

УДК 656.61.052

**METHOD OF AIS USAGE TO IMPROVE EFFECTIVENESS OF ACTIONS FOR SHIPS COLLISION PREVENTION****МЕТОД ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АИС ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЙ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ СТОЛКНОВЕНИЙ СУДОВ****L.L. Vagushchenko, DSc, professor****Л.Л. Вагущенко, д.т.н., профессор***Odessa National Maritime Academy, Ukraine**Одесская Национальная Морская Академия, Украина***ABSTRACT**

Method of intentions exchange between ships with help of AIS in scope of close quarter situation is offered. It allows to present a manoeuvre planned by a single ship in the graphic form by trajectories of true and relative motion on marine radars screens of other ships. Use of proposed method for assessment of close quarter situations provides advanced information analysis, which leads to improvement of safety of navigation.

**Keywords:** AIS, ARPA, collision avoidance, maneuvering, COLREGs.

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

При выборе на судне мер для предупреждения столкновений в сложных ситуациях большое значение имеет знание намерений других судов, которое может быть получено только путем обмена информацией между судами. В настоящее время при разрешении коллизионных ситуаций для передачи информации о намерениях и предпринятых действиях на судах, главным образом, применяются звуковые, световые сигналы и переговоры по УКВ радиостанции. Звуковой сигнал используется, например, чтобы сообщить об изменении курса или о работе машины на задний ход, когда суда на виду друг у друга. Однако, если судов много, трудно установить, какое из них подало звуковой сигнал. Кроме того, расстояние слышимости этого сигнала относительно мало, чтобы заблаговременно на его основе планировать меры для предотвращения столкновения. Чтобы увеличить расстояние приема сигналов маневроуказания, рекомендуется дублировать их светом. Перечень действий, о которых можно сообщить подобным образом, ограничен. Кроме того, информация об их параметрах не передается.

Переговоры голосом по УКВ-радиостанции имеют перед звуковыми сигналами преимущество в расстоянии, в разнообразии передаваемой информации, что облегчает принятие правильных решений и повышает безопасность расхождения. Но и у этого способа общения имеются недостатки, из-за которых

использование УКВ радиостанции для предупреждения столкновения не всегда полезно, может быть неэффективным и даже опасным. При переговорах голосом по УКВ могут быть ошибки в опознавании судов и в интерпретации полученных от них сообщений. Ночью, при ограниченной видимости или когда поблизости находится несколько судов, идентификация передающего судна не всегда может гарантироваться. Даже когда судно опознано, возможны недоразумения из-за языковых трудностей или от неточно или двусмысленно выраженного намерения. Бесценное время может быть потрачено впустую, пока судоводители на судах, приближающихся друг к другу, пытаются вступить в контакт по радио УКВ вместо того, чтобы заблаговременно принять требуемые МППСС-72 меры.

АИС для обмена информацией между судами имеет большие возможности. Она обеспечивает надежное опознавание «целей», получение характеризующих их статических и динамических данных, обмен с судами информацией путем послышки коротких сообщений и отображение содержания принятой информации на дисплее бортовой системы предупреждения столкновений (СПС). Однако пока по линии АИС не обеспечивается удобное предоставление окружающим судам планируемых маневров, их параметров, а также отображение результатов намечаемых действий в виде, позволяющем быстро оценить степень их безопасности. При расхождении наибольшую помощь вахтенному помощнику оказывает графическое представление планируемого другим судном маневра и ожидаемых результатов его выполнения. Так как транспондер АИС имеет устройство отображения с ограниченными возможностями, логично в СПС для подачи информации в графическом виде использовать дисплей РЛС или САРП.

Процедура обмена по линии АИС данными о намечаемых судном действиях с отображением их результатов в удобном виде на экранах СПС других судов находится в настоящее время в состоянии разработки. Имеются лишь несколько предложений [1-4] в этом направлении, но они не свободны от недостатков.

**Цель статьи** состоит в разработке метода предоставления планируемого одним судном маневра расхождения другим судам с отображением ожидаемых результатов его выполнения на экранах СПС этих судов в графическом виде, обеспечивающем высокий уровень понимания дальнейшего развития коллизийной ситуации.

