



УДК 656.61.052; 614.8.084

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТРИЦЫ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ В СУДОВОЖДЕНИИ

В.А. Бондарев, С.В. Ермаков

USE OF THE EXTREMALITY MATRIX FOR EMERGENCY RISK MANAGEMENT IN NAVIGATION

V.A. Bondarev, S.V. Ermakov

Аннотация. В статье приведено краткое описание матрицы экстремальности, позволяющей количественно оценить влияние человеческого фактора на навигационную безопасность плавания судна и некоторые варианты ее интеграции в теорию и практику судовождения с целью оптимизации управления риском чрезвычайных ситуаций. Представлены обоснования использования матрицы для расчета маневра последнего момента, вычисления вероятности промаха в измерениях пеленга навигационного ориентира оптическим пеленгатором и определения межсигнального периода в системе контроля дееспособности вахтенного помощника капитана. Проанализирована возможность программной реализации матрицы экстремальности (приведено описание программы для ЭВМ).

Ключевые слова: *человеческий фактор; навигационная безопасность; матрица экстремальности; практическое применение; управление риском ЧС.*

Abstract: The article gives a brief description of the extremality matrix that allows to quantitatively evaluate the influence of the human factor on navigational safety and some variants of its integration into the theory and practice of navigation in order to optimize the emergency risk management. The rationale for using the matrix for calculating the last moment maneuver, calculating the probability of a miss in the bearing measurements of the navigational landmark by the optical direction finder and determining the intersignal period in the BNWAS are presented. The possibility of software implementation of the extremality matrix is analyzed (the description of the computer program is given).

Key words: *human factor; safety of navigation; extremality matrix; practical application; emergency risk management.*

Введение

Мореплавание является той отраслью деятельности человека, которая органично связано с опасностью для людей, имущества (судна и груза) и окружающей среде, и поэтому требует постоянного осуществления процедур, в совокупности составляющих процесс управления безопасной эксплуатацией судов.

В настоящее время области исследования, касающиеся безопасности в чрезвычайных ситуациях и безопасности мореплавания, существуют и развиваются практически без пересечения теории и методологии. Вместе с тем применительно к морскому судну и его безопасности цели этих исследований практически идентичны.

Так, основной целью управления навигационной безопасностью морского судна является предупреждение аварийных случаев, в частности, навигационных аварий (под навигационной безопасностью здесь необходимо понимать такой сегмент безопасности мореплавания, который рассматривает судно как управляемый подвижный объект). Совместный терминологический анализ двух российских нормативно-правовых актов –ГОСТ Р 22.0.02-2016 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий» [1] и Положения о расследовании аварий или инцидентов на море [2], показывает, что навига-

онная авария является источником чрезвычайной ситуации, который всегда и безусловно вызывает появление ЧС.

Таким образом, интеграция знаний и методов, касающихся управления навигационной безопасностью морского судна, в теорию и методологию управления риском чрезвычайных ситуаций позволит сделать процедуру управления более эффективной.

Одним из таких методов является матрица экстремальности, обоснованная и подробно описанная в [3, 4].

Матрица экстремальности как инструмент управления риском чрезвычайных ситуаций в судовождении

Судоводитель в процессе несения ходовой навигационной вахты и судно находятся в конкретно-определенной, но меняющейся с течением времени навигационной ситуации. В общем случае под навигационной ситуацией необходимо понимать «...неповторимую совокупность мгновенных значений характеристик взаимосвязанных, субъективных и объективных компонент, имеющих отношение к навигационной безопасности плавания судна и открывающихся восприятию и деятельности судоводителя в определенный момент времени» [5, с.18].

Присутствие в навигационной ситуации угроз жизни, здоровью людей, судну экипажу или окружающей среде определяет ее как опасную. Однако опасная ситуация – это самое общее понятие из числа характеризующих ситуации, которые имеют указанный признак (угрозы). Навигационная ситуация в контексте управления безопасностью плавания судна существует не сама по себе, а в системе с судоводителем, выполняющим обязанности по несению ходовой навигационной вахты. Решения и действия судоводителя определяются текущей навигационной ситуацией, которая, в свою очередь, может быть изменена этими действиями. Эффективность такого взаимодействия детерминируются личностью судоводителя, т.е. человеческим фактором [6]. Редукция этой эффективности приводит к возникновению экстремальной ситуации, т.е. опасной ситуации, обусловленной человеческим фактором.

Основной детерминантой влияния человеческого фактора на навигационную безопасность плавания судна является психологическая устойчивость (ПУ) судоводителя. Таким образом, для оценки человеческого фактора, т.е. совокупности профессиональных, психофизиологических, психологических и социальных характеристик судоводителя, необходимо и достаточно использовать уровень его психологической устойчивости [7]. Уровень ПУ можно определить при помощи известных методик, к числу которых, например, относится тест «Прогноз-2» Ю.В. Рыбникова – результат тестирования здесь отображается в удобной десятибалльной шкале [8].

Таким образом, экстремальная ситуация в работе судоводителя – «...оцениваемая через призму его психологической устойчивости совокупность быстро изменяющихся обстоятельств и условий плавания, несущих угрозу безопасности экипажа, судна и окружающей среды, обладающих свойством новизны для судоводителя и требующие от него максимального проявления его возможностей для принятия и исполнения адекватного ситуации решения с целью минимизации негативных последствий этой ситуации» [4, с. 40]. Для количественной оценки того, насколько ситуация является экстремальной в смысле этого определения, предлагается использовать матрицу (рис. 1), отображающую дискретные значения экстремальности, как функции двух аргументов – ранга сложности навигационной ситуации и уровня психологической устойчивости судоводителя, выполняющего обязанности по несению ходовой навигационной вахты.

