

УДК 612.084:612.821:613.865:616-008

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ НАДЕЖНОСТЬ СПЕЦИАЛИСТА: СОВРЕМЕННЫЕ РИСКИ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ УСТРАНЕНИЯ

© 2019 г. А. И. Федотчев^а *, В. М. Крук^б, Г. И. Семикин^с

^аИнститут биофизики клетки РАН,
142290 Пущино, Московской области, Россия

^бВоенный университет Министерства обороны РФ,
125009 Москва, Россия

^сМосковский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
105005 Москва, Россия

*e-mail: fedotchev@mail.ru

Поступила в редакцию 28.12.2018 г.

После доработки 30.01.2019 г.

Принята к публикации 25.02.2019 г.

В представленном аналитическом обзоре обобщены литературные данные о сущности и современном состоянии исследований по проблеме надежности специалиста, об особенностях рисков функциональной надежности человека-оператора в современных условиях, а также о возможностях устранения этих рисков. Рассмотрен оригинальный подход к повышению функциональной надежности специалиста с помощью нейроинтерфейсов, основанных на собственных ритмических процессах субъекта, представлены результаты исследований авторов в этом направлении.

Ключевые слова: функциональная надежность специалиста, риски, коррекция, нейроинтерфейсы, биоуправление с обратной связью, эндогенные ритмы

DOI: 10.1134/S0301179819030044

1. ВВЕДЕНИЕ

Надежность специалиста – комплексное психофизическое качество человека, выражающееся в соответствии его поведения, деятельности, состояния здоровья предъявляемым профессиональным требованиям и нормам, позволяющее выполнять задачи по предназначению. Ее видами являются личностная, профессиональная и функциональная составляющие [32]. Разработка проблемы надежности специалиста относится к числу наиболее актуальных направлений современных физиологических, инженерно-психологических и медико-биологических исследований в связи с рядом объективных факторов.

Во-первых, в современном мире практически любая деятельность специалиста обусловлена взаимодействием с разнообразными машинами – приборами, автомобилями, компьютерами и т.д. Независимо от степени автоматизации, человек является главным звеном системы “человек–машина”. Именно он ставит цели перед системой, планирует, направляет и контролирует весь процесс ее функционирования. Поэтому анализ закономерностей информационного взаимодействия человека и технических устройств при осуществлении профессиональной деятельности оператора, способных обес-

печить надежность системы, являются главным предметом современных исследований [76].

Во-вторых, в последние годы существенно возрастает сложность, скорость, энергоемкость и другие параметры разнообразных технических устройств. Чем сложнее управление, тем больше растут требования к психофизиологическим процессам и другим функциям и свойствам человека, начиная от восприятия и внимания и кончая рисками возникновения двигательных функциональных расстройств. Это обуславливает существенное повышение требований к исполнительской деятельности специалиста, ее надежности и безопасности, особенно при работе со сложными, опасными и высокотехнологичными автоматизированными системами или системой Интернет [13].

В-третьих, для большинства современных видов деятельности человека-оператора характерны информационные перегрузки, психофизиологическое перенапряжение и изменение условий работы, связанное с общим уменьшением количества мышечных усилий и избыточным использованием малых групп мышц. Поэтому диагностика и профилактика неблагоприятных состояний, своевременная коррекция рисков надежности специалиста могут способствовать получению значительного эконо-

мического и социального эффекта. В ряде государств в настоящее время отмечается смещение доминанты влияния с темпов роста экономики страны на здоровье профессионала и воспитание здорового населения, так что здоровье специалиста выступает как мера качества жизни людей и политики государства [54].

Во многих исследованиях последних лет, касающихся проблемы надежности специалиста [1, 11, 30, 31, 39, 43, 51, 52], подчеркивается острая необходимость поиска новых эффективных подходов и здоровьесберегающих технологий, которые направлены на своевременную диагностику и устранение рисков функциональной надежности работника в процессе трудовой деятельности. Однако к настоящему времени методология и методический аппарат таких подходов пока находятся в стадии интенсивной разработки. Обилие публикаций по данной проблеме и большое разнообразие используемых методических приемов затрудняют общую оценку состояния этой области знаний.

В связи с этим, в представленном аналитическом обзоре обобщены литературные данные о сущности и современном состоянии исследований по проблеме надежности специалиста, об особенностях рисков функциональной надежности человека-оператора в современных условиях, а также о возможностях минимизации или устранения этих рисков. Рассмотрен оригинальный подход к повышению функциональной надежности специалиста, основанный на использовании сигналов обратной связи от собственных ритмических процессов субъекта, представлены результаты исследований авторов в этом направлении.

2. ПРОБЛЕМА НАДЕЖНОСТИ СПЕЦИАЛИСТА: МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ АСПЕКТЫ

Систематические отечественные разработки проблемы надежности специалиста начались с середины прошлого столетия в основном с позиций технических наук как сохраняемость, устойчивость оптимальных рабочих параметров, системное свойство, запас прочности. Однако уже тогда была отмечена первостепенная важность надежности и качества операций человека в социотехнических системах [4, 36]. Сущность надежности человека-оператора была определена как способность к сохранению требуемых качеств в условиях возможного усложнения обстановки и как индивидуально варьирующее качество, от которого в первую очередь зависит стабильность его рабочих результатов [42].

