

Список литературы

1. Пелиновский Е. Н. «Фрики» — морские волны-убийцы / Е. Н. Пелиновский, А. В. Слюняев // Природа. — 2007. — № 3. — С. 14–23.
2. Rosenthal W. Rogue Waves: Results of the MaxWave Project / W. Rosenthal, S. Lehner // Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering. — 2008. — Vol. 130.
3. Nikolkina I. Rogue waves in 2006 – 2010 / I. Nikolkina, I. Didenkulova // Natural hazards and Earth system sciences. — 2011. — Vol. 11.
4. Buca M. P. Nonlinear Ship Rolling and Capsizing / M. P. Buca, I. Senjanovic // Brodogradnja. — 2006. — № 4 (57). — P. 321–331.
5. Справочник по теории корабля: в 3 т. — Т. 2. Статика судов. Качка судов / Под ред. Я. И. Войткунского. — Л.: Судостроение, 1985. — 440 с.
6. Minami M. Study of ship responses and wave loads in the freak wave / M. Minami, H. Sawada, K. Tanizawa // Proceedings of the Sixteenth International Offshore and Polar Engineering Conference. San Francisco, California, USA. — 2006. — P. 272–278.
7. Ming Wu. Prediction of Ship Motions in Head Waves Using RANS Method / Ming Wu, Bo Yang, Zuochao Wang, Aiguo Shi, Xiao Wang // Proceedings of the Twenty-second International Offshore and Polar Engineering Conference Rhodes, Greece. — 2012. — P. 1112–1117.
8. Blazek J. Computational Fluid Dynamics: Principles and Applications / J. Blazek. — Elsevier, 2001. — 440 p.
9. Fonseca N. Structural loads induced in a containership by abnormal wave conditions / N. Fonseca, C. G. Soares, R. Pascoal // Journ. Mar. Sci. Technol. — 2006. — № 11. — P. 245–259.
10. Справочник судов [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.fishportal.ru/ships>.
11. Луговский В. В. Гидродинамика нелинейной качки судов / В. В. Луговский. — Л.: Судостроение, 1980. — 256 с.

УДК 656.61.052

С. В. Ермаков,
ст. преп.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МАНЕВРА ПОСЛЕДНЕГО МОМЕНТА С ПАССИВНЫМ ФАКТОРОМ

MATHEMATICAL MODEL OF LAST MOMENT MANEUVER WITH PASSIVE FACTOR

Рассмотрена сущность и даны два определения понятия «маневр последнего момента»: как идеального (теоретического) и как реального (практического) маневра. Обоснованы его основные характеристики. Предложена классификация маневра последнего момента в зависимости от обстоятельств возникновения необходимости в его осуществлении, основанная на его формализации в Международных правилах по предупреждению столкновения судов в море, 1972 г. (МППСС-72) и на содержащейся в них регламентации действий судоводителя при выполнении маневра последнего момента. Обоснована математическая модель маневра последнего момента, которая позволяет по элементам движения сходящихся на пересекающихся курсах судов и характеристикам нашего судна, а также с учётом глубины акватории маневрирования определить дистанцию для начала этого манёвра. Выполнена оценка возможности учета в предложенной математической модели человеческого фактора и потенциальной области применения этой модели.

The essence of last moment maneuver was considered, the two definitions of this concept (as the ideal (theoretical) and real (practical) maneuver) was given. Justified its main characteristics. The classification of maneuver last moment depending on the circumstances of occurrence of the need for its implementation was proposed. This classification is based on the formalization of maneuver in the International Rules of Preventing Collision at Sea and contained in these rules regulating the actions of navigator when maneuvering the last moment.

Mathematical model of last moment maneuver was grounded. This model allow to determine the distance to the start of this maneuver by elements of movement converging on intersecting courses of vessels and our vessel characteristics, as well as taking into account the depth of the water area-maneuvering-integration. An assessment of the accounting in the proposed mathematical model of the human factor and the potential scope of this model was performed.

Ключевые слова: маневр последнего момента, определение, классификация, математическая модель.
Key words: last moment maneuver, definition, classification, mathematical model.

