

ПРЕВЕНТИВНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА В МОРСКОМ СУДОВОЖДЕНИИ

Приведено обоснование метода количественной оценки влияния человеческого фактора на навигационную безопасность плавания судна, который положен в основу превентивного регулирования человеческого фактора в процессе судовождения. Алгоритм метода включает в себя три самостоятельных блока. Первый из них предполагает вычисление ранга сложности навигационной ситуации (безотносительно к человеческому фактору), итог которого отображается по десятибалльной шкале. Второй блок представляет собой определение (тестирование) уровня психологической устойчивости судоводителя, который в контексте обоснованного алгоритма является количественной оценкой человеческого фактора безотносительно к навигационной ситуации и также отображается по десятибалльной шкале. Третий, заключительный блок алгоритма, включает в себя расчёт экстремальности навигационной ситуации как функции ранга сложности и человеческого фактора, которая представлена в матричном виде в шкале, свойственной для величин с вероятностным смыслом. По своей сути, экстремальность одновременно представляет собой количественную оценку влияния человеческого фактора на навигационную безопасность плавания судна и квазивероятность возникновения чрезвычайной ситуации, источником которой является навигационная авария. Структура метода позволяет формировать комплекс технических, организационных и образовательных мероприятий по регулированию человеческого фактора в морском судовождении с целью предупреждения возникновения чрезвычайных ситуаций.

Матрица экстремальности предполагает различные направления ее применения в практическом судовождении. В первую очередь, это системы поддержки принятия решения судоводителем, где величина экстремальности навигационной ситуации будет определять нагрузку системы. Кроме того, предложенный метод может быть использован при построении конвенционных систем контроля дееспособности вахтенного помощника капитана для дифференциации межсигнального промежутка времени при расследовании морских аварий и инцидентов с целью адекватной оценки их обстоятельств и во многих других случаях.

Ключевые слова: навигационная ситуация, сложность, экстремальность, человеческий фактор.

Введение

На протяжении всей истории освоения человечеством морей и океанов основной задачей являлось обеспечение безопасности мореплавания. До конца прошлого века эта задача решалась только двумя способами. Первый способ заключался в нормировании движения судов на море, когда путём принятия различных конвенций, резолюций и других нормативно-правовых актов различных уровней императивности международное морское сообщество пыталось обезопасить процесс мореплавания в отношении людей, судов, грузов и окружающей среды. Второй способ — совершенствование конструкций судов, технических средств, технологий различных процессов (в том числе и судовождения) — инициировал повышение безопасности мореплавания за счёт интенсификации научно-технического прогресса. Однако любые, пусть даже самые строгие, нормы морского права (содержащиеся в различных правилах, законах и т. п.) с умыслом или без него (как вариант или без такового) могут быть нарушены человеком, а вся надёжность, точность и безупречность суперсовременных технических средств может превратиться в «ничто» вследствие одной-единственной ошибки судоводителя. В обоих случаях значительно повышается вероятность возникновения чрезвычайной ситуации, а следовательно, риск для людей, судна и окружающей среды.

Таким образом, развитием только двух компонент (технической и нормативной) нельзя добиться обеспечения максимально возможного уровня безопасности мореплавания и снижения аварийности мирового морского флота, анализ которой показывает, что, например, число столкновений судов в море в общей доле аварийности вообще не снижается, и тенденция на их уменьшение

сегодня не просматривается. Вместе с тем около 80 % морских аварий и инцидентов происходит по вине человека [1], или, иными словами, основной причиной происшествий является так называемый «человеческий фактор».

Негативные последствия недооценки влияния человеческого фактора на безопасность мореплавания были осознаны мировым морским сообществом только ближе к концу прошлого столетия, когда серьёзные аварии морских судов стали следовать одна за другой, а последствия этих аварий становились всё катастрофичнее. С этого момента исследование проблемы влияния человеческого фактора на безопасность мореплавания является наиболее актуальным из направлений научных исследований, проводимых как на международном, так и на национальных уровнях. В число основных задач, возникающих перед наукой в контексте таких исследований, входит среди прочих задача оценки, учёта и прогнозирования влияния человеческого фактора на безопасность мореплавания, решение которой связано и непосредственно зависит от наличия методов количественной оценки такого влияния. Наибольший вклад в исследование проблемы человеческого фактора в судоходстве внесли такие учёные, как Ф. М. Кацман [2], А. Е. Сазонов [3], [4], С. В. Смоленцев [5], В. Д. Клименко [3], [6] – [9], М. Л. Маринов [9] – [15], А. А. Даниленко [16], М. А. Котик [17] и др. Практически на каждой рабочей сессии Комитета по безопасности на море Международной морской организации (ИМО) рассматриваются вопросы, касающиеся человеческого фактора.

Вместе с тем необходимо констатировать, что методов количественной оценки влияния человеческого фактора на безопасность мореплавания (и, в частности, на навигационную безопасность плавания судна), обладающих свойствами простоты и адекватности одновременно, общепризнанных и применяемых как на судах, так и в компаниях в рамках и в качестве необходимого элемента системы управления безопасностью в настоящее время не существует [18].

В настоящей статье представлены итоговые результаты обоснования метода количественной оценки влияния человеческого фактора на навигационную безопасность плавания судна, являющегося основой превентивного регулирования человеческого фактора в процессе судоходства.

