

Д.Ю. Рогованов¹, О.Г. Черников²,
Ю.Р. Ханкевич¹, И.А. Блощинский¹

Методические подходы к оценке показателей деятельности операторов морской техники при проведении медико-физиологических исследований

¹Центр подготовки Министерства обороны Российской Федерации, Петергоф
²Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

Резюме. Анализ причин происшествий на транспорте и объектах энергетики показывает, что основным их источником является человек. Так, оператор является источником от 70 до 80% нештатных ситуаций на атомных станциях и до 90% на воздушном и морском транспорте. Профессиональная деятельность человека сопровождается ответной реакцией его психических и физиологических функций, которая отражает процессы адаптации к реальному или ожидаемому воздействию рабочей нагрузки, факторов окружающей среды, эмоциональных переживаний, а также характеризует остаточные процессы после этих взаимодействий. Всё это свидетельствует о необходимости обеспечения требуемой функциональной надежности человека в системе «человек – машина – среда», под которой в физиологии труда принято понимать динамическую компоненту, отражающую устойчивость и резервные возможности функциональных систем человека по обеспечению его высокой работоспособности как в обычных, так и в экстремальных условиях.

В последние годы при оценке функциональной надёжности значительное внимание уделяется использованию в медико-физиологических исследованиях интегральных показателей. Одними из них являются суммарный обобщённый интегральный показатель и обобщённый логарифмический показатель. Предлагается вариант адаптации нормирования данных интегральных показателей с учетом дисперсий, создаваемых учитываемыми параметрами группы исследуемых лиц, находящихся в тех же условиях, что и сам обследуемый, и формирующих те же приспособительные реакции. Адаптированная таким образом методика расчёта интегральных показателей может быть применена для мониторинга работоспособности и процессов адаптации операторов морской техники в ходе моделирования профессиональной деятельности на тренажерах при условии, что оцениваемые параметры должны иметь количественное исчисление, нормальное или близкое к нему распределение.

Ключевые слова: показатели качества деятельности, функциональные состояния, показатели работоспособности, операторы, тренажеры, медико-физиологические исследования, функциональная надёжность, морская техника, эргатические системы.

Анализ причин происшествий на транспорте и объектах энергетики показывает, что основным их источником является человек. Так, оператор является источником от 70 до 80% нештатных ситуаций на атомных станциях [1, 20] и до 90% на воздушном и морском транспорте [2, 4, 5]. Профессиональная деятельность человека сопровождается ответной реакцией его психических и физиологических функций, которая отражает процессы адаптации к реальному или ожидаемому воздействию рабочей нагрузки, факторов окружающей среды, эмоциональных переживаний, а также характеризует остаточные процессы после этих взаимодействий.

Все это свидетельствует о необходимости обеспечения требуемой функциональной надежности человека в системе «человек – машина – среда», под которой в физиологии труда принято понимать динамическую компоненту, отражающую устойчивость и резервные возможности функциональных систем человека по обеспечению его высокой работоспособности как в обычных, так и в экстремальных условиях [23]. Основой обеспечения функциональной надежности являются функциональные резервы, которые позволяют усиливать во много раз интенсивность профессиональной деятельности по сравнению с состоянием относительного покоя без потери её качества [24].

Важнейшим компонентом функциональной надежности человека является его функциональное состояние (ФС) – интегральный комплекс наличных характеристик тех свойств, функций и качеств организма, которые прямо или косвенно обуславливают выполнение той или иной профессиональной деятельности [16].

Изменения ФС организма оператора в процессе его профессиональной деятельности могут быть вызваны совокупностью как факторов самого труда, так и условий, в которых он выполняется. При этом степень напряжения физиологических функций не всегда однозначно связана с ухудшением качества труда (уменьшением производительности, увеличением числа ошибок). Даже значительные изменения психофизиологических показателей ФС могут свидетельствовать как о положительном, так и об отрицательном влиянии какого-то фактора на функциональную надежность профессиональной деятельности оператора [23].

Поиск определенных связей между качеством профессиональной деятельности и его физиологическими коррелятами является одной из актуальных проблем физиологии труда, решение которой связано с двумя аспектами. С одной стороны, это синхронная фиксация и оценка параллельно с параметрами ФС оператора показателей его деятельности. С другой – определение

так называемых «нормальных» значений тех или иных показателей, которые могут быть различными не только для представителей различных профессиональных когорт, но и для отдельных людей. Кроме того, «норма» сама по себе не статична, ее нужно рассматривать в динамике, что связано с физиологией регуляторных систем организма [7]. Настоящее исследование посвящено первому из указанных аспектов.