Ранг сложности навигационной ситуации определяется по описанной в [4, 9, 10] методике, которая предусматривает оценку известными способами восемнадцати компонент (ветер, волнение, видимость и т.д.) и их математически формализованное сведение к одной величине (рангу сложности).

Уровень психологической устойчивости	1	0,28	0,35	0,38	0,60	0,63	0,74	0,98	1,00	1,00	1,00
	2	0,25	0,32	0,35	0,54	0,58	0,68	0,90	0,94	0,95	0,97
	3	0,22	0,28	0,32	0,49	0,53	0,62	0,81	0,87	0,91	0,93
	4	0,19	0,24	0,29	0,43	0,48	0,57	0,71	0,81	0,86	0,9
	5	0,17	0,22	0,28	0,39	0,44	0,50	0,67	0,72	0,78	0,83
	6	0,14	0,19	0,24	0,33	0,38	0,43	0,57	0,67	0,71	0,76
	7	0,10	0,13	0,20	0,27	0,33	0,40	0,47	0,53	0,60	0,63
	8	0,08	0,11	0,18	0,22	0,29	0,33	0,40	0,46	0,53	0,56
	9	0,05	0,07	0,15	0,16	0,24	0,27	0,31	0,37	0,80	0,90
	10	0,02	0,04	0,12	0,15	0,19	0,21	0,23	0,28	0,90	1,00
E	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	Ранг сложности навигационной ситуации										

Рисунок 1 – Матрица экстремальности

В соответствии с [1] под чрезвычайной ситуацией необходимо понимать «обстановку на определенной территории или акватории, сложившуюся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей» [1, с.1]. Приведенные дефиниции и тот факт, что навигационная авария является безусловным источником ЧС, позволяют сделать выводы об отсутствии пересечения между понятиями «экстремальная ситуация» и «чрезвычайная ситуация», так и о взаимосвязи этих понятий. Экстремальная ситуация переходит в чрезвычайную в момент навигационной аварии, а экстремальность, по сути, является оценкой вероятности ЧС (а, точнее, квазивероятностью).

Вместе с тем, под риском чрезвычайной ситуации следует понимать «...меру опасности чрезвычайной ситуации, сочетающей вероятность возникновения ЧС и ее последствия» [1, с. 2]. В свою очередь управление риском ЧС представляет собой совокупность последовательных процедур, которая включает в себя идентификацию и прогнозирование (оценку) риска, выявление его детерминант, обоснование и реализация мер по изменению состояния этих детерминант с целью достижения такого минимального риска, который только возможен при существующих обстоятельствах и условиях плавания. Указанные меры могут быть направлены как на снижение вероятности возникновения чрезвычайной ситуации, так и на редукцию последствий.

Таким образом, матрица экстремальности может быть использована как инструмент оперативного (во время рейса) и превентивного (на берегу) управления риском чрезвычайных ситуаций в судовождении для оценки (прогнозирования) вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций и обоснованию организационных, технических и образовательных мероприятий по снижению этой вероятности.

Учет человеческого фактора при прогнозировании маневра последнего момента.

Маневр последнего момента в узком (теоретическом) смысле – «точечный» идеальный виртуальный маневр на расхождение со встречным судном, который при движении привилегированного судна по оптимальной, наиболее удаленной от встречного судна, траектории обеспечит безаварийное расхождение с ним на минимально достаточной для этого дистанции.

Оптимальная траектория движения судна здесь определяется таким режимом работы главного двигателя, положением винта регулируемого шага и пера руля, любое изменение которых приведет к уменьшению дистанции расхождения. В свою очередь под минимально

допустимой дистанцией расхождения необходимо понимать такую дистанцию, увеличение которой на некоторую бесконечно малую величину, приведет к аварии.

Характеристикой МПМ в этом смысле являются дистанция и время маневра последнего момента $D_{мпм}$ и $t_{мпм}$, то есть дистанция между судами и время, соответствующие началу выполнения этого маневра.

Однако осуществление такого точного маневра практически невозможно. Поэтому в широком, более практическом смысле под маневром последнего момента необходимо понимать маневр, направленный на безаварийное расхождение и характеризующийся дистанцией начала маневра $D_{мпм}^I$, которая находится в диапазоне $D_{мпм} \leq D_{мпм}^I < D_{доп}$. Дистанция $D_{доп}$ здесь заданное (нормированное) минимальное расстояние между судами, при начале маневрирования на котором обязанного судна будет обеспечено расхождение судов на заданной для текущих условий плавания безопасной дистанции.

Для дистанции $D_{мпм}$ в [11] предложен алгоритм оценки, основанный на рис. 2 и на следующих выражениях:

$$D_{мпм} = \bar{D}_{мпм} + \Delta D_{мпм}, \quad (1)$$

$$\bar{D}_{мпм} = \frac{3,688 \operatorname{tg}(\gamma/2) \Delta (50Ld_{cp} + 1,12L^2 + 28B^2) \sqrt{1 + (v_b/v_a)^2 - 2(v_b/v_a) \cos \gamma}}{d_{cp}^2 \gamma^{0,2465} (L^2 + 25B^2) \left(1 + 0,1d_{cp}/h - 0,71(d_{cp}/h)^2\right)} \times \\ \times \left[-1519 \cdot (\Delta/C_\delta L^2 d_{cp})^3 + 622,96 (\Delta/C_\delta L^2 d_{cp})^2 - 85,926 \Delta/C_\delta L^2 d_{cp} + 4,3384 \right], \quad (2)$$

$$\Delta D_{мпм} = \begin{cases} 7B/\sin \gamma \sqrt{1 + (v_b/v_a)^2 - 2(v_b/v_a) \cos \gamma}, & \text{при } \gamma < 90^\circ \\ 4B/\sin \gamma \sqrt{1 + (v_b/v_a)^2 - 2(v_b/v_a) \cos \gamma}, & \text{при } \gamma \geq 90^\circ. \end{cases} \quad (3)$$

где v_a , v_b – скорости судна a , выполняющего маневр, и судна b ; Δ – массовое водоизмещение маневрирующего судна, L – длина маневрирующего судна по ватерлинии, B – ширина маневрирующего судна по ватерлинии, d_{cp} – средняя осадка маневрирующего судна, γ – угол пересечения курсов, h – глубина моря, C_δ – коэффициент полноты диаметральной плоскости маневрирующего судна, $\Delta D_{мпм}$ – поправку за ширину судов и их гидродинамическое взаимодействие при расхождении.