Обоснование методологической основы

На борту судна судоводитель постоянно решает две взаимосвязанные задачи: расчёт целенаправленного, наивыгоднейшего с точки зрения выполнения судном рейсового задания и безопасного в навигационном отношении пути судна, а также контроль действительного местоположения судна и его фактических элементов движения. Иными словами, в процессе своей работы судоводитель должен обеспечивать именно навигационную безопасность судна. Следовательно, при исследовании сегмента проблемы влияния человеческого фактора на безопасность мореплавания, связанного с процессом судоходства и судоводителями, необходимо ограничивать понятие «безопасность мореплавания» навигационной безопасностью, т. е. безопасностью судна как управляемого подвижного объекта.

В свою очередь, навигационная безопасность плавания судна в конкретный момент времени определяется текущим состоянием и качеством результата на выходе некоторой системы «судоводитель в ситуации» (рис. 1) [19]. Количественно этот результат предлагается оценивать таким показателем, как экстремальность, который определяет насколько навигационная ситуация является экстремальной. В свою очередь, экстремальная ситуация в работе судоводителя — это оцениваемая через призму его психологической устойчивости совокупность быстро изменяющихся обстоятельств и условий плавания, представляющих угрозу безопасности экипажа, судна и окружающей среды, обладающих свойством новизны для судоводителя и требующих от него максимального проявления его возможностей для принятия и исполнения адекватного ситуации решения с целью минимизации негативных последствий этой ситуации [20].

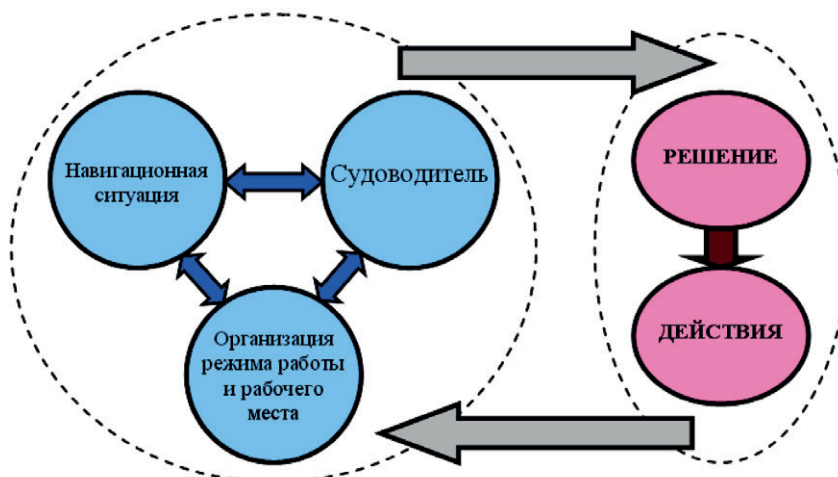


Рис. 1. Система «судоводитель в ситуации»

Таким образом, внешняя профессиональная среда всегда опосредована личностью судоводителя, причём поведение его содержит признаки, обусловленные внешней средой. Одновременно судоводитель не исполняет по отношению к навигационной ситуации роль «ведомого». Комплекс личностных характеристик судоводителя определяет его подготовленность к встрече с различными объективными и субъективными препятствиями, а также его устойчивость к вероятным отрицательным воздействиям со стороны профессиональной среды. Отсюда экстремальность — это не просто характеристика внешней среды или навигационной ситуации, а показатель специфического состояния системы «судоводитель в ситуации», изменяющийся в определенном интервале в зависимости от различных факторов [19].

Очевидно, что экстремальность системы «судоводитель в ситуации» (экстремальность навигационной ситуации) является количественной оценкой влияния человеческого фактора на навигационную безопасность плавания судна. В общем случае экстремальность E можно представить как следующую функцию двух аргументов:

$$E = f(CNS, HF), \quad (1)$$

где CNS — сложность навигационной ситуации (Complexity of Navigational Situation); HF — комплексный показатель, характеризующий психологическое состояние судоводителя и его поведение (Human Factor).

Формула (1) является методологической основой для оценки влияния человеческого фактора на навигационную безопасность плавания судна.

В качестве основополагающих при обосновании метода были использованы следующие принципы:

- принцип рационального соотношения простоты и валидности (адекватности) метода оценки;
- принцип соблюдения границ знаний об объекте;
- принцип обязательности учёта психологических и физиологических аспектов;
- принцип индивидуальности;
- принцип системности;
- принцип допустимости экспертного оценивания;
- принцип презумпции компетентности и здоровья судоводителя;
- принцип практической применимости результата.

Формализованная оценка сложности навигационной ситуации

Навигационная ситуация является одним из элементов системы «судоводитель в ситуации» (см. рис. 1), а её сложность — одной из детерминант, определяющих влияние человеческого фак-

тора на навигационную безопасность плавания судна. Таким образом, в начале разработки метода количественной оценки такого влияния необходимо создать алгоритм оценки сложности навигационной ситуации. Под навигационной ситуацией в общем случае 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 определённый момент времени [21].

