

УДК 656.61.052.48 (075,8)

EVASIVE MANEUVERING STRATEGIES DURING THE PIRATE ATTACK**СТРАТЕГИИ МАНЕВРИРОВАНИЯ СУДНОМ ПРИ УКЛОНЕНИИ ОТ ВСТРЕЧИ С ПИРАТАМИ****O. G. Gubsky, PhD student****А.Г. Губский, аспирант***Odessa National Maritime Academy, Ukraine**Одесская Национальная Морская Академия, Украина***ABSTRACT**

Various possible strategies of ship evasive maneuvers from pirates attack had been reviewed in the paper. This includes development of concept approach to pirate vessel evasion problem, formalization of own vessel evasion process, definition of levels of situational disturbances on maneuvering vessel, series of safe evasion strategies from slow and fast maneuvering targets, ship generated waves influence on a small boat to decrease its maneuverability and zigzag maneuvering to enlarge own ship waves effective sector.

Keywords: pirate attack, evasive maneuvering, ship wave system.

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

Современные морские пираты наносят большой моральный вред и финансовый убыток судоходству. Среди них выделяют: обычных преступников, которые совершают действия с целью элементарной наживы, например, крадут что-либо с судна; членов организованных криминальных группировок, которые проводят сложные операции и особо многочисленны в Юго-Восточной Азии и западном побережье Африки; представителей полувоенных организаций, которыми руководят полевые командиры, нуждающиеся в постоянных доходах для поддержания собственной власти, обычно это пираты из Сомали и Индонезии.

Международное сообщество принимает организованные меры по борьбе с пиратами, силовые методы при поддержке ВМС, спецназа, CoastGuard и т.д., в то время как превентивные методы по защите морских судов от нападения и захвата пиратами реализуются экипажами судов.

Однако методы и способы уклонения судна от нападения пиратов разработаны недостаточно, рассредоточены в различных источниках и не систематизированы, что затрудняет разработку рекомендаций капитану по принятию адекватных угрозе мер по маневрированию. По этой причине разработка стратегий уклонения от пиратских плавающих средств с использованием формализованных моделей является весьма актуальной задачей.

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

В работе [1,2] рассмотрены графоаналитические методы и приёмы уклонения маневрирующего тихоходного судна относительно быстроходного объекта (цели) были известны более 100 лет назад и использовались, например, для задач прогнозирования маневров кораблем исключительно штурманами военно-морского флота СССР.

В работе [3, 4] результаты последних исследований посвящены безопасному расхождению судов с учётом основных существенных факторов, к которым отнесены: структура множества опасных целей, навигационные опасности и мешающие суда в районе предполагаемого маневрирования по расхождению, инерционные характеристики судов, а также требования МППСС-72, регламентирующие порядок расхождения судов при опасном сближении. Формируя математическую модель процесса расхождения судов методами теории динамических n – управляемых систем, детерминировано описывая её с позиции безопасного относительного перемещения судов, представленных в виде элементарных и материальных точек на плоскости, вводя стохастизм, связанный с вероятностным столкновением и понятием ситуационного возмущения между судами, авторы решают задачи компенсации ситуационного возмущения путём подбора соответствующей стратегии расхождения.

Для этого в неопределённых условиях поведения «судна – партнёра»[3], (а в рассматриваемом случае – цели), когда даже вероятностное распределение выбора партнёром (целью) стратегии расхождения обосновать затруднительно, оперирующему судну предлагается использовать принцип гибких стратегий расхождений для компенсации ситуационных возмущений.

Принцип гибких стратегий расхождения заключается в минимальных подходах оперирующего судна к использованию партнёром возможных временных альтернативных стратегий расхождения, которым присущи следующие особенности:

- из множества возможных стратегий расхождения пары: «судно – партнёр» выбирается наиболее неблагоприятная с тем, чтобы минимизировать угрозу столкновения;
- контролируется поведение «судна – партнёра» и при изменении параметром его манёвра расхождения, в случае необходимости, может быть изменён манёвр или даже стратегия расхождения оперирующего судна;
- при необходимости сохранения параметров движения заблаговременно просчитывается возможный вариант стратегии расхождения оперирующего судна, если ситуация ухудшится переходом в следующую область взаимных обязанностей.

Для достижения цели исследования воспользуемся принципом локально-независимого управления, суть которого заключается в контроле отдельным оперирующим судном текущего состояния оперативной навигационной обстановки, а при наличии ситуационного возмущения (угрозы пиратского нападения) его компенсация производится самостоятельно с учётом возможного взаимодействия пиратского судна с другими нападающими судами. Так как пират-

ские суда назвать судами – партнёрами аморально, то в дальнейшем они будут называться целью или целями относительно маневрирующего (оперирующего) судна.