В последующие годы с ростом количества, усложнением и совершенствованием технических средств деятельности резко возрос интерес к исследованию и учету человеческого компонента

в разнообразных системах “человек–машина” как наиболее уязвимо (в плане психофизиологических возможностей) звена их надежности. Теоретическому и экспериментальному анализу был подвергнут вопрос психофизиологического обеспечения надежности профессиональной деятельности операторов [8].

Особое внимание многих авторов привлекает проблема надежности профессиональной деятельности специалистов экстремального профиля – диспетчеров, операторов, подводников, летчиков, сотрудников МВД, спасателей МЧС и т.д. [34, 37]. Актуальность и экономическая эффективность разработки данного аспекта проблемы надежности определяется высокой аварийностью современной техники по вине человека и значительной “ценой” ошибки специалиста. Стремительный технический прогресс, увеличивающийся уровень автоматизации управления разнообразными техническими средствами и высокая степень ответственности специалиста за качество деятельности резко повысили требования к профессиональным качествам специалистов экстремального профиля.

Важным аспектом исследований надежности человека-оператора являются вопросы устойчивости специалиста к стрессовым факторам [57]. Среди них выделяются как внутренние (производственные) стрессоры, так и внешние, воздействующие на индивида за пределами рабочей среды. В роли стрессогенных факторов, влияющих на эффективность профессиональной деятельности, все чаще рассматриваются обстоятельства и негативные жизненные события, происходящие в жизни человека и его окружения. Это обусловлено обилием конфликтных и экстремальных ситуаций, а также переживанием стресса в результате террористических акций, экономического кризиса, природных и техногенных катастроф, транспортных происшествий, насилия и других факторов [3, 58]. Особую актуальность в настоящее время приобретает проблема стресса смертельно опасных состояний – вызов времени, способный вовлечь под свое влияние любого человека в любой момент жизни [55].

Главным содержанием современных исследований надежности специалиста является формирование условий и способов обеспечения безопасности в разных видах труда и сохранения оптимальных состояний работников [12]. Данная проблема включает в себя две составляющие: биологическую надежность, учитывающую устойчивые отказы человека, причинами которых могут быть болезнь, сонливость, утомление и другие неблагоприятные сдвиги функционального состояния, и психологическую надежность, учитывающую ошибки в работе оператора [22]. Если при работе в обычных условиях ограничиваются рассмотрением лишь психологической надежности, то в случае высокоответственных и вы-

сокотехнологичных видов деятельности особую роль приобретает учет биологической надежности, обусловленной наличием психофизиологическим состоянием специалиста.

Важным этапом разработки проблемы надежности специалиста явились обобщающие теоретические исследования В.А. Бодрова. Так, им впервые было введено понятие профессиональной и функциональной надежности оператора и проанализированы причины возникновения ошибок с учетом индивидуальных особенностей человека, а также разработана классификационная схема основных причин ошибок оператора [9, 10].

Позже В.А. Бодров еще раз возвращается к проблеме функциональной надежности субъекта труда с точки зрения взаимосвязи между функциональным состоянием человека и его работоспособностью, надежностью трудовой деятельности [11]. В этой обобщающей работе автор вводит и обосновывает понятие “функциональная надежность” как свойство функциональных систем человека обеспечивать его динамическую устойчивость в выполнении профессиональных задач в течение определенного времени и с заданным качеством. Физиологическое содержание проблемы функциональной надежности заключается в обеспечении оптимального функционального состояния человека-оператора. Это обуславливается наличием таких специфических для человека свойств, как адаптивность и реактивность, то есть устойчивость, стабильность и изменчивость, пластичность, приспособляемость к воздействию факторов деятельности.

3. СОВРЕМЕННЫЕ РИСКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ СПЕЦИАЛИСТА

Риск обычно понимается как вероятностная мера возникновения опасных техногенных или природных явлений, а также характеристика размера нанесенного при этом социального, экономического, экологического и других видов ущерба и вреда [29].

В научной литературе понятие “риск” имеет несколько аспектов. Так, в экономике это проблема управления рисками промышленного предприятия, актуальность которой резко возрастает в условиях глобализации и перехода к инновационной экономике [5]. В инженерно-психологических и медико-физиологических исследованиях главное внимание уделяется рассмотрению рисков профессиональной надежности специалиста и поиску путей их устранения [45]. Здесь основным предметом исследования выступают вопросы разработки новых технологий оценки и укрепления здоровья у практически здоровых людей [56]. Поскольку в настоящее время все большее признание получают идеи превентивной медицины, предпо-

лагающей переход от медицины таблетки и скальпеля к персонифицированному управлению состоянием здоровья и резервами организма [47], важным аспектом данного направления исследований является изучение роли превентивных мер обеспечения безопасных условий труда специалиста [41].

