

СУДОВОЖДЕНИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

УДК 656.61.052:658.011.56

С. И. Кондратьев,
д-р техн. наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «Государственный морской
университет им. адм. Ф. Ф. Ушакова»;

А. А. Боран-Кешишьян,
канд. техн. наук, доцент,
ФГБОУ ВПО «Государственный морской
университет им. адм. Ф. Ф. Ушакова»

ПОЛИФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЯ СУДОВ

MULTIFACTORIAL ANALYSIS OF SHIPS COLLISION PREVENTION PROCESS

В статье предложены принципы построения алгоритма предупреждения столкновения судов, которые позволяют создавать Системы предупреждения столкновения судов для расхождения судов с учетом полифакторной модели эксплуатации судна.

The article suggests principles of the collision prevention algorithm charting which allows you to create Ship collision preventing systems taking into the consideration multifactorial model of ship operation.

Ключевые слова: предупреждение столкновений, навигация, судовождение, принятие решений и полифакторные модели.

Key words: collision avoidance, navigation, decision making and multifactor models.

В НАСТОЯЩЕЕ время морской флот является не только одним из результативных отраслей транспорта, но и предельно сложным по технологиям и процедурам эксплуатации. Вследствие этого навигационные аварии и кораблекрушения на морском транспорте приносят огромные убытки при перевозке грузов, наносят вред окружающей среде и приводят к человеческим жертвам.

По данным ИМО, аварийность на флоте распределяется следующим образом: 20 % обусловлены техническими факторами, а 80 % — человеческим фактором. По предварительным оценкам, эти группы насчитывают более тысячи факторов, влияющих на безопасность плавания. Поэтому задача учета полифакторных явлений и большого количества факторов, которые взаимосвязаны или взаимодействуют между собой, является актуальной и центральной в аналитике предупреждения столкновения судов. Поэтому ставится задача не просто перечисления факторов, «которые могут быть в числе тех, которые необходимо учитывать», но и учет их силы взаимодействия.

Динамизм процесса сближения судов в окружающей среде все чаще приводит к пониманию процессов предупреждения столкновения судов не как к управлению судном в идеальных условиях плавания, а как совокупности множества реальных процессов, которые определяют суть Системы предупреждения столкновения судов (СПСС). Следовательно, одной из важнейших задач предупреждения столкновений судов является анализ и выявление реальных границ между «условиями и обстоятельствами плавания», обозначенными в МППСС-72 [1], и фактической эксплуатацией судна.

Как известно, практически все навигационные аварии и кораблекрушения происходят в сложных условиях плавания. Следовательно, проблема предупреждения столкновения судов должна сводиться к постановке вопроса: когда, в каких ситуациях и какие действия необходимо предпринимать? МППСС–72 обязывает судоводителей предпринимать действия в соответствии с «обычной и хорошей морской практикой». Неопределенность этой терминологии состоит в том, что переход от «обычной морской практики» к эксплуатации судна в сложных гидрометеорологических условиях или «чрезмерной близости» судов при плавании в узкостях, СРД и т. п. скрыт массой случаев усложненных условий, классифицировать которые можно и с позиции нормальной эксплуатации, и с позиций плавания в условиях опасности и непосредственной угрозы столкновения судов.

При описании процесса предупреждения столкновения судов необходимо учитывать, что МППСС–72 определяют диапазон эксплуатации судна в «обычных» условиях окружающей среды, состояния судна и судоводителя. Это подтверждается Правилем 2 (а) в котором судоводителю необходимо руководствоваться требованиями «обычной морской практики» для выполнения МППСС–72. Отступить от выполнения Правил разрешается только в случае особых обстоятельств для избежания непосредственной опасности. В соответствии с Правилем 8 (а) судоводитель должен выполнять «действие для предупреждения столкновения» в соответствии с «хорошей морской практикой».

Так называемая «обычная морская практика» требует от судоводителя умения сочетать свои действия, основанные на знаниях и опыте, с благоразумием и осторожностью во избежание происшествий в обычных, сравнительно простых условиях.

Управление судном в сложных условиях предъявляет к судоводителю требования гораздо большие. Здесь нельзя пренебречь ни малейшей возможностью соблюсти любую предосторожность.

К числу наиболее существенных факторов, определяющих возможности принятия решений в соответствии с МППСС–72, относится состояние окружающей среды и выбор действий в соответствии с Правилами маневрирования. Степень опасности ситуации, в которой судоводитель принимает решение, характеризуется количеством факторов, степенью их динамизма и неопределенности. Состояние окружающей среды может быть оценено по двум параметрам:

- степень сложности окружающей среды;
- степень динамизма окружающей среды.

