

УДК 656.61.052.484

DOI: 10.31653/2306-5761.30.2020.51-57

DEPENDENCE OF PARAMETERS OF VIRTUAL REGION FROM SUBSTANTIAL FACTORS

ЗАЛЕЖНІСТЬ ПАРАМЕТРІВ ВІРТУАЛЬНОЇ ОБЛАСТІ ВІД ІСТОТНИХ ФАКТОРІВ

A. N. Volkov¹, PhD, professor, A. I. Burmaka², PhD, professor, R. O. Kubitsky³, senior teacher
А.Н. Волков, к.т.н., доцент, А.И. Бурмака, к.т.н., доцент, Р.О. Кубицький, старший
преподаватель

^{1,2}National University «Odessa Maritime Academy», Ukraine

³Naval Institute (The Institute of Naval forces). Ukraine

^{1,2}Національний університет «Одеська морська академія», Україна

³Інститут Військово-Морських Сил Національного університету «Одеська морська академія»

ABSTRACT

In the article is specified, that marine ships considerable part of the operating time work in the straitened districts, in which the width of free passage-way for vessels is limited in the navigation relation by dangers, or intensive navigation. It is marked that in the case of dangerous rapprochement of vessels in the straitened waters at the choice of maneuver of divergence by an operating ship besides a dangerous target it is necessary to take into account preventing ships and navigation dangers in the district of maneuvering, and the existent methods of simultaneous account of dangerous aims and navigation dangers carry analytical character and are bulky and ineffective. The necessity of development of operative and evident methods of warning of collisions of vessels at sailing in the straitened waters is caused to these.

The analysis of the last achievements and publications is resulted in work, the decision of the considered problem and selection of parts unsolved before is begun in which. It is shown that binary coordination is the basic method of description of cooperation of pair of the dangerously drawn together vessels, urgent strategies of divergence are considered, the structure of which depends on the conduct of target in the process of divergence, the analysis of procedures of account of navigation dangers is also produced by an analytical method for different types of navigation dangers.

Procedure of transformation of the ship safe region set in space of relative motion is offered, in space of veritable motion, a virtual region is formed as a result.

It is indicated, that basic properties of virtual regions are: rapprochements of ship with a target dangerous, when the current area of programmatic trajectory of motion of ship gets in the virtual region of target; distance of the shortest rapprochement of ship with a dangerous target will be equal to the set minimum-possible distance of rapprochement, if direction of current area of programmatic trajectory of motion of ship is tangent to the border of virtual region; equality of distance of the shortest rapprochement of ship with a target and set minimum-possible distance of rapprochement is saved at the following of ship on a virtual region tangent to the border to the moment of the shortest rapprochement.

It is shown in the publication, that by the computer program dependences of position and form of virtual region on the relation of speeds of ship and target were explored, from distance between a ship and target, and also from bearing on a target.

It is shown that depending on distance between a ship and target at the unchanging bearing a virtual region occupies unchanging position in relation to the line of programmatic way of ship, and position and sizes of virtual region depend on bearing on a target.

Keywords: safety of navigation, warning of collision of vessels, ship safe region, virtual region of target.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Морські судна значну частину свого експлуатаційного часу працюють в обмежених районах, де ширина вільного проходу для суден обмежена в навігаційному відношенні небезпеками або інтенсивним судноплавством.

У разі небезпечного зближення суден в обмежених водах при виборі маневру розходження оперуючим судном крім небезпечної цілі необхідно враховувати заважаючі судна і навігаційні небезпеки в районі маневрування. Існуючі методи одночасного обліку небезпечних цілей і навігаційних небезпек носять аналітичний характер і є громіздкими і малоефективними. Тому існує необхідність розробки оперативних і наочних методів попередження зіткнень суден при плаванні в обмежених водах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і виділення невирішених раніше частин загальної проблеми

Необхідність формалізації взаємодії суден в ситуації небезпечного зближення обґрунтована в роботі [1]. Показано, що бінарна координата є основним способом опису взаємодії пари небезпечно зближуваних суден і запропонована формалізація МППСС-72, в яких вона реалізована. Питання бінарної координати і міра їх ефективності також розглянуті в роботах [2,3].