Риски надежности человека-оператора не являются постоянной величиной, а меняются с течением времени. Это обусловлено как постепенными изменениями характера его деятельности в условиях научно-технического прогресса, так и колебаниями психофизиологического состояния оператора, связанными с внутренними и внешними факторами. Что касается рисков надежности специалиста, обусловленных изменениями условий существования и деятельности человека, то в литературе отмечается несколько основных факторов, обуславливающих увеличение количества данной категории рисков.

Во-первых, развитие технических средств и условий деятельности значительно опережает функциональные возможности человека, и по мере научно-технического прогресса снижается его способность противостоять опасностям. По многочисленным литературным данным, самыми отрицательными факторами профессиональной трудовой деятельности, повышающими риски ухудшения здоровья, являются постоянное нервное напряжение и утомление. Например, установлено, что в большинстве систем “человек-машина” бдительность и надежность человека-оператора требуют значительных умственных усилий и могут вызывать стрессовые состояния [91]. Существенные проявления утомления и нервозности наблюдаются у операторов в результате 24-часовой сменной работы [25]. В холодных и суровых условиях когнитивная деятельность человека-оператора является ключевым фактором вероятности появления ошибок и соответствующих рисков [6].

Во-вторых, резко возрастает цена ошибки, и ошибки современного человека обходятся ему гораздо дороже, чем его предку. Увеличение сложности и скорости течения производственных процессов выдвигает повышенные требования к точности действий операторов, быстроте принятия решений в осуществлении управленческих функций. В значительной мере возрастает степень ответственности за совершаемые действия, поскольку ошибка оператора при выполнении даже самого простого акта может привести к нарушению работы всей системы “человек-машина”, создать аварийную ситуацию с угрозой для жизни работающих людей. Поэтому работа оператора в современных человеко-машинных комплексах характеризуется значительным увеличением нагрузки на нервно-психическую деятельность человека, и основным критерием тяжести операторского тру-

да становится не физическая тяжесть труда, а его нервно-психическая напряженность [33].

В-третьих, человек настолько привыкает к технике, что забывает о ее опасности, пренебрегает техникой безопасности и повышает вероятность аварийных ситуаций. В то же время риски надежности человека-оператора возрастают с увеличением сложности, скорости, энергоемкости и других параметров технических устройств, которыми управляет человек-оператор или с которыми взаимодействует специалист [7].

В большинстве работ, посвященных рискам функциональной надежности специалиста и факторам обеспечения безошибочности и безотказности его труда, основное внимание уделяется негативным функциональным состояниям — стрессу, утомлению, нервно-мышечным, невротическим расстройствам и т.д. Однако главными негативными следствиями взаимодействий в системах “человек—машина”, снижающими надежность человека-оператора и требующими своевременной коррекции, считаются формирование опорно-двигательных расстройств с наличием профессиональных болевых синдромов [73], а также развитие стресс-вызванных расстройств [74].

Нарушения опорно-двигательного аппарата и сопутствующие болевые синдромы являются широко распространенным состоянием, которое сопровождается ограничением трудоспособности и функциональной активности человека, снижением качества повседневной жизни, финансовой несостоятельностью, семейными проблемами и другими негативными последствиями [38]. Эти риски надежности специалиста обусловлены повторяющимися силовыми нагрузками на малые группы мышц, неудобными позами, локализованным механическим напряжением и высокодинамичными движениями [72]. Так, при работе с преимущественным вовлечением верхних конечностей и длительных поездках за рулем часто развиваются дискогенные шейные болевые синдромы [23]. Боли в области плечевого пояса, как правило, отмечаются у операторов клавишных компьютерных устройств и рабочих-сборщиков так называемых отверточных технологий на конвейерах в электронной и автомобильной промышленности [40]. Все более широкую известность в последние годы приобретает “туннельный синдром” — особая болезнь программистов, секретарей, конструкторов, швей, водителей, машинисток и операторов персональных компьютеров, при которой защемление нерва запястья вызывает боли в руках, отеки, онемение и нарушение мелкой моторики кисти [69].

Причинами упомянутых профессиональных болевых синдромов являются сверхбыстрый набор текста в течение долгого времени, тяжелая, “тугая” клавиатура или руль автомобиля, отсутствие опоры для локтя и запястья при работе и т.д.

В результате защемления нервных окончаний возникают боли в руках и шее, отеки, онемение и нарушение мелкой моторики кисти вплоть до того, что специалист не может взять в руки чашку, причесться или подписаться на документе. Если не принять меры к своевременной коррекции этих функциональных нарушений, они могут прогрессировать вплоть до резкого ухудшения качества жизни и необходимости сменить работу. Высокая распространенность острых и хронических болевых синдромов, их тяжелое гуманитарное, социальное и экономическое бремя способствовали тому, что в медицине сформировалось новое актуальное направление — медицина боли, которое включает широкий спектр вопросов: от механизмов формирования болевых синдромов и их диагностики до современных подходов к лекарственной и не лекарственной терапии боли [66].