Анализ морской практики позволяет выделить следующий конечный ряд компонент навигационной ситуации [21]: размеры акватории, глубина, оснащённость района средствами навигационного обеспечения, наличие надводных и подводных препятствий, скорость ветра, направление ветра относительно судна — курсовой угол ветра, сила волнения, направление волнения относительно судна — курсовой угол волнения, скорость течения, направление течения относительно судна — курсовой угол течения, видимость, ледовая обстановка, обледенение, интенсивность и плотность движения судов, количество опасных целей, скорость судна, размеры судна, организационные компоненты — качество и количество правил (норм), особенным образом регламентирующие плавание в отдельно взятом районе. Вместе с тем типовой навигационной ситуацией является совокупность значений характеристик всё тех же компонент в некоторый момент или отрезок времени, при этом каждое из значений принадлежит к своему конечному множеству [21].

В результате содержательного анализа компонент навигационной ситуации были сформированы конечные множества значений характеристик компонент навигационной ситуации, принадлежность к которым можно определить как по качественному, так и по количественному описанию множества. Для примера в табл. 1 представлены множества значений характеристик для двух компонент.

Таблица 1

Компоненты навигационной ситуации и множества значений их характеристик (пример)

Название компоненты	Множества				
	0	1	2	3	4
Скорость ветра	Безветрие	Слабый, 1 – 3 балла	Сильный, 4 – 6 баллов	Крепкий, 7, 8 баллов	Штормовой, 9 – 12 баллов
Ледовая обстановка	Лёд отсутствует	Лёгкая, льдом покрыто не более 20 % видимой поверхности моря	Умеренная, льдом покрыто 20 – 50 % видимой поверхности моря	Средней тяжести, льдом покрыто 50 – 80 % видимой поверхности моря	Тяжёлая, льдом покрыто более 80 % видимой поверхности моря

Каждой компоненте навигационной ситуации соответствует от двух до пяти множеств, при этом чем больше номер множества, к которому принадлежит текущее значение характеристики компоненты, тем сложнее навигационная ситуация (при прочих равных условиях).

В основу оценки был положен количественный критерий, выраженный следующим образом:

$$CNS = 1 - (1 - K_2) \cdot (1 - K_3) \cdot \dots \cdot (1 - K_{17}) \cdot (1 - K_{18}), \quad (2)$$

где $K_2, K_3, \dots, K_{17}, K_{18}$ — коэффициенты, определяющие состояние соответствующей компоненты навигационной ситуации.

Восприятие навигационной ситуации, а следовательно, определение её сложности, в акваториях, относящихся к различным зонам (их три — зона открытого моря, зона прибрежного плавания и зона стесненного плавания), отличается принципиально, а компоненты имеют различный вес. Поэтому коэффициент K_1 в формулу (2) не включён, а акватория плавания учитывается тем, что для каждой зоны имеет место свой набор коэффициентов. Таким образом, основной задачей при разработке метода формализованной оценки сложности навигационной ситуации было определение трёх наборов (по количеству видов акватории) по 54 базовых коэффициента, каждый из которых соответствует определённому множеству.

Для определения значения базовых коэффициентов было проведено экспертное оценивание, в процессе которого были решены две задачи ранжирования: по степени сложности двадцати описанных навигационных ситуаций и компонент по их значимости при определении сложности навигационной ситуации в акватории каждого вида [22].

В итоге многоступенчатой обработки результатов экспертного оценивания были получены значения базовых коэффициентов. Для примера в табл. 2 представлены значения базовых коэффициентов для двух компонент.

Таблица 2

Расчётные коэффициенты

Номер компоненты	Вид акватории	Номер множества			
		1	2	3	4
5	$j = 1$	0,040	0,081	0,121	0,161
	$j = 2$	0,044	0,088	0,132	0,176
	$j = 3$	0,037	0,073	0,110	0,147
12	$j = 1$	0,028	0,056	0,084	0,112
	$j = 2$	0,043	0,086	0,128	0,171
	$j = 3$	0,024	0,048	0,072	0,095

Рассчитанное по выражению (2) значение сложности навигационной ситуации (CNS) позволяет получить ещё одну, более удобную для использования в практических целях, количественную характеристику навигационной ситуации — ранг её сложности.

Таблица 3

Ранги сложности навигационной ситуации и их описание

CNS	Ранг сложности	Лингвистическое наименование рангов и общее описание навигационных ситуаций
От 0,95	10	Критически тяжёлые навигационные ситуации. Плавание судна опасно и нежелательно. Велика вероятность гибели судна
От 0,85 до 0,95	9	Тяжёлые навигационные ситуации. 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
От 0,75 до 0,85	8	
От 0,65 до 0,75	7	Навигационные ситуации средней тяжести (умеренные). Для обеспечения безопасности плавания от судоводителя требуется постоянная концентрация внимания, проявление знаний, опыта. Быстрые возвратные действия при совершении ошибки позволят судоводителю не допустить возникновения аварийной ситуации
От 0,55 до 0,65	6	
От 0,45 до 0,55	5	Нормальные навигационные ситуации. Для обеспечения безопасности плавания судоводителю достаточно действовать в соответствии с общепринятыми алгоритмами, знания о которых получены во время теоретической подготовки. У судоводителя существует достаточно времени для исправления своей ошибки
От 0,35 до 0,45	4	
От 0,25 до 0,35	3	Лёгкие навигационные ситуации. Для обеспечения безопасности плавания от судоводителя требуется минимум стандартных действий. Ошибка судоводителя не критична
От 0,15 до 0,25	2	
До 0,15	1	Сверхлёгкие навигационные ситуации. Для обеспечения безопасности плавания от судоводителя, кроме надлежащего наблюдения, каких-либо действий не требуется

В табл. 3 [23] показано, как взаимосвязаны значения CNS и ранга сложности и дано лингвистическое наименование и общее качественное описание навигационных ситуаций рангов. Результаты экспертной оценки, полные наборы коэффициентов и более подробное описание метода формализованной оценки сложности навигационной ситуации представлены в работах [21] – [23].