**Изложение материалов исследования.** Для решения поставленной задачи должна быть возможность обмена цифровыми данными между транспондером АИС и РЛС или САРП на судне. Большинство РЛС, изготовленных до 2008 года, не имеют процессоров и не могут обмениваться с другими навигационными средствами информацией в цифровом виде. Они непригодны для решения поставленной задачи. В декабре 2004 года была принята резолюция ИМО MSC.192(79) «Adoption of the revised performance standards for radar equipment», требования которой распространяются на РЛС, устанавливаемые на суда, начиная

с 01.07.2008 г. Согласно этой резолюции новые радары должны: принимать и показывать информацию АИС, строить упрощенные электронные карты, выполнять функции САРП. Возможность отображения ENC на экране РЛС также признана весьма желаемой дополнительной чертой. На сегодняшний день имеется достаточное количество типов РЛС, отвечающих новым международным требованиям. Ниже считается, что в СПС входит навигационная РЛС, удовлетворяющая требованиям резолюции MSC.192(79).

Судно, которое намечает и передает по линии АИС план расхождения другим судам, назовем отсылающим план судном (ОПС). Судно принимающее от ОПС информацию о намерениях и отображающее их содержание в графическом виде на экране бортовой СПС, будет получающим план судном (ППС). Для оценки безопасности планируемого ОПС действия предлагается отображать на экране радара ППС дополнительно к намечаемому пути истинного движения ОПС его траекторию перемещения относительно ППС. По этой траектории, глядя на экран радара, легко оценить безопасность предлагаемых ОПС мер, какими бортами разойдутся суда и где, по корме или по носу, ОПС пересечет курс ППС. Для того чтобы расхождение с использованием обмена информацией между судами по линии АИС было эффективным, необходимы дополнительные программы для навигационной РЛС, позволяющие обеспечить:

- планирование эффективного собственного маневра расхождения с отображением его траектории на экране РЛС;
- передачу параметров выбранного маневра по линии АИС другим судам;
- прием по линии АИС параметров намечаемых другими судами действий;
- отображение на экране радара ППС планируемого ОПС для расхождения маршрута и соответствующей ему траектории движения ОПС относительно ППС;
- посылку принимающим план судном сообщения, является ли приемлемым или не приемлемым для него намечаемое ОПС действие. Выработку, при необходимости, ППС своих предложений по расхождению;
- возможность коррекции ОПС предлагаемого действия в случае его неудовлетворительности для ППС.

Следует отметить, что занесение маршрута собственного судна в память и возможность его коррекции предусматривается в современных РЛС. Но для того чтобы выбираемый для расхождения с другими судами маршрут был эффективным, в РЛС должно быть дополнительное программное обеспечение. Предложено несколько методов для определения путем диалога с СПС рациональных маневров расхождения. В частности, удобный для планирования простых маневров (изменение курса, В-маневр, изменение скорости, циркуляция) в ситуациях с несколькими судами метод представлен в работе [5]. Он и используется при выборе маневров в приведенных ниже примерах. Предложены спосо-

бы и автоматического определения в СПС рекомендуемого для разрешения коллизионной ситуации маршрута движения. Он принимается для исполнения или отвергаются после оценки вахтенным помощником его эффективности.

Когда траектория расхождения определена и ее путевые точки находятся в памяти РЛС, они могут быть переданы в память АИС, где хранятся данные о рейсе. Такие данные транспондер АИС передает каждые 6 минут и при их изменении. Параметры движения судна (координаты места, путевые угол и скорость, курс), необходимые для представления и оценки удовлетворительности планируемого маневра на других судах, через малый промежуток времени передаются транспондером АИС, работающим в основном непрерывном режиме.

При выборе ОПС действий и построении в ППС истинного и относительного маршрута движения обязательно должны учитываться динамические свойства ОПС. Инерционность ОПС при изменении курса можно учесть, задав радиус поворота. Транспондер АИС в данных о маршруте содержит только координаты путевых точек. Поэтому необходимо обеспечить передачу другим судам значение радиуса поворота.

При планировании маневров скоростью к путевым точкам нами отнесены точки начала и конца этого действия, определенные в ОПС. Для построения на экране радара ППС траектории движения ОПС по отношению к ППС, к посылаемой ОПС по линии АИС информации необходимо добавить величину и время планируемого изменения скорости. Значения этих параметров должны соответствовать данным натурных испытаний, приведенных в формуляре маневренных характеристик судна.