Еще одним негативным следствием взаимодействий в системах “человек—машина”, снижающим надежность человека-оператора и требующим своевременной коррекции, является развитие стресс-вызванных нарушений. Работа в стрессогенных условиях современной жизни предполагает мобилизацию психологических и физиологических резервов специалиста, снижает эффективность его деятельности и сопровождается возникновением неадекватных функциональных состояний [15, 17, 92]. Разнообразные стрессогенные факторы индуцируют у человека множественные функциональные нарушения в виде так называемых “дискомфортных синдромов” [27] или дискомфортных состояний [50]. Они характеризуются полимикросимптоматикой: от нарушений сна и летучих болей в мышцах до ухудшения самочувствия и появления невротических реакций. При хроническом комплексном воздействии стрессогенных факторов происходит нарушение механизмов адаптации, отказ защитных систем организма и развитие сначала стойких функциональных расстройств, а затем и серьезных болезней [68].

Стресс как хроническое психофизиологическое перенапряжение может провоцировать манифестацию или обострение симптомов болезни, служить одним из факторов риска или усугублять тяжесть ее течения. Повседневный психический стресс служит причиной множества широко распространенных серьезных заболеваний, включая гипертоническую болезнь, инсульты, инфаркты, онкопатологию и др. [24, 49].

По данным недавних исследований, именно негативное воздействие психосоциальных стресс-факторов прямо или опосредованно становится главной причиной производственной заболеваемости в Европе [70]. В этой ситуации важно учитывать самые разнообразные средства, которые могут способствовать формированию антистрессорного по-

ведения и реально помочь устранению одного или нескольких стрессовых факторов [2].

4. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К УСТРАНЕНИЮ ОСНОВНЫХ РИСКОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ СПЕЦИАЛИСТА

Спектр методов и приемов, направленных на увеличение функциональной надежности специалиста и устранение ее рисков, чрезвычайно широк. К настоящему времени помимо значительного арсенала средств, направленных на общую активацию компенсаторных ресурсов мозга [48], разработаны и успешно используются разнообразные программы поддержания здоровья и оптимального функционального состояния специалиста на рабочем месте [28].

Большим разнообразием характеризуются также методы и приемы, направленные на устранение основных рисков надежности специалиста – подавление функционально обусловленных болевых симптомов и коррекцию стресс-вызванных функциональных нарушений. Следует подчеркнуть, что фармакологическая коррекция стресс-вызванных состояний и болевых синдромов с неизбежностью ухудшает когнитивные функции оператора любого уровня и часто сопровождается привыканием и побочными эффектами [93], что делает медикаментозный путь терапии не всегда приемлемым. Поэтому в последнее время особую популярность приобретают разнообразные нелекарственные технологии коррекции функционального состояния человека [85] и нелекарственные средства обезболивания [79].

По поводу того, какие именно подходы к обезболиванию являются наиболее эффективными, пока не существует единых представлений. Для подавления боли считается возможным использование широкого спектра процедур – от различных видов физических упражнений, массажа и психологических тренировок до специальных видов стимуляции, таких, как низкоинтенсивное лазерное излучение, терапевтический ультразвук, термальная терапия, транскутанная электронейростимуляция (ТЭНС) и электрическая стимуляция [46].

Метод ТЭНС является одним из наиболее разработанных методов нелекарственного обезболивания. Он заключается в стимуляции периферических нервов короткими электрическими импульсами, прикладываемыми к интактной поверхности кожи [90]. Его главными достоинствами являются неинвазивность, простота применения и возможность самостоятельного использования пациентом [88].

Значительным разнообразием характеризуются также современные нелекарственные подходы к подавлению стресс-вызванных состояний. Одним из таких подходов является метод релаксации, с

помощью которого можно частично или полностью избавиться от физического или психического напряжения [20]. Важнейшим антистрессорным фактором является также нормальный физиологический сон [21]. Качество сна определяет уровень устойчивости человека к вредоносным стрессовым воздействиям, и с качеством сна тесно связаны такие показатели, как частота несчастных случаев, уровень долговременного здоровья и смертность [67].

Упомянутые методы доступны в повседневной жизни и по существу сводятся к разумному планированию режима труда и отдыха. Они достаточно эффективны, особенно на начальных этапах формирования расстройств, вызванных стрессом. Однако при наличии у человека устойчивых стрессовых состояний для их преодоления необходимы специально организованные лечебные процедуры в виде разнообразных приемов сенсорной стимуляции [16]. Например, применение аудио-визуальной стимуляции позволило выявить такие позитивные эффекты, как упорядочивание биопотенциалов коры головного мозга и оптимизацию его функционального состояния, снижение тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы и нормализацию актуального психического состояния больных [19].

Анализ литературы показывает, что одним из наиболее разработанных средств коррекции стресс-вызванных расстройств является музыкальная терапия (МТ). Музыкально-терапевтические воздействия характеризуются неосознаваемым, чувственным восприятием [14]. Они автоматически привлекают к себе внимание [78] и способны отвлекать человека от негативных переживаний, таких, как боль, тревожность, беспокойство, печаль и т.д. [83]. Через модуляцию активности эмоциональной сферы музыка может играть позитивную роль в лечении психиатрических и неврологических расстройств [81], а также при коррекции состояний депрессии, тревожности и стресса [82].

