

# Информатика и информационные технологии

УДК 007.12: 37.091.27: 612.825.8:613.685

## ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫСОКОЙ НАДЕЖНОСТИ ОПЕРАТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

**В.В. Кальниш, А.В. Швец**

*Научно-исследовательский институт проблем военной медицины УВМА*

Выявлены фундаментальные причины появления ошибочных действий оператора, основанные на несовершенстве имеющихся знаний о регулируемых процессах и неполноте правил, регламентирующих действия оператора в особых ситуациях. Разработана информационная технология психофизиологического обеспечения высокой надежности операторской деятельности, включающая блоки: психофизиологической оценки надежности операторской деятельности по интегральным характеристикам, параметрам предельной возможности осуществления деятельности и профилю ее надежности, основанном на характеристиках аллометрической модели; коррекции надежности деятельности оператора с помощью тренировки профессионально важных качеств; мониторинга психофизиологических качеств.

**Ключевые слова:** информационная технология, иерархическая информационная модель, аллометрическая модель, надежность операторской деятельности.

Виявлено фундаментальні причини появи помилкових дій оператора, засновані на недостатності наявних знань про урегульованість процесів і неповноті правил, що регламентують дії оператора в особливих ситуаціях. Розроблено інформаційну технологію психофізіологічного забезпечення високої надійності операторської діяльності, яка включає декілька блоків: психофізіологічної оцінки надійності операторської діяльності за інтегральними характеристиками, параметрами граничної можливості здійснення діяльності та профілю її надійності, заснованому на характеристиках алометричної моделі; корекції надійності діяльності оператора за допомогою тренування професійно важливих якостей; моніторингу психофізіологічних якостей.

**Ключові слова:** інформаційна технологія, ієрархічна інформаційна модель, алометрична модель, надійність операторської діяльності.

*«Я ошибаюсь, следовательно  
я существую» (Августин Аврелий  
«О Граде Божием, книга XI, 26 – 427 г.)*

### ВВЕДЕНИЕ

Проблема психофизиологического обеспечения высокой надежности операторской деятельности существует давно и имеет достаточно много теоретических [1–3] и практических результатов [4–5]. Вместе с тем

© В.В. Кальниш, А.В. Швец, 2014

ISSN 0452-9910. Кибернетика и вычисл. техника. 2014. Вып. 177

совершенствование техники и технологий, постоянное появление новых профессиональных групп и т.п. делают изучение этого вопроса актуальным на всех этапах развития человечества. Очень четко определил смысл этой проблемы академик А.И. Берг, назвав ее вечной [6]. Поэтому современные исследователи по-прежнему уделяют этому направлению достаточно много внимания.

Для правильного понимания понятия надежности деятельности уместно будет дать ее толкование как вероятностного показателя, характеризующего способность человека безотказно, эффективно и с необходимой точностью осуществлять эту деятельность в течение определенного времени при определенных условиях [7–9]. С кибернетической точки зрения, проблема надежности операторской деятельности рассматривается с позиций функционирования эргатической системы либо эргамата [10–11].

В психофизиологическом понимании категория надежности главным образом рассматривалась в контексте методов ее определения: как вероятность безошибочной работы [12], стабильность характеристик точности [13], способность поддерживать рабочие параметры в условиях действия экстремальных факторов [14], запас резервных возможностей человека, которые могут быть дополнительно подключены его организмом при осуществлении деятельности в случае осложнения ситуации [15], функциональные резервные возможности организма, уровень мотивации, индивидуальный стиль деятельности и др., имеющие существенную информационную составляющую [16–17]. Анализ этих характеристик показывает, что проблема надежности оператора выросла из проблемы появления у него ошибок [1, 18].

Как видно из изложенного, для многих научных исследований характерным является технократическое (с позиций теории надежности технических систем) понимание психофизиологических механизмов обеспечения надежности деятельности человека. Это нашло свое отражение в доминировании вероятностных методов определения надежности, которые давали хорошие результаты в технической кибернетике и других технических науках, но применительно к деятельности человека показали свою ограниченность.

При определении механизмов формирования профессиональной надежности целесообразно опираться на представление Л.Г. Дикой [19] о множественности и разнопорядковости существующих механизмов регуляции надежности человека, поскольку организованность любой материальной системы проявляется в интеграции функций ее структурных компонентов [20–21]. Следовательно, надежность деятельности человека-оператора является сложным параметром, в котором необходимо учитывать и семантические (содержательные) аспекты и темп деятельности, сложность, интенсивность, последовательность заданий и возникающих вследствие этого информационных перегрузок [3–5]; разнообразных внешних воздействий, а также качественные характеристики деятельности (статическая или динамическая) [2, 22].

**Целью работы** является создание информационной технологии, направленной на осуществление психофизиологического обеспечения высокой надежности операторской деятельности.

