

,УДК 656.61.052.484

DOI: 10.31653/2306-5761.27.2018.120-130

**DEVELOPMENT OF SHIP INFORMATIVE COLLISION
AVOIDANCE SYSTEM****РАЗРАБОТКА СУДОВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ**

Y.A. Petrychenko, *PhD, associate professor*, **O.A. Petrychenko**, *assistant*
Е.А. Петриченко, *к.т.н., доцент*, **О.А. Петриченко**, *ассистент*

National University «Odessa Maritime Academy», Ukraine
Національний університет «Одеська морська академія», Україна

ABSTRACT

The collision avoidance system ships, which allow to identify the initial situation of dangerous rapprochement in accordance with the COLREG requirements and expect the parameters of strategy of divergence of ships, is considered.

At dangerous rapprochement of ships at first it is needed to define their mutual duties which respond to request COLREG, and then in the case of necessity to choose the parameters of safe maneuver of divergence. Therefore, for the collision avoidance system ships the algorithms of cooperation of ships in the process of divergence in accordance with the COLREG requirements were developed. After determination of region of mutual duties ships choose the maneuver of divergence, for determination of parameters of which the before got expressions were used.

In work the imitation program is considered for testing of the collision avoidance system ships, which contains the module of forming of initial situation of dangerous rapprochement and module of playing of the got maneuver of divergence for verification of correctness of work of the collision avoidance system ships.

For forming of initial situation of dangerous rapprochement of ships a course and speed of base ship and parameters of motion of purpose is entered in the imitation program. Introduction of initial data of situation of dangerous rapprochement is completed by the choice of parameters of relative position, that to bearing and distance.

The module of determination of mutual duties of ships according to the COLREG requirements uses the algorithms of binary coordination, which represent the conduct of pair of ships in the case of their dangerous rapprochement, both at beautiful and at the reduced visibility.

With the help of the imitation program was generated situations of dangerous rapprochement, which the collision avoidance system ships identified within the framework of COLREG and defined the conduct of ships for the safe maneuver of divergence. As a result of playing of these maneuvers made sure of their correctness, because ships cleanly divided in the inflicted distance.

The results of design of the imitation program confirmed correctness of the work system and showed expedience of its use.

Keywords: safety of navigator, process of divergence of vessels, collision avoidance system, imitation design.

РЕФЕРАТ

Розглянуто систему попередження зіткнень суден, яка дозволяє ідентифікувати початкову ситуацію небезпечного зближення у відповідності з вимогами МППЗС-72 і розраховувати параметри стратегії розходження суден.

При небезпечному зближенні суден спочатку потрібно визначити їх взаємні обов'язки, які відповідають вимогам МППЗС-72, а потім в разі необхідності вибрати параметри безпечного маневру розходження. Тому для системи попередження зіткнень суден були розроблені алгоритми взаємодії суден в процесі розходження у відповідності з вимогами МППЗС-72. Після визначення області взаємних обов'язків судна вибирають маневр розходження, для визначення параметрів якого були використані раніш одержані вирази.

В роботі розглянуто імітаційну програму для тестування системи попередження зіткнень суден, яка містить модуль формування початкової ситуації небезпечного зближення і модуль програмування одержаного маневру розходження для перевірки коректності роботи системи попередження зіткнень суден.

Для формування початкової ситуації небезпечного зближення суден в імітаційну програму вводяться курс і швидкість базового судна та параметри руху цілі. Введення початкових даних ситуації небезпечного зближення завершується вибором параметрів відносної позиції, тобто пеленгу і дистанції.

Модуль визначення взаємних обов'язків суден відповідно вимогам МППЗС-72 використовує алгоритми бінарної координатної, які відображають поведінку пари суден в разі їх небезпечного зближення, як при гарній, так і при зниженій видимості.

З допомогою імітаційної програми були сгенеровані ситуації небезпечного зближення, які система попередження зіткнень суден ідентифікувала в рамках МППЗС-72 і визначила поведінку суден для безпечного маневру розходження. В результаті програмування цих маневрів упевнились в їх коректності, тому що судна чисто розійшлись в завданій дистанції.

Результати моделювання імітаційної програми підтвердили коректність роботи системи та показали доцільність її використання.

Ключові слова: безпечність судноводіння, процес розходження суден, система попередження зіткнень суден, імітаційне моделювання.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами

При плавании судов в стесненных водах особенно актуальной проблемой является снижение аварийности по причине их столкновений. При опасном сближении судов требуется оценить ситуацию сближения и оперативно выбрать безопасный маневр расхождения, который удовлетворял бы требованиям МППСС-72 и соответствовал бы хорошей морской практике.

Успех безопасного расхождения возрастает при использовании информационной системы предупреждения столкновений судов. Поэтому вопросы, посвященные разработке такой системы, являются актуальными, что обуславливает выбор темы статьи.

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

В работе [1] рассмотрены различные ситуации сближения судов и предложены маневры их расхождения. Процесс расхождения судов в случае отсутствия навигационных опасностей достаточно подробно и корректно формализован в существующих работах [2-4], а в работах [5, 6] рассмотрен учет навигационных опасностей в районе маневрирования судов. Однако полученные теоретические результаты не получили своего применения в разработке перспективной информационной системы предупреждения столкновений судов.

Формулировка целей статьи

Целью статьи является рассмотрение возможностей разработки информационной системы предупреждения столкновений судов.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов

При опасном сближении судов прежде всего необходимо определить их взаимные обязанности, предписанные МППСС-72, а затем в случае необходимости определить параметры безопасного маневра расхождения. Поэтому для простейшей системы предупреждения столкновений судов были разработаны алгоритмы взаимодействия судов в процессе расхождения в соответствие с требованиями МППСС-72, формализация которого приведена в [7]. После определения области взаимных обязанностей суда выбирают маневр расхождения, для определения параметров которого использованы выражения, полученные в работе [8]. Для тестирования полученной системы предупреждения столкновений судов была разработана имитационная программа, которая помимо собственно системы предупреждения столкновений судов содержит модуль формирования исходной ситуации опасного сближения и модуль проигрывания полученного маневра расхождения для проверки корректности работы системы предупреждения столкновений судов.