В МОРСКОЙ практике и науке термины «манёвр последнего момента» (МПМ) или «момент последних мгновений» являются далеко не новыми. Однако в литературе отсутствует чёткое и единообразное определение термина «манёвр последнего момента», под которым обычно понимают маневрирование, направленное на предотвращение столкновения судов при неожиданно определённой визуальной угрозе их столкновения на малых расстояниях, когда на обдумывание или решение задачи нет времени и нужно действовать мгновенно, применяя сильные манёвры «*лево или право на борт*», «*полный задний ход*», а чаще их сочетание [1], [2]. Авторы данных работ считают, что именно в этом состоит смысл МПМ. Однако здесь необходимо признать, что данное определение является наиболее полным и соответствующим норме из всех предложенных в литературе. Обобщая остальные, можно свести их к следующей формулировке: «*манёвр, экстренное выполнение которого необходимо для предотвращения столкновения*». Отсутствие различий в лингвистических формализациях термина «манёвр последнего момента» можно кратко объяснить множеством его характеристик: туманное, абстрактное, неуловимое [3].

Цель МПМ — расхождение не безопасное, а безаварийное, т. е. главное — избежать касания, а не разойтись в расстоянии, большем заданного. Цель МПМ достигнута, даже если суда разошлись в 0,5 м друг от друга. При этом эффективность МПМ обеспечивается не только его началом в «последний момент» на некоторой дистанции между судами, так называемой *дистанции манёвра последнего момента* $D_{\text{МПМ}}$, но и движением судна по оптимальной, наиболее удалённой от встречного судна, траектории. Очевидно, что манёвр на расхождение можно считать успешным (безаварийным), если он начался ранее «последнего момента». Формально такой маневр не является МПМ. В случае, если произошло столкновение, «последний момент» был пропущен и предшествующий столкновению манёвр также не может считаться МПМ. Таким образом, строгого (идеального) манёвра последнего момента в практике судовождения не существует, это понятие не реальное, а идеальное и виртуальное. Практически всегда у судна и судоводителя либо остается хоть и минимальный запас времени и расстояния (при итоговом безаварийном расхождении), либо происходит столкновение. Приведённые ранее выводы о сущности МПМ позволяют сформулировать его двоякое определение (лингвистическую формализацию). МПМ в узком (теоретическом) смысле — «точечный» идеальный виртуальный манёвр на расхождение со встречным судном, который при движении привилегированного судна по оптимальной, наиболее удалённой от встречного судна, траектории обеспечит безаварийное расхождение с ним на минимально достаточной для этого дистанции. Оптимальная траектория движения нашего судна здесь определяется таким режимом работы главного двигателя, положением винта регулируемого шага и пера руля, любое изменение которых приведёт к уменьшению дистанции расхождения. В свою очередь, под минимально допустимой дистанцией расхождения необходимо понимать такую дистанцию, увеличение которой на некоторую бесконечно малую величину ΔD ($\Delta D \rightarrow 0$) приведёт к аварии.

Характеристиками МПМ в этом смысле являются *дистанция и время манёвра последнего момента* $D_{\text{МПМ}}$ и $t_{\text{МПМ}}$, т.е. дистанция между судами и время, соответствующие началу выполне-

ния этого манёвра. В широком, более практическом смысле под манёвром последнего момента необходимо понимать манёвр, направленный на безаварийное расхождение, характеризующийся дистанцией начала манёвра $D_{\text{МПМ}}^I$, которая находится в диапазоне $D_{\text{МПМ}} \leq D_{\text{МПМ}}^I < D_{\text{доп}}$. Здесь $D_{\text{доп}}$ — дистанция, т. е. заданное (нормированное) минимальное расстояние между судами при начале маневрирования, на котором обязанным судном будет обеспечено расхождение судов на заданной для текущих условий плавания безопасной дистанции.