**Материалы и методы.** В качестве объекта исследований была взята однородная группа операторов (40 мужчин, возраст 18–23 года), которые выполняли профессиональные обязанности радиотелеграфиста в течение суток. Исследование психофизиологических характеристик этих лиц проводили в утреннее время (с 800 до 900 часов) до начала суточного дежурства и непосредственно после него [20]. Анализ результатов проводился с помощью следующих методов: нелинейного регрессионного, кластерного и двухфакторного дисперсионного анализа с использованием пакета программ STATISTICA 6.1.478.0.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**Иерархическая информационная модель формирования надежности операторской деятельности.** Рассмотрение такого сложного понятия как надежность деятельности требует применения современного системного подхода. Анализ организации воздействий управляющих стимулов в эргатической системе путем учета влияния подсистем высшего уровня для объяснения функционирования подсистем низшего уровня отражен в теореме Геделя о неполноте [23]. Согласно этой теореме многие качества системы не могут быть поняты исключительно из свойств ее самой, а только с позиций системы более высокого уровня. Как постулировали И.М. Гельфанд и соавторы [24], целесообразное поведение управляющих систем порождается рациональным поведением образующих их подсистем, для каждой из которых все остальные относятся к внешней среде. Поэтому целесообразность функционирования всей системы проявляется как минимизация суммарного взаимодействия системы со средой, что нарушается при изменении параметров внешней среды на определенном уровне. В последнем случае действие принципа наименьшего взаимодействия с течением времени приводит к новому устойчивому режиму, обеспечивающему минимизацию взаимодействия в изменившейся среде. Поэтому для более полного понимания роли информационных процессов, имеющих разную природу и формирующих надежность операторской деятельности на разных уровнях иерархически организованной системы человек — машина — окружающая среда, необходимо детально рассмотреть особенности взаимопроникновения влияния этих процессов (рис. 1).

Здесь целесообразно отметить, что на надежность деятельности на уровне «человек» потенциально влияют такие параметры его организма, как пол [25], возраст [18], уровень развития профессионально важных качеств [5], функциональное состояние [22] и т.д.

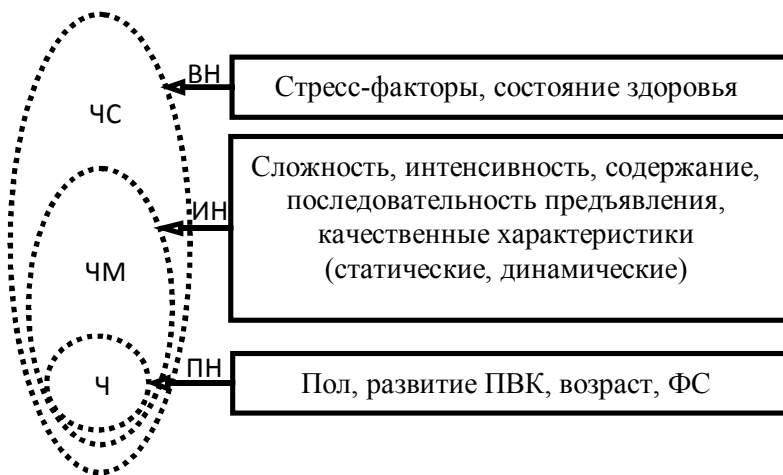


Рис. 1. Структурно-функциональная схема формирования надежности операторской деятельности с учетом влияния комплекса системообразующих факторов:

Ч — человек; М — машина; С — окружающая среда; ИН — истинная надежность; ПН — потенциальная надежность; ВН — вероятная надежность; ПВК — профессионально важные качества, ФС — функциональное состояние; ← — фактор, воздействующий на структурные элементы эргатической системы

Вместе с тем, если рассматривать человека в момент, пока еще нет деятельности, изучаемая надежность имеет лишь потенциальный характер, т.е. не может быть проанализирована без наличия самой деятельности (Ч). Иными словами, потенциальная надежность (ПН) зависит только от личных возможностей человека выполнять данную работу, но на нее пока не влияют информационные нагрузки, свойственные самой операторской деятельности. Когда человек попадает на рабочее место и осуществляет свою деятельность — только в этом случае проявляется «истинная» надежность (ИН).

Операторская деятельность непосредственно связана с переработкой самой разнообразной информации, которую предъявляет машина (Ч-М). При неодинаковой сложности решаемых заданий и интенсивности их предъявления, а также вследствие действия других факторов и их сочетаний, возникают существенно различающиеся неаддитивные ситуации, способствующие появлению ошибок. Свидетельством этому могут служить данные о времени и количестве операций, выполняемых работником (например, диспетчером электрических сетей) в штатной и аварийной ситуациях [26–27], которые в значительной мере определяют адекватность его ответных действий. Было четко показано, что работа в аварийной ситуации в значительной мере отличается от таковой в штатной по величине нагрузки на те или иные психофизиологические функции работающего человека [28].

При анализе действия на человека подсистемы более высокого уровня (Ч-С) обращает на себя внимание влияние как на его организм, так и на результаты его деятельности фонового состояния здоровья и многочисленных стресс-факторов, имеющих разнообразную природу [22]. Необходимо четко осознавать, что на этом уровне отмеченное влияние,

отчасти, является косвенным и формирует вероятную надежность деятельности (ВН).

Таким образом, предложенная иерархическая модель включает в себя воздействие многообразных факторов среды и характеристик организма человека, существенным образом влияющих на формирование надежности операторской деятельности и позволяет более полно оценивать этот параметр и разрабатывать адекватные медицинские мероприятия по поддержанию его высокого уровня.