Исходя из этих параметров, ситуацию предупреждения столкновения судов можно позиционировать в одном из квадратов матрицы, отражающей сложность ситуации в зависимости от характера факторов окружающей среды (см. рис. 1). Двухмерная классификация факторов окружающей среды позволяет выявить четыре типа ситуаций, каждая из которых наиболее соответствует тому или иному виду организации вахты на мостике и принимаемым решениям.

В определении расплывчатого решения **D** предупреждения столкновения судов как пересечения или слияния подцелей и ограничений подразумевается, что все входящие в **D** цели и ограничения имеют в некотором смысле одинаковую важность. Однако это не так. В некоторых ситуациях может существовать какой-то один доминирующий фактор, на основании которого вырабатываются решения для предупреждения столкновения судов, в то время как остальными факторами можно пренебречь. В другой ситуации правильное решение является следствием учета совокупности множества факторов и их взаимосвязей. По мере сближения судов подцели и ограничения могут изменяться, а следовательно, решение в той или иной ситуации зависит от селективной способности факторов в конкретной окружающей среде и представляет собой множество **D** — нечетких курсов, скоростей судна и их комбинаций. Полифакторная модель выбора действий судоводителя с учетом факторной эксплуатации судна представлена на рис. 1.



Рис. 1. Полифакторная модель выбора действий судоводителем с учетом факторной эксплуатации судна

ценности факторов, то есть разработать алгоритм, который допускает программную реализацию и обеспечивает на практике определение идентификационной и прогностической ценности факторов. Удаление или неучет факторов может отрицательно сказываться на качестве решения задач, так как они коррелируют друг с другом и их ценность может изменяться при удалении любого из них, в том числе и наименее ценного.

Из огромного массива данных, поступающих судоводителю для идентификации состояния судна, необходимо отобрать такую информацию, которая представляла бы ценность для целей предупреждения столкновения судов. Подход, когда состояние судна оценивается по жесткой системе критериев, закрепленных в «Международных правилах предупреждения столкновений судов в море–1972» (МППСС–72), можно назвать критериальным подходом, где состояние судна сравнивают с терминами и критериями Правил.

Если в качестве классов распознавания взять целевые и иные состояния судна, а в качестве признаков — факторы, влияющие на него, то в модели идентификации состояния судна может быть сформирована мера связи факторов и состояний. Это позволяет по заданному состоянию судна получить информацию о факторах, которые способствуют или препятствуют его переходу в это состояние, и на этой основе выработать решение об управляющем воздействии для предупреждения столкновения судов.

Для кардинального совершенствования существующих процессов предупреждения столкновения судов и поиска перспективных технологий необходимо учитывать, что наравне с базовыми семантическими связями МППСС–72 существуют и другие взаимосвязи, которые не рассматриваются Правилами. По данным [2, с. 17–21] 50 % невыполнения МППСС–72 заключается в *игнорировании Правил (действия по договоренности)*. Это происходит в том случае, когда судоводитель пренебрегает принципами МППСС–72, подменяя их на «принципы целесообразности» процесса перевозки грузов морем. Это объясняется наличием, кроме основной цели, заключающейся в безопасной перевозке грузов, коммерческих, технических, технологических и других подцелей.

Факторы имеют различную ценность для решения задач идентификации состояния судна. Одинаковая ценность принимается только в тех случаях, когда определить их действительную ценность не представляется возможным. Для достижения целей, поставленных в данном исследовании, необходимо *решить проблему определения*

Если не учитывать промежуточные границы степени опасности состояния окружающей среды (как это рассчитывает САРП в настоящее время), то выбор действия определяется на основании геометрического положения судов и текущей параметрической информации. Это решение может быть справедливым только в данной ситуации и в данный момент времени. Однако вырабатываемые решения должны быть обоснованными, то есть соответствовать МППСС–72 и обеспечивать наиболее полную реализацию технических возможностей судна в каждой конкретной ситуации.

В случае решения задачи предупреждения столкновения судов в опасных ситуациях — задача судоводителя с позиций информационно-факторной эксплуатации судна состоит в переводе судна из опасных ситуаций к обычной ситуации, то есть необходимо свести решение задачи к решению в рамках применения Правил маневрирования (исключая Правило 2 (b)) в соответствии с МППСС–72.