В соответствии с представленной математической моделью дистанция маневра последнего момента не зависит ни от условий и обстоятельств плавания, ни от индивидуальных особенностей вахтенного помощника капитана. Однако матрица экстремальности позволяет избавиться от этой абстракции.

Чем ниже уровень психологической устойчивости судоводителя и сложнее навигационная ситуация, то есть чем выше экстремальность навигационной ситуации, тем раньше (на большем чем предусмотрено формулами (1)-(3) расстоянии) необходимо предпринять маневр последнего момента, чтобы, в первую очередь, оставить запас времени и пространства для компенсации неуверенных или ошибочных решений и действий судоводителя. Таким образом, маневр последнего момента необходимо начинать при расстоянии между судами $D_{мпм}^E$, которое зависит от экстремальности навигационной ситуации, причем

$D_{\text{мкм}} \leq D_{\text{мкм}}^E < D_{\text{дон}}$. Расстояние между судами $D_{\text{дон}}$ соответствует началу маневра с целью разойтись со встречным судном на заданной минимальной безопасной дистанции $D_{\text{без}}$:

$$D_{\text{дон}} = D_{\text{мкм}} + \frac{B + D_{\text{без}}}{\sin \gamma} \sqrt{1 + \left(\frac{v_b}{v_a}\right)^2 - 2 \cdot \frac{v_b}{v_a} \cdot \cos \gamma}. \quad (4)$$

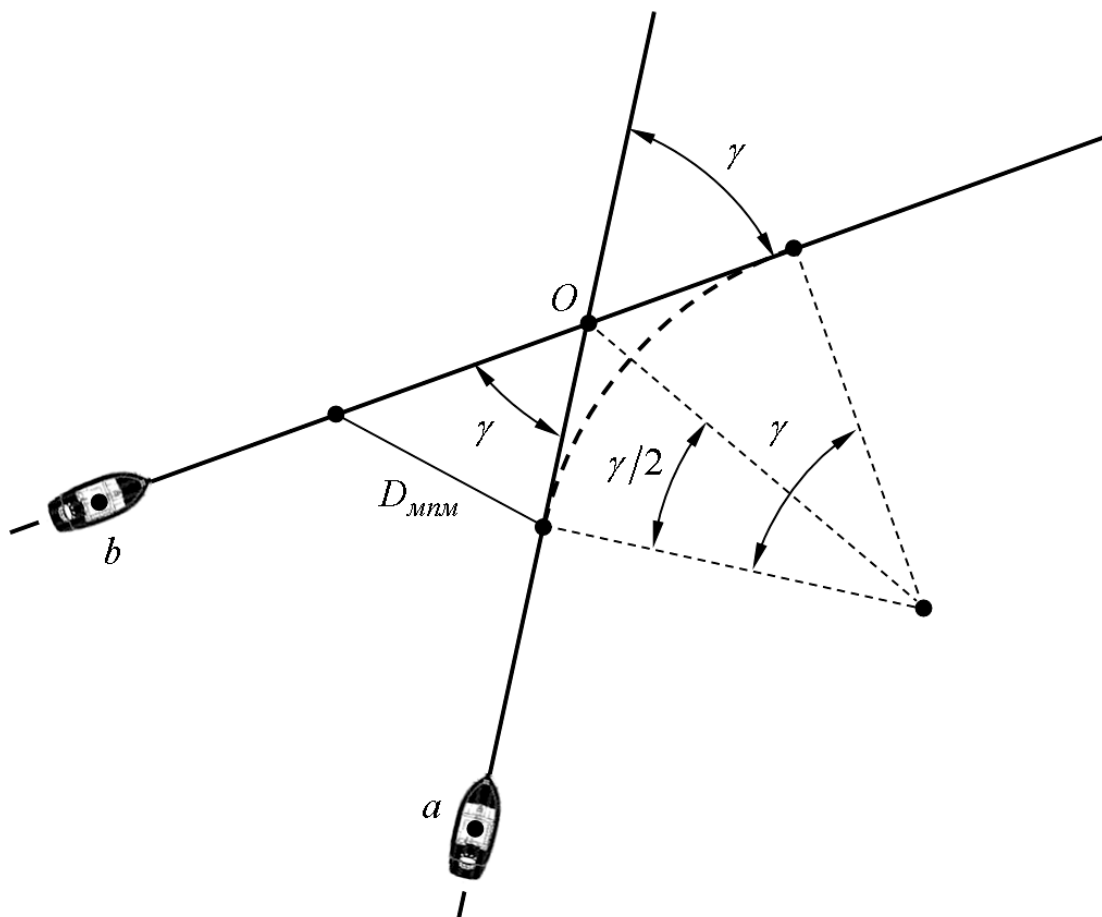


Рисунок 2 – Маневр последнего момента

Условимся, что в пределах диапазона $D_{\text{мкм}} \leq D_{\text{мкм}}^E < D_{\text{дон}}$ расстояние $D_{\text{мкм}}^E$ линейно зависит от экстремальности навигационной ситуации. Тогда:

$$D_{\text{мкм}}^E = D_{\text{мкм}} + E(D_{\text{дон}} - D_{\text{мкм}}) = D_{\text{мкм}} + \frac{E(B + D_{\text{без}})}{\sin \gamma} \sqrt{1 + \left(\frac{v_b}{v_a}\right)^2 - 2 \cdot \frac{v_b}{v_a} \cdot \cos \gamma}. \quad (5)$$

Формулы (1)-(5) дают возможность спрогнозировать дистанцию маневра последнего момента с учетом человеческого фактора.

