

- 
5. Васьков Ю. Ю. Некоторые вопросы оптимизации грузовых операций навалочных судов/ Васьков Ю.Ю. // Судовождение. – № 6. – 2003. – С. 40-45.
  6. Цымбал Н. Н. Формирование оптимизационной задачи проведения грузовых операций навалочных судов/ Цымбал Н.Н., Васьков Ю.Ю. // Судовождение: Сб. научн. трудов./ ОНМА, Вып.7. – Одесса: Латстар, 2004. – С. 3-10.
  7. Васьков Ю. Ю. Оптимизация грузовых операций навалочных судов. А-реф. канд. техн. наук. Одесская национ. морск. академия. – Одесса, 2005. – 24 с.

**Васьков Ю.Ю.**

### **ЗАСТОСУВАННЯ СИМПЛЕКС-МЕТОДУ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗМІЩЕННЯ НАВАЛЮВАЛЬНОГО ВАНТАЖУ НА БАЛКЕРІ**

*Для завантаження балкерів навалювальним вантажем використовуються типові схеми завантаження, які приведені у вантажній документації судна. Число етапів вантажних операцій залежить від питомого вантажного об'єму вантажу і числа одночасно працюючих вантажних пристроїв.*

*При завантаженнях, коли приймається вантаж з нестандартним питомим вантажним об'ємом, для формування попереднього вантажного плану в статті пропонується використання симплекс-методу і наводяться результати імітаційного моделювання.*

**Ключові слова:** вантажні операції балкерів, нестандартні завантаження, симплекс-метод.

**Vaskov Y.**

### **APPLICATION OF SIMPLEX-METHOD FOR FORMING OF OPTIMUM PLACING OF CARGO ON THE DRY BULK CARRIERS**

*Cargo plans for dry bulk carriers are normally covered by the range of the typical cargo distribution conditions provided in the ship loading manuals, number of steps in the loading operations being dependent on the cargo stowage factor and the number of simultaneously working cargo loaders.*

*Author applies simplex method to outline the preliminary cargo plan for the cases of loading bulk cargoes with uncommon stowage factor and provides results of the produced simulation modeling.*

**Keywords:** bulk carrier cargo operations, uncommon loading conditions, simplex method.

УДК 656.61.052

**Волков А.Н.**

### **ПРИМЕНЕНИЕ СУДОВОЙ БЕЗОПАСНОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ УЧЕТА ОПАСНОЙ ЦЕЛИ И НАВИГАЦИОННОГО ПРЕПЯТСТВИЯ**

*В статье показана возможность отображения судовой безопасной области из пространства относительного движения в пространство истинного движения, т.е. на электронную карту для совместного учета опасных целей и навигационных опасностей.*

*Получены аналитические выражения для преобразования границы области, приведены результаты имитационного моделирования безопасных областей судна различной формы.*

**Ключевые слова:** безопасность судовождения, безопасная область судна, пространство относительного и истинного движения.

---

**Постановка проблемы.** При возникновении угрозы столкновения судна с целью в стесненных водах выбор маневра расхождения зачастую требует учета навигационных опасностей.

При этом необходимо одновременно учитывать опасно сближающиеся цели, что производится в пространстве относительного движения, и навигационные опасности, учет которых требует использования пространства истинного движения. В связи с этим возникает необходимость формирования судовой безопасной области, учитывающей сближение судна с целью в пространстве истинного движения.

Анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и выделение нерешенных ранее частей общей проблемы.

Совместному учету ограничения по безопасности расхождения судов и навигационного ограничения с помощью представления судовой безопасной области в истинном движении посвящена работа [1], а в работе [2] исследованы вопросы формирования безопасной области судна с учетом стохастической природы погрешностей измерений.

Таким образом, вопросы совместного учета опасных целей и навигационных препятствий являются актуальными, чем и определяется выбор темы данной публикации.

**Формулировка целей статьи (постановка задачи).**Целью данной работы является разработка процедуры преобразования судовой безопасной области, заданной в пространстве относительного движения, в пространство истинного движения.

**Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов.**

Безопасная область судна  $B_3$  задается в пространстве относительного движения определенной фигурой, граница которой задается относительно цели  $C$  уравнением  $y = f(x)$  в системе координат  $OXY$  (рис. 1). Покажем, как в этом случае производится преобразование границы области  $B_3$  из пространства относительного движения в пространство истинного движения.

Положение цели  $C$  относительно судна, находящегося в точке  $O_1$ , в пространстве относительного движения задается дистанцией  $D_o$  и пеленгом  $\alpha_o$ , а область безопасности судна  $B_3$  построена относительно цели  $C$ , являющейся началом координат  $OXY$ . Пространство истинного движения, которое отображается на обычной или электронной карте содержит навигационные опасности, однако области безопасности цели не могут иметь форму, заданную в пространстве относительного движения.

Направления в пространстве относительного движения определяются углами  $\alpha$ , а расстояния отрезками  $D$ , как показано на рис.1.

Точка  $M$  в системе координат  $OXY$  характеризуется координатами  $x$  и  $y$ , а в системе координат  $O_1, X_1, Y_1$  - координатами  $X_{1f}$  и  $Y_{1f}$ , причем

$$X_{1f} = X_o + x, \quad Y_{1f} = Y_o + y, \quad (1)$$

где  $X_o = D_o \sin \alpha_o$ ;  $Y_o = D_o \cos \alpha_o$ .

Отображение безопасной области судна из пространства относительного движения в пространство истинного производится с помощью преобразования полярных координат области [3]. Поэтому границу безопасной области представим в полярных координатах  $D$  и  $\alpha$ . Очевидно, в пространстве относительного движения полярные координаты точки границы безопасной области судна выражается следующим образом

$$D = \sqrt{X_{1f}^2 + Y_{1f}^2}, \quad \alpha = \text{Arctg}\left(\frac{X_{1f}}{Y_{1f}}\right). \quad (2)$$

Конкретная точка границы безопасной области, связанная с целью, может быть достигнута судном в пространстве относительного движения, если относительный курс будет равен направлению  $\alpha$  и точка будет достигнута через время  $t = D/V_{ot}$ . Указанное условие достижения каждой точки границы безопасной области