При построении алгоритма принятия решения для предупреждения столкновения судов с учетом полифакторной модели эксплуатации судна предлагается метод, основанный на декомпозиции общей задачи предупреждения столкновения судов на подзадачи:

1) координация по подцелям. Алгоритм не может не учитывать на вышестоящем уровне (МППСС–72) нижестоящие подцели функционирования судна как сложного технического сооружения, то есть целевая функция — предупреждение столкновения судов — должна учитывать подцели подсистем;

2) координация по ограничениям. Алгоритм должен учитывать ограничения подсистем. В обычных условиях плавания результаты координации по ограничениям не должны превышать маневренных стандартов судна, при которых возможно выполнение МППСС–72 в соответствии с предельно допустимыми критериями сближения судов для избежания столкновения.

В настоящее время принят такой подход к постановкам задачи предупреждения столкновения судов, что критерии принятия решений задаются человеком до начала решения задачи на ЭВМ. Однако субъективизм выбора критерия в этом случае крайне велик. Очевидно, что критерии плавания определяются условиями плавания (открытое море, море + пролив, прибрежное плавание, плавание в узкостях). Выбор того или иного критерия полностью определяется факторами состояния окружающей среды, а также степенью неопределенности по различным показателям, параметрам и характеристикам ситуации встречи судов. Если в открытом море можно принять критерий кратчайшего сближения $D_{кр} = 2$ мили, а в прибрежном плавании $D_{кр} = 1$ миля, то при плавании в стесненных условиях принятие $D_{кр}$ заранее проблематично.

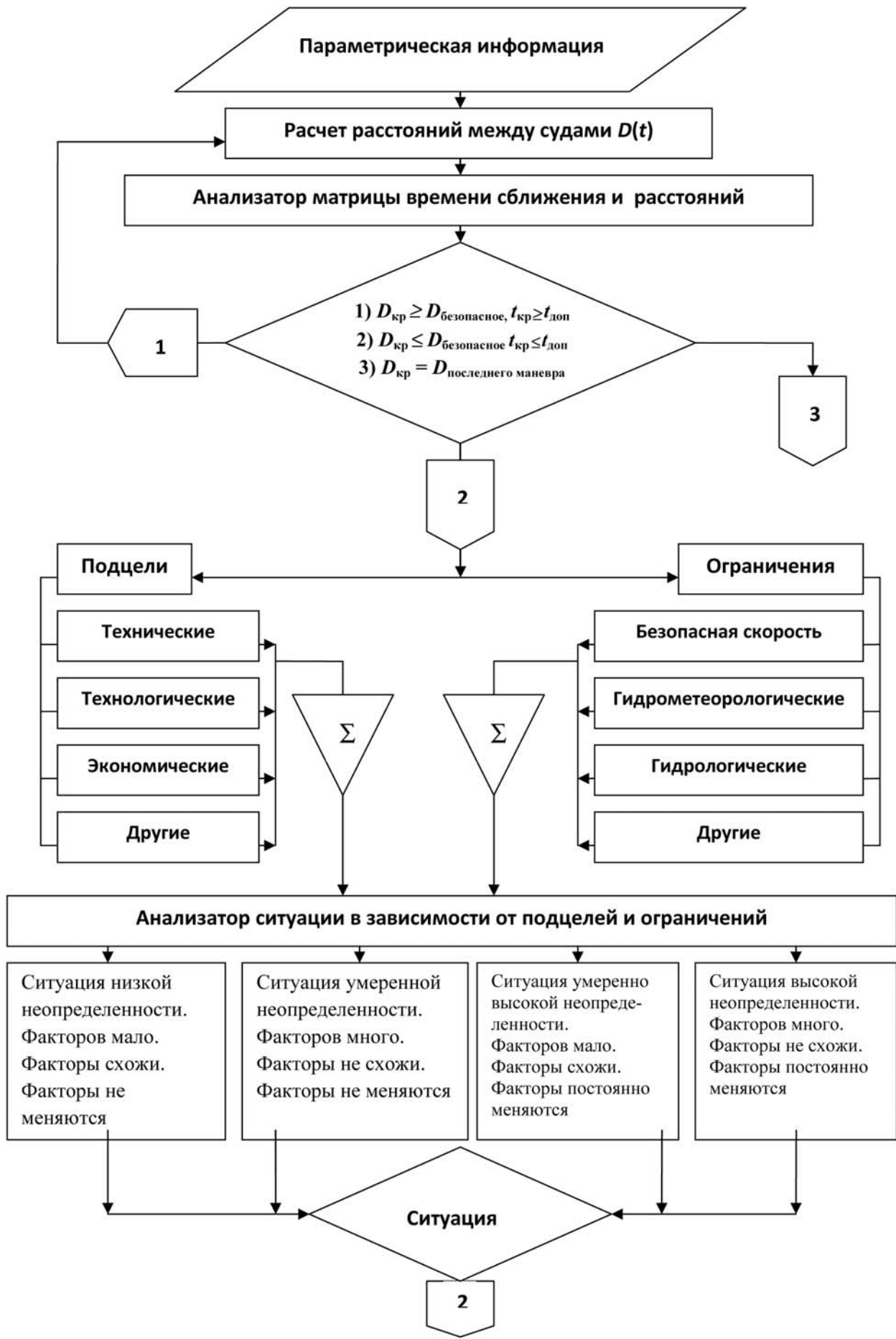
Предлагаемый алгоритм предполагает декомпозицию общей задачи на три подзадачи, решение которых не требует информации от других подзадач. Решение первой подзадачи, когда происходит сближение судов и отсутствует опасность столкновения, не вызывает трудностей и не требует применения МППСС–72. Две другие подзадачи рассматривают ситуацию опасного сближения, которая, в свою очередь, разбивается:

— на решение подзадачи опасности столкновения с учетом всех факторов эксплуатации судна;

— на решение подзадачи, когда возникает непосредственная угроза столкновения судов или особые обстоятельства плавания.

Подзадача первого типа учитывает все подцели, ограничения, связанные с взаимодействием подсистем в процессе выработки решения по предупреждению столкновения в течение эксплуатации судна.

Наиболее сложной является вторая подзадача, когда существует непосредственная угроза столкновения судов или обстоятельства плавания не предусмотрены или не охвачены Правилами. Среди особых обстоятельств возможна ситуация одновременного расхождения трех или нескольких судов. Подобную ситуацию следует рассматривать как «особые обстоятельства данного случая», упомянутые в Правиле 2 (b), требующие принятия особых мер предосторожности и разумного отступления от требований Правил маневрирования. Нечеткости МППСС–72 не позволяют определить численные значения безопасных границ, когда судоводитель может отступить от выполнения Правил маневрирования.



Продолжение

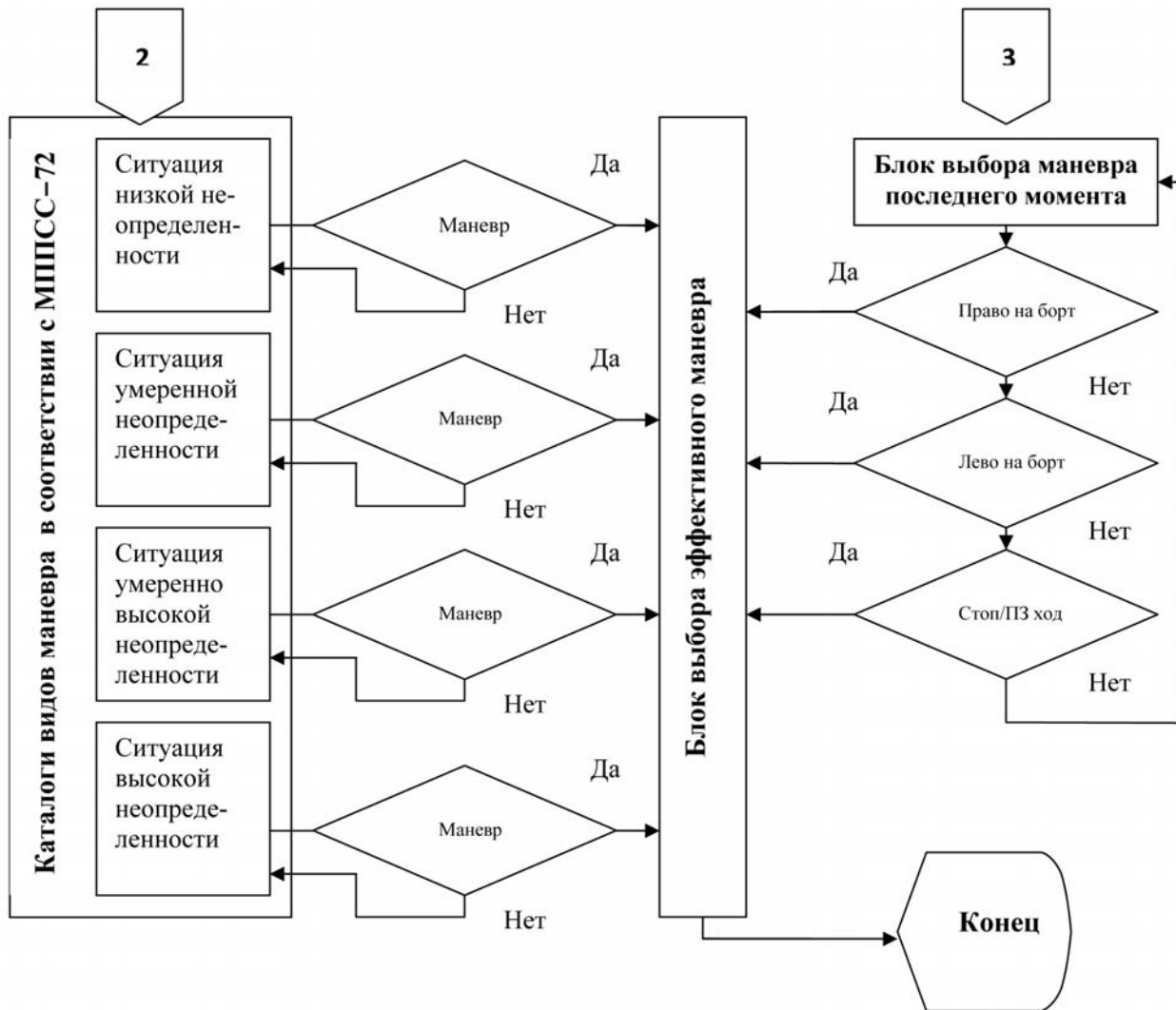


Рис. 2. Алгоритм принятия решения для предупреждения столкновения судов с учетом полифакторной модели эксплуатации судна

Общая задача такого управления может быть разделена на задачи расхождения судов на разных уровнях опасности состояния окружающей среды. Соответственно структура решений разбивается в соответствии с уровнем опасности окружающей среды. Вторая подзадача решается максимизацией принимаемых действий/команд (право на борт, лево на борт и стоп/ПЗХ), причем подцели и ограничения в этом случае не рассматриваются. Окончательное решение выводится на дисплей для принятия решения по расхождению судов, как показано на рис. 2.

Основные выводы

1. Предложенные принципы построения алгоритма предупреждения столкновения судов позволяют создавать СПСС для расхождения судов с учетом полифакторной модели эксплуатации судна. Для этого выполнена декомпозиция алгоритма предупреждения столкновения судов на три подзадачи.

2. Особое внимание отводится рассмотрению подзадачи второго типа — принятию решения в случае опасности столкновения с учетом всех факторов эксплуатации судна. В структуру алгоритма введены новые элементы, учитывающие подзадачи процесса перевозки грузов морем, и ограничения, накладываемые сложностью окружающей среды.