5. ВОЗМОЖНОСТИ УСТРАНЕНИЯ ОСНОВНЫХ РИСКОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ СПЕЦИАЛИСТА С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОИНТЕРФЕЙСОВ

В последние годы сформировалась и быстро развивается новая перспективная линия исследований, направленных на создание технологий нейроинтерфейсов для нелекарственной коррекции функционального состояния человека [64]. Речь идет об интерфейсах мозг–компьютер (ИМК) и технологиях нейробиоуправления (НБУ). ИМК представляют собой компьютерные информационно-управляющие системы, которые опосредуют сигнализацию между мозгом и различными технологическими устройствами, автоматически управляя исполнительными средствами [26, 35] или модули-

руя параметры лечебных воздействий на основе собственных биофизических характеристик пациента [59]. В НБУ эти биофизические характеристики организма человека преобразуются в информационные сигналы обратной связи для его обучения навыку произвольной регуляции различных функций [89]. В недавних публикациях показано, что с помощью нейроинтерфейсов можно подавлять болевые синдромы [77] и устранять стресс-вызванные расстройства [71], а при использовании на рабочем месте — осуществлять когнитивную реабилитацию специалиста [84].

Ранее нами была теоретически обоснована концепция, предполагающая повышенную эффективность нейроинтерфейсов, которые используют сигналы обратной связи от эндогенных ритмических процессов человека [61]. Есть все основания утверждать, что данный принцип может служить базисом для создания нейроинтерфейсов, направленных на увеличение функциональной надежности специалиста.

При разработке таких нейроинтерфейсов мы исходили из теоретических представлений, учитывающих негативные и позитивные аспекты взаимодействий в современных системах “человек—машина”. Главными негативными следствиями таких взаимодействий являются функционально обусловленные болевые синдромы и стресс-вызванные функциональные нарушения. Как показано выше, к настоящему времени имеется два наиболее разработанных подхода к их устранению. Это метод транскутанной электростимуляции (ТЭНС), активно используемый для коррекции функционально обусловленных болевых симптомов [80], и метод музыкальной терапии (МТ), эффективно применяемый в качестве основного здоровьесберегающего приема при коррекции психофизиологических нарушений у человека-оператора [18, 53]. Однако оба этих метода характеризуются серьезными ограничениями, которые снижают их эффективность.

Для преодоления имеющихся ограничений были разработаны нейроинтерфейсы, использующие позитивный аспект информационных взаимодействий в системе “человек—машина”. В частности, для своевременной коррекции основных рисков надежности специалиста была использована такая организация коррекционных процедур, при которой взаимодействие между человеком и лечебным прибором опосредуется управляющими сигналами обратной связи от эндогенных ритмов данного субъекта. Для обезболивания использовали ТЭНС, управляемую ритмом дыхания пациента, а для подавления стресс-вызванных состояний — музыкальные воздействия, управляемые ритмическими компонентами электроэнцефалограммы (ЭЭГ).

5.1. Нейроинтерфейс для обезболивающей электростимуляции, управляемой дыханием пациента

Многочисленными исследованиями показано, что эффективность ТЭНС ограничивается феноменом привыкания, при котором мозг отфильтровывает постоянно повторяющиеся стимулы [87]. В результате в ходе процедур ТЭНС приходится постоянно увеличивать интенсивность электрических импульсов, что влечет за собой повреждения кожных покровов и другие негативные последствия. Хотя для преодоления привыкания предпринимаются многочисленные попытки варьирования одного или нескольких параметров стимуляции, до сих пор эффективность преодоления привыкания в существующих методах ТЭНС остается под вопросом [75].

Нами разработан оригинальный нейроинтерфейс, в котором параметры обезболивающей электростимуляции управляются ритмом дыхания пациента [44]. В литературе мы не встретили сведений о технологиях, использующих введение обратной связи по дыханию пациента при проведении процедур обезболивающей электростимуляции. Поэтому был разработан датчик дыхания, который крепится на груди человека и модулирует амплитуду электрических импульсов от стандартного обезболивающего нейростимулятора в строгом соответствии с ритмом дыхания обследуемого.

Экспериментальное тестирование разработанного нейроинтерфейса проведено с участием специалистов, которые обратились к врачу с жалобами на профессиональные болевые синдромы различной этиологии (головные боли напряжения, боли в области кисти и шеи) и дали добровольное согласие на участие в эксперименте [62].

Установлено, что под влиянием ТЭНС, управляемой ритмом дыхания пациента, наиболее существенные сдвиги отмечаются в отношении субъективных оценок уровня болевых ощущений, которые снизились вдвое. При этом отмечен также значимый рост оценок самочувствия. Существенный эффект стимуляции проявился и в объективных электрофизиологических показателях. Так, отмечен рост мощности альфа-ритма ЭЭГ и изменение характера дыхания, которое стало реже, но с достоверно возросшей амплитудой. Важно подчеркнуть, что при традиционных видах ТЭНС подобные эффекты после однократного воздействия, как правило, не наблюдаются, а достигаются в результате нескольких процедур.