**Информационный блок оценки надежности операторской деятельности.** Изучаемая эргатическая система представляется как нечто единое, одновременно являющееся и ареной, и объектом развития. В процессе осуществления профессиональной деятельности человек активно преобразует решаемую задачу и эволюционирует сам, постоянно адаптируясь к измененной им среде (рис. 2). Вместе с тем, если действие параметров задания на организм человека является бесспорным, то обратное воздействие человека на характеристики задания не выражается столь явно. Однако анализ надежности деятельности со всей очевидностью свидетельствует о том, что при выполнении задания человек существенным образом трансформирует его параметры и тем самым постоянно меняет характеристики своего задания, особенно в ситуациях появления ошибки.

В этом случае можно утверждать, что условия появления ошибок не являются аддитивными и поэтому оценка надежности с помощью определения вероятности ошибочной деятельности, т.е. путем суммирования количества ошибок, появляющихся в разных обстоятельствах, и отнесения их к общему числу проведенных действий не способствует получению объективного и точного результата. Учет этого обстоятельства совершенно игнорируется при оценке надежности традиционным способом, как вероятности безошибочности (или ошибочности) его профессиональной деятельности.

Таким образом, для более полного анализа надежности необходимо или учесть этот важный аспект деятельности, или постараться максимально исключить его проявления. Отсюда формируется чрезвычайно важная задача построения такой информационной технологии, которая бы учитывала отмеченный феномен. Поэтому для ее реализации целесообразно применять несколько подходов.

*Первый подход* состоит в использовании специальных комплексных показателей, учитывающих воздействие на поведенческие реакции работающего человека фундаментальных характеристик его организма (пол, возраст, выраженность ПВК и др.). Преимуществом этого подхода является достаточная легкость и доступность получения интегральных индикаторов надежности деятельности. Здесь, конечно, нельзя непосредственно определить уровень ПН, поскольку для получения результата необходимо предложить человеку проделать определенную работу, однако его можно косвенно оценить с помощью приемов информатики, направленных на получение интегральных показателей (оценка надежности деятельности по комплексу психофизиологических параметров: функциональное состояние, вариабельность сердечного ритма, особенности электрической активности

коры головного мозга, личностные характеристики и т.д.), в частности использования методов нечеткой логики [22, 25, 29].

Второй подход определения надежности направлен на возможное уменьшение влияния человека на характеристики задания, что делает технологию его выполнения более трудоемкой, но физиологически адекватной, поскольку каждый оператор работает на максимуме своих возможностей, которые предельно сужают степени его свободы при выборе решений, ограничивая его влияние на параметры решаемого задания (рис. 2).

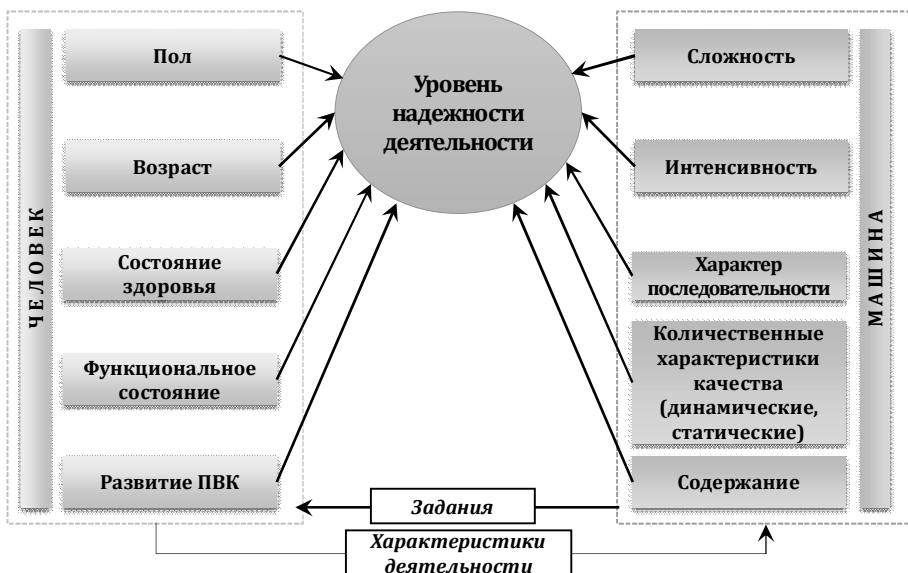


Рис. 2. Информационная модель действий человека и функционирования машины в эргатической системе

Для осуществления рассматриваемого подхода предлагается применить модуль информационной технологии, использующий параметры предельной возможности осуществления деятельности. Этот модуль реализуется в несколько этапов: подготовительный (I) для определения предельных возможностей человека по переработке потока информации и оценочный (II), позволяющий определить уровень надежности деятельности в условиях максимальной нагрузки на человека (рис. 3).

Для реализации процедур первого этапа применяется прием с использованием отрицательной обратной связи, которая позволяет адекватно изменять сложность предъявляемых задач в зависимости от успешности их решения.