Учитывая, что фиксация показателей качества операторской деятельности непосредственно в процессе эксплуатации сложных технических объектов крайне затруднена, целесообразно ее проведение в ходе тренировок на тренажерах. Несмотря на широкое применение новых информационных технологий, средств вычислительной техники и увеличение интеллектуальных функций современных тренажеров, зачастую как в ходе учебного процесса, так и при проведении медико-физиологических исследований качество деятельности оператора при моделировании его работы оценивается экспертным методом, имеющим существенные ограничения в силу своей субъективности.

Показатели деятельности операторов (прямые показатели работоспособности) характеризуют эффективность и надежность выполнения профессиональных задач или отдельных действий (операций) и традиционно подразделяются на временные, точностные и надежностные. Выделяют показатели выполнения реальных профессиональных задач и так называемых рабочих проб, стандартизированных по объему, времени и условиям выполнения рабочих заданий, представляющих собой по содержанию отдельные элементы рабочей деятельности [21].

С точки зрения изучения функциональных реакций организма и субъективного состояния оператора на трудовую деятельность наибольший интерес представляют именно показатели выполнения реальных профессиональных задач при моделировании на тренажерах рабочих циклов различной продолжительности. Разработка же рабочих проб, как попытка избежать недостатков, присущих экспертным методам, путем определения и оценки качества деятельности по результатам модельных экспериментов с имитацией производственных задач и условий не отражают всей совокупности взаимосвязей в системе «человек – машина», не обеспечивает статистической устойчивости. Результаты этих проб корректны только в контексте решаемой конкретной задачи, а адекватность модельных экспериментов реальной деятельности операторов следует рассматривать как вероятностную, с указанием границ применения, конкретных задач и условий деятельности [22]. Поэтому самой объективной методикой оценки является анализ конкретной трудовой деятельности и определение на основании этого производственных характеристик оператора [10].

Однако, как показывает практика, регистрация и оценка таких показателей более затруднена по сравнению с рабочими пробами. Это связано в первую очередь с необходимостью обоснованного вычленения параметров успешности профессиональной

деятельности человека из общего результата функционирования системы «человек – машина» [17] и индивидуализации выбранных параметров между участниками группового управления процессом.

В настоящее время известен ряд аналитических подходов, позволяющих исследовать деятельность оператора и оценивать ее надежность и эффективность:

– структурно-функциональный подход, основанный на подробном анализе принципов организации, механизмов взаимодействия отдельных действий в целостной структуре деятельности с последующим описанием её алгоритмов как совокупности дискретных операций определенного типа;

– методика статистического эталона, основанный на оценке совокупности количественных показателей (времени и вероятности безошибочного выполнения операций), получаемых при выполнении оператором конкретных операций в зависимости от факторов сложности операторской деятельности;

– операционно-психофизиологический подход, основанный на декомпозиции деятельности по критерию инвариантности психологического содержания отдельных действий и учитывающий влияние на качество работы оператора специфических и неспецифических функциональных реакций организма;

– методика, основанная на формализации деятельности оператора с использованием математического аппарата теории массового обслуживания;

– методика, основанная на формализации деятельности оператора с помощью передаточных функций.

Из аналитических подходов наиболее разработанными в инженерном отношении к настоящему времени являются структурный, предложенный А. И. Губинским [6] и развиваемый рядом его последователей, а также статистического эталона, предложенный Ю. Г. Фокиным [25]. Остальные подходы получили меньшее распространение в силу затруднений при их реализации из-за большого объема исходных (входных) экспериментальных данных и сложности математического аппарата.

Структурный подход применим главным образом для систем, в которых возможна дифференцированная оценка безошибочности выполнения и вероятности своевременного выполнения алгоритма, а способ статистического эталона наиболее подходит для систем, в которых безошибочность выполнения алгоритмов существенно зависит от времени, выделяемого на их выполнение. При этом в первом подходе используется смещенное гамма-распределение времени выполнения операций, а во втором — смещенное экспоненциальное распределение времени безошибочного выполнения операций.

Наиболее существенное различие между двумя рассматриваемыми подходами состоит в степени необходимости для их реализации выявления структуры функционирования системы «человек – машина».