Использование матрицы экстремальности при определении вероятности появления промаха в измерениях пеленга навигационного ориентира оптическим пеленгатором

Под промахом в навигационных измерениях условимся понимать измерение, результат которого для данных условий резко отличается от остальных результатов измерений этого ряда и с большой долей вероятности не принадлежит этому ряду, а также сам результат такого измерения, содержащий грубую погрешность [12, 13]. Промахи оказывают крайне негативное влияние на точность навигационных измерений, более того, принятие судоводителем решения на основе результатов измерений, являющихся промахами, может привести к возникновению чрезвычайной ситуации.

Для апостериорного определения вероятности появления промаха в измерениях пеленга навигационного ориентира был проведен продолжительный по времени эксперимент, в процессе которого курсанты третьего курса судоводительского факультета, имеющие достаточные знания, умения и опыт в отношении использования по назначению оптического пеленгатора ПГК-2, осуществляли пеленгование отдаленного ориентира. В результате указанного эксперимента была получена апостериорная оценка вероятности промаха $P_0 = 0,077$. Априорная оценка, проведенная в соответствии с методикой, представленной в [14], дала аналогичный результат.

Однако полученное значение вероятности является результатом эксперимента, проведенного без противодействия внешней среды, ограничений по времени, определяется исключительно личными качествами участников эксперимента. Это значение будем считать базовым для обоснования методики вычисления вероятности промаха в реальных условиях плавания, т.е. с учетом экстремальности навигационной ситуации.

Сделаем допущение, что с ростом экстремальности навигационной ситуации вероятность промаха увеличивается по экспоненциальному закону от своего базового значения до единицы:

$$P(E) = e^{a(1-E)}. \quad (6)$$

Для определения коэффициента a будем считать, что при $E = 0$ $P(E) = P_0$, тогда $e^a = P_0$ и $a = \ln P_0$, а функция (6) примет вид:

$$P(E) = e^{(1-E)\ln P_0}. \quad (7)$$

Формула (7) определяет математическую модель приведения базовой вероятности к реальным условиям плавания, или, иначе, математическую модель фактической вероятности появления промаха в измерении пеленга навигационного ориентира оптическим пеленгатором с учетом реальных условий плавания и текущего состояния наблюдателя.

Принимая $P_0 = 0,077$, получаем:

$$P(E) = e^{2,564(E-1)} \dots \quad (8)$$

На рис. 3 представлена зависимость фактической вероятности появления промаха в измерении пеленга оптическим пеленгатором от экстремальности навигационной ситуации.

Представленная математическая модель является приближительной, основанной на допущениях и умозрительных заключениях. Для ее уточнения и повышения достоверности необходимо провести глобальные объемные исследования, основанные на очень большом массиве результатов измерений пеленга, проведенных в реальных условиях плавания.

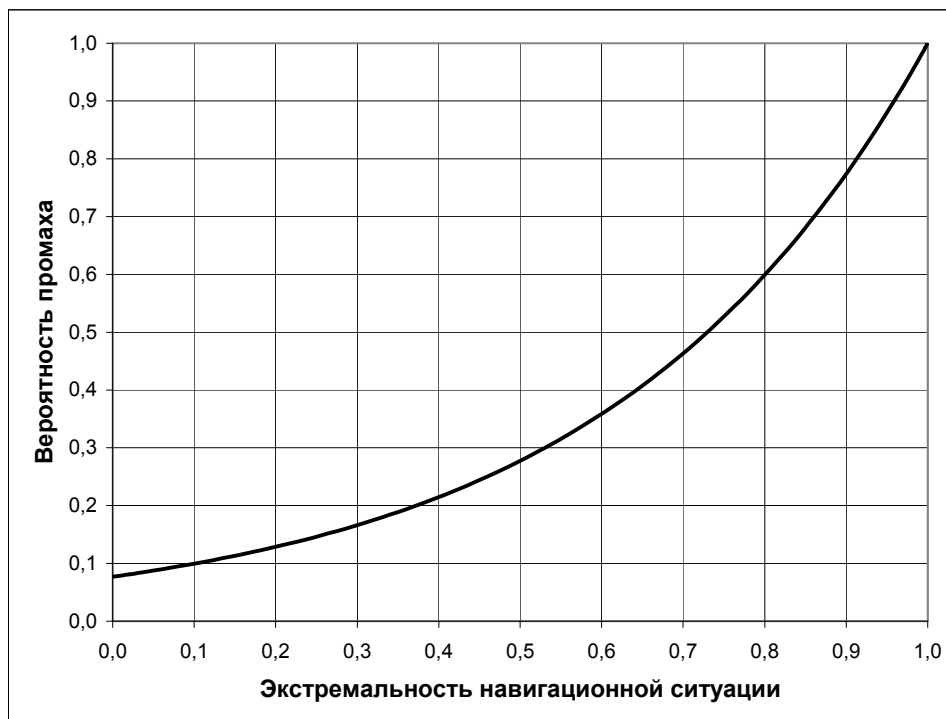


Рисунок 3 – Зависимость фактической вероятности промаха от экстремальности навигационной ситуации

Вместе с тем именно эта модель реализована программным способом, а разработанная в среде MS Excel программа зарегистрирована в Федеральной службе по интеллектуальной собственности РФ (свидетельство о регистрации № 2016618898 от 09 августа 2016 года).