Когда намечается циркуляция, путевыми также считаются точки ее начала и конца, рассчитанные в ОПС. Для упрощения циркуляция может представляться в виде двух элементов - прямого отрезка, характеризующего запаздывание в начале движения по окружности, и окружности. Для возможности построения на экране радара ППС движения ОПС относительно ППС дополнительно ОПС должно передать время выполнения циркуляции и ее радиус. Значения этих параметров должны соответствовать данным натурных испытаний, приведенных в формуляре маневренных характеристик судна, и учитывать падение скорости на циркуляции. При построении ППС пути движения ОПС относительно ППС берется средняя скорость истинного перемещения ОПС по циркуляционной траектории

$$V_M = (S_H + 2\pi R_M) / t_M,$$

где  $S_H$  - длина отрезка запаздывания;  $R_M$  - радиус циркуляции;  $t_M$  - время выполнения циркуляции.

Траектория перемещения ОПС относительно ППС в радаре ППС может находиться разными способами. Например, моделированием в ускоренном времени процесса расхождения ОПС и ППС запланированным способом с шагом, равным 1 с. В этом случае на каждом шаге моделируемого движения определяются разности между координатами ППС и ОПС. По этим разностям нахо-

дятся координаты точек относительной траектории, которые отображаются на экране. Этот метод применен в приведенных ниже примерах.

Может использоваться и упрощенный метод, основанный на замене участка маневра эквивалентным по времени отрезком равномерного прямолинейного движения. Назовем этот отрезок промежуточным. Для поворота с одного отрезка запланированного маршрута на другой и для циркуляции промежуточные отрезки показаны на рис.1 и 2. В случае циркуляции промежуточный отрезок совпадает с отрезком запаздывания в перемещении по окружности. Для маневра скоростью промежуточный отрезок совпадает с участком изменения хода. Скорость движения по промежуточному отрезку равна

$$V_E = S_E / t_M,$$

где  $S_E$  - длина промежуточного отрезка;  $t_M$  - время выполнения маневра.

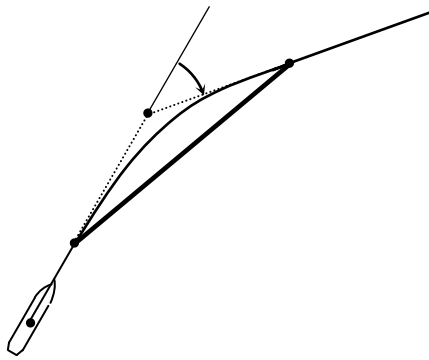


Рис. 1. Промежуточный отрезок  $L_E$ , заменяющий дугу траектории поворота на угол  $\theta$

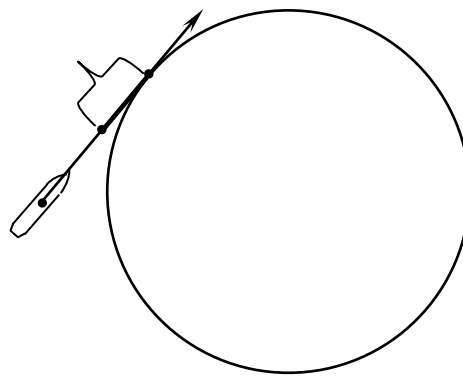


Рис. 2. Промежуточный отрезок  $L_E$ , заменяющий циркуляцию

При использовании промежуточного отрезка соответствующий маневру участок движения ОПС относительно ППС является прямой линией.

Предлагаемая процедура передачи ОПС информации о планируемых мерах для предупреждения столкновений включает:

- занесение в память радара ОПС короткого сообщения, содержащего позывные судна, с которым расходятся, признак маневра для разрешения коллизионной ситуации и значения параметров маневра (радиус поворота - для изменений курса, время и величина изменения хода - для маневра скоростью, радиус и время выполнения маневра - для циркуляции);
- определение в радаре ОПС маршрута расхождения с опасным судном;
- передачу его путевых точек в память транспондера АИС и посылку в этот момент по линии АИС сформированного короткого сообщения в адрес всех судов. Напомним, что сразу после занесения в память АИС нового маршрута происходит передача данных о рейсе другим судам.

По получаемой от ОПС информации на экране радара ППС строятся истинная траектория маневра ОПС и путь его движения относительно ППС.

Приведем на рис 3-6 четыре примера отображения информации на экранах судов при реализации предлагаемого метода обмена данными между ними в

коллизийной ситуации с тремя судами – *A*, *B* и *C*. Судно *A* планирует представленный на отдельных рисунках маневр для расхождения с опасным судном *B* и передает данные об этом маневре судам *B* и *C*. Таким образом, судно *A* является отсылающим данные (ОПС<sub>A</sub>), а суда *B* и *C* - принимающими их (ППС<sub>B</sub>, ППС<sub>C</sub>).