Количественная оценка человеческого фактора

Одним из аргументов формулы (1) является «изолированный» человеческий фактор. Смысл изолированности заключается в том, что этот аргумент должен быть определён безотносительно к навигационной ситуации. Иными словами, «изолированный» человеческий фактор, подразумеваемая «общение» судоводителя с судном и техническими средствами (и проявляясь только при этом взаимодействии), никак не связан с конкретной навигационной ситуацией как отображением состояния внешней рабочей среды.

Сама идея оценки человеческого фактора, на первый взгляд, кажется несколько некорректной. Однако необходимо признать, что существуют объективные причины необходимости его формализации. Вместе с тем в процессе разработки методики оценки человеческого фактора появляется ряд труднопреодолимых препятствий. Действительно, человек — такая сложная, мультикомпонентная, гипердинамичная, и, главное, труднопрогнозируемая субстанция, что создание подобной методики кажется чуть ли не утопией. Для судна можно создать модель, изучить её в бассейне и сделать определённые, довольно-таки точные выводы о свойствах судна-прототипа. Проведение подобных операций с человеком на настоящем этапе развития науки невозможно [24]. Одновременно нельзя не заметить, что теория допускает создание моделей, описывающих любые явления, процессы и предметы, и человек здесь не исключение. Проблемой является способность добиться максимальной адекватности и правдоподобия модели.

Таким образом, один из вопросов, подлежащих решению при разработке методики оценки человеческого фактора, — это нахождение компромисса между адекватностью и простотой, второй вопрос — оценка составляющих психологического состояния, обладающих значительной динамикой. Действительно, такие параметры, как физическая усталость и психическая напряжённость в течение рейса варьируются в значительных пределах, что влечёт за собой изменчивость оценки психологического состояния.

Скорость судна, его курс и многие другие параметры отображаются в режиме реального времени на соответствующих индикаторах. Трудно представить себе прибор, аналоговый или цифровой, индикатор которого будет отображать текущее психологическое состояние судоводителя. Конечно, можно возложить на капитана судна (или иное лицо) обязанность по мониторингу психологического состояния вахтенного помощника с использованием какой-либо методики, но такой контроль не будет непрерывным хотя бы из-за того, что у капитана достаточно иных обязанностей по обеспечению безопасности мореплавания, а любая дискретность в подобном мониторинге противоречит его целям и самой сущности оценки. Решением этой проблемы может служить замена динамических параметров при определении количественной оценки человеческого фактора такой их характеристикой, как устойчивость. Например, вместо психической напряжённости судоводителя будет оцениваться его способность противостоять негативным последствиям психической напряжённости, или, иначе, способность судоводителя (его психики), находящегося в состоянии напряжённости, поддерживать иные параметры — статические компоненты человеческого фактора (реакция, дисциплинированность, внимательность и т. п.) постоянными. Иными словами, оценку психологического состояния судоводителя предлагается заменить оценкой его психологической устойчивости, которую можно получить априори как в количественном, так и в качественном виде при помощи известных методик, основанных на тестах [24]. При этом психологическая устойчивость обладает большой временной инертностью, не изменяясь для взрослого человека в течение продолжительного промежутка времени (её можно считать постоянной как минимум в течение одного рейса).

Для определения уровня психологической устойчивости (УПУ) судоводителя предлагается использовать немного модернизированную методику «Прогноз-2» В. Ю. Рыбникова, основанную на тесте, состоящем из 86 вопросов. Итогом применения методики является выраженный количественно (по десятибалльной шкале) УПУ судоводителя (табл. 4).

Таблица 4

Интерпретация результатов тестирования по методике «Прогноз-2»

Уровень психологической устойчивости	Качественная лингвистическая характеристика
1	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
2	
3	
4	Удовлетворительная психологическая устойчивость (3-я степень ПУ). Срывы, неадекватные действия вероятны в экстремальных ситуациях, при значительных физических и психических нагрузках
5	
6	
7	Хорошая психологическая устойчивость (2-я степень ПУ). Срывы маловероятны. Все действия, как правило, адекватны
8	
9	
10	Высокая психологическая устойчивость (1-я степень ПУ). Присутствует склонность к ригидности

Валидность, надёжность и достоверность выбранной методики была исследована и в результате подтверждена по двум разнесённым по времени тестированиям курсантов БГАРФ 3 – 6-го курсов специальности «Судовождение» (109 человек), а также сопоставлением с результатами продолжительных наблюдений за поведенческими реакциями курсантов на различные ситуации.

В целях апробации методики «Прогноз-2» было проведено два исследования. Первое заключалось в сравнительном анализе психологической устойчивости курсантов-судоводителей 3 – 5-го курсов и курсантов и студентов тех же курсов других специальностей, второе — в сравнении психологической устойчивости практикующих судоводителей и представителей других, но не связанных с экстремальными условиями, профессий.

Более подробное обоснование психологической устойчивости судоводителя в качестве основной детерминанты влияния человеческого фактора на навигационную безопасность судна, а также результаты апробации методики «Прогноз-2» представлены в работах [24], [25].