Матрица экстремальности в системе контроля дееспособности вахтенного помощника капитана

Система контроля дееспособности вахтенного помощника капитана (СКДВП) предназначена для мониторинга активности на мостике и выявления недееспособности вахтенного помощника капитана (ВПК), которая может привести к аварии и возникновению чрезвычайной ситуации [15].

Система автоматически предупреждает капитана или другого его помощника, если по какой-либо причине ВПК не может выполнять и не выполняет свои обязанности. Мониторинг дееспособности ВПК обеспечивается периодическими световыми и звуковыми сигналами, инициируемыми на мостике. В случае, если вахтенный помощник не подтверждает их прием, – система предупреждает об этом капитана или его помощника, не находящегося на вахте. Кроме того, СКДВП может обеспечивать вахтенного помощника средством вызова срочной помощи, когда она необходима [15].

В течение установленного межсигнального периода времени (от 3 до 12 мин) сигнализация в СКДВП отсутствует. В конце этого периода на мостике должна инициироваться световая сигнализация. При отсутствии в течение 15 с после появления светового сигнала его подтверждения (сброса кнопкой квитирования) вахтенным помощником на мостике должна автоматически дополнительно подаваться звуковая сигнализация *первого уровня* [15].

По истечении 15 с после включения сигнализации первого уровня, в случае отсутствия сброса тревожного сигнала вахтенным помощником или капитаном, должна подаваться сигнализация *второго уровня* в помещениях капитана и его помощников [15].

Если не будет подтверждения сигнала второго уровня в течение 90 с после его появ-

ления, должна включаться звуковая сигнализация третьего уровня в местах расположения других членов экипажа, способных к принятию мер на мостике. На судах, кроме пассажирских, дистанционная звуковая сигнализация второго и третьего уровня может звучать во всех вышеперечисленных местах одновременно. Если звуковой сигнал тревоги второго уровня подается подобным образом, сигнализация третьего уровня может быть опущена [15].

Для поддержания актуальности величины межсигнального периода для срабатывания сигнализации первого уровня предлагается сделать его зависимым от экстремальности навигационной ситуации. Очевидно, что с увеличением экстремальности значение периода должно уменьшаться. Используя самую простую – линейную – зависимость, для межсигнального периода Td можно записать:

$$Td(E) = 12 - 9 \cdot E [\text{мин.}] \quad (9)$$

Однако совместный анализ алгоритма определения экстремальности навигационной ситуации, наиболее вероятных для практического судовождения значений экстремальности, целей и реальной практики использования СКДВП позволяет вместо (9) использовать следующее выражение:

$$Td(E) = 15(1 - E) [\text{мин.}], \quad (10)$$

тем самым оставив ограничения для межсигнального периода, равные 3-12 мин. только для навигационных ситуаций с экстремальностью от 0,2 до 0,8.

В случае значений меньших, чем 0,2, условия плавания вполне позволяют увеличивать период, а для ситуаций с $E > 0,8$ СКДВП будет отключена капитаном. В любом случае указанные граничные величины требуют более детального обоснования, после проведения которого необходимо будет внести поправки в обязательные требования для СКДВП, установленные резолюцией ИМО MSC.128(75).

Цветовой принцип разделения матрицы экстремальности дает возможность построить и включить в СКДВП еще один прибор – факультативное информативное устройство, предусматривающее цветовую (трехцветную) сигнализацию, которая зависит от значения экстремальности навигационной ситуации, и предназначенное для установки в каюте капитана.

Представление матрицы экстремальности на языках программирования

Современный уровень автоматизации процессов судовождения делает практически бессмысленными новые методы и методики, основанные исключительно на ручном труде (ручных вычислениях). Обоснованный алгоритм определения экстремальности навигационной ситуации позволяет автоматизировать процедуру расчета практически на всех этапах (тестирование, вычисление сложности и непосредственно экстремальности – где полностью, а где частично).

В качестве подтверждения возможности автоматизации в процессе исследования была составлена программа для ЭВМ в самом известном табличном процессоре MS Excel. Программа прошла процедура регистрации в Федеральной службе по интеллектуальной собственности РФ (свидетельство о регистрации №2016661663 от 18 октября 2016 года). Далее представлено краткое описание программы для ЭВМ.

При открытии файла пользователь попадает на страницу основного (главного) меню, где он может выбрать подлежащую решению задачу, каждая из которых соответствует определенному этапу алгоритма определения экстремальности (рис. 4). При нажатии одной из трех кнопок программа отправляет пользователя на необходимую страницу (открывает соответствующее окно).

После перехода на страницу оценки человеческого фактора пользователь указывает

идентификационные данные тестируемого в любой форме, приемлемой для дальнейшего использования (фамилия, имя, отчество или должность, или шифр) и далее нажимает кнопку «Начать тестирование» (рис. 5).