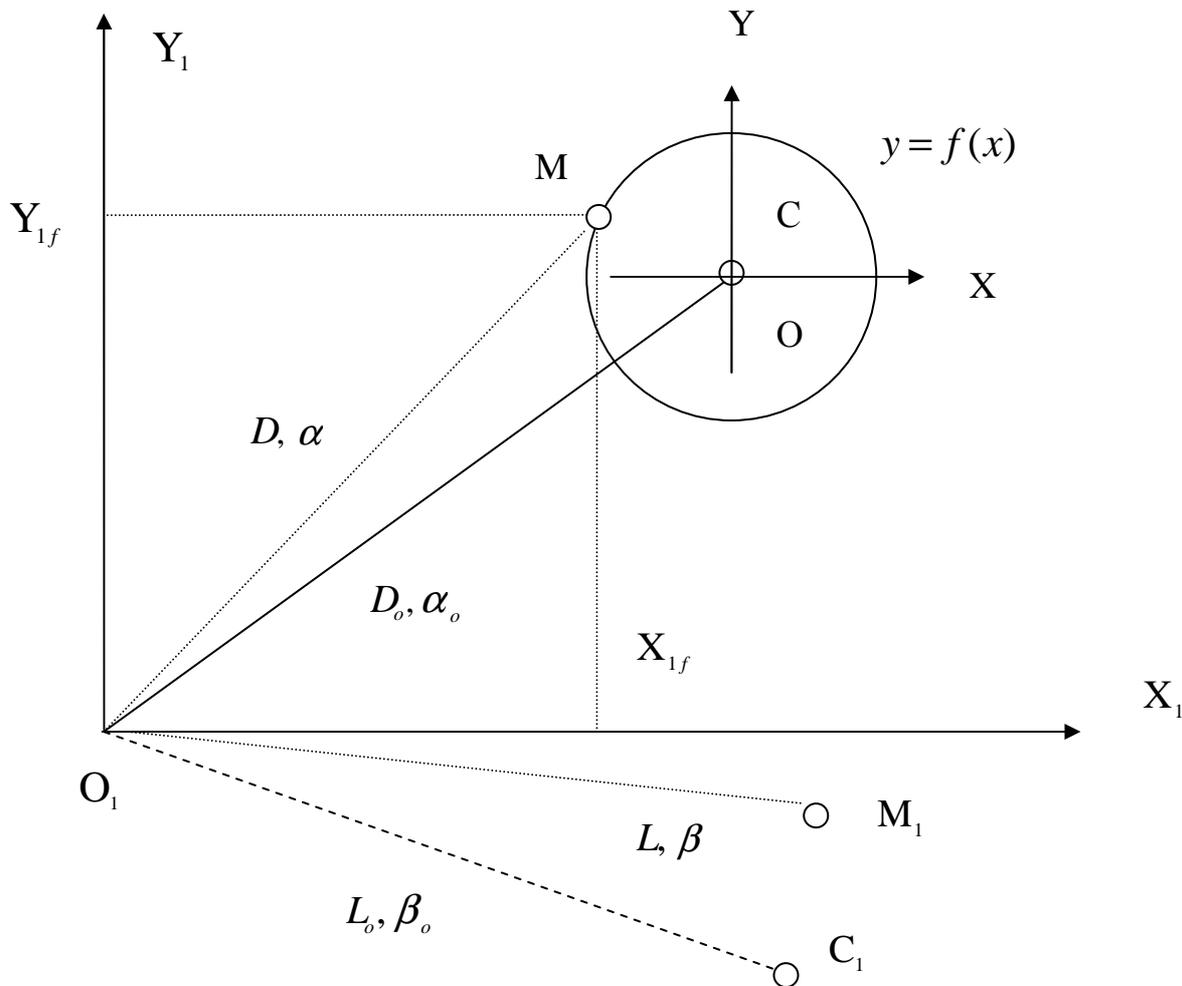


Рис. 1. Преобразование границ судовой безопасной области

является определяющим для преобразования в пространство истинного движения. В пространстве истинного движения направлению  $\alpha$  соответствует истинное направление движения судна  $\beta$ , а время достижения точки остается неизменным, поэтому

$$L = \frac{V_o}{V_{ot}} D, \quad (3)$$

где  $V_{ot}$  и  $V_o$  -соответственно относительная скорость и скорость судна.

Исследованием [4] установлено, что в случае, когда отношение скоростей судна  $V_o$  и цели  $V_c$   $p = \frac{V_o}{V_c}$  удовлетворяет неравенству  $p > 1$ , то происходит однозначное отображение

множества относительных направлений  $\alpha$  в множество истинных направлений  $\beta$ , причем искомое отображение описывается зависимостью

$$\beta = \alpha + \arcsin [p^{-1} \sin(K_c - \alpha)], \quad (4)$$

где  $K_c$  - курс цели.

Поэтому каждой точке границы безопасной области судна, заданной в пространстве относительного движения полярными координатами  $D$  и  $\alpha$ , соответствует точка границы в пространстве истинного движения с полярными координатами  $L$  и  $\beta$ . Множество точек с полярными координатами  $L$  и  $\beta$  составляет границу безопасной области в пространстве истинного движения, заданной в системе координат  $O_1, X_1, Y_1$ .

В случае, когда выбрана форма безопасной области судна в пространстве относительного движения, вначале необходимо задать уравнение  $y = f(x)$  границы безопасной области в системе координат  $OXY$ . Затем с помощью формулы (1) для каждой точки границы определяются координаты  $X_{1f}, Y_{1f}$  в системе координат  $O_1, X_1, Y_1$  и преобразуются в полярные координаты  $D, \alpha$ , используя выражение (2).

Завершающим шагом в формировании безопасной области судна в пространстве истинного движения является преобразование с помощью формул (3) и (4) полярных координат  $D$  и  $\alpha$  каждой точки границы безопасной области в полярные координаты  $L$  и  $\beta$ .

Рассмотрим случаи, когда безопасная область судна имеет форму круга, эллипса и прямоугольника. Если формой безопасной области судна в пространстве относительного движения является круг, то уравнение ее границы можно записать в параметрическом виде

$$x = D_d \sin \varphi, \quad y = D_d \cos \varphi \quad (\varphi \in (0, 360)),$$

где  $D_d$  - предельно-допустимая дистанция кратчайшего сближения.