Описанное правило можно рассмотреть на примере оценки надежности операторской деятельности по временным характеристикам предъявляемого сигнала, которое целесообразно формализовать с помощью понятия

проколотой окрестности  $\overset{\circ}{U}$ , существование которой отвечает условиям:  $\forall \tau_t \in \overset{\circ}{U}(\tau_{t-1}): f(\tau_t) < f(\tau_{t-1})$  или  $\forall \tau_t \in \overset{\circ}{U}(\tau_{t-1}): f(\tau_t) > f(\tau_{t-1})$ , где  $\tau_t$  — текущее значение функции  $f$  (отражающей временную последовательность

изменений экспозиций раздражителя в процессе подготовительного этапа исследования). В результате выполнения этого задания определяется предельное время действия раздражителя —  $\tau_{lim}$ , при котором оператор еще может дать правильный ответ.

*Второй подход* может быть разделен на несколько этапов, позволяющих, отталкиваясь от точки  $\tau_{lim}$ , конструировать тестирование испытуемого с постоянной экспозицией раздражителя, отличающейся от  $\tau_{lim}$  на заданную величину ( $\Delta$ ).

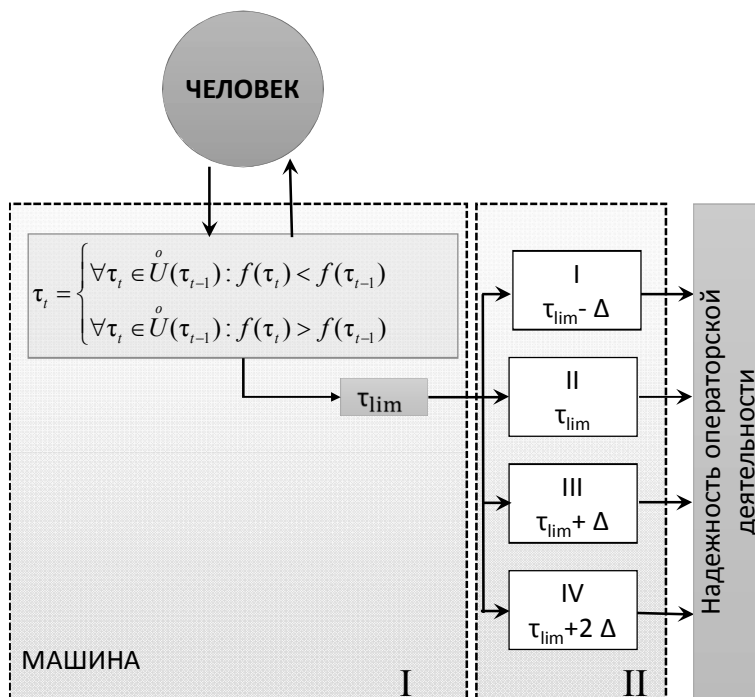


Рис. 3. Этапы реализации модуля информационной технологии психофизиологической оценки надежности операторской деятельности с использованием параметров предельной возможности ее осуществления

*Третий подход* основан на использовании данных тестирования с применением обратной связи и учитывает тот очевидный факт, что при достаточно медленном предъявлении заданий оператор может долго безошибочно работать. При уменьшении экспозиции задания вероятность появления ошибки растет и в режиме подачи раздражителей, превышающем возможности человека по переработке данного вида информации, вероятность появления ошибки будет равна единице. Иными словами, деятельность оператора в широком диапазоне сложностей предъявляемых заданий может универсально описываться аллометрической кривой. Формула, описывающая эту кривую, имеет вид  $p(\tau) = \frac{1}{1 + e^{(a-b\tau)}}$ , где  $p(\tau)$  — вероятность надежности деятельности;  $\tau$  (мс) — экспозиция предъявляемого сигнала;  $a$  и  $b$  — коэффициенты, отражающие

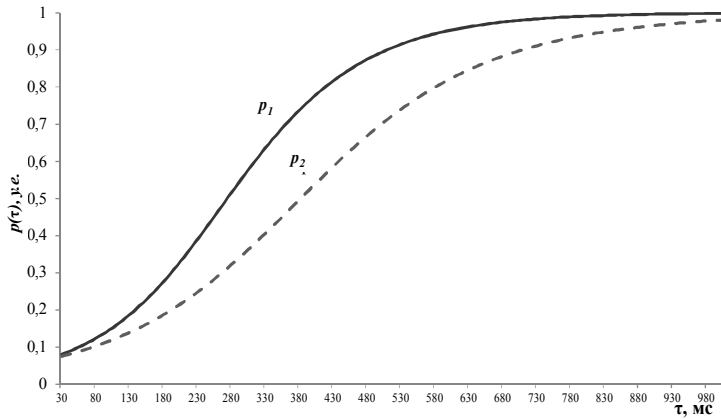
функциональное состояние и уровень развития профессионально важных качеств оператора.

Для реализации этого подхода предлагается еще один **модуль информационной технологии, основанный на анализе параметров аллометрической кривой, описывающей надежность операторской деятельности в широком диапазоне интенсивности информационной нагрузки.** Основной идеей реализации этого модуля является анализ параметров логистической функции, отражающей согласованную совокупность характеристик деятельности и представляющей собой линию, построенную по комплексу значений, отображающих соответствие вероятности правильного решения потока задач и скорости их предъявления, демонстрирующих трансформацию параметра надежности деятельности при усложнении перерабатываемой информации. Такая кривая является «профилем надежности деятельности» (ПНД) [30]. При этом ПНД отражает не только формальную сторону изменения надежности деятельности от темпа предъявления заданий в разнообразных условиях и режимах, но и может служить характеристикой изменения функционального состояния, выраженности профессионально важных качеств оператора. Эта технология, состоящая из двух этапов, позволяет существенно уменьшить (примерно в пять раз) время проведения исследования надежности операторской деятельности, не теряя при этом качества оценки надежности деятельности.