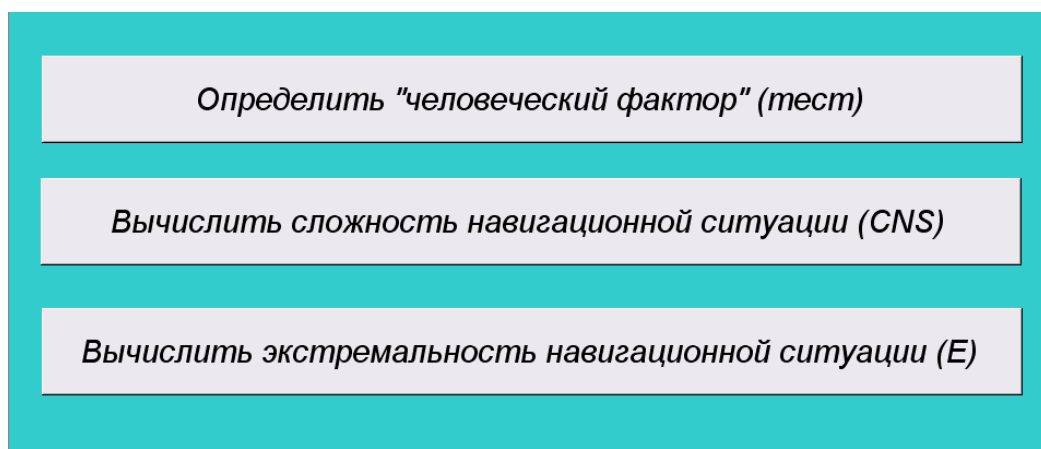


Рисунок 4 – Окно основного меню

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ (оценка HF "человеческого фактора")												
2	Данные тестируемого			Иванов Иван Иванович									
3	Для оценки Вашей психологической устойчивости необходимо ответить на 86 вопросов. Возможные ответы - "да" или "нет" - необходимо выбирать из раскрывающегося списка справа от вопроса. Ответные вопросы окрашиваются в зелёный цвет. После окончания тестирования необходимо нажать соответствующую клавишу внизу страницы, что переведёт Вас на страницу с результатами теста. Для начала тестирования нажмите соответствующую клавишу справа.										Начать тестирование		
4	1	Бывало, что я бросал начатое дело, так как боялся, что не справлюсь с ним										ДА	
5	2	Меня легко переспорить										ДА	
6	3	Я избегаю поправлять людей, которые высказывают необоснованные утверждения										НЕТ	
7	4	Люди проявляют ко мне столько сочувствия и симпатии, сколько я заслуживаю										НЕТ	
8	5	Иногда я бываю уверен, что другие люди знают, о чем я думаю											
9	6	Бывали случаи, что я не сдерживал своих обещаний										ДА НЕТ	
10	7	Временами я бываю совершенно уверен в своей никчемности											
11	8	У меня никогда не было столкновений с законом											

Рисунок 5 – Окно оценки человеческого фактора (начало тестирования)

Ответы тестируемый выбирает из выпадающего списка, и после выбора ответа текст вопроса меняет свой цвет с черного на зеленый (рис. 5).

После того, как напротив каждого из вопросов появится свой ответ, пользователю необходимо нажать кнопку «Окончить тестирование» (рис. 6), которая перенаправляет его на страницу результатов тестирования (рис. 7). На этой странице отображается количественная оценка уровня психологической устойчивости и соответствующая ей качественная оценка.

После перехода из основного меню на страницу вычисления сложности навигационной ситуации (рис. 8) пользователь должен ввести название судна, район плавания и для каждой компоненты навигационной ситуации из выпадающего списка выбрать ее текущее состояние. При этом дата и время вводятся автоматически.

После того, как для всех компонент будут установлены свои текущие фактические множества, программа рассчитывает и отображает непосредственно сложность (от 0 до 1), ранг сложности, а также качественную характеристику навигационной ситуации (рис. 9).

Используемые в современном судовождении датчики навигационной и иной информации позволяют посредством соответствующих интерфейсов осуществлять ввод данных

для описываемой страницы автоматически, при этом сложность навигационной ситуации будет обновляться настолько быстро, насколько обновляется внешняя информация, т.е. практически непрерывно.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
85	82	Часто у меня бывает такое ощущение, будто все вокруг нереально											
86	83	Когда я слышу об успехах близкого знакомого, я начинаю чувствовать, что я неудачник											НЕТ
87	84	Бывает, что мне в голову приходят плохие, часто даже ужасные слова, и я никак не могу от них отвязаться											ДА
88	85	Иногда я стараюсь держаться подальше от того или иного человека, чтобы не сделать или не сказать чего-нибудь такого, о чем потом сожалею											НЕТ
89	86	Часто, даже когда все складывается для меня хорошо, я чувствую, что мне все безразлично											
90													ДА
91													НЕТ
92		Окончить тестирование											
93		Меню											
94													
95													
96													
97													
98													
99													
100													

Рисунок 6 – Окно оценки человеческого фактора (окончание тестирования)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ (оценки HF "человеческого фактора")												
2	Данные тестируемого		Иванов Иван Иванович										
3	Уровень ПУ (величина HF) по десятибалльной шкале											2	
4	Качественная характеристика психологической устойчивости												
5	Неудовлетворительная психологическая устойчивость или психологическая неустойчивость (4-я степень ПУ). Очень велика вероятность срывов, неадекватных действий не только в экстремальных, но и в нормальных условиях.												
6	Искренность тестируемого при ответах составляет 100%												
7													
8													
9	Меню												
10	Вернуться к тесту												
11													

Рисунок 7 – Окно результатов оценки человеческого фактора

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	ВЫЧИСЛЕНИЕ СЛОЖНОСТИ НАВИГАЦИОННОЙ СИТУАЦИИ (CNS)												
2	Дата и время		21.08.2016 23:11		Судно		"Oslo Bulk 3"						
3	Район плавания			пролив Зунд									
4	Вид акватории плавания					зона прибрежного плавания							
5	Глубина					глубокая вода							
6	Обеспеченность акватории плавания средствами навигационного оборудования					отличная (зоны действия СНО перекрываются)							
7	Наличие подводных или надводных препятствий					препятствия редкие							
8	Сила ветра					безветрие (0 баллов)							
9	Курсовой угол ветра					безветрие (0 баллов) слабый ветер (1-3 балла) сильный ветер (4-6 баллов) крепкий ветер (7-8 баллов) штормовой ветер (9-12 баллов)							
10	Сила волнения					жестокое волнение (6-9 баллов)							