В роботі [4] для ситуацій надмірного зближення суден детально розглянуті екстрені стратегії розходження, структура яких залежить від поведінки цілі в процесі розходження.

В роботі [5] розглядається вибір ситуації зближення судна з цілю з безлічі стандартних ситуацій, після чого проводиться визначення стратегії розходження. Процедура обліку навігаційних небезпек аналітичним способом при досягненні можливого повороту судна на курс виходу в сторону програмної траєкторії руху запропонована в роботі [6]. Різні типи навігаційних небезпек формалізовані в роботі [7] і запропоновані процедури вибору безпечного маневру розходження для кожного типу навігаційних небезпек. Аналіз запропонованих процедур в зазначених роботах показав, що їх реалізація в судових навігаційних системах зажадає значних зусиль і витрат для апроксимації меж навігаційних небезпек.

Облік навігаційних небезпек шляхом використання електронних карт, на яких слід відображати процес розходження, пропонується в роботі [8].

Формулювання цілей статті (постановка завдання)

Метою статті є дослідження залежності параметрів віртуальної області від істотних чинників.

Виклад матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Як показано в роботі [9], безпечна область цілі задається в просторі відносного руху певної фігурою, а в просторі істинного руху, яке відображається на звичайній або електронній карті, ця область має іншу форму.

Кожна точка кордону безпечної області цілі щодо судна в просторі відносного руху характеризується напрямком α і відстанню D , як показано на рис.1.

У просторі істинного руху напрямку α відповідає дійсний напрям руху судна β , а відстані D - дистанція L . Так як час досягнення точки кордону залишається незмінним, то:

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

де V_{ot} і V_o - відповідно відносна швидкість і швидкість судна.

Дослідженням [4] встановлено, що в разі, коли відношення швидкостей судна V_o та цілі V_c $p = \frac{V_o}{V_c}$ задовольняє нерівності $p > 1$, то відбувається однозначне відображення

безлічі відносних напрямків α в безліч справжніх напрямків β , причому шукане відображення описується залежністю:

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

де K_c - курс цілі.

Тому кожній точці кордону безпечної області судна, заданої в просторі відносного руху полярними координатами D і α , відповідає точка кордону в просторі істинного руху з полярними координатами L і β . Безліч точок з полярними координатами L і β становить кордон безпечної області в просторі істинного руху, яка називається віртуальною областю цілі щодо судна.