Количественная оценка влияния человеческого фактора на навигационную безопасность плавания судна

Аналитически описать функцию (2) довольно затруднительно. Для решения этой проблемы предлагается использовать табличное (матричное) представление данной функции в виде матрицы экстремальности (рис. 2).

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

Рис. 2. Матрица экстремальности

Основой для формирования матрицы экстремальности послужили результаты эксперимента, проведённого на полнофункциональном навигационном тренажёре. Суть эксперимента заключалась в измерении по разработанной в работе методике адекватности поведенческих реакций судоводителя с определённым УПУ в навигационных ситуациях различных рангов сложности. Однако в эксперименте участвовало 25 судоводителей с уровнями психологической устойчивости от 4 до 7. С целью окончательного формирования матрицы кроме результатов эксперимента, дополнительно были использованы спрогнозированные значения экстремальности, полученные при помощи результатов эксперимента статистическими методами, а также положения об отрицательном характере гиперустойчивости судоводителя. В зависимости от значений E_{ij} матрица делится на несколько областей:

- «красная область» ($E_{ij} > 0,66$) — область однозначно экстремальных навигационных ситуаций (критическая область);
- «жёлтая область» ($0,33 < E_{ij} \leq 0,66$) — область неоднозначно экстремальных навигационных ситуаций (буферная, промежуточная область);
- «зелёная область» ($E_{ij} \leq 0,33$) — область однозначно неэкстремальных ситуаций (безопасная область).

Способ представления данных в матрице экстремальности даёт возможность изобразить её в виде графика $E(R, HF)$, поле которого также можно разделить на три области. Экстремальность навигационной ситуации определяет вероятность возникновения чрезвычайной ситуации, но не является ею с точки зрения классической теории вероятностей. Иными словами, чем выше экстремальность, тем больше вероятность навигационной аварии, являющейся источником чрезвычайной ситуации, и, следовательно, выше вероятность возникновения самой чрезвычайной ситуации. В таком контексте экстремальность можно трактовать как квазивероятность возникновения чрезвычайной ситуации, тем более, что для этой величины предлагается использовать шкалу, которая характерна для величин с вероятностным смыслом.

Выводы

1. Предложенная матрица экстремальности позволит определять, какие навигационные ситуации для конкретного судоводителя являются экстремальными как по рангу с определённой общей качественной характеристикой ситуаций, так и по конкретному перечню навигационных ситуаций ранга. Такой вывод позволяет, во-первых, идентифицировать ситуации, в которых судоводитель не может нести самостоятельную вахту на мостике, т. е. должен работать под контролем, во-вторых, составить индивидуальную или типовую для судоводителей с таким же уровнем психологической устойчивости программу поэтапной подготовки, которая будет предусматривать тренажёрную отработку действий судоводителя в конкретных навигационных ситуациях одного ранга в совокупности с психологическими тренингами, ориентирующимися именно на эти навигационные ситуации и повышающими уровень психологической устойчивости.

2. Ещё одной предполагаемой сферой применения предложенной матрицы и основанного на ней метода оценки экстремальности является система поддержки принятия решений (СППР). Так, например, СППР для выполнения маневра последнего момента (МПМ), базирующаяся на математической модели МПМ с пассивным фактором [26], с целью учета обстоятельств и условий плавания и человеческого фактора может использовать в своей структуре матрицу экстремальности.

3. В структуре СППР матрица экстремальности может играть роль фильтра. В случае навигационных ситуаций с низким уровнем экстремальности 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 (или каким-либо образом «настаивать» на их исполнении). Другим вариантом использования предложенной матрицы в СППР является установка в этой системе зависимость от экстремальности промежутка времени с момента выдачи

решения до начала его исполнения. По истечении этого периода времени в случае бездействия вахтенного помощника капитана система либо сама исполняет решение, либо сигнализирует о лимите времени.

4. В современных системах контроля дееспособности вахтенного помощника капитана межсигнальный период между сигнализациями различного уровня можно сделать также зависимым от экстремальности навигационной ситуации. В итоге предложенная методика позволяет не просто количественно оценивать влияние человеческого фактора на навигационную безопасность судна, но и в целях предупреждения чрезвычайных ситуаций на море формировать комплекс различных технических, организационных и образовательных мероприятий и тем самым превентивно регулировать человеческий фактор.

5. Кроме того, матрица экстремальности даст возможность лицам, проводящим расследование морских аварий и инцидентов, количественно с учётом человеческого фактора оценить ситуацию, в которой произошло происшествие.

6. Очевидная аналитическая сущность метода делает возможным его представление на различных языках программирования с целью автоматизации расчёта экстремальности. Так, программа для ЭВМ, уже созданная в среде MS Excel с использованием языка Visual Basic for Applications, в настоящее время проходит процедуру регистрации в Федеральной службе по интеллектуальной собственности РФ.

