разных навигационных ситуациях и задаются судоводителем в соответствии с текущими условиями плаваниями, характеристиками собственного судна, близостью навигационных опасностей, погодными условиями и др. Следует отметить, что количественные оценки значений параметров опасной зоны отсутствуют.

Угроза опасного сближения характеризуется допустимой минимальной дистанцией сближения между судами. Обычно используют окружающую судно область, жестко связанную с ним, так называемый *судовой домен* (англ. domain) [6]. Попадание объекта в домен судна трактуется как угроза его движению. Судовые домены впервые предложено использовать для оценки навигационной безопасности в источнике [7].

Представления зон навигационной безопасности в виде линейных, прямоугольных, круговых, эллиптических, в виде полигонов или более сложных фигур из работ [6], [8] приведено на рис. 1. Формы зон получены на основании статистических данных реальных расхождений судов, они не учитывают особенности сближения судов при текущем сближении, их скорости и характеристики.

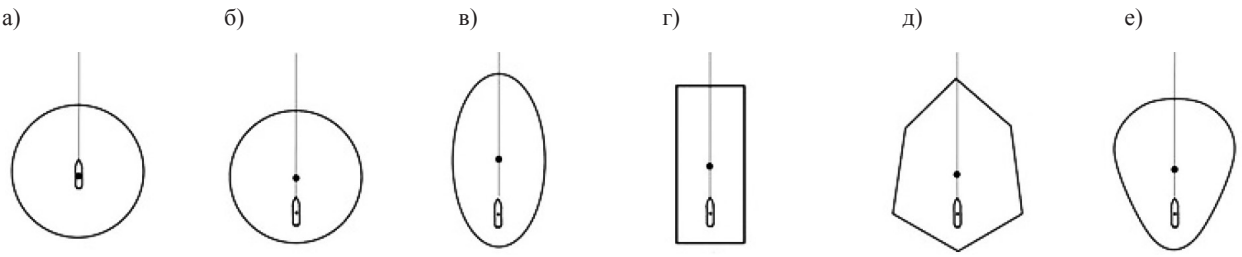


*Рис. 1.* Возможные формы домена судна:
*а*, *б* — круговые; *в* — эллиптическая; *г* — прямоугольная; *д, е* — полигонные

В статье [9] приводятся также статистические данные для реальных условий сближения судов в открытом море при неограниченной видимости. Кроме того, рекомендуется не начинать маневр расхождения до тех пор, пока суда не сблизятся на расстояние 4,5 мили или до ожидаемого времени сближения останется менее 20 мин, исходя из того, что наступит раньше. При этом предлагается выбрать дистанцию и время маневра, не допуская сближения на дистанцию менее 1,5 мили или времени до сближения менее 7 мин, исходя из того, что наступит раньше. Там же, в источнике [9], капитан Р. А. Кейхилл дает определение термина «чрезмерное сближение», которое в Правилах упоминается неоднократно, однако суть его нигде не раскрывается ни качественно, ни количественно, характеризуя его как некоторую опасную область вокруг судна, в которой столкновение нельзя предотвратить собственными действиями, если приближающееся судно сделает резкое и неожиданное изменение курса или, согласно определению капитана А. П. Яскевича, приведенному в этом же источнике, как ситуацию, когда расстояние между судами настолько мало, что возможна потеря контроля за развитием событий, ибо действия своего судна не смогут позволить уверенно избежать столкновения в случае неблагоприятного маневрирования судна цели. В данной статье рассматривается задача гарантированной оценки размеров зоны опасного сближения судов, обусловленной возможным несогласованным маневром встречного судна с использованием методов теории дифференциальных игр, что позволяет теоретически определить размеры опасной области сближения — судового домена.

### *Постановка задачи*

Для оценки области допустимого кратчайшего сближения своего судна (в дальнейшем — судно *E*) с другим встречным судном (в дальнейшем — судно *P*) будем учитывать следующие факторы, принимаемые во внимание судоводителями при задании в настоящее время радиуса зоны опасного сближения в виде круга:

– возможность разового неожиданного маневра судна, осложняющего расхождение;
– время запаздывания для обнаружения маневра встречного судна;
– время принятие решения о выполнении маневра расхождения судна;
– динамические характеристики своего судна.