К понятию МПМ можно считать имеющими отношение ч. (a (ii)) и (b) правила 17 МППСС-72 [4], [5], которые разрешают привилегированному судну совершить манёвр на расхождение, если судно, которое обязано уступить дорогу, не предпринимает никаких действий, и обязывают совершить любой манёвр судну, которое должно сохранять курс и скорость, если оно находится опасно близко к другому судну. Однако проведённый анализ показывает, что научные определения МПМ в качестве условия возникновения необходимости в этом манёвре, как правило, указывают на внезапное появление угрозы столкновения. Вместе с тем, это условие не согласуется с положениями правила 17 МППСС-72 [4], в котором внезапность практически исключена. При этом противоречие здесь отсутствует, поскольку в обоих случаях речь идёт о МПМ, только с различной детерминантой. Исходя из этого, в целях исследования МПМ предлагается использовать следующую его классификацию:

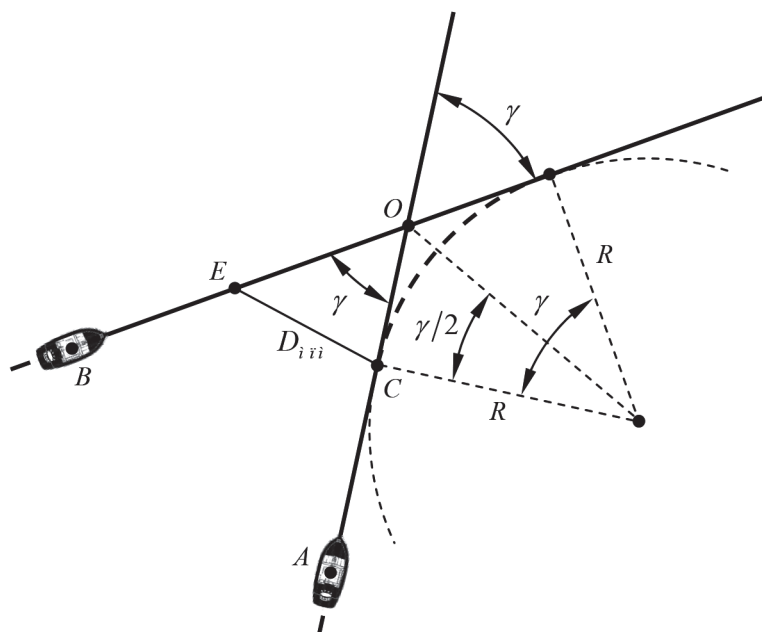
- МПМ, когда маневрирование обусловлено неисполнением своих обязанностей, т. е. бездействием обязанного судна (назовём его *МПМ с пассивным фактором*, или *ожидаемый МПМ*);
- МПМ, когда маневрирование обусловлено внезапно появившейся опасностью, возникшей, например, вследствие «неправильного» манёвра встречного судна (такой манёвр назовём *МПМ с активным фактором*, или *не ожидаемый МПМ*).

Очевидно, что построить математическую модель МПМ с активным фактором довольно затруднительно. В свою очередь, для решения задачи обоснования математической модели ожидаемого МПМ сделаем следующие допущения:

- обязанное судно в процессе расхождения (включая маневрирование нашего судна) не меняет свой курс, т. е. следует прямолинейно;
- маневрирование нашего судна происходит только курсом;
- расхождение считаем успешным (безаварийным), если курс нашего судна в итоге не пересечёт курс обязанного судна, т. е. линия его пути в случае манёвра последнего момента будет касательной к криволинейной траектории нашего судна;
- траекторию нашего судна при расхождении принимаем за окружность постоянного радиуса;
- путевые углы равны курсам судов, т. е. пренебрегаем действием ветра и течения.

Большинство из указанных допущений согласуются с концепцией МПМ, предложенной В. О. Раммом и Е. М. Лушниковым [6], а также А. С. Мальцевым [7].

Рассмотрим ситуацию сближения судов, приведенную на рисунке. Пусть в некоторый момент времени на привилегированном судне, находящемся в точке A (на судне A), обнаружена опасность столкновения в точке O с судном, находящимся в точке B (с судном B). Судно B в рассматриваемой ситуации должно уступить дорогу, то есть является обязанным судном. Однако, если оно по каким-либо причинам, не изменяющим обязательный статус судна, не предпримет действий на расхождение, манёвр должно осуществить судно A . При этом последней точкой по ходу движения судна A , обеспечивающей безаварийное расхождение, является точка C . При переключке руля на борт и начале циркуляции радиусом R , соответствующим такой переключке из точки C , прямолинейная траектория движения судна B окажется касательной по отношению к криволинейной траектории судна A . При выходе на циркуляцию в более поздний момент времени траектории судов пересекутся.