5.2. Музыкальный нейроинтерфейс для подавления стресса

В музыкальной терапии преимущество неосознаваемого восприятия воздействий сочетается с проблемой адекватного для каждого пациента под-

бора музыки, необходимого для повышения эффективности лечебных процедур [86]. В технологиях биоуправления с обратной связью от ритмов ЭЭГ, наоборот, при их предельной индивидуальной направленности главной проблемой является трудность осознания и активного использования сигналов обратной связи от биопотенциалов мозга, которые эволюционно не предназначены для произвольного контроля [60]. Кроме того, серьезным недостатком существующих подходов является использование заранее заданных, излишне широкополосных (3–5 Гц) и полифункциональных традиционных ЭЭГ ритмов – тета, альфа, бета и т.д., что значительно ограничивает эффективность метода биоуправления.

С целью эффективной коррекции рисков надежности специалиста, вызываемых стрессом, была разработана технология музыкального биоуправления с обратной связью от ЭЭГ пациента [65]. Она сочетает преимущество неосознаваемого восприятия музыкальных воздействий с предельной индивидуальностью метода биоуправления. Основу данной технологии составляют музыкальные воздействия, которые организуются в строгом соответствии с текущими значениями характерных и значимых для индивида узкочастотных (0.4–0.6 Гц) ЭЭГ осцилляторов самого пациента.

Экспериментальное тестирование разработанной технологии проведено с добровольным участием научных сотрудников, обратившихся в кабинет психологической разгрузки по поводу состояний психоэмоционального напряжения и стресса в связи со срочной сдачей отчета. После определения у каждого испытуемого доминирующего узкочастотного (0.4–0.6 Гц) ЭЭГ осциллятора пациентам предъявляли классические музыкальные произведения. Однако музыка прерывалась на 3 с, как только амплитуда выявленного ЭЭГ осциллятора снижалась относительно исходного уровня. Испытуемым предлагали с помощью индивидуальных стратегий находить и поддерживать состояние, при котором мелодия звучит непрерывно.

Установлено, что при музыкальных воздействиях, управляемых по принципу обратной связи ЭЭГ осцилляторами пациента, уже к концу первой лечебной процедуры отмечается нормализация ЭЭГ, снижение уровня стресса и позитивные изменения функционального состояния [63].

Повышенная эффективность примененных музыкально-терапевтических воздействий, обусловленная их взаимодействием со значимыми для индивида характеристиками биоэлектрической активности его мозга, объясняется главными достоинствами разработанного нейроинтерфейса. Это ориентация на природные механизмы регуляции функций, использование текущих значений адекватно подобранных и значимых для индивида био-

электрических характеристик его эндогенных ритмов в виде узкочастотных ЭЭГ осцилляторов, а также применение музыкальных воздействий, организованных в строгом соответствии с биоэлектрическими характеристиками мозга пациента – музыкой его мозга.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предпринятый обзор литературы показывает, что в современном мире проблема функциональной надежности специалиста является одной из наиболее актуальных проблем физиологии. Это связано с наличием множества производственных и социальных факторов, которые увеличивают риски надежности и безопасности деятельности профессионала и требуют разработки эффективных средств устранения этих рисков.

При большом разнообразии факторов, оказывающих негативное влияние на функциональную надежность специалиста, основными ее рисками считаются формирование опорно-двигательных расстройств, сопровождаемых профессиональными болевыми синдромами, и развитие стресс-вызванных функциональных нарушений, ведущих к отказу защитных систем организма и развитию серьезных болезней. К настоящему времени для их устранения наиболее разработанными являются метод ТЭНС, предназначенный для коррекции функционально обусловленных болевых синдромов, и метод музыкальной терапии, активно используемый для коррекции стресс-вызванных нарушений. Однако эти методы характеризуются серьезными ограничениями, которые снижают их эффективность.

Анализ литературы и результаты собственных исследований показывают, что перспективным подходом к устранению основных рисков надежности специалиста является применение нейроинтерфейсов, в которых лечебные сенсорные воздействия автоматически управляются сигналами обратной связи от собственных ритмических процессов пациента – ритмом его дыхания или биопотенциалами мозга. При использовании нейроинтерфейса, в котором параметры ТЭНС управляются ритмом дыхания больного, достигается быстрое и эффективное подавление болевых синдромов, а применение музыкального нейроинтерфейса с управлением от ЭЭГ осцилляторов пациента приводит к снижению уровня стресса и позитивным изменениям функционального состояния.

Разработанные нейроинтерфейсы могут найти применение в широком спектре реабилитационных процедур для коррекции рисков надежности специалиста и его когнитивной реабилитации. Возможными сферами применения технологии могут быть медицина труда, психофизиология, инженерная психология, эргономика, а также

коррекция и реабилитация состояния диспетчеров и операторов в армии, на транспорте, в авиации, на атомных и тепловых станциях и т.д.