*Целью исследования* является определение гарантированной оценки опасной зоны вокруг судна *E*, обусловленной неожиданным маневром судна *P* и факторами указанными ранее, для учета которых и обеспечения гарантированной оценки примем модели движения судов *E* и *P* безынерционными и будем считать, что маневр судна *P* неожиданный и разовый по отношению к наблюдающему судну *E*, т. е. первоначально судно *P* движется с постоянными скоростью и курсом, а после маневра мгновенно начинает движение с другими судами, но также с постоянными значениями скорости и курса (такая принятая модель хорошо отражает его движения относительно судна *E* в случае, если оно совершает маневр). При этом этот разовый маневр будем считать наихудшим по отношению к судну *E*.

Пусть скорость судна *P* («преследователя») удовлетворяет соотношению

$$0 < V_P \le V_{P0}, \tag{1}$$

где $V_{P0}$ — максимальная скорость судна *P* и $K_P$ — его курс; скорость судна *E* («убегающего») удовлетворяет неравенству

$$0 < V_E \le V_{E0}, \tag{2}$$

где $V_{E0}$ — максимальная скорость судна $E$; $K_E$ — курс. Значения этих переменных принимаются на основании информации, выработанной системой автоматической радиолокационной прокладки или автоматизированной идентификационной системой. Максимальные значения могут быть приняты на 25 % больше значений, полученных от указанных систем.

Уравнения движения судна $P$ в системе координат $Exy$, связанной с судном $E$, ось $Ey$ которой направлена на север, а ось $Ex$ — на восток, будут следующие:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= V_P \cos K_P; \\ \dot{y} &= V_P \cos K_P - V_E. \end{aligned} \tag{3}$$

При этом не нарушая общности решения, будем полагать, что в начальный момент вектор скорости судна $E$ направлен по оси $Ey$ на север.

В соответствии с принятым допущением относительно параметров движения судна $P$ введем в рассмотрение кусочно-постоянную стратегию второго порядка в виде матрицы

$$A = \begin{pmatrix} V_{P1} & V_{P2} \\ K_{P1} & K_{P2} \end{pmatrix}, \tag{4}$$

где до момента времени $t$ маневра судна $P$ движение происходит с параметрами $V_{P1}$, $K_{P1}$, а после маневра — с параметрами $V_{P2}$, $K_{P2}$. Стратегию движения судна $E$ также предполагаем кусочно-постоянной.

Введем в рассмотрение область $M$, определяемую охранным кругом вокруг судна, имеющую в системе координат $Exy$ следующий вид:

$$M = \{(x,y) | \, x^2 + y^2 \le l\}, \tag{5}$$

где $l$ — радиус круга, равный, например, от двух до двух с половиной длин судна $E$; область $M$ характеризует размеры судна $E$ и некоторое свободное пространство вокруг него, что обеспечивает исключение «присасывания» судна $P$, проходящего на близком расстоянии от судна $E$.

Поскольку ставится задача определения опасной зоны, вне которой гарантируется безопасное уклонение судна $E$, будем предполагать наихудший маневр судна $P$ с параметрами $V_{P2}$, $K_{P2}$, т. е. такой, который может привести к $l$-захвату судна $E$, т. е. возможности входа судна $P$ в область $M$. Будем считать, что из своей начальной позиции $(x_0, y_0)$, вне опасной зоны, судно $P$ также может совершить $l$-захват судна $E$. Это позволит воспользоваться теорией дифференциальных игр с применением для решения попятных конструкций [8], [9]. В соответствии с концепцией дифференциальных игр будем называть судно $P$ *игроком P*, а судно $E$ — *игроком E*. Так как игрок $P$ использует кусочно-постоянную стратегию, не меняет управление между моментами коррекций управления, то игрок $E$ может распознать это управление. Следовательно, игрок $P$ сначала выбирает параметры движения $V_{P1}$, $K_{P1}$, а игрок $E$ отвечает на это параметрами $V_{E1}$, $K_{E1}$. В момент $t$ игрок $P$ выбирает новые параметры $V_{P2}$, $K_{P2}$, а игрок $E$ в ответ — новые $V_{E2}$, $K_{E2}$. Такая стратегия поведения игрока $E$ называется *контрстратегией* и обозначается последовательностью

$$B = \begin{pmatrix} V_{E1}\left(V_{P1}, K_{P1}, \tau\right) & V_{E2}\left(V_{P2}, K_{P2}, \tau\right) \\ K_{E1}\left(V_{P1}, K_{P1}, \tau\right) & K_{E2}\left(V_{P2}, K_{P2}, \tau\right) \end{pmatrix}. \tag{6}$$

При этом в последовательности (6) учтено запаздывание $\tau$, суммарно характеризующее время запаздывания, отведенное на обнаружение маневра встречного судна, время принятия решения о выполнении маневра расхождения судна и времени поворота судна, например, на 90° (с учетом динамики своего судна). Таким образом, задача сводится к следующему. Дано множество $M$ — целевое множество. Пусть игрок $P$ стремится к тому, чтобы в момент времени $T$ точка $(x(T), y(T))$ достигла множества $M$, а игрок $E$ преследует противоположную цель. Такая конфликтная ситуация называется *дифференциальной игрой качества* [10], [11].