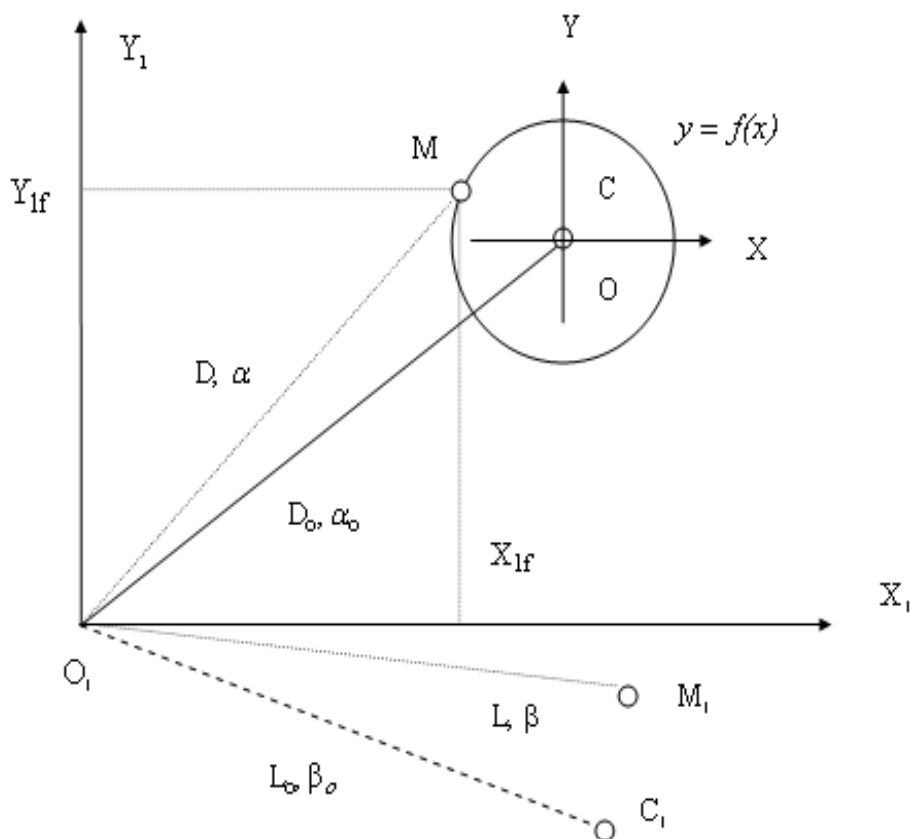


Рис. 1. Перетворення кордонів суднової безпечної області

Для перевірки коректності запропонованої процедури перетворення суднової безпечної області, заданої в просторі відносного руху, в простір істинного руху була розроблена комп'ютерна програма. Як приклад розглянута ситуація зближення судна з цілю, причому задана безпечна область цілі кругової форми. Параметри ситуації мають значення: $D_o = 3,5$ м, $\alpha_o = 350^\circ$, $K_o = 75^\circ$, $K_c = 105^\circ$, $V_o = 20$ уз, $V_c = 17$ уз, $D_d = 1$ м.

Безпечні області цілі в просторі відносного і істинного (жовтий колір) руху для зазначеної ситуації показані на рис.2.

Основними властивостями віртуальних областей є:

1. Ознакою небезпечного зближення судна з цілю, коли дистанція найкоротшого зближення судна з цілю менше заданої гранично-допустимої дистанції зближення, є попадання поточної ділянки програмної траєкторії руху судна в віртуальну область цілі.

2. Дистанція найкоротшого зближення судна з небезпечною цілю буде дорівнювати заданої гранично-допустимої дистанції зближення, якщо напрямок поточної ділянки програмної траєкторії руху судна є дотичним до кордону віртуальної області.

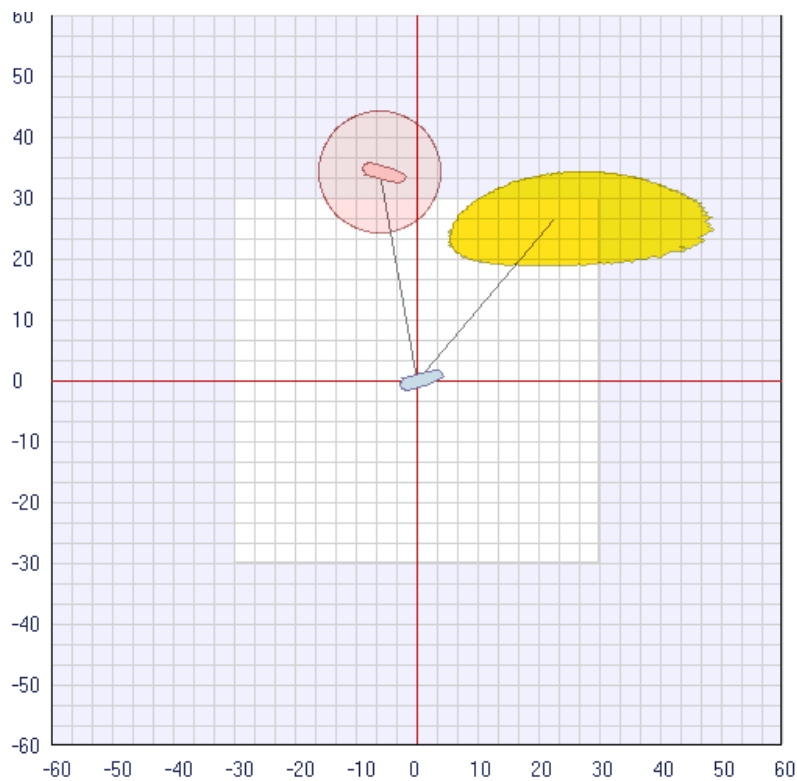


Рис. 2. Відображення безпечної області цілі кругової форми

3. Рівняння дистанції найкоротшого зближення судна з цілю і заданої гранично-допустимої дистанції зближення зберігається при проходженні судна по дотичній до кордону віртуальної області до моменту найкоротшого зближення.