В дальнейшем с помощью выражений (1) – (4) формируется граница безопасной области в пространстве истинного движения.

Для проверки корректности предлагаемой процедуры преобразования судовой безопасной области, заданной в пространстве относительного движения, в пространство истинного движения разработана компьютерная программа, которая учитывает существенные для расчета параметры. В качестве примера рассмотрена ситуация сближения судна с целью, причем задана безопасная область цели круговой формы. Параметры ситуации имеют значения:  $D_o = 3,5$  м,  $\alpha_o = 350^\circ$ ,  $K_o = 75^\circ$ ,  $K_c = 105^\circ$ ,  $V_o = 20$  уз,  $V_c = 17$  уз,

$$D_d = 1 \text{ м.}$$

Безопасные области цели в пространстве относительного и истинного движения для указанной ситуации показаны на рис.2.

Для случаев эллиптической и прямоугольной формы безопасной области в пространстве относительного движения на рис. 3 приводятся их параметры.

Если безопасная область цели имеет эллиптическую форму, то оси эллипса равны: большая  $2a = l_n + l_k$  и меньшая  $2b$ , причем центр судна смещен по большей оси относительно центра эллипса на величину  $l_n - l_k$ . Уравнение границы безопасной области в системе координат  $OXY$  при совпадении центров судна и эллипса имеет вид

$$x = -a + s, \quad y = \pm \frac{b}{a} \sqrt{a^2 - x^2} \quad (s \in (0, 2a)).$$