В соответствии с концепцией подхода к решению проблемы безопасного расхождения судов в рамках теории динамических n– управляемых систем [3], относительное перемещение судов формализуется соответствующей позиционной матрицей состояния системы управления. При отсутствии угрозы нападения система управления находится в нулевом системном состоянии, при котором её элементы (суда) реализуют свои программные траектории (маршруты). При возникновении явной угрозы нападения, система скачкообразно переходит в ситуационное возмущение, переходя в первое или второе системное состояние, а между возмущенными судами возникает (или может возникнуть) взаимодействие.

Для перехода системы из первого или второго системного состояния в нулевое требуется наличие алгоритма выбора стратегии уклонения и расчёт.

Рабочей гипотезой данного исследования является наличие гибких стратегий безопасного уклонения судна от пиратского нападения или, по крайней мере, максимального периода сближения судов для подготовки экипажа к отражению пиратской атаки.

Для достижения цели исследования и подтверждения рабочей гипотезы потребовалось решение следующих задач:

- разработка концептуального подхода к проблеме уклонения от пиратских судов;
- формализация процесса уклонения маневрирующего судна от встечи с пиратскими судами;
- определение уровней интенсивности ситуационных возмущений на маневрирующее судно;
- разработка гибких стратегий безопасного уклонения маневрирующего судна.

В работе [5] отмечено, что в настоящее время существует целый спектр мер безопасности и устройств, для отражения атаки пиратов, и право выбора на их использование принадлежит конкретной компании-судовладельцу и судну с учетом его особенностей.

Эффективность действий по отражению нападения морских пиратов полностью зависят от способности капитана принять адекватные меры по уклонению от плавсредств нападающих на судно.

Приведенные рекомендации обеспечивают гарантированной безопасности судна, однако рекомендации по дополнительным мероприятиям, такими как конвоирование, эфирное молчание, активные средства защиты от пиратов, безусловно, целесообразно придерживаться.

Целью настоящего исследования является разработка стратегий уклонения оперирующего судна при переходе от состояния угрозы пиратского нападения до её исчезновения или момента готовности экипажа к непосредственному отражению нападения.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов

Для достижения цели исследования воспользуемся принципом локально-независимого управления, суть которого заключается в контроле отдельным оперирующим судном текущего состояния оперативной навигационной обстановки, а при наличии ситуационного возмущения (угрозы пиратского нападения) его компенсация производится самостоятельно с учётом возможного взаимодействия пиратского судна с другими нападающими судами. Так как пиратские суда назвать судами – партнёрами аморально, то в дальнейшем они будут называться целью или целями относительно маневрирующего (оперирующего) судна.

В соответствии с концепцией подхода к решению проблемы безопасного расхождения судов в рамках теории динамических n - управляемых систем [3], относительное перемещение судов формализуется соответствующей позиционной матрицей состояния системы управления. При отсутствии угрозы нападения система управления находится в нулевом системном состоянии, при котором её элементы (суда) реализуют свои программные траектории (маршруты). При возникновении явной угрозы нападения, система скачкообразно переходит в ситуационное возмущение, переходя в первое или второе системное состояние, а между возмущенными судами возникает (или может возникнуть) взаимодействие.

Для перехода системы из первого или второго системного состояния в нулевое требуется наличие алгоритма выбора стратегии уклонения и расчёт.

Рабочей гипотезой данного исследования является наличие гибких стратегий безопасного уклонения судна от пиратского нападения или, по крайней мере, максимального периода сближения судов для подготовки экипажа к отражению пиратской атаки.

Для достижения цели исследования и подтверждения рабочей гипотезы потребовалось решение следующих задач:

- разработка концептуального подхода к проблеме уклонения от пиратских судов;
- формализация процесса уклонения маневрирующего судна от встечи с пиратскими судами;
- определение уровней интенсивности ситуационных возмущений на маневрирующее судно;
- разработка гибких стратегий безопасного уклонения маневрирующего судна.

Изложение основного материала исследования начинается с разработки концептуального подхода к проблеме уклонения от пиратских судов, который охватывает всю область возможных позиций для маневрирования при уклонении с учётом навигационной обстановки, технических и ресурсных возможностей взаимодействующих судов.

Навигационная обстановка в охватываемой области возможного пиратского нападения можно охарактеризовать следующими показателями и факторами:

- видом плавания – открытое море, стеснённые воды, прибрежное плавание;
- начальной позицией – дистанция, круг или зона: дистанции обнаружения РЛС пиратской базы ($D_{po(б)}$) и пиратских лодок ($D_{po(л)}$), действия корабельных волн ($D_{кв}$), маневрирования переменными курсами (D_{min});
- состоянием водной поверхности – спокойное, взволнованное, штормовое;
- техническими возможностями взаимодействующих судов, которые характеризуются: наличием АИС, РЛС, скоростью хода маневрирующего судна (v_m) и пиратских судов – пиратской базы ($v_б$) и пиратской лодки ($v_л$);
- ресурсными возможностями взаимодействующих судов: неограниченный и ограниченный районы плавания.