Рисунок 8 – Окно вычисления сложности навигационной ситуации (верхний сегмент)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
20	Длина судна						более 200 м						
21	Местные правила						менее 40 м от 40 до 100 м от 100 до 200 м более 200 м						
22	СЛОЖНОСТЬ НАВИГАЦИОННОЙ СИТУАЦИИ (CNS)										0,775		
23	РАНГ СЛОЖНОСТИ НАВИГАЦИОННОЙ СИТУАЦИИ										8		
24	<i>Качественная характеристика навигационной ситуации</i> Тяжёлая навигационная ситуация												
25	Для обеспечения безопасности плавания от судоводителя требуется постоянная предельная концентрация внимания, максимальное проявление знаний, опыта и умения принимать нестандартные решения. Ошибка судоводителя, как правило, приводит к возникновению аварийной ситуации.												
26													
27													
28													
29													
30													
31													
32													

Рисунок 9 – Окно вычисления сложности навигационной ситуации (нижний сегмент)

В окне вычисления экстремальности навигационной ситуации (рис. 10) пользователь может ввести значения ранга сложности и человеческого фактора вручную, или, нажав соответствующие кнопки, использовать рассчитанные в программе значения.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	ВЫЧИСЛЕНИЕ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ НАВИГАЦИОННОЙ СИТУАЦИИ												
2	Дата и время				21.08.2016 23:11			Судно		"Oslo Bulk 3"			
3	Район плавания					против Зунд							
4	Ранг сложности навигационной ситуации							9		<input type="button" value="Ввести рассчитанное значение"/>			
5	Человеческий фактор (уровень ПУ)							5		<input type="button" value="Ввести рассчитанное значение"/>			
6	ЭКСТРЕМАЛЬНОСТЬ										0,78		
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													

Рисунок 10 – Окно вычисления экстремальности навигационной ситуации

Поле результата вычисления экстремальности окрашивается в зеленый, желтый или красный цвет в зависимости от того, к какой зоне матрицы относится рассчитанное программой значение.

Любое из окон программы позволяет в любой момент перейти в основное меню.

Заключение

Алгоритм метода количественной оценки влияния человеческого фактора навигационную безопасность плавания судна, основанный на матрице экстремальности, даёт возможность интегрировать его во многие процессы, связанные с судовождением и содержащими риск чрезвычайной ситуации. Кроме проведённых примеров интеграции (прогнозирование времени начала маневра последнего момента, оценка вероятности возникновения промаха в определении пеленга, определение межсигнального периода в СКДВП), матрица экстремальности имеет потенциал и во многих других секторах мореплавания.

Так, представленная матрица даст возможность лицам, проводящим расследование морских аварий и инцидентов, количественно с учётом человеческого фактора оценить ситуацию, в которой произошел аварийный случай.

Ещё одной предполагаемой сферой применения предложенной матрицы и метода оценки экстремальности, на ней основанном, является система поддержки принятия решений (СППР). Так, например, СППР для выполнения маневра последнего момента для учета обстоятельств и условий плавания и человеческого фактора может использовать в своей структуре именно матрицу экстремальности.

В структуре СППР матрица экстремальности может играть роль некоторого фильтра. В случае навигационных ситуаций с низкой экстремальностью система будет работать с меньшей нагрузкой, отдавая приоритет самостоятельным решениям судоводителям, и, наоборот, при навигационных ситуациях с высоким, «красным», уровнем экстремальности СППР будет не только предлагать оптимальные решения, но и исполнять их.

Матрица экстремальности разработана в целях оценки влияния человеческого фактора на безопасность мореплавания. Однако предложенный подход может быть адаптирован для его практической реализации и в других отраслях, где также значима роль человеческого фактора. В более далёкой перспективе можно будет рассмотреть об унификации матрицы экстремальности, что даст возможность использовать её в любой отрасли в оригинальном универсальном виде.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 22.0.02-2016. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2016. 11 с.
2. ПРАИМ-2013. Положение о расследовании аварий или инцидентов на море. СПб.: ЦНИИМФ. 2014. 48 с. (Серия «Судовладельцам и капитанам», вып. № 24).
3. Ермаков С.В. Концепция матрицы экстремальности // В мире научных открытий, 2012. № 5.2(29). С. 191-208.
4. Ермаков С.В. Превентивное регулирование человеческого фактора в морском судовождении // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова, 2016. № 5(39). С. 39-50.
5. Ермаков С.В. Формализация и содержание понятия «навигационная ситуация» // Эксплуатация морского транспорта, 2012. № 4(70). С. 17-21.
6. Ермаков С.В. Анализ системы «судоводитель в ситуации» // Вестник МГТУ, 2013. Т. 16. № 4. С. 699-703.
7. Ермаков С.В. Психологическая устойчивость судоводителя как основная детерминанта влияния человеческого фактора на навигационную безопасность судна // Безопасность жизнедеятельности, 2013. № 5. С. 14-19.
8. Берг Т.Н. Нервно-психическая неустойчивость и способы ее выявления. Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2005. 63 с.
9. Ермаков С.В. Экспертное оценивание как основа построения метода формализованной оценки сложности навигационной ситуации // Журнал университета водных коммуникаций, 2013. Вып. 2(18). С. 122-128.
10. Ермаков С.В. Метод формализованной оценки сложности навигационной ситуации // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, 2014. Вып. 4. С. 26-31.
11. Ермаков С.В. Математическая модель маневра последнего момента с пассивным фактором // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, 2015. № 2(30). С. 41-48.
12. Ермаков С.В. Промахи в навигационных измерениях. Калининград: Изд-во

БГАРФ, 2015. 106 с.