Структурно-функциональный подход более «аналитичен» и потому в принципе является чисто расчетным. Методика статистического эталона не требует детального анализа состава выполняемых операций,

их связей между собой, но может быть применена лишь тогда, когда имеется возможность с помощью стандартизированного эксперимента получить исходные данные по типовым действиям, характерным для данного технического объекта.

Структура деятельности при использовании первого подхода строится из таких функциональных единиц, как сенсорные, моторные логические блоки, блоки задержки, блоки с обратной связью, диагностические блоки и блоки самоконтроля. Для их выявления может быть применена методика алгоритмического описания и анализа деятельности оператора, разработанная Г.М. Зараковским [8, 9]. Большинство реализаций этой методики характеризуются субъективизмом как на этапе выделения составляющих деятельность элементов, так и при выборе исходных оценок эффективности выполнения отдельных операций [10].

В структурно-функциональном подходе приняты следующие допущения: независимость функциональных единиц в структуре деятельности, однозначно детерминированная последовательность их выполнения, независимость структуры от действующих на человека факторов. Кроме того, в силу указанных ограничений данный подход не может быть применен для оценки надежности эвристической деятельности человека.

Методика статистического эталона учитывает психофизиологическую специфику работы человека в более обобщенном виде с помощью различных, найденных опытным путем коэффициентов. Учитывая, что методика статистического эталона практически не применима вне стандартизированных условий, что зачастую противоречит целям и задачам медико-физиологических исследований, структурно-функциональный подход остается предпочтительным для оценки качества деятельности операторов морской техники, несмотря на целый ряд ограничений.

При построении современных тренажеров морской техники для реализации автоматического контроля качества деятельности оператора предлагается использовать принцип эталона, суть которого заключается в сравнении операций управления, реализуемых на рабочем месте обучающегося с эталонными операциями, записанными на сервере руководителя обучения, по показателям безошибочности и своевременности [14]. Несмотря на присутствие в названии указанного подхода термина «эталон», его в силу обусловленности логикой алгоритма управления и применимости исключительно к деятельности дискретно-логического типа, можно отнести к форме реализации структурно-функционального подхода. В качестве оценки описанного подхода В.В. Кобзев и др. [11, 12] предлагают использовать нормативное время выполнения эталонной операции, определенное статистически, экспериментально или путём экспертных оценок и количество ошибочных действий оператора, определяемое как отклонение от эталонной модели деятельности [13]. Такой подход представляется достаточным для объективизации оценки обучающихся в ходе тренажерной подготовки, но существенно ограничивает оценку показателей прямых показателей

работоспособности оператора при определении связей между качеством профессиональной деятельности и его физиологическими коррелятами. Это обусловлено необходимостью выявления динамических компонент качества деятельности операторов морской техники, отражающих их функциональное состояние в рабочих циклах различной продолжительности от нескольких часов до нескольких суток.

Необходимость проведения оценки качества деятельности (прямых показателей работоспособности) непосредственно в процессе имитации длительного рабочего цикла не зависимо от варианта оцениваемого выполнения оператором элемента, алгоритма требует перехода к их оценке по статистическим показателям и математическим моделям. Рассмотрим некоторые из них.

Несомненно, наиболее перспективным является применение самообучающихся искусственных нейронных сетей, использование которых для обнаружения, распознавания и классификации объектов, сигналов и изображений является одной из основных задач развития информационных технологий, применительно к различным областям науки и техники. Искусственные нейронные сети являются системами обработки информации, отличающимися от обычных систем параллельным характером передачи информации и наличием процесса саморегуляции для обеспечения заданной целевой функции. Задачей классификации является отнесение образца к одному из нескольких попарно непересекающихся множеств. Примером таких задач является, с одной стороны, оценка прямых показателей работоспособности, а с другой – выявление физиологических коррелятов их снижения.

Однако их эффективное применение связано либо с необходимостью сбора огромного количества наблюдений, либо с существенным ограничением классификационных признаков. Выполнение первого условия затруднительно в силу относительно небольшого количества лиц, участвующих в исследованиях, а второго – существенно снижает круг критериев функционального состояния и, соответственно, диагностическую эффективность методики.