Степень опасности пиратского нападения при сближении судов можно охарактеризовать качественно и количественно:

- безопасно, если маневрирующее судно находится на дистанции $D_i > D_{po(б)}$
- относительно безопасно, если $D_i = D_{po(б)}$;
- угроза нападения, если $D_{po(л)} < D_i < D_{po(б)}$;
- нападение, если $D_{кв} \leq D_i < D_{po(л)}$;
- защита уклонения, если $D_{кв} < D_i < D_{po(л)}$;
- волновая защита, если $D_{min} \leq D_i < D_{кв}$;
- защита от встречи, если $0 < D_i < D_{min}$;
- защита от проникновения, если $D_i = 0$.

Аспекты состояния безопасности маневрирующего судна при уклонении зависят от технических характеристик средств обнаружения цели (ей). Так, работающая на маневрирующем судне АИС практически исключает возможность его манёвра уклонением, так как все его передвижения будут визуализироваться средствами АИС пиратских судов. Поэтому в районах действия пиратов, а особенно при первом признаке угрозы пиратского нападения, АИС маневрирующего судна следует отключить.

Количественно реперные дистанции возможного относительного движения судов определяются зоной действия судовой РЛС в зависимости от навигационной обстановки: $D_{po(б)} \in [10; 13 \text{ миль}]$ - для судов дедвейтом $1000 \div 3000 \text{ т}$;

$D_{ро(л)} \in [1,5; 3,0 \text{ мили}]$ - для лодок длиной около 12 метров;
 $D_{кв} \in [1,0; 1,6 \cdot 10^{-1} \text{ мили}]$ - максимальная дистанция действия судовых кормовых волн;
 $D_{\min} [20; 50 \text{ метров}]$ - расстояние от предполагаемого места проникновения на судно до ближайшей лодки пиратов;
 $D_i = 0$ - предполагаемое место проникновения пиратов на борт судна.

Процедуру формализации процесса уклонения маневрирующего судна от встречи с пиратскими судами осуществляется проверенными морской практикой расчётными формулами для выбора их позиций, M - маневрирующего и C - пиратских судов, представленных в полярной системе координат в виде элементов: пеленга $P_{мс}$; курсовых углов q_i , q_c ; дистанции D_M ; величинами изменения расстояния ΔD_{mp} , ΔD_{cp} , бокового перемещения $\Delta D_{мб}$, $\Delta D_{сб}$ и пеленга $\Delta P_{мс}$; скорости v_M , v_C курсов K_M , K_C .

Основные элементы маневрирования относительно пеленга $P_{мс}$ определяются формулами [2];

- общая величина изменения дистанции

$$\Delta D_d = \Delta D_{mp} + \Delta D_{cp} = v_M \cos q_M + v_C \cos q_C, \quad (1)$$

- общая величина бокового перемещения

$$\Delta D_{\bar{o}} = \Delta D_{мб} + \Delta D_{сб} = v_M \sin q_M + v_C \sin q_C, \quad (2)$$

- величина изменения пеленга

$$\Delta P_{мс} = \Delta D_{\bar{o}} / D_i, \quad (3)$$

- величина текущей дистанции между судами

$$D_i = D_0 - \Delta D_d \Delta \tau, \quad (4)$$

где D_0 - величина начальной дистанции, мили; $\Delta \tau$ - приращение времени ($\Delta \tau = \tau_i - \tau_0$), с;

- относительная скорость движения

$$v_{отн} = \sqrt{v_M^2 + v_C^2 - (2v_M v_C) \cos(K_M - K_C)}, \quad (5)$$

Интенсивность ситуационного возмущения ω_i для решаемой задачи нормируется следующим образом:

$$\omega_i = \begin{cases} 0 & \text{при } D_i > D_{ро(б)}, \\ 1 & \text{при } D_{ро(л)} < D_i \leq D_{ро(б)}, \\ 2 & \text{при } D_{кв} < D_i \leq D_{ро(л)}, \\ 3 & \text{при } D_{\min} \leq D_i \leq D_{кв}, \\ 4 & \text{при } 0 < D_i \leq D_{\min}, \\ 5 & \text{при } D_i = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Методическое обеспечение процедуры выбора компенсационных стратегий при скачкообразном переходе из k -го ситуационного возмущения в нулевое или хотя бы в $k-1$ базируется на оценке парных позиций «судно – цель», которая определяется величиной ΔD_d , определяемой формулой (1), а также величиной D_i равной:

$$D_i = D_{i-1} - \Delta D_{q(i-1)} (\tau_i - \tau_{i-1}), \quad (7)$$

где - τ_{i-1} , τ_i - промежуток времени между чередующимися позициями.