13. Ермаков С.В. Методика сравнительного анализа критериев выявления промахов в измерениях навигационных параметров // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова, 2016. № 1(35). С. 15-23.

14. Михальский В.А., Катенин В.А. Метрология в кораблевождении и решение задач навигации. СПб.: Элмор, 2009. 288 с.

15. Вагущенко Л.Л. Современные информационные технологии в судовождении. Одесса: Одесская Национальная Морская Академия, 2013. 134 с.

REFERENCES

1. GOST R 22.0.02-2016. *Bezopasnost' v chrezvychaynykh situatsiyakh. Terminy i opredeleniya* [Safety in emergencies. Terms and definitions]. Moscow: Standartinform Publ., 2016. 11 p.

2. PRAIM-2013. *Polozhenie o rassledovanii avariyy ili intsidentov na more* [Regulations for Marine Casualty or Marine Incident Investigation Procedures.]. Saint-Petersburg: TsNIIMF Publ., 2014. 48 p. (*Seriya «Sudovladel'tsam i kapitanam», vyp. № 24*).

3. Ermakov S.V. *Kontseptsiya matritsy ekstremal'nosti* [The Matrix of Extremality's Conception] *V mire nauchnykh otkrytiy*, 2012. No. 5.2(29), pp. 191-208.

4. Ermakov S.V. *Preventivnoe regulirovanie chelovecheskogo faktora v morskoy sudovozhdenii* [Preventive regulation of the human factor in marine navigation] *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S.O. Makarova*, 2016. No. 5(39), pp. 39-50.

5. Ermakov S.V. *Formalizatsiya i sodержание ponyatiya «navigatsionnaya situatsiya»* [Formalization and the content of term «Navigational situation»] *Ekspluatatsiya morskogo transporta*, 2012. No. 4(70), pp. 17-21.

6. Ermakov S.V. *Analiz sistemy «sudovoditel' v situatsii»* [Analyze of system «Navigator in the situation»] *Vestnik MGTU*, 2013. T. 16. No. 4, pp. 699-703.

7. Ermakov S.V. *Psikhologicheskaya ustoychivost' sudovoditelya kak osnovnaya determinanta vliyaniya chelovecheskogo faktora na navigatsionnyuyu bezopasnost' sudna* [Psychological stability of navigator, as the primary determinant of human factor influence on the navigational safety of the vessel] *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*, 2013. No. 5, pp. 14-19.

8. Berg T.N. *Nervno-psikhicheskaya neustoychivost' i sposoby ee vyyavleniya* [Nervous and mental instability and methods of its detection]. Vladivostok: Mor. gos. un-t, 2005. 63 p.

9. Ermakov S.V. *Ekspertnoe otsenivanie kak osnova postroyeniya metoda formalizovannoy otsenki slozhnosti navigatsionnoy situatsii* [Expert evaluation as the basis of building method of formalized assessment of complexity of navigational situation] *Zhurnal universiteta vodnykh kommunikatsiy*, 2013. Vol. 2(18), pp. 122-128.

10. Ermakov S.V. *Metod formalizovannoy otsenki slozhnosti navigatsionnoy situatsii* [Method of formalized assessment of complexity of navigational situation] *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*, 2014. Vol. 4, pp. 26-31.

11. Ermakov S.V. *Matematicheskaya model' manevra poslednego momenta s passivnym faktorom* [Mathematical model of last moment maneuver with passive factor] *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*, 2015. No. 2(30), pp. 41-48.

12. Ermakov S.V. *Promakhi v navigatsionnykh izmereniyakh* [Outlier in navigation measurements]. Kaliningrad: Izd-vo BGARF, 2015. 106 p.

13. Ermakov S.V. *Metodika sravnitel'nogo analiza kriteriev vyyavleniya promakhov v izmereniyakh navigatsionnykh parametrov* [Method of comparative analysis of criteria for the identi-



fication outlier in the measurements navigation parameters] *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S.O. Makarova*, 2016. № 1(35), pp. 15-23.

14. Mikhal'skiy V.A., Katenin V.A. *Metrologiya v korablevozhdenii i reshenie zadach navigatsii* [Metrology in navigation and solving navigation problems]. Saint-Petersburg. Elmor Publ., 2009. 288 p.

15. Vagushchenko L.L. *Sovremennye informatsionnye tekhnologii v sudovozhdenii* [Modern information technologies in navigation]. Odessa: Odesskaya Natsional'naya Morskaya Akademiya, 2013. 134 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Бондарев Виталий Александрович

Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия, кандидат технических наук, профессор кафедры судовождения, декан судоводительского факультета,

E-mail: dekanat_swf@bga.gazinter.net.

Ермаков Сергей Владимирович

Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия, старший преподаватель кафедры судовождения,

E-mail: esv.klgd@mail.ru.

Bondarev Vitaliy Aleksandrovich

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia, Candidate of Technical Science, Professor of Navigation Department, Dean of Navigation Faculty,

E-mail: dekanat_swf@bga.gazinter.net.

Ermakov Sergey Vladimirovich

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia, Senior Lecturer of Navigation Department,

E-mail: esv.klgd@mail.ru.

Корреспондентский почтовый адрес и телефон для контактов с авторами статьи:
236035, Калининград, ул. Молодежная, 6, «БГАРФ» ФГБОУ ВО «КГТУ».

Бондарев В.А. 8(4012)925078, Ермаков С.В. 89114594119