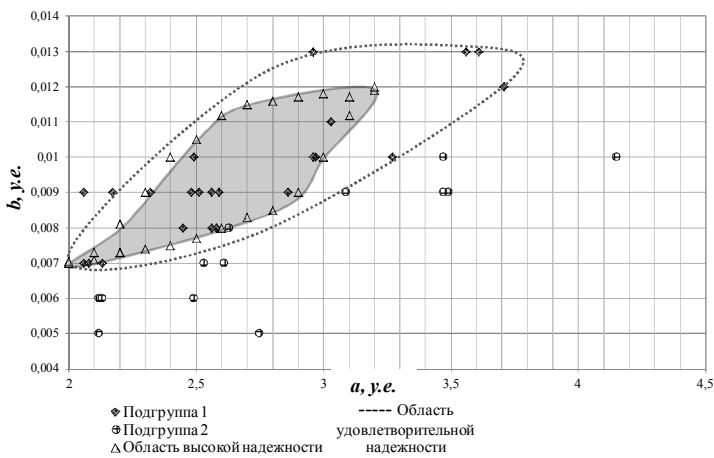
Примером использования предложенной информационной технологии является оценка надежности деятельности у операторов-радиотелеграфистов. Были построены логистические кривые, описывающие ПНД операторов по данным решения тестовых задач в конце смены, когда работники вследствие накопленной усталости были склонны делать большее количество ошибок. Для выделения однородных групп по степени надежности деятельности операторов был проведен кластерный анализ индивидуальных ПНД. В результате были выделены две подгруппы лиц, различающихся по уровню надежности (рис 4, а). В подгруппу 1 ( $p_1$ ) попали радиотелеграфисты, надежность деятельности которых, исходя из результатов двухфакторного дисперсионного анализа, достоверно выше ( $p < 0,001$ ), чем в подгруппе 2 ( $p_2$ ).

Второй этап основывался на установлении области колебаний коэффициентов  $a$  и  $b$  логистической кривой, отражающей ПНД операторов с «высоким» уровнем надежности профессиональной деятельности. Был получен среднегрупповой или «нормативный» (по группе с «высоким» уровнем надежности) профиль — ПНД<sub>н</sub>. Именно ПНД<sub>н</sub> является удовлетворительным при выполнении операторами своих служебных обязанностей. Далее с помощью метода Монте-Карло и двухфакторного дисперсионного анализа была выявлена область, где индивидуальное ПНД еще могло трактоваться как ПНД, принадлежащее континууму ПНД<sub>н</sub> с вероятностью  $p < 0,05$  для лиц с «высокой» или  $p < 0,1$  для лиц с «удовлетворительной» надежностью (рис. 4, б). Имея координаты выделенной области ПНД<sub>н</sub> можно по значениям коэффициентов  $a$  и  $b$  индивидуальных ПНД принимать решение о надежности операторской деятельности конкретного человека.





a



b

Рис. 4. Информационная технология оценки ПНД операторов:  
 a — ПНД подгруппы с высокой (— подгруппа 1) и низкой (- - - подгруппа 2) надежностью деятельности;  $p(\tau)$  — вероятность надежной деятельности;  
 б — соответствие характеристик индивидуальных ПНД ( $a$  и  $b$ ) нормативной области (высокой и удовлетворительной) надежности деятельности операторов.

**Информационный блок коррекции надежности операторской деятельности.** Коррекция надежности деятельности операторов может осуществляться с помощью тренировок психофизиологических качеств с постоянной оценкой степени их совершенствования (рис. 5). Коррекция психофизиологических качеств проводится в несколько этапов (оценка исходного уровня ПВК, ознакомление с методикой, тренировка психофизиологических качеств с динамическим контролем их уровня в течение дневного ( $j$ ) и недельного ( $i$ ) циклов). Результатом тренировки является наличие позитивного эффекта в повышении относительного сдвига уровня ПВК не менее чем на 0,3.