В отдельных случаях исследователям удавалось реализовать подход, использующий вероятностные модели, для обеспечения дифференциации показателей (в данном случае использовалась окулография), достаточную для построения диагностических оценок уровня профессиональной подготовки и функционального состояния операторов. При этом заранее была известна принадлежность операторов к группам (категориям), отражающим уровень профессиональной подготовки. В исследовании по выборке наблюдаемых траекторий движения взора командира вертолета по поверхности приборной доски и окну кабины, фиксируемых через равные временные интервалы средствами видеоокулографии, решалась задача распознавания группы, к которой принадлежит вновь наблюдаемый экипаж. Отнесение экипажей к той или иной категории осуществлялось с помощью вероятностных нейронных сетей, на вход которой подаются

упорядоченные наборы наибольших интенсивностей переходов для заданных временных периодов. Каждому обучающему наблюдению во внутреннем слое сети соответствует один элемент на радиальных базисных функциях (радиальный элемент), функция активации которого представляет собой функцию Гаусса с центром в данном наблюдении. Число элементов во внутреннем слое такой сети определяется числом наблюдений, а число элементов в выходном слое – числом распознаваемых групп. Вероятностная нейронная сеть не требует обучения и может динамически пополняться новыми радиальными элементами по мере накопления наблюдений. При этом целесообразно иметь свою распознающую вероятностную нейронную сеть для каждого контрольного упражнения [15]. Таким образом, рассмотренный в данной работе подход, использующий вероятностные модели, позволяет выявить диагностические критерии для оценки уровня подготовки лётного состава по результатам работы на авиационных тренажерах, однако неприменим для текущей оценки показателей качества деятельности операторов морской техники в ходе медико-физиологических исследований в силу описанных выше ограничений.

Наиболее просто реализуемым способом представляется использование стандартизированных статистических показателей качества деятельности оператора: математическое ожидание значения показателя, среднеквадратическое отклонение значения показателя от его математического ожидания, вероятность принятия показателем значения меньше заданного. Как упоминалось выше, для получения статистических показателей используется гамма-распределение, так как с его помощью могут быть описаны практически все реальные законы распределения экспериментально полученных данных от нормального до экспоненциального.

В последние годы значительное внимание уделяется использованию в медико-физиологических исследованиях интегральных показателей. Одним из них является суммарный обобщенный интегральный показатель (СОИП), где границы изменений случайной величины переводятся в единицы среднеквадратического отклонения (σ) [3]:

$$\text{СОИП} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \left| \frac{M_i - M_{0i}}{\sigma_{0i}} \right|,$$

где СОИП – суммарный обобщенный интегральный показатель, выраженный в долях σ ; N – количество показателей; M_i – среднее арифметическое значение i -го показателя; M_{0i} – среднее арифметическое значение i -го показателя в норме; σ_{0i} – среднеквадратическое отклонение i -го показателя в норме.

Другим вариантом является использование обобщенного логарифмического показателя (ОЛП) [3]:

$$I_{Lg} = \left(1 / \sum_{i=1}^N \left(\frac{M_{cpi}}{\sigma_{oi}} \right) \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^N \left(\frac{M_{oi}}{\sigma_i} \right) \cdot \left| \lg \left(\frac{M_i}{M_{oi}} \right) \right| \right),$$

где I_{Lg} – обобщенный логарифмический показатель; n – количество показателей; M_i – среднее значение

модуля i -го показателя; M_{0i} – среднее значение модуля i -го показателя в норме; σ_{0i} – среднеквадратическое отклонение i -го показателя в норме.

В обоих случаях изменение конкретных параметров в ходе исследований соотносится с их значениями в норме, что с нашей точки зрения снижает диагностическую ценность данных интегральных показателей. Учитывая, что качество деятельности оператора взаимосвязано с комплексом приспособительных реакций человека и зависит от многих факторов, нормировать его целесообразно в диапазонах дисперсий, создаваемых учитываемыми параметрами группы исследуемых лиц, находящихся в тех же условиях, формирующих те же приспособительные реакции. В связи с этим И.Л. Мызниковым и др. [18, 19] были предложены варианты адаптации СОИП и ОЛП, в которых вместо варианта нормы сравнение уровня параметра конкретного объекта исследования проводится со всей выборкой рассматриваемого параметра в условиях единовременного наблюдения:

$$\text{СОИПА} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^N \left| \frac{X_{ij} - X_{cpj}}{\sigma_j} \right|,$$

где СОИПА – суммарный обобщенный интегральный показатель (адаптированный), выраженный в долях σ_j ; N – количество учитываемых параметров (j); n – количество учитываемых в распределения объектов; X_{ij} – значение i -го наблюдения j -го показателя; X_{cpj} – среднее арифметическое значение j -го показателя; σ_j – среднеквадратическое отклонение j -го показателя.