Работа поддержана Российским Гуманитарным научным фондом, грант РГНФ № 16-06-00133, и Российским фондом фундаментальных исследований, гранты РФФИ №№ 18-013-01225, 19-013-00095.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев Д.Е.* Функциональная надежность как междисциплинарная проблема, ее место в системе обеспечения надежности специалиста // Психология и педагогика служебной деятельности. 2016. № 2. С. 9–12.
2. *Анцупов А.Я.* Как избавиться от стресса. М.: Проспект, 2015. 224 с.
3. *Анцупов А.Я.* Современный человек как стресс-фактор // Человеческий капитал. 2016. № 2(86). С. 10–12.
4. *Астафьев А.К.* Надежность живых систем // Вопросы философии. 1967. № 6. С. 121–130.
5. *Бадалова А.Г., Пантелеев А.В.* Управление рисками деятельности предприятия. М.: Вузовская книга, 2015. 234 с.
6. *Белкин В.Ш., Дюргеров М.Б., Финаев А.Ф., Сороко С.И.* Биоклиматическая оценка уровня дискомфорта среды обитания для человека в различных регионах Антарктиды // Физиология человека. 2016. Т. 42. № 2. С. 5–15.
7. *Беспалый Н.В., Гончаров Д.П., Белов А.А. и др.* Основные задачи, направленные на достижение приемлемого риска аварий на опасных производственных объектах // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 11–1. С. 88–92.
8. *Благинин А.А., Синельников С.Н., Смольянинова С.В.* Особенности оценки функционального состояния у операторов // Физиология человека. 2017. Т. 43. № 1. С. 11–17.
9. *Бодров В.А.* Проблема профессиональной и функциональной надежности // Психологический журнал. 1989. Т. 10. № 4. С. 142–149.
10. *Бодров В.А.* Изучение проблемы информационного стресса человека-оператора // Физиология человека. 2000. Т. 26. № 5. С. 111–118.
11. *Бодров В.А.* К проблеме функциональной надежности субъекта труда // Человеческий фактор. Проблемы психологии и эргономики. 2011. № 3. С. 4–8.
12. *Бочкарева Е.В., Калинина А.М., Копытова Г.А.* Развитие программ по укреплению здоровья на рабочем месте – актуальная задача медицинской науки и бизнеса // Профилактическая медицина. 2012. Т. 15. № 6. С. 6–10.
13. *Войтенко А.М., Корнилова А.А., Пашкин С.Б.* Психофизиологические основы безопасности операторской деятельности. Учебное пособие. Ростов-на-Дону: Ростовский гос. мед. унив., 2017. 64 с.
14. *Волчек О.Д.* Значение музыки и семантика ее звуков: учебное пособие к курсу лекций “Музыкальная психология”. М.: Фолиум, 2014. 176 с.
15. *Герасимов И.Г.* Проблема понятия “функциональное состояние” в современной физиологии // Успехи физиол.наук. 2011. Т. 42. № 2. С. 90–96.
16. *Глазачев О.С., Классина С.Я., Бобылева О.В., Класня А.* Эффекты полимодальных ритмических сенсорных воздействий на состояние ЦНС и вегетативные функции человека // Физиология человека. 2010. Т. 36. № 2. С. 59–66.
17. *Глазачев О.С., Дудник Е.Н.* Функциональное состояние микроциркуляторного кровотока и нейровегетативной регуляции у молодых людей с различным уровнем субъективно переживаемого психологического стресса // Физиол. человека. 2012. Т. 38. № 5. С. 50–57.
18. *Гнездилов Г.В., Крук В.М., Ланенкина О.М.* Эффективность применения здоровьесберегающего метода музыкотерапии в ходе реализации обучающей технологии // Психология обучения. 2008. № 1. С. 106–112.
19. *Головин М.С., Балиоз Н.В., Айзман Р.И., Кривошеков С.Г.* Влияние аудиовизуальной стимуляции на психические и физиологические функции у спортсменов-легкоатлетов // Физиология человека. 2015. Т. 41. № 5. С. 90–98.
20. *Горев А.С., Ковалева А.В., Панова Е.Н., Горбачева А.К.* Организация биоэлектрической активности коры головного мозга на различных этапах сеанса релаксации // Физиология человека. 2012. Т. 38. № 5. С. 16–23.
21. *Дорохов В.Б.* Сомнология и безопасность профессиональной деятельности // Журн. высш. нервн. деят. 2013. Т. 63. № 1. С. 33–47.
22. *Душков Б.А., Смирнов Б.А., Королев А.В.* Психология труда, профессиональной, информационной и организационной деятельности: словарь. М.: Академический проект: Фонд “Мир”, 2005. 848 с.
23. *Забаровский В.К., Анацкая Л.Н.* Мануальная терапия дискогенных шейных болевых синдромов // Медицинские новости. 2009. № 1. С. 31–34.
24. *Калинина С.А., Юшкова О.И.* Влияние социально-психологических факторов на формирование профессионального стресса // Физиология человека. 2015. Т. 41. № 4. С. 44–52.
25. *Кальниш В.В., Швеиц А.В.* Влияние непрерывной точной работы на надежность деятельности операторов // Физиология человека. 2012. Т. 38. № 3. С. 81–91.
26. *Каплан А.Я.* Нейрофизиологические основания и практические реализации технологии мозг-машинных интерфейсов в неврологической реабилитации // Физиология человека. 2016. Т. 42. № 1. С. 118–127.
27. *Кидалов В.Н., Хадарцев А.А., Якушина Г.Н.* Саногенез и саногенные реакции эритрона. Проблемы медицины и общее представление о саногенезе // Вестник новых медицинских технологий. 2005. Т. 12. № 3–4. С. 5–10.