К определению дистанции маневра последнего момента

Пусть суда сближаются под некоторым углом γ относительно друг друга, тогда непосредственно из рисунка можно получить:

$$OC = R \cdot \operatorname{tg}(\gamma/2); \quad (1)$$

$$EC = \sqrt{OE^2 + OC^2 - 2OE \cdot OC \cdot \cos^3 \gamma}. \quad (2)$$

Расстояния OE и OC суда при отсутствии маневрирования проходят за один промежуток времени τ . Таким образом, можно записать

$$\tau = OC/v_1 = OE/v_2,$$

где v_1, v_2 — скорости привилегированного (нашего) и обязанного судна соответственно.

Откуда

$$OE = \frac{v_2}{v_1} OC$$

или, с учётом (1),

$$OE = (v_2/v_1) \cdot R \cdot \operatorname{tg}^3(\gamma/2). \quad (3)$$

Подставляя выражения (1) и (3) в формулу (2), получим

$$EC = R \cdot \operatorname{tg}(\gamma/2) \sqrt{1 + (v_2/v_1)^2 - 2(v_2/v_1) \cos \gamma}. \quad (4)$$

Формула (4), по сути, определяет дистанцию МПМ между судами (его оценку), соответствующую МПМ привилегированного судна:

$$\bar{D}_{\text{МПМ}} = R \cdot \operatorname{tg}(\gamma/2) \sqrt{1 + (v_2/v_1)^2 - 2(v_2/v_1) \cos \gamma}. \quad (5)$$

Один из аргументов в формуле (5) — радиус циркуляции R . Однако использование вместо R радиуса $R_{\text{уст}}$ установившейся циркуляции будет крайне ошибочным, так как установившаяся циркуляция имеет место только после разворота судна на 180° и более, а при манёвре последнего момента привилегированное судно совершает манёвр с изменением курса не более чем на 90° .

Кривая эволюционного периода циркуляции представляет собой кривую переменного радиуса кривизны:

$$R(\psi) = K(\psi)R_{\text{уст}}, \quad (6)$$

где $K(\psi)$ — переменный коэффициент (относительный радиус неустановившейся циркуляции); ψ — разность между исходным и мгновенным курсом (мгновенное значение угла поворота).

Для определения относительных значений радиусов неустановившейся циркуляции в зависимости от угла поворота судна и угла перекладки руля, как правило, используется табл. 1 [8], [9].

Таблица 1

Значения относительных радиусов неустановившейся циркуляции

Угол перекладки руля, град.	Угол поворота судна, град.					
	5	10	30	60	90	120 – 160
35	2,20	1,80	1,30	1,15	1,10	1,06
15	4,40	3,20	1,90	1,60	1,40	1,30

Принимаем, что перекладке руля «на борт» соответствует угол перекладки, равный 35° . Тогда, аппроксимируя степенной функцией при помощи MS Excel значения первой строки табл. 1 до 90° , получим следующую функцию для определения мгновенного значения относительного радиуса неустановившейся циркуляции:

$$K(\psi) = 3,1864\psi^{-0,2465}. \quad (7)$$

Вместе с тем, мгновенное значение радиуса неустановившейся циркуляции, которое можно получить, используя выражения (6) и (7), также нельзя напрямую использовать для вычисления по формуле (5) критического расстояния МПМ. Однако представление мгновенного значения относительного радиуса в виде (7) позволяет вычислить средние значения относительного и абсолютного радиусов для угла поворота γ :

$$K_{\text{cp}}(\gamma) = \frac{1}{\gamma} \int_0^\gamma 3,1864\psi^{-0,2465} d\psi = 4,229\gamma^{-0,2465}; \quad (8)$$

$$R_{\text{cp}}(\gamma) = 4,229\gamma^{-0,2465}R_{\text{уст}}. \quad (9)$$

Для расчёта радиуса установившейся циркуляции будем использовать эмпирическую формулу Шенхера [9]:

$$R_{\text{уст}} = \frac{K_1 \cdot \Delta}{C_y \cdot A_p \cdot \cos \delta_p}, \quad (10)$$

где Δ — объёмное водоизмещение судна; C_y — коэффициент подъёмной силы пера руля; A_p — площадь пера руля; δ_p — угол поворота руля; K_1 — эмпирический коэффициент, зависящий от отношения $\Delta/A_d \cdot L$ и определяемый по табл. 2.