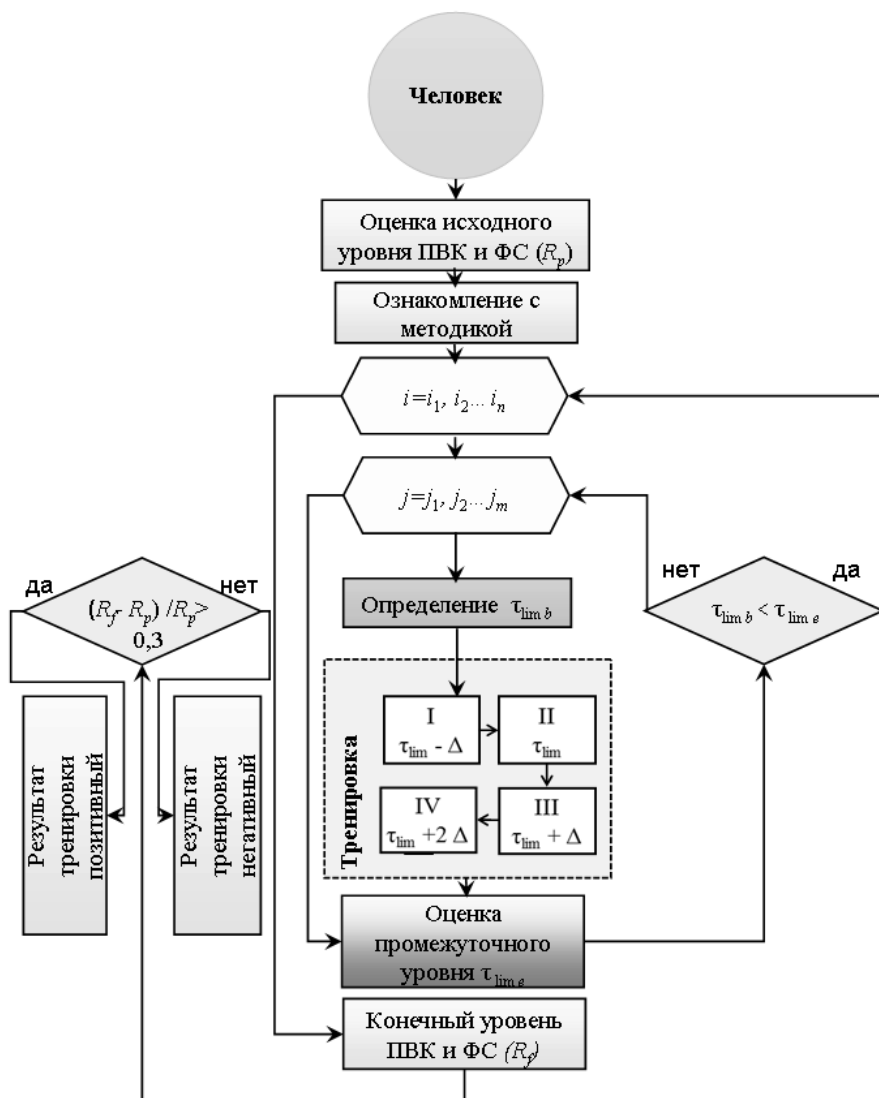


Рис. 5. Информационная технология коррекции (тренировки и контроля) психофизиологических качеств оператора:  $i_n$  — количество циклов тренировок в неделю;  $j_m$  — количество циклов тренировок в день ( $m =$  от 1 до 3);  $\tau_{lim, b}$  — исходный временной уровень предельных возможностей по переработке информации;  $\tau_{lim, e}$  — промежуточный временной уровень предельных возможностей по переработке информации после каждого  $j_m$  цикла тренировки.

**Информационный блок мониторинга психофизиологических качеств оператора.** В условиях профессиональной деятельности целесообразно проводить мониторинг надежности профессиональной деятельности, а также ФС и, в случае необходимости, проведение комплекса лечебно-профилактических мероприятий, осуществляемых под наблюдением врача. Разработанный блок информационной технологии включает несколько

этапов (периодического контроля надежности операторской деятельности и проведения профилактических, тренировочных, превентивных реабилитационных или лечебных процедур, направленных на коррекцию ФС оператора). В случае позитивного действия применяемых мероприятий рекомендуется продолжение профессиональной деятельности. Негативный результат дает информацию врачу и руководству учреждения о рекомендации работнику сменить направление деятельности (рис. 6).