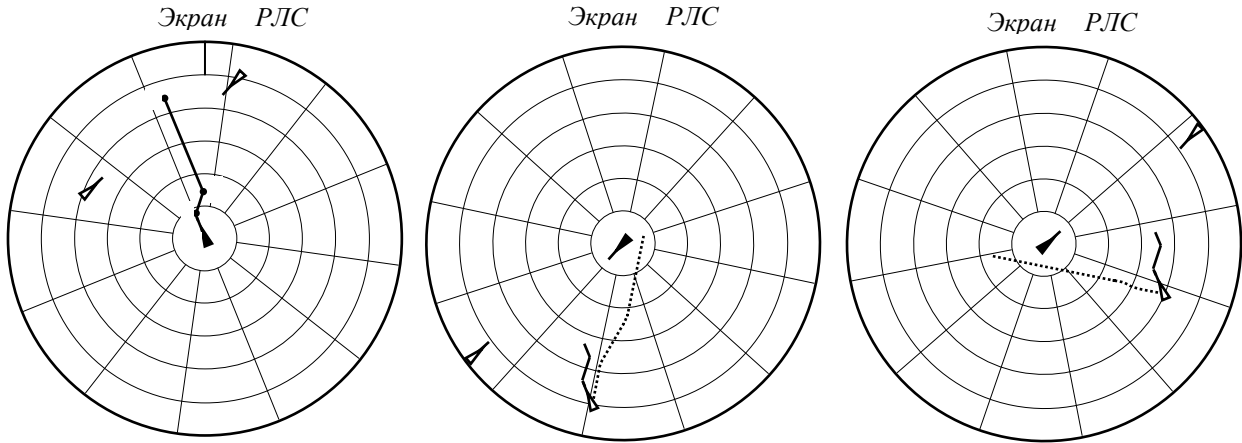


Рис. 3. Отображение на экранах РЛС судов информации о планируемом судном *A* *B*-маневре для расхождения с судном *B*

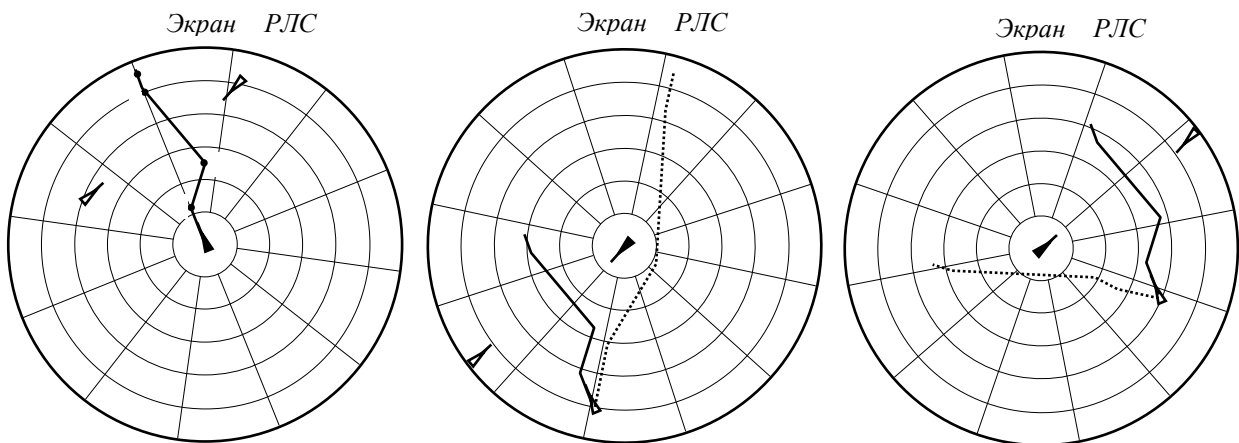


Рис. 4. Отображение на экранах РЛС судов информации о планируемой судном *A* траектории движения для расхождения с судном *B*