Таблица 2

Значения коэффициента K_1

$\Delta/A_d \cdot L$	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15
K_1	1,41	1,10	0,85	0,67	0,55	0,46	0,40	0,37	0,36	0,35	0,34

При этом

$$A_d = C_d \cdot L \cdot d_{\text{cp}}, \quad (11)$$

где C_d — коэффициент полноты диаметральной плоскости.

Площадь пера руля определяется по формуле

$$A_p = L \cdot d_{cp} / A, \quad (12)$$

где A — эмпирический коэффициент.

Эмпирический коэффициент определяется по формуле

$$A = 100 / \left(1 + 25 / (L / B)^2 \right). \quad (13)$$

Коэффициент подъемной силы пера руля C_y может быть вычислен следующим образом:

$$C_y = 0,08 \delta_p / (1 + 1,1 / \lambda_p), \quad (14)$$

$$\text{где } \lambda_p = h_p^2 / A_p. \quad (15)$$

Подставляя выражения (11) – (15) в формулу (10) и принимая $h_p = 0,7d_{cp}$, получим

$$R_{уст} = \left[25K_1 \Delta \left(50 + 1,12L \left(1 + (5B/L)^2 \right) / d_{cp} \right) \right] / \left[\delta_p L d_{cp} \left(1 + (5B/L)^2 \right) \cos \delta_p \right]. \quad (16)$$

С учётом (16) выражение (9) принимает следующий вид:

$$R_{cp}(\gamma) = \left[105,725K_1 \Delta \left(50 + 1,12L \left(1 + (5B/L)^2 \right) / d_{cp} \right) \right] / \left[\delta_p L d_{cp} \gamma^{0,2465} \left(1 + (5B/L)^2 \right) \cos \delta_p \right]. \quad (17)$$

Подставляя выражение (17) в формулу (5), получим

$$\bar{D}_{МПМ} = \frac{105,725 \operatorname{tg}(\gamma/2) K_1 \Delta \left(50 + 1,12L \left(1 + (5B/L)^2 \right) / d_{cp} \right) \sqrt{1 + (v_2/v_1)^2 - 2(v_2/v_1) \cos \gamma}}{\delta_p L d_{cp} \gamma^{0,2465} \left(1 + (5B/L)^2 \right) \cos \delta_p}$$

или с учётом ранее принятого $\delta_p = 35^\circ$:

$$\bar{D}_{МПМ} = \frac{3,688 \operatorname{tg}(\gamma/2) K_1 \Delta \left(50 + 1,12L \left(1 + (5B/L)^2 \right) / d_{cp} \right) \sqrt{1 + (v_2/v_1)^2 - 2(v_2/v_1) \cos \gamma}}{L d_{cp} \gamma^{0,2465} \left(1 + (5B/L)^2 \right)}.$$

Упростив последнее выражение, получим

$$\bar{D}_{МПМ} = \frac{3,688 \operatorname{tg}(\gamma/2) K_1 \Delta L \left(50L d_{cp} + 1,12L^2 + 28B^2 \right) \sqrt{1 + (v_2/v_1)^2 - 2(v_2/v_1) \cos \gamma}}{d_{cp}^2 \gamma^{0,2465} \left(L^2 + 25B^2 \right)}. \quad (18)$$

Во избежание необходимости использования данных табл. 2, аппроксимируем её при помощи MS Excel:

$$K_1 = -1519 \cdot (\Delta / C_d L^2 d_{cp}^3 + 622,96 (\Delta / C_d L^2 d_{cp})^2 - 85,926 \Delta / C_d L^2 d_{cp} + 4,3384). \quad (19)$$

Окончательно совмещая (18) и (19), что, во избежание громоздкости при практических расчётах необязательно, получим

$$\begin{aligned} \bar{D}_{МПМ} = & \frac{3,688 \operatorname{tg}(\gamma/2) \Delta \left(50L d_{cp} + 1,12L^2 + 28B^2 \right) \sqrt{1 + (v_2/v_1)^2 - 2(v_2/v_1) \cos \gamma}}{d_{cp}^2 \gamma^{0,2465} \left(L^2 + 25B^2 \right)} \times \\ & \times \left[-1519 (\Delta / C_d L^2 d_{cp})^3 + 622,96 (\Delta / C_d L^2 d_{cp})^2 - 85,926 \Delta / C_d L^2 d_{cp} + 4,3384 \right]. \end{aligned} \quad (20)$$