Иерархически, величина ΔD_d относится к внутриситуационному уровню, т.к., оценивает характер взаимодействия судов внутри системного состояния: при $\Delta D_{q(i)} < 0$ компенсация направлена в сторону снижения интенсивности ситуационного возмущения; при $\Delta D_{q(i)} = 0$ находится в одном и том же системно возмущённом состоянии; при $\Delta D_{q(i)} > 0$ компенсации недостаточно и система переходит в другое ситуационное состояние с более интенсивным возмущением. Реперные дистанции $D_{po(\delta)}$, $D_{po(\lambda)}$, $D_{кв}$, D_{min} определяют уровни опасности сближения судов и относятся к межситуационным состояниям системы, а величина D_i - текущее состояние опасности встречи с пиратскими судами.

Следует отметить, что наиболее сильными компенсационными возможностями обладает переход системы из первого возмущённого состояния в нулевое, так как скорости маневрирующего судна v_m и пиратской базы ($v_{ce\delta}$)

соизмеримы, а поэтому для перехода в невозмущённое состояние можно выполнить один из манёвров уклонения с выходом из полосы шириной $D_{po(\delta)}$ от линии K_c в кратчайший срок и расхождение с пиратской базой на предельной дистанции $D_i \geq D_{po(\delta)} \cdot [2]$.

Таким образом, для перехода системы «судно – цель» из первого системного состояния в нулевое используется стратегия уклонения от медленно идущей постоянным курсом цели.

Переход системы из первого во второе ситуационное возмущение может наблюдаться, когда пиратская база обладает скоростью $v_{c(\delta)} \gg v_m$ и выбрала стратегию встречи с судном путём спуска быстроходных лодок.

Поэтому при нахождении системы в первом и втором ситуационном возмущении используется стратегия уклонения от быстроходной цели [2].

При нахождении системы в третьем ситуационном возмущении может быть использована компенсационная стратегия использования корабельных (судовых) волн при движении судна с $K_m = OИП_{мс}$ для более эффективного использования кормовой системы судовых волн.

При нахождении судна в четвёртой зоне ситуационного возмущения используется стратегия маневрирования на зигзаге.

Таким образом, при угрозе нападения пиратских судов целесообразно использование, по крайней мере, четырёх стратегий компенсационного управле-

ния маневрирующим судном: уклонение от медленно и быстро идущих целей, использование системы судовых кормовых волн и маневрирование на зигзаге.

Выводы и перспектива дальнейшей работы по данному направлению

Рассмотрены возможные стратегии компенсационного управления маневрирующим судном при уклонении от нападения пиратских судов, включая разработку концептуального подхода к проблеме уклонения от пиратских судов. Выполнена формализация процесса уклонения маневрирующего судна, определены уровни ситуационных возмущений на маневрирующее судно. Рассмотрен перечень стратегий безопасного уклонения: от медленно и быстро движущихся целей и влияние волнового воздействия на конструкцию маломерных судов для снижения их скорости движения. Применение маневрирования на зигзаге предназначено для расширения сектора действия системы собственных кормовых волн судна на пиратов.

Приведённые стратегии уклонения маневрирующего судна от пиратского преследования и нападения позволяют сохранять безопасное состояние судна, удерживая пиратов на предельной дистанции $D_{\delta i(a)}$, или увеличить период встречи с пиратами для подготовки экипажа к отражению атаки.

Дальнейшие исследования будут направлены на разработку алгоритмов оптимального уклонения от пиратских судов для создания интеллектуальных систем по принятию решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Загурьянов А.К. Основы маневрирования / А.К.Загурьянов: учебное пособие.- Курс кораблевождение, том 3.-Л.: ГУНИО МО СССР, 1958.-408 с.
2. Кораблевождение /Под ред. В.Д. Шандабылова: практическое пособие для штурманов (№9035).- Л.: ГУНИО СССР, 1972.- 648 с.
3. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов /Н.Н.Цымбал, И.А.Бурмака, Е.Е.Тюпиков.- Одесса: Изд-во КПОГТ, 2007.- 424 с.
4. Навигационная безопасность при лоцманской проводке судов / Под.ред. А.С.Мальцева, Г.Б.Вильского. – Одесса-Николаев: Феникс, 2007.- 456 с.
5. Сафин И.В. Современные превентивные методы по защите морских судов от нападения и захвата пиратами / И.В. Сафин // Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА Вып..17 –Одесса: «ИздатИнформ», 2009. – С. 164-173.