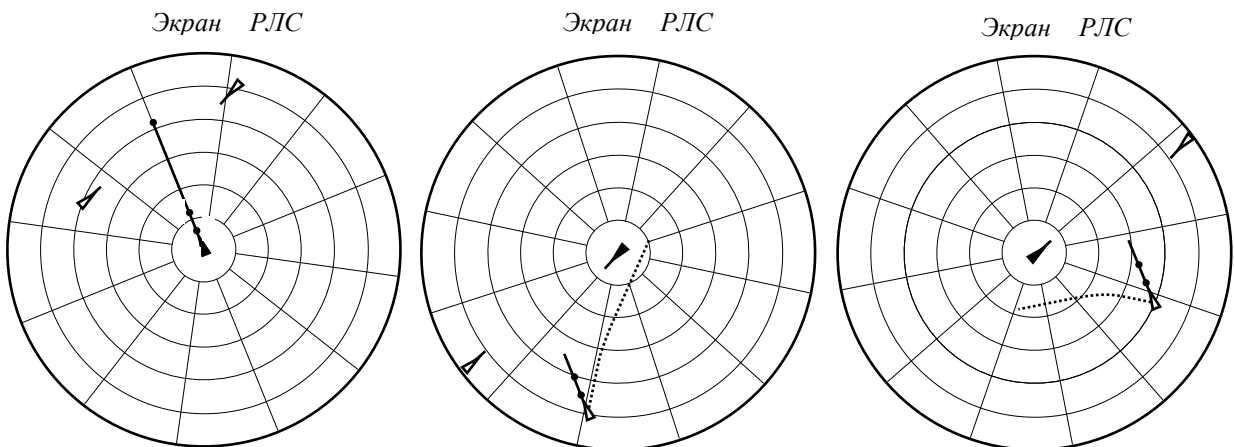


Рис. 5. Отображение на экранах РЛС судов информации о планируемом судном *A* изменении скорости для расхождения с судном *B*

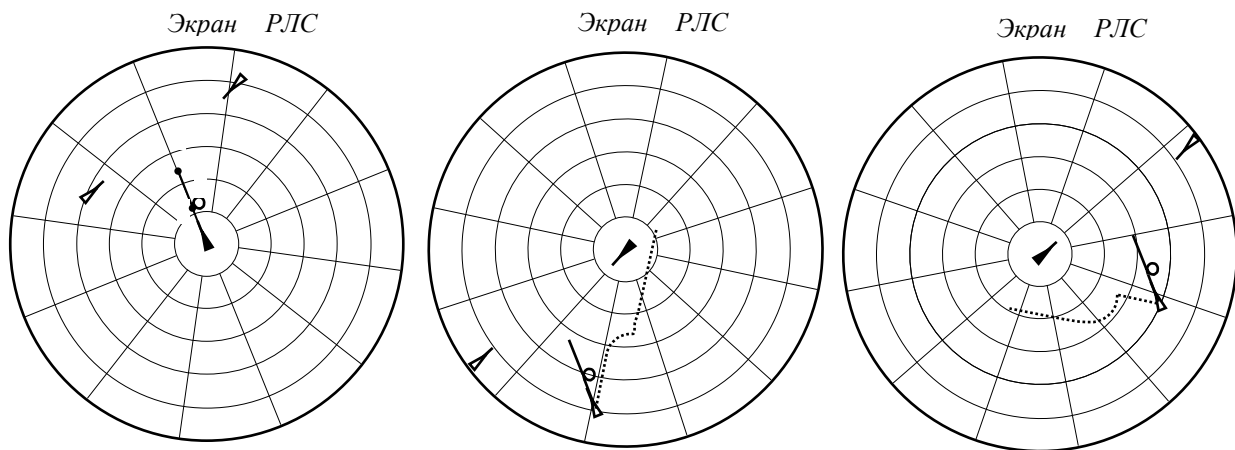


Рис. 6. Отображение на экранах РЛС судов информации о планируемой судном А

циркуляции для расхождения с судном В. Выбранную для примеров коллизионную ситуацию характеризуют такие исходные данные:

Курс и скорость ОПС<sub>А</sub> -  $K_A=338^0$ ;  $V_A=14.5$  узл.;

Курс и скорость ППС, измеряемые ОПС пеленг и дистанция ППС, расстояние и время кратчайшего сближения ОПС с ППС:

$K_B=222^0$ ;  $V_B=15.7$  узл.;  $P_B=12^0$ ;  $D_B=76$  кб;  $D_{КРБ}=0$  кб;  $T_{КРБ}=17m\ 40s$ ;

$K_C=49^0$ ;  $V_C=15.1$  узл.;  $P_C=292^0$ ;  $D_C=58$  кб;  $D_{КРС}=11$  кб;  $T_{КРС}=20m\ 05s$ ;

Границы безопасных значений  $D_{КРи}$   $T_{КР}$ :  $D_{КРЗ}=8$  кб;  $T_{КРЗ}=20m\ 00s$ .