7. Предложенный подход может быть адаптирован для его практической реализации и в других отраслях, где роль человеческого фактора имеет такое же существенное значение. В более далёкой перспективе можно будет рассмотреть вопрос об унификации матрицы экстремальности, что позволит использовать её в любой отрасли в оригинальном универсальном виде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Субанов Э. Э. Адаптация метода анализа иерархий для принятия решений при оценке степени опасности столкновения морских судов / Э. Э. Субанов, А. В. Миронов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. — 2012. — № 3. — С. 8–12.
2. Кацман Ф. М. Человеческий фактор в проблеме обеспечения безопасности судоходства / Ф. М. Кацман. — СПб.: СПГУВК, 2003. — 150 с.
3. Клименко В. Д. Учёт человеческого фактора в судоходных компаниях / В. Д. Клименко, А. Е. Сазонов // Морские информационные технологии: сб. науч. тр. — Вып. 2. — СПб.: Элмор, 2002. — С. 9–19.
4. Сазонов А. Е. Человеческий фактор и безопасность управления подвижными объектами / А. Е. Сазонов // Сборник материалов XVI Общего собрания академии навигации и управления движением. — 2003. — С. 6–8.
5. Смоленцев С. В. Человеческий фактор и пути обеспечения безопасности мореплавания с использованием динамических семантических сетей / С. В. Смоленцев // Морские информационные технологии: сб. науч. тр. / под ред. А. Е. Сазонова. — СПб.: Элмор, 2002. — С. 4–8.
6. Клименко В. Д. Безопасность мореплавания и учёт человеческого фактора / В. Д. Клименко // Морской транспорт. Серия: Судовождение, связь и безопасность мореплавания: Экспресс-информация. — 2002. — № 8 (339). — С. 43–49.
7. Клименко В. Д. Вероятностный подход к нормированию человеческого фактора / В. Д. Клименко // Морские информационные технологии: сб. науч. тр. — Вып. 2. — СПб.: Элмор, 2002. — С. 20–32.
8. Клименко В. Д. Разработка методов количественного учёта влияния человеческого фактора на безопасность судна: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.19 / Валерий Дмитриевич Клименко. — СПб., 2003. — 161 с.
9. Маринов М. Л. Учёт человеческого фактора в аварийных ситуациях на море / М. Л. Маринов, В. Д. Клименко // Эксплуатация морского транспорта. — 2008. — № 2. — С. 25–29.
10. Маринов М. Л. Проблемы и перспективы оценки человеческого фактора в транспортной деятельности / М. Л. Маринов // Сборник трудов V Международного форума «Безопасность на транспорте». — 2015. — С. 114–116.
11. Маринов М. Л. Человеческий фактор — особенности решения проблемы: монография / М. Л. Маринов. — Саарбрюккен: Lap Lambert, 2014. — 178 с.

12. *Круглеевский В. Н.* Оценка и прогнозирование человеческого фактора в сфере безопасности транспортных комплексов / В. Н. Круглеевский, М. Л. Маринов, В. С. Стоянов // Международная науч.-практ. конф. «Транспорт России: проблемы и перспективы». — СПб: Институт проблем транспорта им. Н. С. Соколенко РАН, 2012. — С. 119–125.
13. *Малыгина Е. А.* Роль человеческого фактора в проблеме транспортной безопасности / Е. А. Малыгина, М. Л. Маринов // Проблемы управления рисками в техносфере. — 2013. — № 2 (26). — С. 19–26.
14. *Маринов М. Л.* Метод и алгоритмы оценки поведения судоводителей в процессе работы / М. Л. Маринов // Сборник научных трудов Двенадцатой Международной конференции по гражданскому судостроению, морской технике освоения океана и шельфа, судоремонту и производству судового оборудования «Нева-2013». — СПб.: ЗАО «Транстех Нева Экспресс», 2013. — С. 7–14.
15. *Кобзев В. В.* Оценка морально-волевых характеристик судоводителей в процессе обучения на тренажёре / В. В. Кобзев, М. Л. Маринов, И. В. Телюк // Системы управления и обработки информации. — 2013. — № 27. — С. 116–124.
16. *Даниленко А. А.* Профессиональная надёжность плавсостава как важнейшее условие безопасности судоходства / А. А. Даниленко, А. А. Даниленко // Эксплуатация морского транспорта. — 2008. — № 3. — С. 30–35.
17. *Котик М. А.* Природа ошибок человека-оператора (на примерах управления транспортными средствами) / М. А. Котик, А. М. Емельянов. — М.: Транспорт, 1993. — 252 с.
18. *Ермаков С. В.* Анализ применимости в мореплавании некоторых методов оценки человеческого фактора / С. В. Ермаков // Сб. науч. тр. SWorld. — Одесса: КУПРИЕНКО, 2012. — Т. 1. — Вып. 4. — С. 83–90.
19. *Ермаков С. В.* Анализ системы «судоводитель в ситуации» / С. В. Ермаков // Вестник Мурманского государственного технического университета. — 2013. — Т. 16. — № 4. — С. 699–703.
20. *Бондарев В. А.* Понятие «Экстремальная ситуация» в контексте безопасности мореплавания / В. А. Бондарев, С. В. Ермаков // Морская индустрия, транспорт и логистика в странах региона Балтийского моря: новые вызовы и ответы: материалы IX Международной конференции. — Калининград: Изд-во БГАРФ, 2011. — С. 37–38.
21. *Ермаков С. В.* Формализация и содержание понятия «навигационная ситуация» / С. В. Ермаков // Эксплуатация морского транспорта. — 2012. — № 4 (70). — С. 17–21.
22. *Ермаков С. В.* Экспертное оценивание как основа построения метода формализованной оценки сложности навигационной ситуации / С. В. Ермаков // Журнал Университета водных коммуникаций. — 2013. — № 2. — С. 122–128.
23. *Ермаков С. В.* Метод формализованной оценки сложности навигационной ситуации / С. В. Ермаков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2014. — № 4 (26). — С. 26–31.
24. *Ермаков С. В.* Психологическая устойчивость судоводителя как основная детерминанта влияния человеческого фактора на навигационную безопасность судна / С. В. Ермаков // Безопасность жизнедеятельности. — 2013. — № 5. — С. 14–19.
25. *Ермаков С. В.* Результаты исследования психологической устойчивости судоводителей / С. В. Ермаков // Теория и практика современной науки: материалы IX Междунар. научно-практ. конф., Москва, 26 – 27 марта 2013 г.: в 2 т. — М.: Изд-во «Спецкнига», 2013. — Т. 1. — С. 75–79.
26. *Ермаков С. В.* Математическая модель маневра последнего момента с пассивным фактором / С. В. Ермаков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2015. — № 2 (30). — С. 41–48.