За допомогою комп'ютерної програми були досліджені залежності положення і форми віртуальної області від відношення швидкостей судна V_o і цілі V_c , тобто $\rho = \frac{V_o}{V_c}$, від

дистанції між судном и цілю, а також від пеленга на ціль.

На рис. 3 і рис.4 показані віртуальні області для значень $\rho = 3$ і $\rho = 1$ відповідно. З рис. 3 видно, що при $\rho = 3$ зближення судна з цілю безпечно, так як лінія програмного шляху судна проходить осторонь від віртуальної області, а при $\rho = 1$ (рис.4) зближення небезпечно через проходження лінії програмного шляху судна через віртуальну область.

На рис. 5. показана залежність положення віртуальної області від дистанції між судном і цілю при незмінному пеленгу. З малюнка видно, що віртуальна область займає незмінне положення щодо лінії програмного шляху судна.

Залежність положення віртуальної області від пеленга на ціль при незмінній дистанції показана на рис. 6, з якого видно, що положення і розміри віртуальної області залежать від пеленга на ціль.

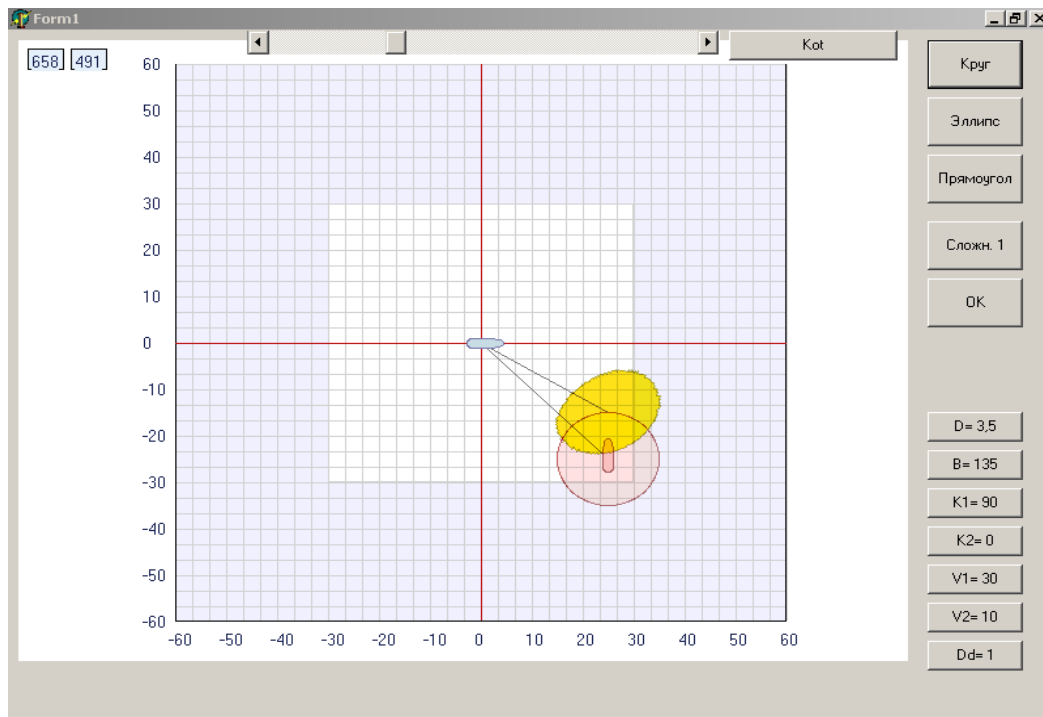


Рис. 3. Віртуальна область при $\rho = 3$

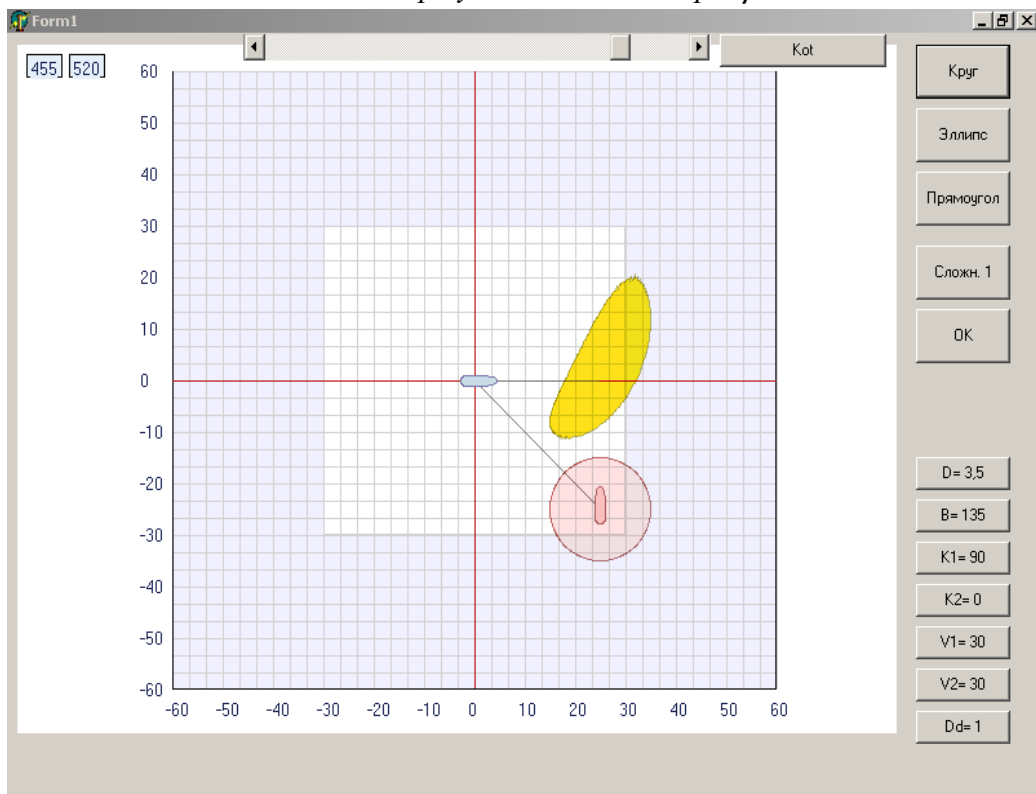


Рис. 4. Віртуальна область при $\rho = 1$

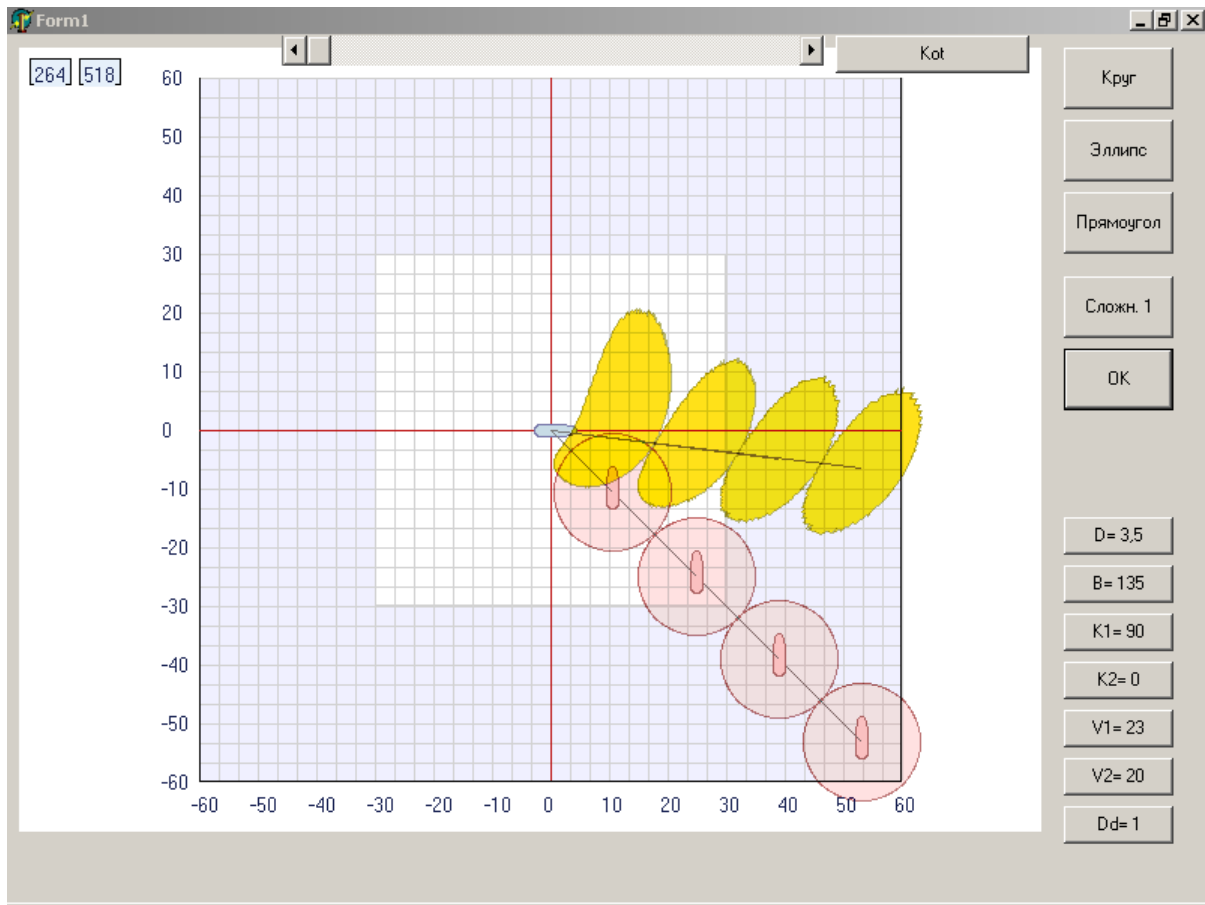


Рис. 5. Залежності віртуальної області від дистанції між суднами

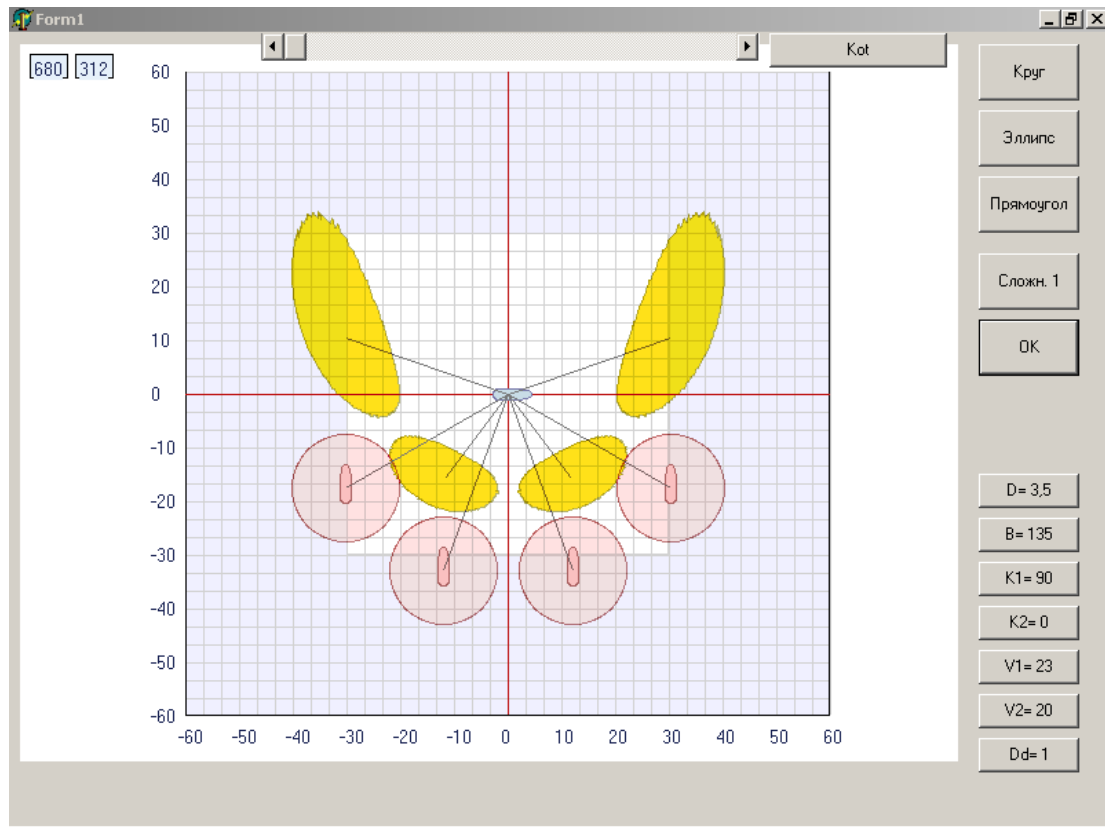


Рис. 6. Залежності віртуальної області від пеленга на ціль

Висновки і перспектива подальшої роботи по даному напрямку

Таким чином, в даній статті за допомогою комп'ютерної програми досліджена залежність параметрів віртуальної області від істотних чинників. Надалі доцільно розглянути особливості формування стратегії розходження судна за допомогою віртуальної області.