Траектория истинного движения судна А показана на рисунках сплошной линией, а относительного – точечной линией. Расстояние между НКД на представленных экранах равно 1.5 мили. Радиус поворота в примерах на рис.3 и рис. 4 – 2.6 кб. Величина изменения хода, расстояние и время торможения в примере на рис. 5 составляет 7.4узл., 8.7 кб., 5m 05s. соответственно. Радиус циркуляции и время ее выполнения в четвертом примере – 2.6 кб и 7m 37s.

На судне В по изображению на экране радара с помощью ПКД можно установить следующее. При выполнении судном А планируемого В-маневра (см. рис. 3,б) суда А и В разойдутся на дистанции 8 кб. Если будет выполняться маневр, показанный на рис. 4,б, то минимальная дистанция между судами будет 15 кб. В случае осуществления судном А изменения скорости, оно (см. рис. 5,б) пройдет мимо судна В на дистанции 9 кб. При выполнении судном А намечаемой циркуляции (см. рис. 6,б) суда А и В разойдутся на дистанции 12 кб.

На судне С с помощью ПКД можно установить следующее. При выполнении судном А планируемого В-маневра (см. рис. 3,в) суда А и С разойдутся на дистанции 10 кб. Если судно А будет выполнять маневр, показанный на рис. 4,в, то минимальная дистанция между судами будет 12 кб. В случае осуществления судном А изменения скорости, оно (см. рис. 5,в) пройдет мимо судна С на дистанции 24 кб. При выполнении судном А намечаемой циркуляции (см. рис. 6,в) суда А и С разойдутся на дистанции 28 кб.

**Выводы.** Достоинства предложенного метода:

Недоразумения из-за языковых трудностей или от неточно или двусмысленно выраженного намерения, которые могут иметь место при переговорах по УКВ радиостанции, будут исключены.

Неопределенность намерений другого судна будет устранена. О намечаемых другим судном действиях будет известно заблаговременно.

Предлагаемая форма отображения полученной информации о планируемом маневре другого судна позволяет легко оценить безопасность этого действия для собственного судна.

О неприемлемости для собственного судна намечаемого действия другого судна можно сообщить заблаговременно и выработать удовлетворяющий оба судна образ действий.

Отображение планируемого другим судном действия облегчает понимание дальнейшего развития коллизионной ситуации, позволяет быстрее принять правильное решение и обеспечить более безопасное и эффективно расхождение.

Для планирования ОПС траекторий маневров расхождения рационален метод, представленный в работе [5].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Qinyou Hu. Planned Route Based Negotiation for Collision Avoidance Between Vessels /Qinyou Hu, Chun Yang, Haishan Chen & Baojia Xiao //TranceNav International Journal. – 2008. - Volume 2, Number 4. – pp. 363-368.
2. Fukuto Junji. On the use of AIS binary messages for exchanging navigational intentions in encounter situation [Электронный ресурс] /Junji Fukuto, Makiko Mina, Yasuyuki Niwa //Tokyo University of Marine Science and Technology. - 2008. - 9 p. – Режим доступа: [http://www.loran.org/Meetings/Meeting2008/Papers/Fukuto\\_2B4.pdf](http://www.loran.org/Meetings/Meeting2008/Papers/Fukuto_2B4.pdf) .
3. Nguyen Minh Duc. A Study on An Automatic Navigation System Basing on Radar and AIS Data [Электронный ресурс] /Nguyen Minh Duc, Tamaru Hitoi //Tokyo University of Marine Science and Technology. - 9 p. – Режим доступа: [http://img3 ... =nornav.custompublish.com](http://img3...=nornav.custompublish.com).
4. Qinyou Hu. Optimizing Automatic Collision Avoidance between Vessels with Negotiation [Электронный ресурс] /Hu Qinyou, Shi Chaojian, Yang Chun //Shanghai Maritime University. - 26 p. – Режим доступа: [http://www.paper.edu.cn/en\\_releasepaper/downPaper/200902-483.html](http://www.paper.edu.cn/en_releasepaper/downPaper/200902-483.html).
5. Вагущенко Л.Л. Планирование расхождения с судами / Вагущенко Л.Л. //Судовождение: Сб. науч. трудов ОНМА. - 2010. - Вып. 18. – С. 28-37.