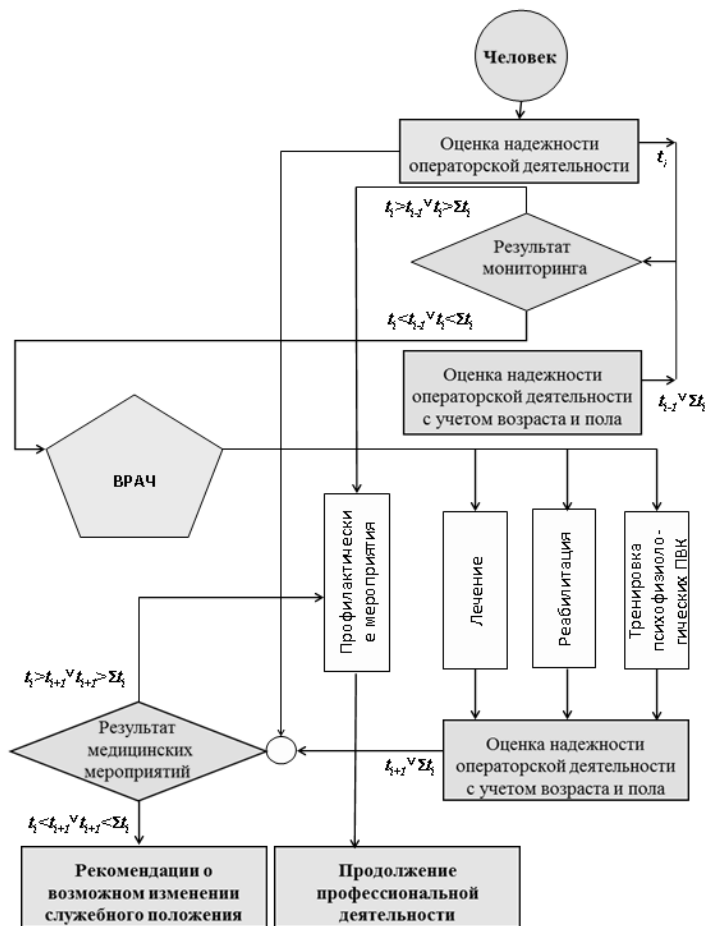


Рис. 6. Информационный блок мониторинга психофизиологических качеств оператора и лечебно-профилактических мероприятий, направленных на поддержание высокой надежности операторской деятельности:  $t_i$  — характеристики текущей надежности деятельности оператора;  $t_{i-1}$  — оценка надежности операторской деятельности в предыдущий период времени;  $t_{i+1}$  — оценка надежности операторской деятельности после проведения лечебно-профилактических мероприятий.

Врач в этом блоке является ключевым звеном, принимающим решение о целесообразности выполнения определенных мероприятий на основании информации, получаемой от блока оценки надежности операторской деятельности. К ним относятся: тренировка ПВК операторов, ПНД которых находится в зоне удовлетворительной надежности; превентивная реабилитация при наличии донозологических состояний (переутомление,

нервно-психическое перенапряжение, хроническое утомление); лечение возникших состояний невротизации и психопатизации в результате напряженной профессиональной деятельности, эмоционального выгорания, стресса и т.д. В любом случае профилактические мероприятия назначаются врачом в индивидуальном порядке после получения результатов мониторинга или медицинских мероприятий.

Таким образом, в результате проведенного анализа была создана информационная технология обеспечения высокой надежности операторской деятельности, учитывающая информационные процессы, протекающие на разных уровнях иерархически организованной эргатической системе, системы человек — машина — окружающая среда, состоящая из информационных блоков оценки надежности операторской деятельности, ее коррекции и мониторинга.

## **Выводы**

Выявленные фундаментальные причины появления ошибочных действий оператора основываются на существовании объективных противоречий между несовершенством имеющихся знаний человека о регулируемых процессах и принятием им решений, а также неполноте правил, регламентирующих действия оператора в особых, необычных ситуациях, ведущих к неправильной интерпретации возникших проблем.

Разработанная иерархическая информационная модель формирования надежности операторской деятельности включает в себя элементы многообразных факторов среды и характеристик организма человека, существенным образом влияющих на формирование надежности операторской деятельности на уровнях человек, человек — машина и человек — машина — окружающая среда, что позволяет более полно оценивать этот параметр, а также разрабатывать адекватные медицинские мероприятия по поддержанию его высокого уровня.

Предложенные информационные модули оценки надежности операторской деятельности основаны на получении интегральных психофизиологических показателей, использовании параметров предельной возможности осуществления деятельности, а также характеристик аллометрической кривой как профиля надежности деятельности и в целом позволяют учитывать в эргатической системе многогранность информационных процессов между действиями человека и функционированием машины.

Разработанные блоки информационной технологии для проведения мониторинга и коррекции надежности операторской деятельности основаны на динамическом отслеживании уровня проявления психофизиологических качеств оператора и состоят из этапов: периодический контроль надежности операторской деятельности, проведение профилактических, тренировочных, превентивных реабилитационных или лечебных процедур, направленных на обеспечение высокой надежности профессиональной деятельности и сохранения работоспособности человека.

Созданная оригинальная парадигма информационного обеспечения высокой надежности операторской деятельности основана на оценке возможностей человека по переработке разной по смыслу и интенсивности информации в широком диапазоне ее предъявления при моделировании операторской деятельности с учетом функционального состояния оператора, что, в свою очередь, позволит сохранить профессиональное здоровье и трудовые ресурсы Украины.