В первом примере при формировании ситуации опасного сближения оперирующим судном было выбрано, как показано на рис. 1, судно стесненное осадкой, а целью является судно, ограниченное в возможности маневрировать (рис. 2). Тип судна в ситуации опасного сближения выбирается с помощью шести клавиш в левой части экрана после использования клавиш "ОПЕРАТИВНОЕ СУДНО" и "ЦЕЛЬ".

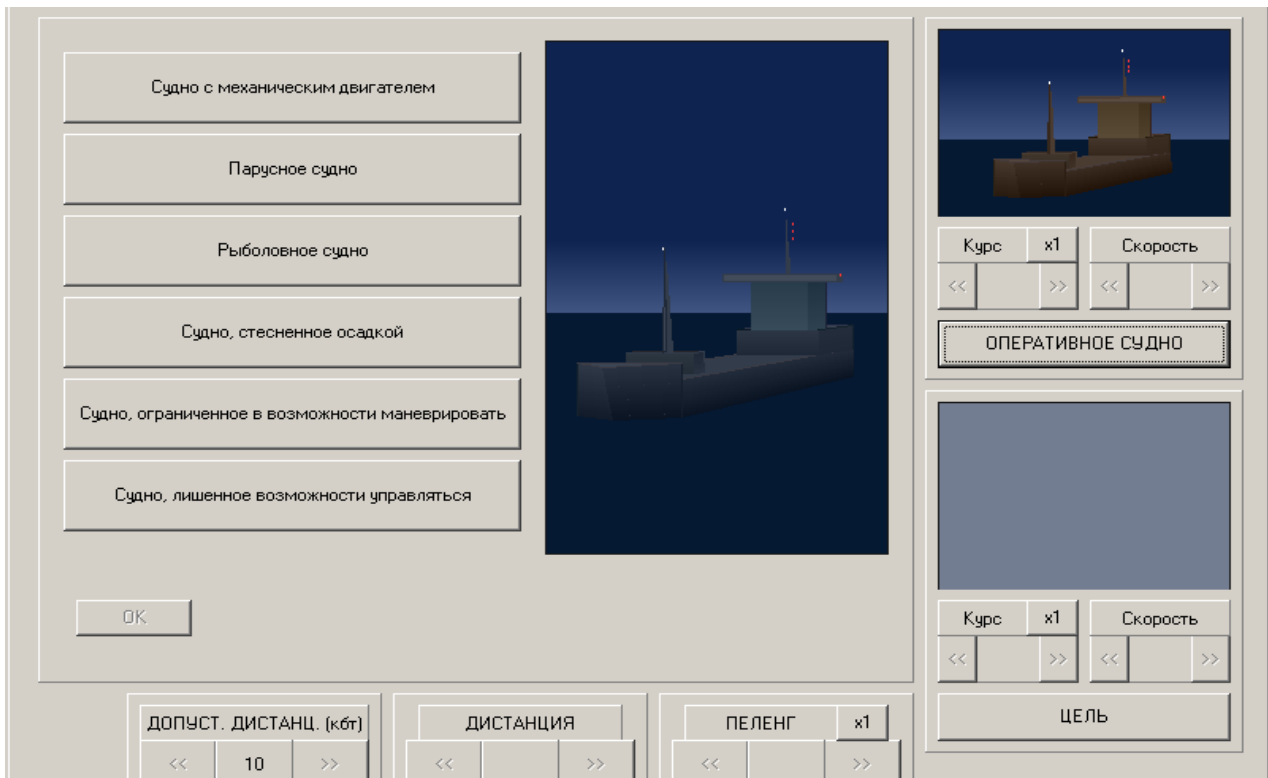


Рис. 1. Выбор оперирующего судна

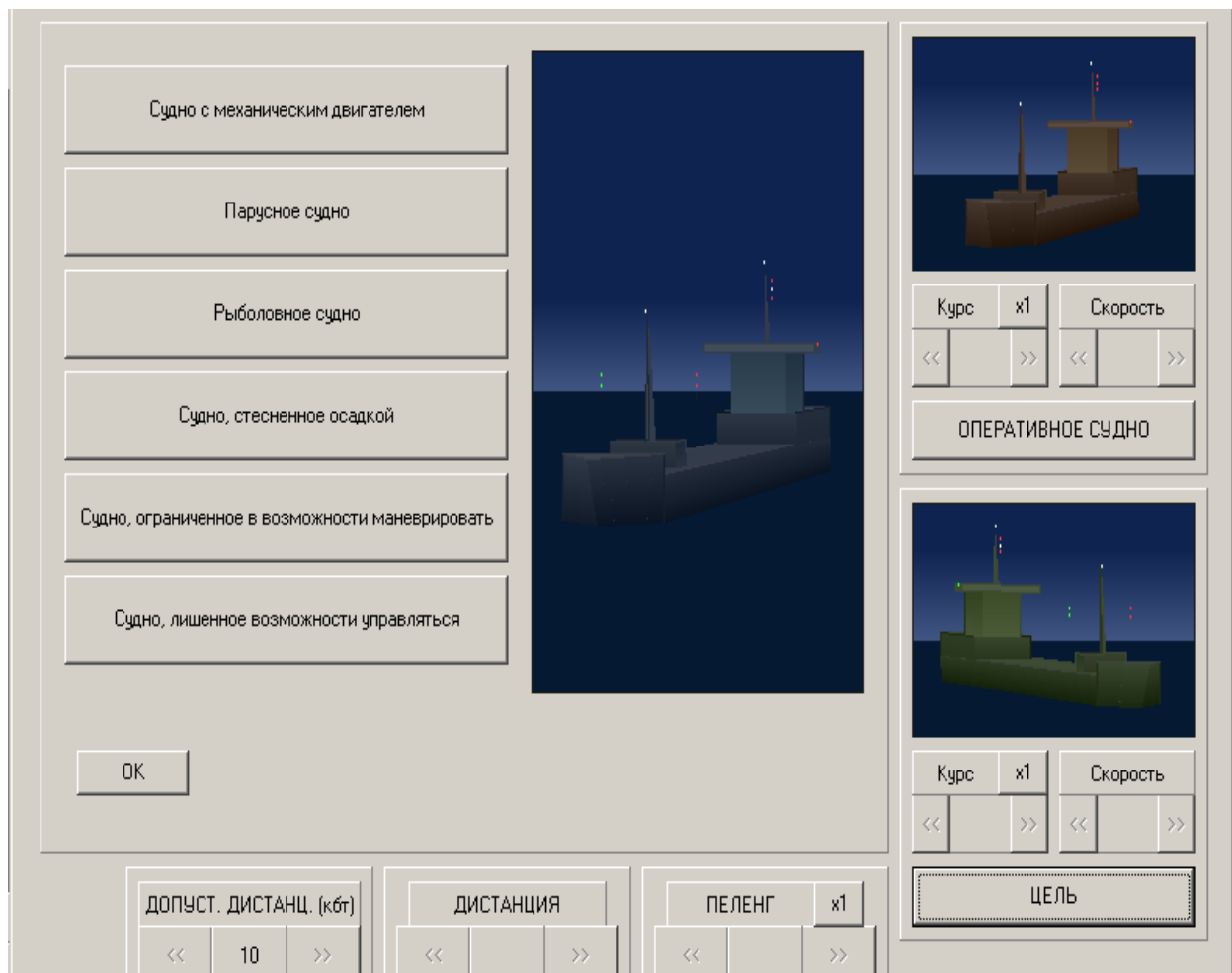


Рис. 2. Выбор цели

Затем вводятся курс и скорость оперирующего судна и параметры движения цели. Ввод исходных данных ситуации опасного сближения завершается выбором параметров относительной позиции, т. е. пеленга и дистанции. Для рассматриваемого примера значения указанных параметров ситуации опасного сближения показаны на рис. 3. При этом в случае опасного сближения на экран выводится соответствующее сообщение, а также графическое отображение введенной ситуации опасного сближения. После использования клавиши "ОК" параметры выбранной ситуации опасного сближения имитационной программой передаются на модуль системы предупреждения столкновений судов, которая определяет какому правилу МППСС-72 соответствует ситуация сближения и выводятся параметры маневров обоих судов, как показано на рис. 4.

Из рисунка видно, что начальная ситуация соответствует правилу 18 и дорогу уступает оперирующее судно, причем указываются параметры его маневра расхождения. Цель сохраняет свои параметры движения, продолжая следовать прежним курсом 180 градусов со скоростью равной 11 узлам.