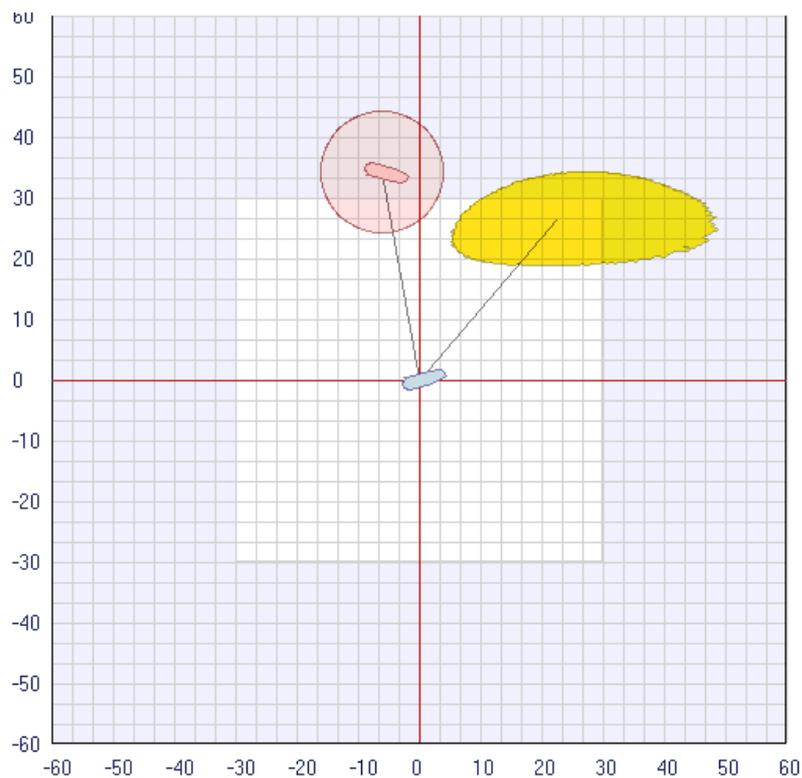


Рис. 2. Отображение безопасной области цели круговой формы

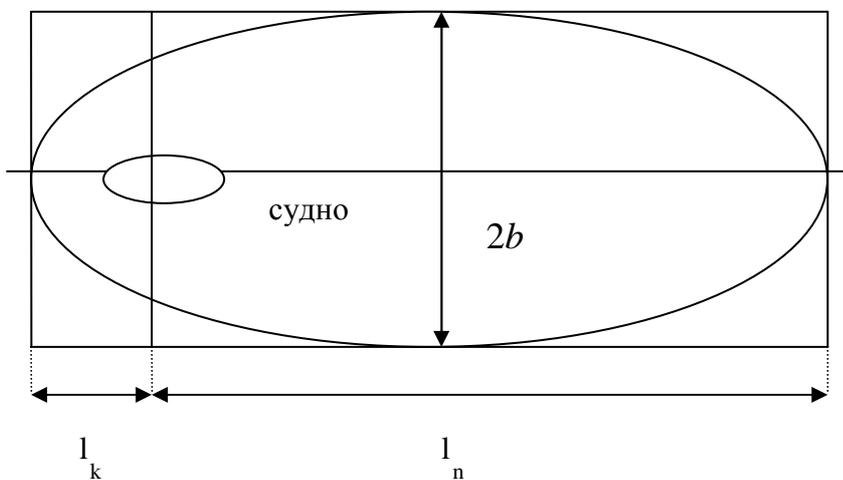


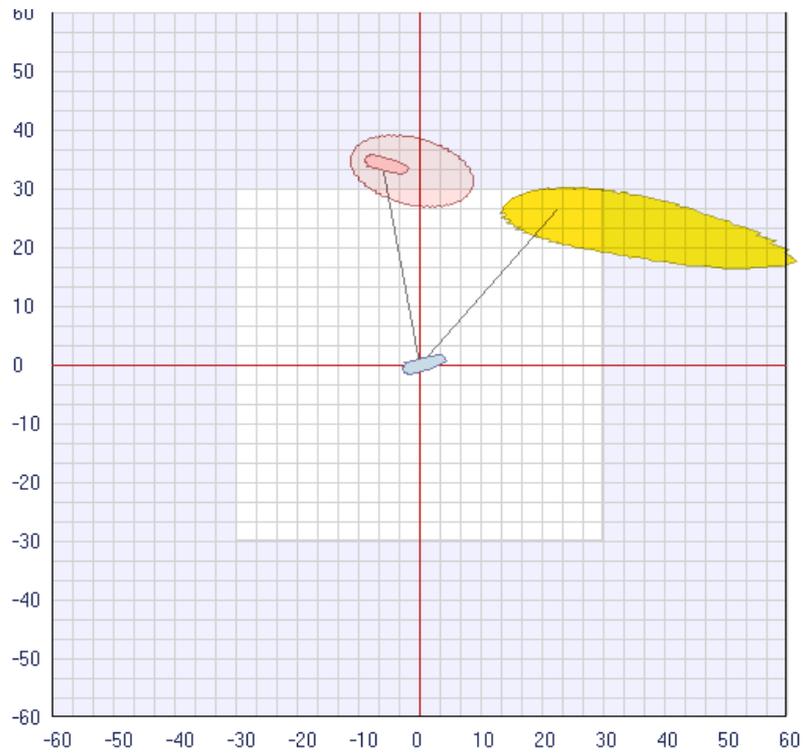
Рис. 3. Параметры безопасной области в форме эллипса и прямоугольника

Учитывая то обстоятельство, что большая ось эллипса ориентирована по направлению диаметральной плоскости цели и центры цели и безопасной области не совпадают, выражения для координат точки границы области в системе координат  $O_1, X_1, Y_1$  имеют вид