PREVENTIVE REGULATION OF THE HUMAN FACTOR IN MARINE NAVIGATION

The method of quantifying the impact of human factors on the ships navigational safety, which is the basis for preventive regulation of the human factor in the process of navigation, was substantiated. The algorithm method comprises three separate blocks. The first one involves the calculation of the rank of the navigation situation complexity (without regard to the human factor). The result is displayed on a ten-point scale. The second block is the definition of (testing) the level of psychological stability of the navigator, who in the context of substantiated algorithm is a quantitative assessment of human factors without regard to the navigational situation and is also displayed on a ten-point scale. The third and final block of the algorithm involves the calculation extremality of navigational

situation as a function of the rank of complexity and the human factor, which is presented in matrix form in scale, characteristic values for a probabilistic sense. At its core extremality at the same time is a quantitative assessment of the impact of human factors on the navigational safety of the ship and quasiprobability of an emergency, which is a source of navigation accident. The structure of the method allows to create a set of technical, organizational and educational measures to regulate the human factor in marine navigation to prevention of emergencies.

Extremality matrix assumes various ways of integrating it into practical navigation. First of all, this is decision support system, where the value of extremality of navigational situation will determine the system load. In addition, the proposed method can be used in the construction of conventional Bridge Navigational Watch Alarm System to differentiate intersignal period, during the investigation of marine casualties and incidents to adequately assess their circumstances and in many other cases.

Keywords: navigational situation, complexity, extremality, human factor.

REFERENCES

1. Subanov, E. E., and A. V. Mironov. "Hierarchy analysis adoption in taking decisions while evaluation of danger degree in sea vessels collision." *University News. North-Caucasian Region. Technical Sciences Series* 3 (2012): 8–12.
2. Kacman, F. M. *Chelovecheskij faktor v probleme obespechenija bezopasnosti sudohodstva*. SPb.: SPGUVK, 2003.
3. Klimenko, V. D., and A. E. Sazonov. "Uchjot chelovecheskogo faktora v sudohodnyh kompanijah." *Morskije informacionnye tehnologii: Sb. nauch. trudov*. SPb.: Jelmor, 2002: 9–19.
4. Sazonov, A. E. "Chelovecheskij faktor i bezopasnost upravljenija podvizhnymi obektami." *Sbornik materialov XVI Obshhego sobranija akademii navigacii i upravljenija dvizheniem*. 2003: 6–8.
5. Smolencev, S. V. "Chelovecheskij faktor i puti obespechenija bezopasnosti moreplavaniya s ispolzovaniem dinamicheskikh semanticheskikh setej." *Morskije informacionnye tehnologii: Sb. nauch. trudov*. SPb.: Jelmor, 2002: 4–8.
6. Klimenko, V. D. "Bezopasnost moreplavaniya i uchjot chelovecheskogo faktora." *Morskoj transport. Seriya "Sudovozhdenie, svjaz i bezopasnost moreplavaniya": Jekspress-informacija* 8(339) (2002): 43–49.
7. Klimenko, V. D. "Verojatnostnyj podhod k normirovaniju chelovecheskogo faktora." *Morskije informacionnye tehnologii: Sb. nauch. trudov*. SPb.: Jelmor, 2002: 20–32.
8. Klimenko, V. D. *Razrabotka metodov kolichestvennogo uchjota vlijanija chelovecheskogo faktora na bezopasnost' sudna*. PhD diss. (Tech.). SPb., 2003.
9. Marinov, M. L., and V. D. Klimenko. "Taking human factor into account in the emergency situations at sea." *Jekspluatacija morskogo transporta* 2 (2008): 25–29.
10. Marinov, M. L. "Problemy i perspektivy ocenki chelovecheskogo faktora v transportnoj dejatel'nosti." *Sbornik trudov V Mezhdunarodnogo foruma «Bezopasnost na transporte»*. 2015: 114–116.
11. Marinov, M. L. *Chelovecheskij faktor — osobennosti reshenija problemy: monografija*. Saarbrücken: Lap Lambert, 2014.
12. Krugleevskij, V. N., M. L. Marinov, and V. S. Stojanov. "Ocenka i prognozirovanie chelovecheskogo faktora v sfere bezopasnosti transportnyh kompleksov." *Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija "Transport Rossii: problemy i perspektivy": trudy konferencii*. SPb., 2012: 119–125.
13. Malygina, E. A., and M. L. Marin. "The role of human factor in transport safety problem." *Problemy upravljenija riskami v tehnosfere* 2 (26) (2013): 19–26.
14. Marinov, M. L. "Metod i algoritmy ocenki povedenija sudovoditelej v processe raboty." *Sbornik nauchnyh trudov Dvenadcatoj Mezhdunarodnoj konferencii po grazhdanskomu sudostroeniju, morskoy tehnike osvoenija okeana i shel' fa, sudoremontu i proizvodstvu sudovogo oborudovaniya "Neva-2013"*. SPb., 2013: 7–14.
15. Kobzev, V. V., M. L. Marinov, and I. V. Teljuk. "Ocenka moralno-volevyh harakteristik sudovoditelej v processe obuchenija na trenazhjore." *Sistemy upravljenija i obrabotki informacii* 27 (2013): 116–124.
16. Danilenko, A. A., and A. An. Danilenko. "Professional reliability of crew as the most important prerequisite of the safety of the shipping." *Jekspluatacija morskogo transporta* 3 (2008): 30–35.
17. Kotik, M. A., and A. M. Emeljanov. *Priroda oshibok cheloveka-operatora (na primerah upravljenija transportnymi sredstvami)*. M.: Transport, 1993.
18. Ermakov, S. V. "Analysis of the applicability in seafaring of some methods of human factor's assessment." *Sbornik nauchnyh trudov SWorld. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii "Modern*