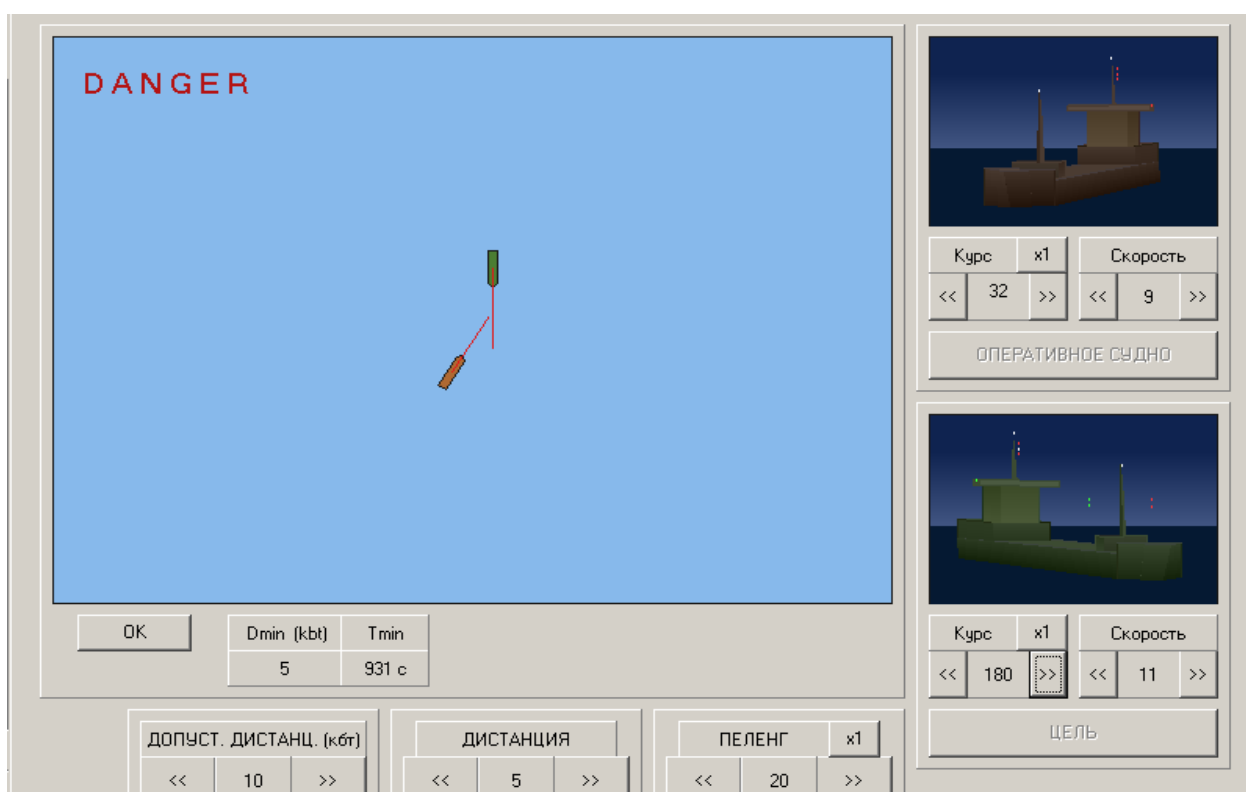


Рис. 3. Ввод параметров ситуации опасного сближения

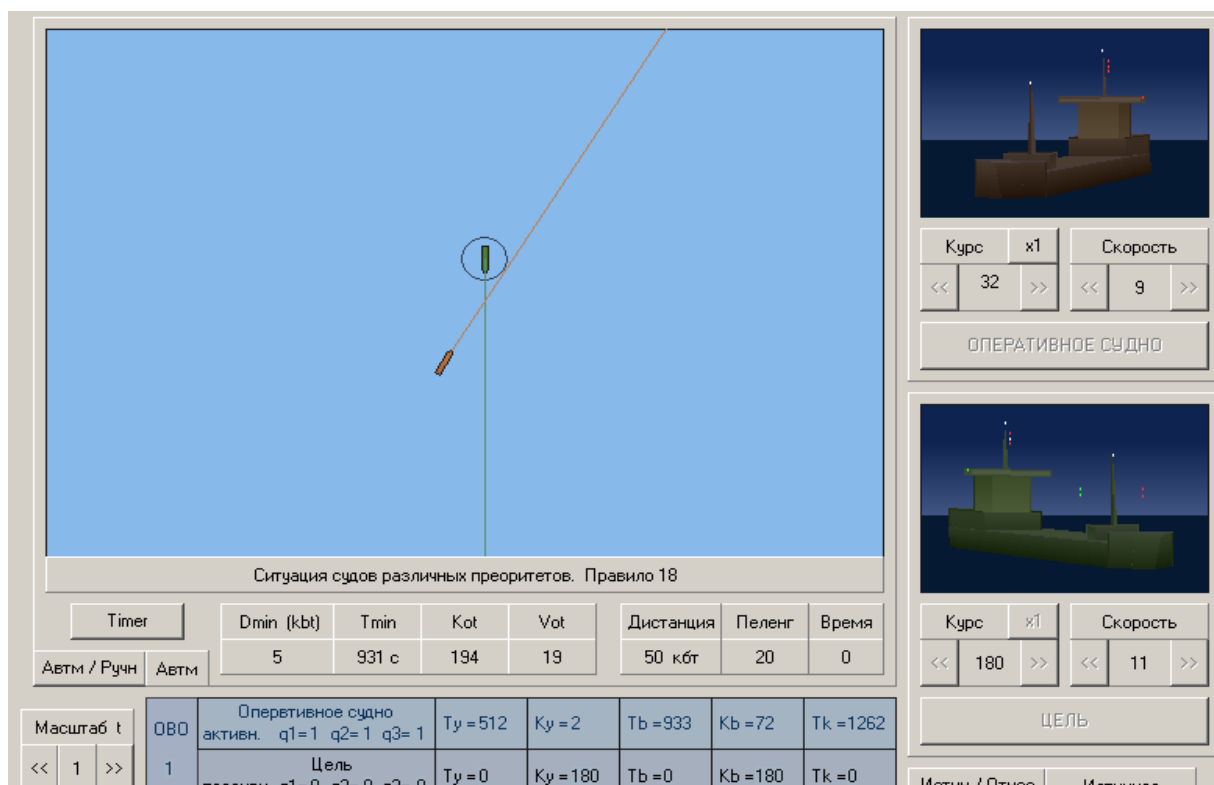


Рис. 4. Вывод решения системы предупреждения столкновений судов

Проигрывание маневра расхождения производится после использования клавиши "Timer". На рис. 5 показано, что на 539 с процесса расхождения оперирующее судно следует курсом уклонения 2° , на который легло на 512 с сближения, в то время как цель продолжает следовать программной траекторией с начальными параметрами движения.

Разойдясь с целью в предельно-допустимой дистанции сближения, равной 10 кабельтовым, оперирующее судно на 933 с процесса расхождения повернуло на курс выхода на заданную траекторию 72° , что следует из рис. 6, который отображает текущую ситуацию на 961 с процесса расхождения. Продолжая следовать курсом выхода 72° , оперирующее судно приближается к заданной траектории движения и на 1262 с процесса расхождения ложится на программный курс движения 32° , как показано на рис. 7. Обращаем внимание на то обстоятельство, что в течение всего процесса расхождения цель сохраняла неизменные параметры движения.

Отмечаем, что с помощью имитационной программы была сгенерирована ситуация опасного сближения, которую система предупреждения столкновений судов идентифицировала в рамках МППСС-72 и определила поведение судов для безопасного маневра расхождения. В результате проигрывания этого маневра убедились в его корректности, так как суда разошлись чисто в заданной дистанции кратчайшего сближения.