Пусть для всех решений $x(t)$, $y(t)$ , $t > 0$ системы (3) можно записать

$$J\left(x(\cdot), y(\cdot)\right) = \begin{cases} 1, \text{ если существует такое } T > 0, \text{ что} \left(x(T), y(T)\right) \in M; \\ -1 - \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (7)$$

Функционал (7) определяет функцию выигрыша $Q$ игрока $P$ для каждого фиксированного начального состояния $x_0$ и $y_0$:

$$Q(x_0, y_0) = \max_A \min_B I(x_0, y_0, A, B). \quad (8)$$

Выигрыш игрока $P$ равен +1, если траектория $(x(t), y(t))$ в некоторый момент времени $T$ достигает целевого множества $M$, в противном случае выигрыш равен –1.

## Результаты (Results)

Для нахождения области захвата можно использовать *попятную конструкцию* [11], которая применительно к данному случаю будет следующая. Обозначим через $A(M)$ множество всех начальных состояний $(x_0, y_0)$ так, что существуют постоянные $V_{P1}$, $K_{P1}$, подчиненные ограничениям (1) и удовлетворяющие для $V_{E1}$, $K_{E1}$ с ограничением (2) на времени τ условиям: $x(\tau, x_0, V_{P1}, K_{P1}, V_{E1}, K_{E1}), y(\tau, y_0, V_{P1}, K_{P1}, V_{E1}, K_{E1})) \in M$ для какого-либо $0 < t < \tau$. Пусть $C_1 = A(M)$ представляет собой область захвата. Будем искать множество $C_1$ всех пар начальных положений игроков $P$ и $E$, удовлетворяющих следующему условию: существует $\tau > 0$ такое, что игрок $E$ не может избежать $l$-захвата в момент времени τ, если игрок $P$ движется по любому лучу $P(0)E(0+t)$, где $t \in [0, \tau]$ с максимальной скоростью $V_{P0}$, удовлетворяющей условиям ограничения (2). Луч $P(0)$ $E(0+t)$ для одного фиксированного значения $t \in [0, \tau]$ показан штриховой линией на рис. 2. Другими словами, множество $C_1$ состоит из всех пар точек начальных положений игроков так, что круг с центром в любой точке $E(0+t)$ при $t \in [0, \tau]$ и радиусом $l$ касается круга с радиусом $V_{P0}t$, центр которого лежит на луче $PE(0+t)$ при $t > 0$. При таком построении области захвата будут учтены запаздывание τ в обнаружении маневра встречного судна и время на принятие решения на маневр расхождения и динамика своего судна, поэтому только по прошествии времени τ игрок $E$ может предпринять маневр уклонения от $l$-захвата.

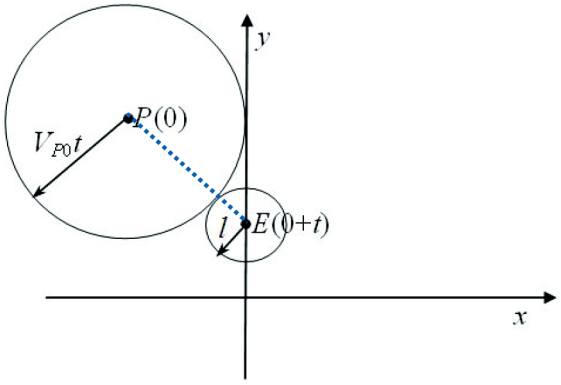


*Рис. 2.* Геометрия захвата игрока $E$ игроком $P$

Выражение для определения области захвата, т. е. множества начальных точек местоположения $(x_0, y_0)$ игрока $P$ относительно игрока $E$, имеет следующий вид:

$$\left(x_0 + V_{P0}t\sin K\right)^2 + \left(y_0 + V_{P0}t\cos K - V_{E0}t\right)^2 = l^2;$$