$$I_{ALg} = \left(1 / \sum_{j=1}^N \left(\frac{X_{cpj}}{\sigma_j} \right) \right) \cdot \left(\sum_{j=1}^N \left(\frac{X_{cpj}}{\sigma_j} \right) \cdot \left| \lg \left(\frac{X_{ij}}{X_{cpj}} \right) \right| \right),$$

где I_{ALg} – адаптированный обобщенный логарифмический показатель; N – количество параметров, выбираемых для характеристики состояния системы; n – количество анализируемых объектов, участвующих в классификации (объём выборки); X_{ij} – значение i -го объекта в j показателе; X_{cpj} – среднее арифметическое значение выборки j -го показателя; σ_j – среднеквадратическое отклонение j -го показателя.

Адаптированная таким образом методика расчёта интегральных показателей может быть применена для мониторинга работоспособности и процессов адаптации операторов морской техники в ходе моделирования профессиональной деятельности на тренажерах при условии, что оцениваемые параметры должны иметь количественное исчисление, нормальное или близкое к нему распределение.

Таким образом, внедрение рассмотренных подходов позволит:

- исследовать как индивидуальную, так и групповую динамику показателей качества деятельности операторов морской техники в целях поиска объективных физиологических маркеров снижения работоспособности;
- осуществить переход от структурно-функционального к операционно-психофизиологическому подходу оценки надежности и эффективности деятельности оператора;

- выполнить адекватную оценку психофизиологической «стоимости» деятельности;
- повысить объективность и качество оценки уровня подготовки обучаемых на тренажерной технике.