1. Войтенко А.М. Психофизиологический анализ причин ошибочных действий человека-оператора / А.М. Войтенко // Вестник Балтийской педагогической академии. — 2006. — Вып. 69 — С. 49–57.
2. Novak D. Dual-task performance in multimodal human-computer interaction: a psychophysiological perspective / D. Novak, M. Mihelj, M. Munih // *Multimedia Tools and Applications*. — 2012. — Vol. 56, No. 3. — P. 553–567.
3. Himma K.E. The concept of information overload: A preliminary step in understanding the nature of a harmful information-related condition / K.E. Himma // *Ethics and Information Technology*. — 2007. — Vol. 9. — P. 259–272.
4. Psychophysiological Evaluation of Task Complexity and Cognitive Performance in a Human Computer Interface Experiment / M. Mount William, C. Tuček Deborah, A. Abbass Hussein / *Neural Information Processing : Lecture Notes in Computer Science* // 19th Int. Conf., ICONIP 2012, Doha, Qatar, November 12-15, 2012. — 2012. — Vol. 7663. — P. 600–607.
5. Theerasak P. Information overload among professionals in Thailand // *Journal of Information Technology Impact*. — 2010. — Vol. 10, No 3. — P. 171–200.
6. Ахутин В.М. Деятельность А.И. Берга в области бионики и биомедицинской кибернетики / В.М. Ахутин // *Радиоэлектроника и связь*. — 1993. — № 1. — С. 13–16.
7. Акмеология / под ред. Деркача А.А. — М. : РАГС, 2006. — 424с.
8. Надежность и эффективность в технике: справочник. — Т.1. : Методология. Организация. Терминология / Под ред. А.И. Рембезы. — М. : Машиностроение, 1986. — 224 с.
9. Котик М.А. Психология и безопасность / М.А. Котик. — Таллинн : Валгус, 1989. — 448 с.
10. Павлов В.В. Системы человек — машина: проблемы и синтез. — К. : Вища школа, 1987. — 55 с.
11. Зараковский Г.М. Закономерности функционирования эргатических систем. / Г.М. Зараковский, В.В. Павлов. — М. : Радио и связь, 1987. — 232 с.
12. Никифоров Г.С. Надежность профессиональной деятельности / Г.С. Никифоров. — СПб. : Изд-во С.-Петербургского ун-та, 1996. — 172 с.
13. Зазыкин В.Г. Акмеологические проблемы профессионализма / В.Г. Зазыкин, А.П. Чернышев. — М. : НИИВО, 1993. — 134 с.
14. Небылицын В.Д. Надежность работы оператора в сложной системе управления и ее психофизиологические факторы / В.Д. Небылицын // *Психофизиологические исследования индивидуальных различий*. — М. : Наука, 1976. — С. 194–208.
15. Нерсесян Л.С. Инженерная психология и проблема надежности машиниста. / Л.С. Нерсесян, О.А. Конопкин. — М., 1978. — 240 с.
16. Толочек В.А. Современная психология труда : учебное пособие / В.А. Толочек / 2-е изд. — СПб. : Питер, 2008. 432 с.
17. Кальниш В.В. Информационные модели процесса формирования надежной операторской деятельности / В.В. Кальниш // *Клиническая информатика и телемедицина*. — 2009. — № 6. — С. 18–25.
18. Age Characteristics of the Speed of Central Information Processing In Persons with Different Levels of Functional Mobility of Nervous Processes / M. V. Makarenko, V. S. Lizogub, T. V. Kozhemyako, N.F. Chernenko // *Int. Journal of Physiology and Pathophysiology*. — 2011. — Vol. 2, No 4. — P. 335–341.

19. Дикая Л.Г. Проблемы современной психологии труда / Л.Г. Дикая // Психологический журнал. — 1992. — № 3. — С. 24–41.
20. Kalnysh V.V., Shvets A.V. Effect of intense 24-hour shift work on reliability of operators' activity / V.V. Kalnysh, A.V. Shvets // Human Physiology. — 2012. — Vol. 38, No 3. — P. 294–302.
21. Пушкин В.Т. Проблема надежности. — М. : Наука, 1971. — 189 с.
22. Швець А.В., Кальниш В.В. Особливості впливу різних психофізіологічних станів на надійність операторської діяльності / А.В. Швець, В.В. Кальниш // Військова медицина України. — 2009. — № 1. — С. 84–91.
23. Nagel E., Gödel's Proof / Ernest Nagel, Newman James Roy / edited with a new introduction by Douglas R. Hofstadter. — NYU Press; Revised edition, 2008. — 160 p.
24. Гельфанд И.М. О тактиках управления сложными системами в связи с физиологией // Биологические аспекты кибернетики / И.М. Гельфанд, В.С. Гурфинкель, М.Л. Цетлин — М., 1962. — С. 66–73.
25. Кальниш В.В. Гендерні особливості надійності операторської діяльності / В.В. Кальниш, А.В. Швець, Й.Р. Левіт // Журнал Академії медичних наук України. — 2009. — Т. 15, № 4. — С. 755–768.
26. Changxu Wu. Queuing Network Modeling of a Real-Time Psychophysiological Index of Mental Workload—P300 in Event-Related Potential (ERP) / Changxu Wu, Yili Liu, C.M. Quinn-Walsh // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. Part A. Systems and Humans. — 2008. — Vol. 38, No 5. — P. 1068–1084.
27. Єна Т.А. Гігієнічна і психофізіологічна оцінка професійної діяльності диспетчерів енергосистем / Т.А. Єна // Український журнал з проблем медицини праці. — 2008. — Т. 13, № 1. — С. 13–19.
28. Єна Т.А., Кальниш В.В. Професійно важливі якості диспетчерів енергосистем// Український журнал з проблем медицини праці / Т.А. Єна, В.В. Кальниш — 2010. — № 4(24). — С. 11–20.
29. Особенности классификации состояния человека-оператора средствами нечеткой логики / В.В. Кальниш, А.Г. Фирсов, А.В. Швець, А.И. Ещенко // Кибернетика и вычисл. техника. — 2011. — Вып. 166. — С. 55–67.
30. Кальниш В.В., Швець А.В. Особливості оцінки якості операторської діяльності з використанням профілю надійності / В.В. Кальниш, А.В. Швець // Клінічна інформатика і телемедицина. — 2013. — Т. 9. — Вип. 10. — С. 123–130.

Получено 15.05.2014