$$\sin K = \frac{-x_0}{r}; \cos K = \frac{-y_0 + V_{E0}t}{r};$$

$$r = \sqrt{x_0^2 + \left(-y_0 + V_{E0}t\right)^2};$$

$$0 \le t \le \tau.$$

Вид зон захвата приведен на рис. 3 для трех случаев: скорость игрока $E$ больше скорости игрока $P$, скорости их движения равны и скорость игрока $E$ меньше скорости игрока $P$. Расчеты приведены для значений длины своего судна: $L$ = 100 м, $l$ = 2,5, $L$ = 250 м. Суммарное время запаздывания принято $\tau$ = 30 с. На рисунке ромбом обозначено начальное местоположение игрока $E$. Окружности, выполненные сплошной линией, представляют области захвата при нескольких дискретных значениях $t \in [0, \tau]$, окружности, обозначенные звездочками — суммарную область захвата. Для случая, рассмотренного на рис. 3, *а*, выполнена аппроксимация зоны захвата, представляющая собой полигон окружностью 0,4 мили.

а) б) в)

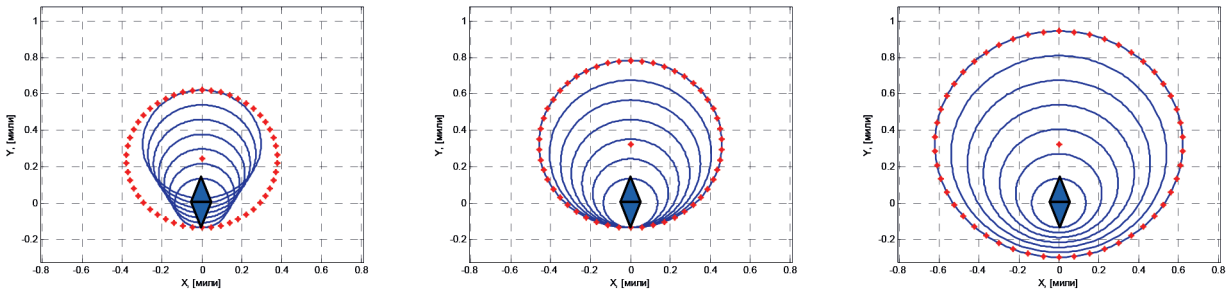


*Рис. 3.* Зоны допустимого сближения судов:
*а* — $V_E$ = 10 уз; $V_P$ = 5 уз; $R$ = 0,4 мили; $y^*$ = 0,2 мили; *б* — $V_E$ = 10 уз; $V_P$ = 10 уз; $R$ = 0,5 мили; $y^*$ = 0,3 мили; *в* — $V_E$ = 10 уз; $V_P$ = 15 уз; $R$ = 0,6 мили; $y^*$ = 0,3 мили

Приведем формулы расчета параметров зоны захвата, определяемой кругом радиуса $R$, мили, и смещением его в направлении носа судна на координату $y^*$, мили, т. е. круг с центром в точке $(0, y^*)$:

$$R = (V_E\tau + V_P\tau - l)/2;$$

$$y^* = (V_E\tau + V_P\tau + l)/2;$$

для случая $V_E \geq V_P$, уз:

$$R = V_P\tau + l;$$

$$y^* = V_E\tau.$$

Отличие выражения пара метров зоны в случае $V_E < V_P$ от $V_E \geq V_P$ обусловлено аппроксимацией зоны кругом (см. рис. 3, *а*)). Необходимо отметить, что для обеспечения безопасности мореплавания при сближении судов, если встречное судно, в соответствии с Международной конвенцией МППСС-72, не предпринимает маневра расхождения, то свое судно должно предпринять маневр расхождения последнего момента. Зону момента последнего момента можно определить достаточно просто — она находится аналогично области $C_1$ в заданной зоне $M$, только в этом случае в качестве зоны $M$ выступает область $C_1$ с таким же отображением.

## Обсуждение (Discussion)

Предложенные количественные оценки зоны опасного сближения (судового домена) позволяют учитывать размеры судна, соотношение скоростей сближающихся судов, временные запаздывания на обнаружение маневра и динамические свойства своего судна. Оценки зоны задаются простыми аналитическими формулами. Принятые в работе допущения и ограничения практически не влияют на значимость полученных результатов.

Примененный метод дифференциальных игр позволяет учесть возможный несогласованный разовый маневр встречного судна. На основании «попятной конструкции» определяется также и область маневра расхождения последнего момента.

Предложенный в статье подход к решению задачи расхождения можно реализовать также в среде безэкипажных судов.

**Выводы (Summary)**

1. На основе теории дифференциальных игр обоснованы формульные зависимости параметров зоны допустимого сближения судов. При этом учитывались следующие факторы: возможный неожиданный маневр встречного судна, временные запаздывания ответного маневра уклонения от опасного сближения своего судна и его характеристик.