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пятаков Э.Н. Взаимодействие судов при расхождении для предупреждения столкновения / Пятаков Э.Н., Бужбецкий Р.Ю., Бурмака И.А., Булгаков А.Ю. – Херсон: Гринь Д.С., 2015. - 312 с.
2. Пятаков Э.Н. Оценка эффективности парных стратегий расходящихся судов / Э.Н. Пятаков., С.И. Заичко // Судовождение: Сб. научн. трудов. / ОНМА, – Вып.15. - Одесса: "ИздатИнформ", 2008. – С. 166 – 171.
3. A. Volkov. Appraisal of the Coordinability of the Vessels for Collision Avoidance Maneuvers by Course Alternation / A. Volkov, E. Pyatarov & A. Yakushev// Activites in Navigation.- Adam Weintrit/ - 2015, P. 195 – 200.
4. Бурмака И.А. Экстренная стратегия расхождения при чрезмерном сближении судов / Бурмака И.А., Бурмака А. И., Бужбецкий Р.Ю. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 202 с.
5. Мальцев А. С. Маневрирование судов при расхождении / А.С. Мальцев, Е.Е. Тюпиков, И.И. Ворохобин – Одесса: Морской тренажерный центр, 2013. – 304 с.
6. Бурмака И.А. Управление судами в ситуации опасного сближения / И.А. Бурмака., Э.Н. Пятаков., А.Ю. Булгаков - LAP LAMBERT Academic Publishing, - Саарбрюккен (Германия), – 2016. - 585 с.
7. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н.Н. Цымбал, И.А. Бурмака, Е.Е. Тюпиков. - Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.
8. Волков А.Н. Применение судовой безопасной области для учета опасной цели и навигационного препятствия / Волков А.Н.// Водный транспорт. – 2014. №2 (20).– С. 29 – 35.
9. Волков А.Н. Формирование процесса расхождения судна в ситуации опасного сближения методом виртуальных областей / Волков А.Н., Булгаков А.Ю., Голиков А.А. //East European Scientific Journal, №11 (27), 2017, part 1.- С. 4 - 13.