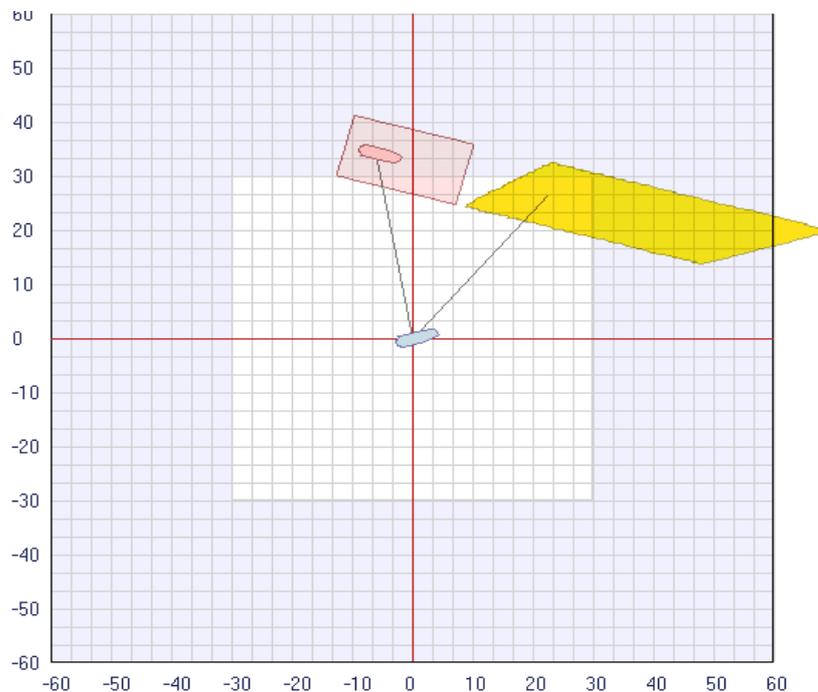
$$X_{1f} = -x \sin K_c + y \cos K_c + X_c, \quad Y_{1f} = -x \cos K_c - y \sin K_c + Y_c,$$

где  $X_c = X_o + (l_n - l_k) \sin K_c$ ;  $Y_c = Y_o + (l_n - l_k) \cos K_c$ .

С помощью компьютерной программы для той же ситуации сближения судна с целью получено графическое отображение эллиптической безопасной области с осями  $a=1$  мили и  $b=0,6$  мили, которое представлено на рис. 4.



**Рис. 4. Отображение безопасной области цели эллиптической формы**



**Рис. 5. Отображение безопасной области цели прямоугольной формы**

Аналогично производится отображение прямоугольной безопасной области цели в пространство истинного движения, что показано на рис. 5 для ранее рассмотренной ситуации сближения судна и цели.

---

---

### **Выводы и перспектива дальнейшей работы по данному направлению.**

В статье показано, что судовая безопасная зона из пространства относительного движения может отображаться в пространство истинного движения, т.е. на электронную карту для совместного учета опасных целей и навигационных опасностей. Получены выражения для преобразования границы области. В дальнейшем целесообразно разработать алгоритмы преобразования зоны безопасности заданной формы.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Степаненко В. В. Усовершенствование методов оценки ситуации расхождения судов. Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.16/ ОНМА. – Одесса, 2004. – 24 с.
2. Алексишин В. Г. Зависимость параметров судовой безопасной зоны от стохастических позиционных погрешностей / Алексишин В. Г., Алексишин А. В. // Судовождение. – 2006. – № 12. – С. 3-10.
3. Волков А. Н. Отображение зоны безопасности судна на электронной карте / Волков А.Н. // Судовождение: Сб. научн. трудов./ ОНМА, Вып. 23. – Одесса: «ИздатИнформ», 2013 – С. 23-27.
4. Цымбал Н. Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Цымбал Н. Н., Бурмака И. А., Тюпиков Е. Е. – Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.

**Волков О.М.**

### **ЗАСТОСУВАННЯ СУДНОВОЇ БЕЗПЕЧНОЇ ОБЛАСТІ ДЛЯ УРАХУВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНОЇ ЦІЛІ І НАВІГАЦІЙНОЇ ПЕРЕШКОДИ**

*У статті показана можливість відображення суднової безпечної області з простору відносного руху в простір істинного руху, тобто на електронну карту для сумісного урахування небезпечних цілей і навігаційних перешкод.*

*Одержані аналітичні вирази для перетворення межі області, приведені результати імітаційного моделювання безпечних областей судна різної форми .*

**Ключові слова:** безпека судноводіння, безпечна область судна, простір відносного і істинного руху.

**Volkov A.**

### **APPLICATION OF SHIP SAFE REGION FOR ACCOUNT OF DANGEROUS TARGET AND NAVIGATION SHOAL**

*Possibility of reflection of ship safe region from space of relative motion in space of veritable motion is shown in the article, on an electronic chart for the joint account of dangerous aims and navigation dangers.*

*Analytical expressions for transformation of border of region are got, the results of imitation design of safe regions of ship of a different form are resulted.*

**Keywords:** safety of navigation, safe region of ship, space of relative and veritable motion.