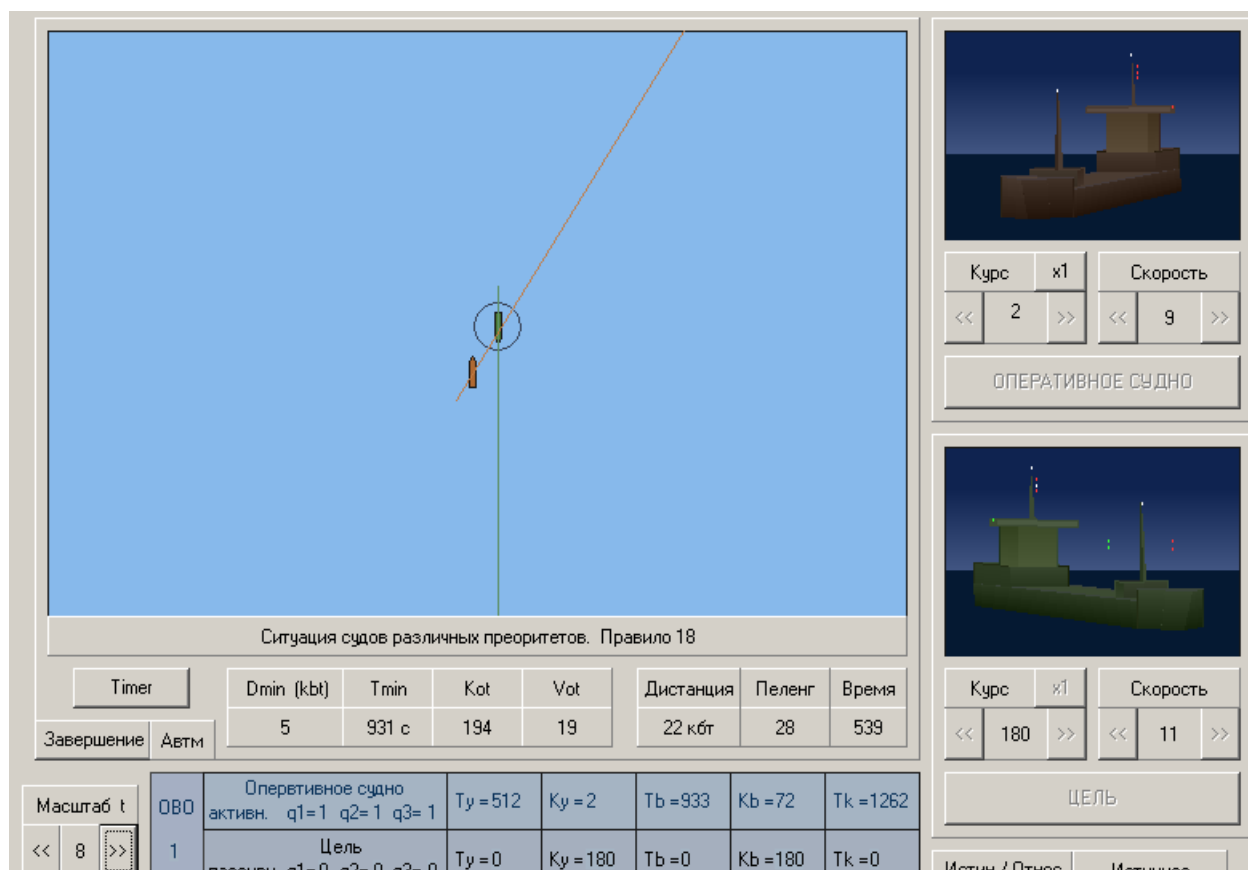


Рис. 5. Участок уклонения оперирующего судна

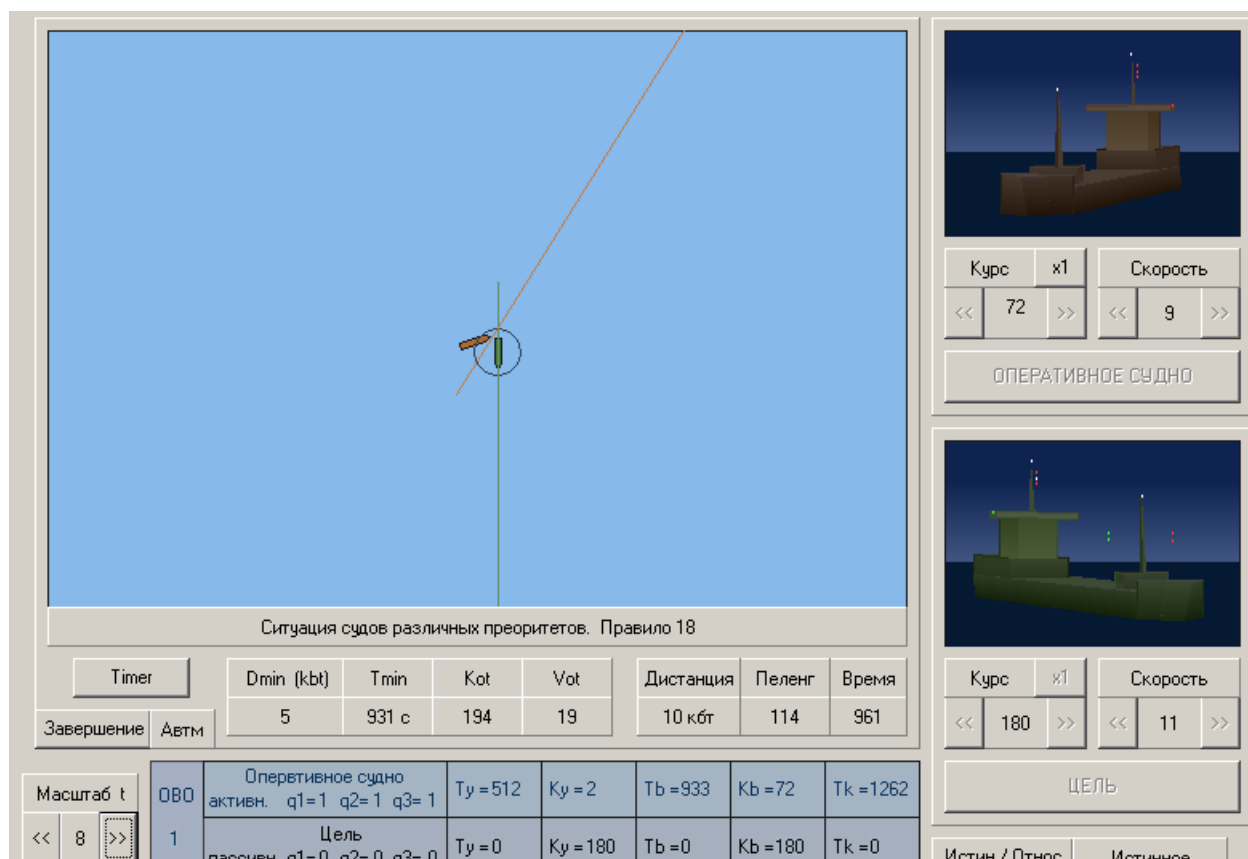


Рис. 6. Участок выхода оперирующего судна на программную траекторию

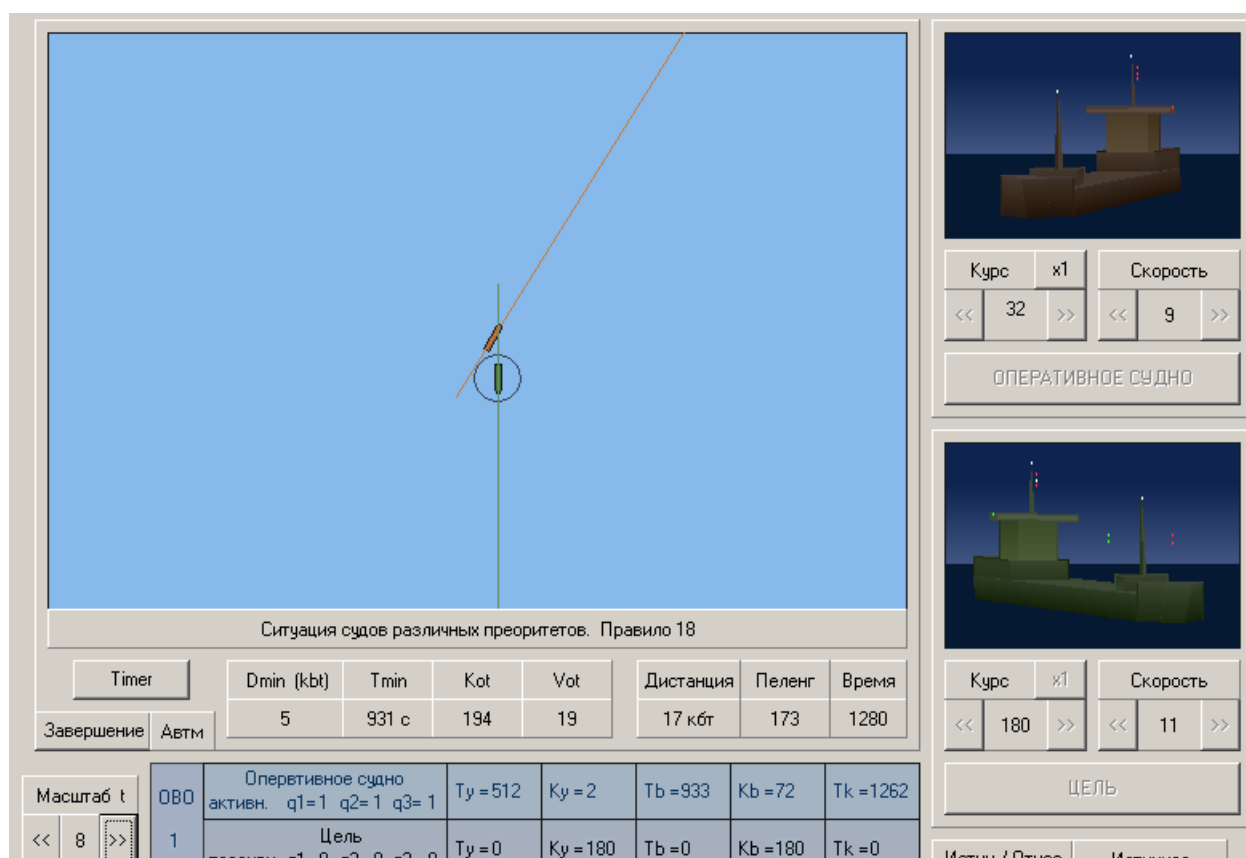


Рис. 7. Завершение процесса расхождения

Для второго примера оба судна являются судами с механическим двигателем, начальная ситуация опасного сближения которых показана на рис. 8. Система предупреждения столкновений судов отнесла рассмотренную ситуацию опасного сближения с учетом статусов судов и их относительной позиции к правилу 15, обязав оперирующее судно выполнять маневр расхождения, так как оно видит цель справа от направления движения. Системой предупреждения столкновений судов рассчитаны параметры маневра расхождения оперирующего судна, которые приведены на рис. 8.

Проигрывание процесса расхождения судов в рассматриваемом примере показано на рис. 9 и рис. 10. Так, на рис. 9 показано, что в момент времени 237 с оперирующее судно поворотом вправо ложится на курс отклонения 24° , на котором сближается с целью на заданную дистанцию кратчайшего сближения 10 кабельтовых, после чего на 744 с оно поворачивает на курс выхода 314° , следуя к программной траектории движения, как показано на рис. 10. Проигрывание процесса расхождения оперирующего судна с целью с параметрами маневра, рассчитанными системой предупреждения столкновений судов, показало корректность маневра расхождения и подтвердило целесообразность разработки и применения рассмотренной системы предупреждения столкновений судов.