Для учета мелководья, используя зависимость А. Д. Гофмана [10], формулу (20) можно переписать следующим образом:

$$\bar{D}_{МПМ} = \frac{3,688 \operatorname{tg}(\gamma/2) \Delta \left(50L d_{cp} + 1,12L^2 + 28B^2 \right) \sqrt{1 + (v_2/v_1)^2 - 2(v_2/v_1) \cos \gamma}}{d_{cp}^2 \gamma^{0,2465} \left(L^2 + 25B^2 \right) \left(1 + 0,1d_{cp}/h - 0,71(d_{cp}/h)^2 \right)} \times$$

$$\times \left[-1519 \cdot \left(\Delta / C_d L^2 d_{cp} \right)^3 + 622,96 \left(\Delta / C_d L^2 d_{cp} \right)^2 - 85,926 \Delta / C_d L^2 d_{cp} + 4,3384 \right], \quad (21)$$

где h — глубина моря.

Таким образом, формула (21) и приведённый рисунок представляют в своей совокупности математическую модель МПМ с пассивным фактором. Здесь необходимо заметить, что угол γ под знаком тангенса является не разностью курсов судов, а острым углом между линией курсов, который равен разности курсов только при их значении до 90° , и в других случаях — дополнением разности курсов до 180° .

Кроме того, из рисунка нетрудно вывести поправку за ширину судов $\Delta D_{МПМ_1}$ и их гидродинамическое взаимодействие при расхождении (*эффект присасывания*) $\Delta D_{МПМ_2}$. Для этого первоначально найдём $\angle OEC$, используя теорему синусов:

$$\frac{OC}{\sin \angle OEC} = \frac{OE}{\sin \gamma},$$

откуда с учётом (1) и (4) получим

$$\sin \angle OEC = v_1 \sin \gamma / \sqrt{v_1^2 + v_2^2 - 2v_1 v_2 \cos \gamma} = \sin \gamma / \sqrt{1 + (v_2/v_1)^2 - 2(v_2/v_1) \cos \gamma}. \quad (22)$$

Тогда для упрощения принимая, что значения ширины судов равны, получим

$$\Delta D_{МПМ_1} = B / \sin \angle OEC = B / \sin \gamma \sqrt{1 + (v_2/v_1)^2 - 2(v_2/v_1) \cos \gamma}. \quad (23)$$

Считается, что суда гарантированы от действия эффекта присасывания на встречном движении, если они расходятся на кратчайшей дистанции не меньше, чем три ширины меньшего из расходящихся судов. То же самое условие при обгоне в два раза строже [6]. Исходя из этого, для поправки $\Delta D_{МПМ_2}$ можно записать:

$$\Delta D_{МПМ_2} = \begin{cases} 6B / \sin \gamma \sqrt{1 + (v_2/v_1)^2 - 2(v_2/v_1) \cos \gamma} & \text{при } \gamma < 90^\circ; \\ 3B / \sin \gamma \sqrt{1 + (v_2/v_1)^2 - 2(v_2/v_1) \cos \gamma} & \text{при } \gamma \leq 90^\circ. \end{cases} \quad (24)$$

Объединяя (23) и (24), получим:

$$\Delta D_{МПМ} = \Delta D_{МПМ_1} + \Delta D_{МПМ_2} = \begin{cases} 7B / \sin \gamma \sqrt{1 + (v_2/v_1)^2 - 2(v_2/v_1) \cos \gamma} & \text{при } \gamma < 90^\circ; \\ 4B / \sin \gamma \sqrt{1 + (v_2/v_1)^2 - 2(v_2/v_1) \cos \gamma} & \text{при } \gamma \leq 90^\circ. \end{cases} \quad (25)$$

Во избежание представления (25) в виде системы, можно предложить следующую запись для поправки:

$$\begin{aligned} \Delta D_{МПМ} &= B(11 + 3 \cos \gamma / |\cos \gamma|) / 2 \sin \gamma \sqrt{1 + (v_2/v_1)^2 - 2(v_2/v_1) \cos \gamma} = \\ &= B(11 |\cos \gamma| + 3 \cos \gamma) / |\sin 2\gamma| \sqrt{1 + (v_2/v_1)^2 - 2(v_2/v_1) \cos \gamma}. \end{aligned} \quad (26)$$

Недостаток формулы (26) заключается в невозможности определить поправку при $\gamma = 90^\circ$.