2. Предложенный подход формирования допустимой зоны сближения судов в перспективе для систем расхождения безэкипажных судов.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Международные правила предупреждения столкновений судов в море 1972 г. (МППСС-72). — 5-е изд. — М.: Моркнига, 2011. — 142 с.

2. *Смоленцев С. В.* Кооперативное маневрирование безэкипажных судов для безопасного расхождения в море / С. В. Смоленцев, А. Е. Сазонов, Ю. М. Искандеров // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 4. — С. 687–695. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-4-687-695.

3. *Дмитриев В. И.* Методы обеспечения безопасности мореплавания при внедрении беспилотных технологий / В. И. Дмитриев, В. В. Каретников // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 6. — С. 1149–1158. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-6-1149-1158.

4. *Пелевин А. Е.* Гарантированное расхождение судов / А. Е. Пелевин // Судостроение. — 1990. — № 9. — С. 27–30.

5. *Смоленцев С. В.* Проблема оценки навигационной ситуации в море / С. В Смоленцев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2015. — № 6 (34). — С. 23–28. DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-6-23-28.

6. *Вагущенко Л. Л.* Поддержка решений при расхождении с судами / Л. Л. Вагущенко, А. Л. Вагущенко. — Одесса: Фенікс, 2010. — 229 с.

7. *Goodwin E. M.* A statistical study of ship domains / E. M. Goodwin // The Journal of navigation. — 1975. — Vol. 28. — Is. 3. — Pp. 328–344. DOI: 10.1017/S0373463300041230.

8. *Васьков А. С.* Способы представления зоны навигационной безопасности судна / А. С. Васьков, М. А. Гаращенко // Эксплуатация морского транспорта. — 2017. — № 3 (84). — С. 38–44.

9. *Найденов Е.* МППСС-72 не имеют права на существование / Е. Найденов // Морские вести России. — 2015. — № 12.

10. *Айзекс Р.* Дифференциальные игры / Р. Айзекс. — М.: Мир, 1967. — 480 с.

11. *Петросян Л. А.* Геометрия простого преследования / Л. А. Петросян, В. Г. Томский. — М.: Наука, 1983. — 142 с.

**REFERENCES**

1. *The International Regulations for Preventing Collisions at Sea 1972 (COLREGs).* International Maritime Organization (IMO).

2. Smolentsev, Sergey V., Anatolii E. Sazonov, and Yurii M. Iskanderov. “Cooperative maneuvering of unmanned ships for collision avoidance at sea.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.4 (2018): 687–695. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-4-687-695.

3. Dmitriev, Vladimir I., and Vladimir V. Karetnikov. “Methods of ensuring the safety of navigation when implement unmanned technology.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 9.6 (2017): 1149–1158. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-6-1149-1158.

4. Pelevin, A. E. “Garantirovannoe raskhozhdenie sudov.” *Sudostroenie* 9 (1990): 27–30.

5. Smolentsev, Sergey Victorovich. “The problem of estimation of navigation situation in the sea.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 6(34) (2015): 23–28. DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-6-23-28.

6. Vagushchenko, L. L., and A. L. Vagushchenko. *Podderzhka reshenii pri raskhozhdenii s sudami*. Odessa: Feniks, 2010.

7. Goodwin, Elisabeth M. "A statistical study of ship domains." *The Journal of navigation* 28.3 (1975): 328–344. DOI: 10.1017/S0373463300041230.

8. Vaskov, A. S., and M. A. Garashchenko. "The methods for conception of ship''s domain." *Ekspluatatsiya morskogo transporta* 3(84) (2017): 38–44.

9. Naidenov, E. "MPPSS-72 ne imeyut prava na sushchestvovanie." *Morskie vesti Rossii* 12 (2015).

10. Aizeks, R. *Differentsial'nye igry*. M.: Mir, 1967.

11. Petrosyan, L. A., and V. G. Tomskii. *Geometriya prostogo presledovaniya*. M.: Nauka, 1983.

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ**

**Пелевин Александр Евгеньевич** —
доктор технических наук,
ведущий научный сотрудник
АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»
197046, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Малая Посадская, 30
e-mail: *apelevin@eprib.ru*

**INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Pelevin, Alexander E.** —
Dr. of Technical Sciences,
Leading Researcher
Concern CSRI Elektropribor, JSC
30, Malaja Posadskaja Str., St. Petersburg, 197046,
Russian Federation
e-mail: *apelevin@eprib.ru*, *aepelevin@mail.ru*

*Статья поступила в редакцию 30 сентября 2019 г.*
*Received: September 30, 2019.*