problems and ways of their solution in science, transport, production and education' 2012". Vol. 1. Is. 4. Odessa: KUPRIENKO, 2012: 83–90.

19. Ermakov, S. V. "Analiz sistemy "sudovoditel v situacii." *Vestnik of MSTU* 16.4 (2013): 699–703.

20. Bondarev, V. A., and S. V. Ermakov. "Ponjatie "Jekstremalnaja situacija" v kontekste bezopasnosti moreplavaniya." *Morskaja industrija, transport i logistika v stranah regiona Baltijskogo morja: novye vyzovy i otvety: materialy IX Mezhdunarodnoj konferencii*. Kaliningrad: Izdatelstvo BGARF, 2011: 37–38.

21. Ermakov, S. V. "Formalization and the content of term "navigational situation." *Jekspluatacija morskogo transporta* 4(70) (2012): 17–21.

22. Ermakov, S. V. "Expert evaluation as the basis of building method of formalized assessment of complexity of navigational situation." *Zhurnal Universiteta vodnyh kommunikacij* 2 (2013): 122–128.

23. Ermakov, S. V. "Method of formalized assessment of complexity of navigational situation." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 4(26) (2014): 26–31.

24. Ermakov, S. V. "Psychological Stability of Navigator, as the Primary Determinant of Human Factor Influence on the Navigational Safety of the Vessel." *Life safety* 5 (2013): 14–19.

25. Ermakov, S. V. "Rezultaty issledovanija psihologicheskoy ustojchivosti sudovoditelej." *Teorija i praktika sovremennoj nauki: materialy IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, g. Moskva, 26–27 marta 2013 g. V 2 t.: t. I / Nauch.-inf. izdat. centr "Institut strategicheskikh issledovanij"*. M.: Speckniga, 2013: 75–79.

26. Ermakov, S. V. "Mathematical model of last moment maneuver with passive factor." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 2(30) (2015): 41–48.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Ермаков Сергей Владимирович —
старший преподаватель.
Балтийская государственная академия
рыбопромышленного флота
esv.klgd@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Ermakov Sergey Vladimirovich —
Senior Lecturer.
BFFSA
esv.klgd@mail.ru

Статья поступила в редакцию 20 августа 2016 г.

DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-5-50-61
УДК 656.613: 519.86

И. В. Зуб,
Ю. Е. Ежов

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЕРЕГРУЗОЧНОЙ ТЕХНИКИ НА КОНТЕЙНЕРНОМ ТЕРМИНАЛЕ

В работе рассмотрены проблемы безопасности эксплуатации перегрузочной техники на контейнерном терминале (КТ). Поставлена задача посредством имитационной модели выявить конфликтные ситуации, которые оказывают влияние на безопасность эксплуатации КТ. В процессе эксплуатации КТ существует вероятность возникновения аварии, инцидента, отказа и повреждения перегрузочной техники (ПТ), что влечет за собой нарушение правил промышленной и экологической безопасности (разлив топлива, гидравлического масла и т. п.). В результате этих обстоятельств снижается скорость обработки транспортных средств и пропускная способность КТ, что влечет за собой экономические потери, а также возможные потери грузоперевозчиков. При эксплуатации ПТ на промышленную безопасность оказывают влияние следующие факторы: квалификация оператора ПТ, психофизиологическое состояние оператора, состояние окружающей среды (погодные условия, состояние покрытия терминала, интенсивность движения транспортных средств и другой ПТ, сложность выполняемой операции). Повышение уровня безопасности труда решается с помощью проведения организационных мероприятий (проведение инструктажей, разработка инструкций по охране труда и рабочих технологических карт, издание приказов и распоряжений, проведение стажировок с вновь поступившими на работу сотрудниками, проведение ежегодных проверок знаний, обучение сотрудников на рабочем месте и в учебно-курсовых комбинатах) и технических мероприятий (проведение регламентных работ, диагностика, контроль за эксплуатацией