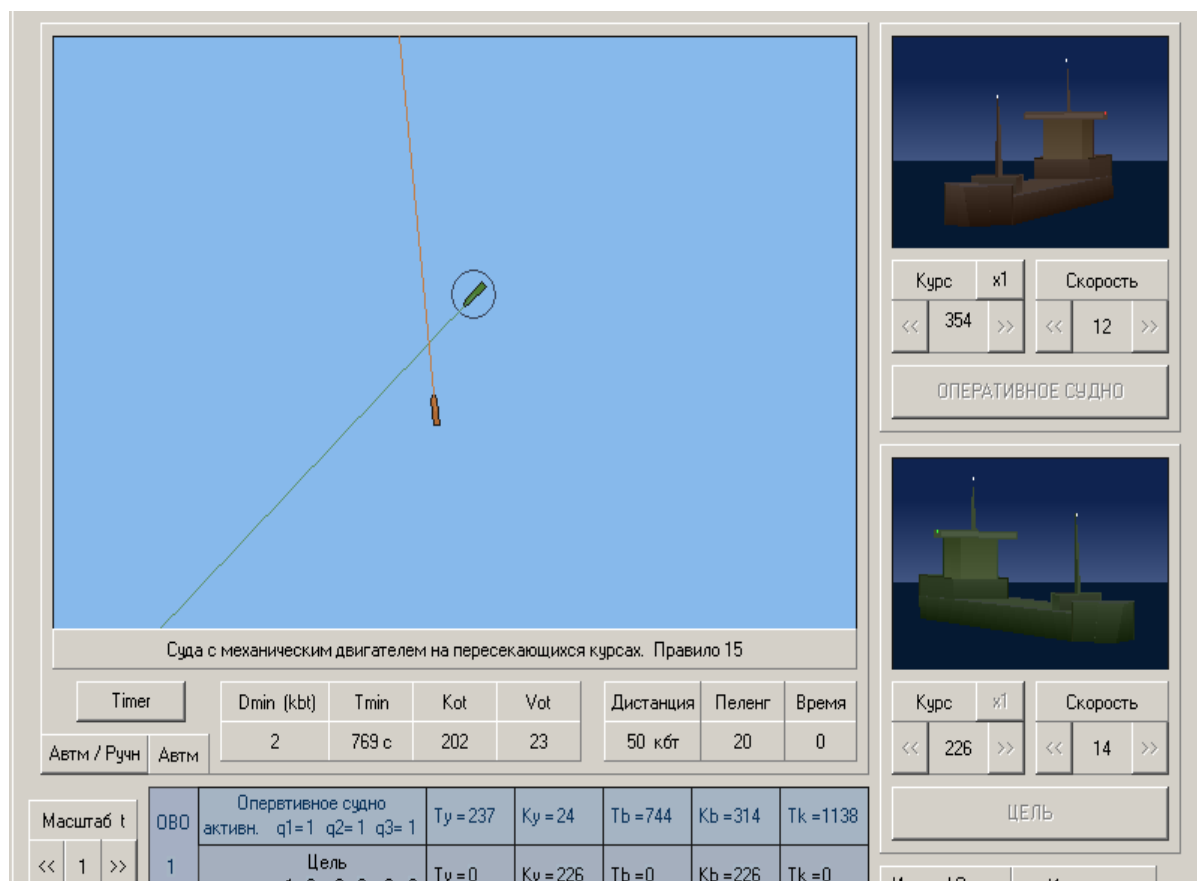


Рис. 8. Ситуация опасного сближения второго примера

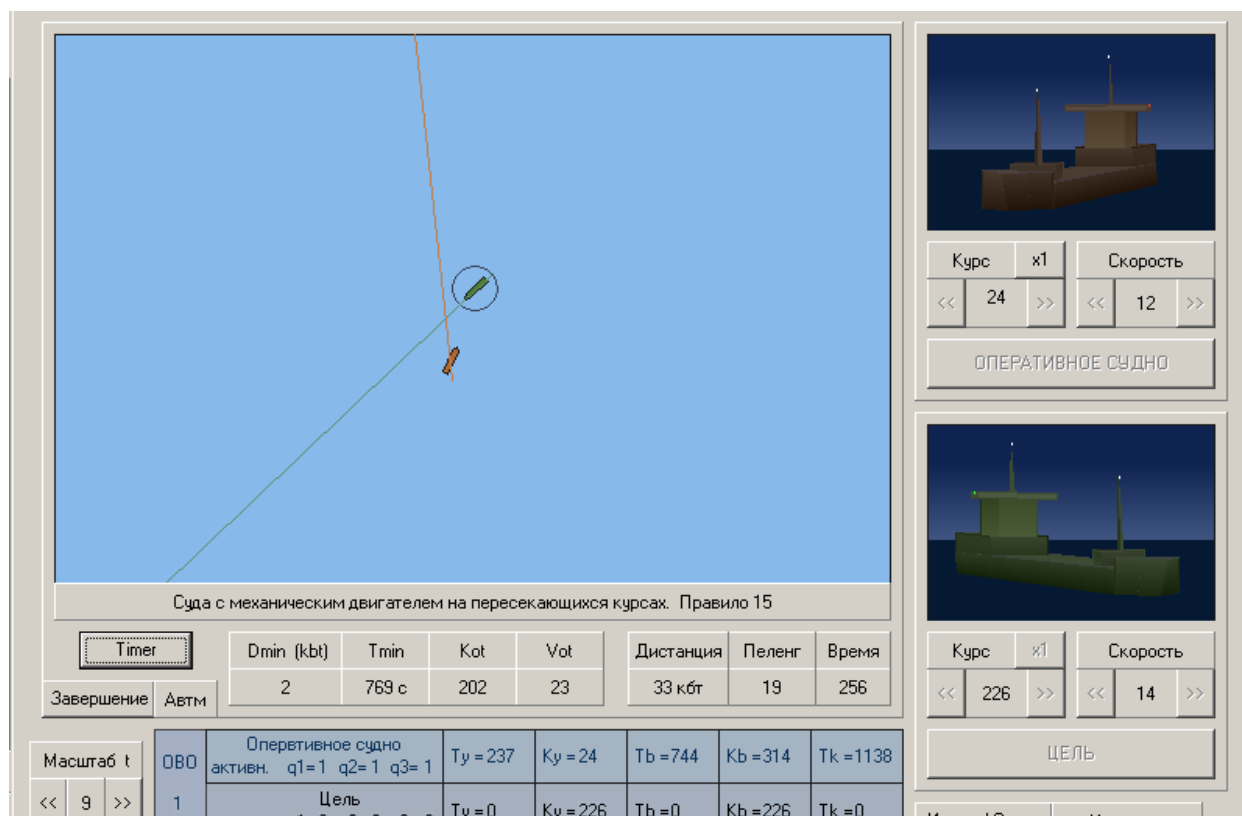


Рис. 9. Уклонение оперирующего судна

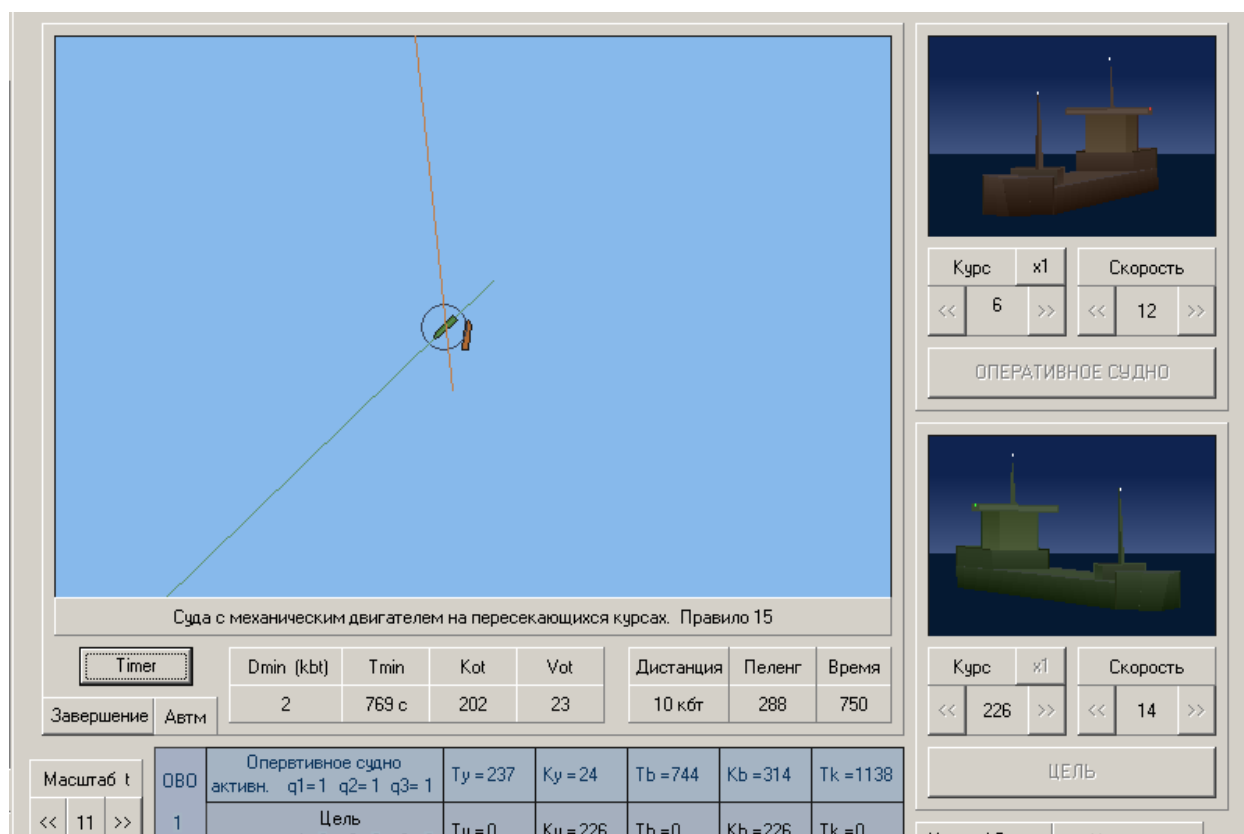


Рис. 10. Выход оперирующего судна на программную траекторию

Выводы и перспектива дальнейшей работы по данному направлению

Таким образом, рассмотрена простейшая система предупреждения столкновений судов, с помощью имитационной компьютерной программы доказана корректность ее работы, и показана целесообразность применения системы. В дальнейшем целесообразно рассмотреть возможность разработки системы предупреждения столкновений судов адаптированную к реальным условиям плавания судов в стесненных водах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мальцев А. С. Маневрирование судов при расхождении / Мальцев А.С. – Одесса: Морской тренажерный центр, 2002. – 208 с.
2. Цымбал Н.Н. Формализация МППСС-72 в части координации взаимодействия судов при расхождении/ Цымбал Н.Н. Бужбецкий Р.Ю. // Судовождение. – 2006. - № 12. – С. 124 – 129.
3. Сафин В.И. Использование маневра изменения скорости для предотвращения столкновения судов/ Сафин В.И., Тюпиков Е.Е. // Судовождение. – 2005. - № 10. – С. 143-147.
4. Бурмака И.А. Применение численных методов для расчета времени начала уклонения судна при расхождении/ Бурмака И.А. // Судовождение: Сб. научн. трудов, ОНМА. – Вып. 6. – Одесса: ФЕНИКС, 2003 – С. 27-31.

5. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов/ Цымбал Н.Н., Бурмака И.А., Тюпиков Е.Е. – Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.
6. Петриченко Е.А. Учет линейной навигационной опасности при расхождении судов/ Петриченко Е.А.// Автоматизация судовых технических средств. – 2003. – № 8. – С. 72-76.
7. 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.
8. 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.