3. Предложенная концепция дает новое направление для обеспечения безопасного плавания судов в различных условиях плавания и служит начальным этапом построения интеллектуальных систем принятия решения для предупреждения столкновения судов.

Список литературы

1. Международные правила предупреждения столкновений судов в море–1972 (МППСС–72): [текст]: [сб.]. — М.: РКонсульт, 2004. — 80 с.
2. *Baillo F. Collisions — Why do they occur: [text] / F. Baillo (the initiator of the UK Marine Accident Reporting Scheme (MARS)) // Gard News.* — L.: The Nautical Institute (United Kingdom), 2004. — № 173.

УДК 656.61.052:658.011.56

В. В. Астерин,
канд. техн. наук,
ФГБОУ ВПО «Государственный морской
университет им. адм. Ф. Ф. Ушакова»;

Е. В. Хекерт,
д-р техн. наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «Государственный морской
университет им. адм. Ф. Ф. Ушакова»

ПРИНЦИПЫ КООРДИНАЦИИ ПОДСИСТЕМ СУДНА ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ

VESSEL SUBSYSTEMS COORDINATION PRINCIPLES FOR COLLISION AVOIDANCE

В статье предложено решать проблемы предупреждения столкновения судов с применением мультиагентного подхода, когда нечеткие действия судов в любых условиях плавания могут координироваться на основе «кооперации». Новый эффективный подход организации предупреждения столкновения судов на основе технологии МАС (многоагентная система) способен повысить эффективность предпринимаемых действий и их предсказуемость.

The article suggests to solve collision prevention problems using multi-agent approach, where fuzzy actions of vessel in different conditions can be coordinated on the basis of “cooperation”. The new effective approach of collision prevention organization based on technology MAS (Multi-Agent System) is able to increase the effectiveness of actions taken and their predictability.

Ключевые слова: предупреждение столкновений, навигация, судовождение, принятие решений, полифакторные модели, многоагентные системы, интегрированная мостиковая система.

Key words: collision avoidance, navigation, decision making, multifactor models, multi-agent systems, integrated bridge system.