Литература

1. Анохин, А.Н. Вопросы эргономики в ядерной энергетике / А.Н. Анохин, В.А. Острейковский. – М.: Энергоатомиздат, 2001. – 344 с.
2. Биденко, С.И. Моделирование технологических процессов и автоматизация управления измерениями на гидрографических судах: монография / С.И. Биденко. – СПб: Изд-во ГУНиО, 2007. – 139 с.
3. Васин, А.Л. Разработка системы обобщенных показателей для характеристики адаптационных процессов в организме при хроническом воздействии электромагнитных полей радиочастот (к проблеме нормирования физических факторов): автореф. дис. ... канд. биол. наук / А.Л. Васин – М., 2008. – 26 с.
4. Волинец, Ю.Ф. Теоретические основы формализованного представления педагогических знаний в инфологической среде подготовки специалистов ВМФ / Ю.Ф. Волинец. – Петродворец: ВМИРЭ, 2000. – 80 с.
5. Вольски, А. Управление безопасностью мореплавания. Эргономическое обеспечение и интеллектуальная поддержка / А. Вольски. – СПб.: Гидрометеиздат, 2003. – 154 с.
6. Губинский, А.И. Эргономическое проектирование судовых систем управления / А.И. Губинский, В.Г. Евграфов. – Л.: Судостроение, 1977. – 224 с.
7. Дубынин, В. А. Регуляторные системы организма человека / В.А. Дубынин [и др.]. – М.: Дрофа, 2003. – 367 с.
8. Зараковский, Г.М. Закономерности функционирования эргатических систем / Г.М. Зараковский, В.В. Павлов. М.: Радио и связь, 1987. – 128 с.
9. Зараковский, Г.М. Психофизиологический анализ трудовой деятельности / Г.М. Зараковский. М.: Наука, 1966. – 138 с.
10. Инженерная психология. Теория, методология, практическое применение / отв. ред. Б.Ф. Ломов, В.Ф. Рубахин, В.Ф. Венда. М.: Наука, 1977. – 302 с.
11. Кобзев, В.В. Автоматизированный контроль работы оператора в комплексной обучающей системе / В.В. Кобзев [и др.] // Мор. вестн. – 2013. – № 1. – С. 66–68.
12. Кобзев, В.В. Автоматический контроль действий оператора при обучении на тренажере / В.В. Кобзев, Ю.Н. Сизов, И.В. Телюк // Мор. вестн. – 2014. – № 4. – С. 46–47.
13. Кобзев, В.В. Идентификация ошибок оператора при обработке на тренажере / В.В. Кобзев [и др.] // Мор. вестн. – 2013. – № 2. – С. 73–75.
14. Кобзев, В.В. Методы создания технических средств обучения корабельных операторов / В.В. Кобзев, К.Ю. Шилов. СПб.: Наука, 2005. – 156 с.
15. Куравский, Л. С. Диагностика лётного состава по результатам работы на авиационных тренажерах / Л.С. Куравский [и др.] // Эксп. психол. – 2016. – Т. 9, № 3. – С. 118–137.
16. Леонова, А.Б. Функциональные состояния человека в трудовой деятельности / А.Б. Леонова, В.И. Медведев. – М.: МГУ, 1981. – 111 с.
17. Леонтьев, А.Н. Автоматизация и человек / А.Н. Леонтьев // Психол. исслед. Вып. 2. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. – С. 3–12.
18. Мызников, И.Л. Моделирование функциональных состояний на основе мультипараметрического подхода / И.Л. Мызников [и др.] // Здоровье. Мед. экол. наука. – 2018. – Т. 74, № 2. – С. 32–38.
19. Мызников, И.Л. Подход к оценке влияния факторов похода на членов экипажа корабля может быть изменён / И.Л. Мызников [и др.] // Мат. научн.-практ. конф., посвящ. 65-летию Северодв. воен.-мор. госпиталя. – Северодвинск, 2017. – С. 42–45.
20. Падерно, П.И. Надежность и эргономика биотехнических систем / П.И. Падерно, Е.П. Попечителей. – СПб.: СПбГЭТУ, 2007. – 288 с.
21. Психологические основы профессиональной деятельности: хрестоматия / сост. В.А. Бодров. – М.: ПЕР СЭ; Логос, 2007. – 855 с.
22. Теория и эксперимент в анализе труда операторов / отв. ред. В.Ф. Венда, В.А. Вавилов. – М.: Наука, 1983. – 332 с.
23. Ушаков, И.Б. Паттерны функциональных состояний оператора / И.Б. Ушаков, А.В. Богомолов, Ю.А. Кукушкин. – М.: Наука, 2010. – 390 с.
24. Ушаков, И.Б. Функциональная надежность и функциональные резервы летчика / И.Б. Ушаков, П.М. Шалимов // Вестн. Росс. АМН. – 1996. – Ч. V. – С. 26–31.
25. Фокин, Ю.Г. Надежность при эксплуатации технических средств / Ю.Г. Фокин. – М.: Воениздат, 1970. – 224 с.
26. Шафиркин, А.В. Обобщённый логарифмический показатель для характеристики адаптации, определения степени напряжения регуляторных систем при длительном действии экстремальных факторов окружающей среды / А.В. Шафиркин, А.Л. Васин, А.С. Штемберг // Авиакосмич. и экол. мед. – 2013. – Т. 47, № 6. – С. 3–10.

D. Yu. Rogovanov, O.G. Chernikov, Yu.R. Hankevich, I.A. Bloschinskiy

Methodological approaches to estimation of indicators of marine operators in progressing of medical and physiological researches

Abstract. Research of the accident causes in transport and energy facilities shows that the main source is human. So, the operator is the source of 70–80% of emergency situations at nuclear power plants and up to 90% in air and sea transport. Professional activity of a person is accompanied by a response of his mental and physiological functions, which reflects the processes of adaptation to the real or liable effect of workload, environmental factors, emotional experiences, and characterizes the residual processes after these interactions. All this highlight the necessity of providence the required functional reliability of a person in the system «man – machine – environment». The system in the physiology of labour is understood as a dynamic component that reflects the stability and reserve capabilities of human functional systems to ensure its high performance, both in ordinary and in extreme conditions. In recent years, when evaluating functional reliability, in literature considerable attention has been paid to the use of integral indicators in medical and physiological studies. One of them is the summary generalized integral index and the generalized logarithmic exponent. Several possibilities to adapt the normalization of the integral indices, considering the variances created by the parameters of the group of subjects under study that are under the same conditions as the subject himself and forming the same adaptive responses, are suggested. Thus, the methodology for calculating integral indicators can be used to monitor performance and the processes of adaptation of marine operators in the modelling of professional activities on simulators in condition when evaluated parameters must be quantifiable and have normal or near distribution.

Key words: performance indicators, functional states, performance indicators, operators, simulators, medical and physiological studies, functional reliability, navy equipment, ergatic systems.

Контактный телефон: +7-911-911-65-88, e-mail: vmeda-nio@mil.ru