Таким образом, выполнено обоснование математической модели МПМ с пассивным фактором, представляющее собой комплекс формул, которые позволяют по элементам движения сходящихся на пересекающихся курсах судов и характеристикам данного судна с учетом глубины моря определить дистанцию МПМ, знание которой позволяет с учётом времени на принятие и исполнение конкретным судоводителем решения на маневр рассчитать время начала МПМ. В перспективе выражение (21) может быть скорректировано в большую сторону поправкой (коэффициентом) «на человеческий фактор». Подобное увеличение $D_{МПМ}$ позволит дать судоводителю с невысоким уровнем психологической устойчивости больше времени на принятие взвешенного адекватного решения и предупредить возможные ошибки при выборе траектории на расхождение. Предло-

женная математическая модель может быть использована в структуре системы поддержки принятия решения для предупредительной сигнализации судоводителю о необходимости предпринять МПМ.

Список литературы

1. *Ольшамовский С. Б.* Манёвр последнего момента / С. Б. Ольшамовский, А. И. Стеденикин, А. И. Кондратьев // Морской транспорт. — Серия: Безопасность мореплавания. — М.: Мортехинформреклама. — 2002. — Вып. 11 (402). — С. 1–31.
2. *Кондартъев А. И.* Оперативный выбор безопасных маневров последнего момента в судовых навигационно-информационных системах: дис. ... канд. техн. наук: 05.12.13, 05.22.19. — Новороссийск – СПб., 2002. — 113 с.
3. Момент последнего манёвра и чрезмерное сближение [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://baltsudoservice.com/collision/moment-poslednego-manevra-i-chrezmerno-sblizhenie.html>.
4. МППСС-72. Международные правила предупреждения столкновения судов в море, 1972 г. (англ./русский текст). — СПб.: ЦНИИМФ, 2010. — 128 с.
5. *Яскевич А. П.* Комментарии к МППСС-72: справочник / А. П. Яскевич, Ю. Г. Зурабов. — М.: Транспорт, 1990. — 479 с.
6. *Лушников Е. М.* Безопасность мореплавания и ведения промысла / Е. М. Лушников, В. О. Рамм. — М.: Колос, 1994. — 384 с.
7. *Мальцев А. С.* Маневрирование судов при расхождении / А. С. Мальцев. — Одесса: Морской тренажёрный центр, 2002. — 208 с.
8. *Демин С. И.* Приближенное аналитическое определение элементов циркуляции судна / С. И. Демин // ЦБНТИ ММФ: экспресс-информация. — Серия: Судовождение и связь. — 1983. — Вып. 7 (162). — С. 14–18.
9. *Знамеровский В. П.* Теоретические основы управления судном / В. П. Знамеровский. — Л.: Изд-во ЛВИМУ, 1974. — 275 с.
10. *Дёмин С. И.* Управление судном: учебник для вузов / С. И. Дёмин, Е. И. Жуков, Н. А. Кубачёв и др. / под ред. В. И. Снопкова. — М.: Транспорт, 1991. — 359 с.

УДК 621.396.932

А. Н. Маринич,
канд. техн. наук, доц.;

А. В. Припотнюк,
зав. лаб.;

Ю. М. Устинов,
д-р техн. наук, проф.

ЦИФРОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПОТОКИ В СУДОВЫХ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ НАВИГАЦИИ И СИСТЕМАХ СВЯЗИ

DIGITAL INFORMATION STREAMS IN THE SHIP INTEGRATED SYSTEMS OF NAVIGATION AND COMMUNICATION SYSTEMS

На основании анализа интегрированных систем навигации и систем связи современного крупнотоннажного судна с неограниченным районом плавания рассматриваются виды цифровых информаци-