28. Колганов Е.Г. Международная практика управления здоровьем персонала // Безопасность жизнедеятельности. 2017. № 2(194). С. 12–16.
29. Костиков В.А. Надежность технических систем и техногенные риски. М.: Московский Гос. Тех. Унив. Гражд. Авиации, 2008. 136 с.
30. Крук В.М. К проблеме обеспечения надежности сотрудника // Живая психология. 2015. Т. 2. № 3. С. 221–234.
31. Крук В.М. К проблеме системно-ситуативного анализа надежности специалиста // Человеческий капитал. 2016. № 4(88). С. 14–17.
32. Крук В.М., Семикин Г.И., Федотов А.Ю. Системно-ситуативный анализ психологического феномена надежности профессионала // Человеческий капитал. 2013. № 9(57). С. 66–74.
33. Кунделеков А.Г. Соотношение тяжести и напряженности трудового процесса с показателями качества жизни работающих // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 2. С. 1–6.
34. Лазебная Е.О., Бессонова Ю.В. Функциональная надежность и успешность профессиональной деятельности лиц опасных профессий. В кн.: Личность профессионала в современном мире. Под ред. Л.Г. Дикой, А.Л. Журавлева. М.: Инст. психол. РАН, 2013. С. 283–302.
35. Левицкая О.С., Лебедев М.А. Интерфейс мозг-компьютер: будущее в настоящем // Вестн. Российского гос. мед. унив. 2016. № 2. С. 4–16.
36. Ломов Б.Ф. Человек в системах управления. М.: Знание, 1967. 48 с.
37. Лысаков Н.Д., Гандер Д.В., Лысакова Е.Н. Психология труда в экстремальных условиях. М.: Изд-во СГУ, 2013. 176 с.
38. Медведев Д.С., Чурганов О.А., Щуров А.Г., Бондарев С.А. Болевая чувствительность как индикатор функционального состояния организма при эмоционально-напряженной умственной деятельности // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 5. С. 73–82.
39. Милованова Г.Б., Марагей Р.А., Потулова Л.А. Оценка надежности операторской деятельности // Биомедицинская радиоэлектроника. 2015. № 1. С. 12–16.
40. Миронов С.П., Ломтатидзе Е.Ш., Цыкунов М.Б. и др. Плечелопаточный болевой синдром. Волгоград: Волгоградский гос. мед. унив., 2006. 287 с.
41. Морозова И.В., Шолотонова Е.С. Проблемы оценки экономического эффекта от превентивных мер обеспечения безопасных условий труда // Вестн. Московского гос. обл. унив. 2014. № 1. С. 77–82.
42. Небылицын В.Д. К изучению надежности работы оператора в автоматизированных системах // Вопросы психологии. 1961. № 6. С. 9–18.
43. Никифоров Г.С., Шингаев С.М. Психология профессионального здоровья как актуальное научное направление // Психологический журнал. 2015. Т. 36. № 2. С. 44–54.
44. О Сан Чжун, Семикин Г.И., Федотчев А.И. Использование прямых и обратных связей в системе человек–машина при устранении рисков функциональной надежности специалиста // Живая психология. 2015. Т. 2. № 4. С. 291–300.
45. Осадчук О.Л., Максименко Л.А. Понятие “надежность” в различных сферах жизнедеятельности человека: философские и этико-психологические аспекты // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 3–1. С. 167–173.
46. Осипова Н.А. Современные тенденции в науке и практике лечения боли // Анестезиология и реаниматология. 2014. № 2. С. 26–32.
47. Полетаев А.Б., Гринько О.В. Превентивная медицина: введение в проблему // Terra Medica. 2012. № 4. С. 4–8.
48. Разумникова О.М. Закономерности старения мозга и способы активации его компенсаторных ресурсов // Успехи физиол. наук. 2015. Т. 46. № 2. С. 3–16.
49. Рунова Е.В., Григорьева В.Н., Бахчина А.В. и др. Вегетативные корреляты произвольных отображений эмоционального стресса // Современные технологии в медицине. 2013. Т. 5. № 4. С. 69–77.
50. Секач М.Ф. Проблемы психологии в обеспечении личной безопасности человека // Человеческий капитал. 2012. № 3(39). С. 117–121.
51. Семикин Г.И., Мысина Г.А. Психофизическое здоровье будущих специалистов // Человеческий капитал. 2013. № 9(57). С. 15–23.
52. Слободчиков О.Н., Гнездилов Г.В., Кокорева Е.А. и др. Психологическое обеспечение профессионального отбора и личностной надежности персонала. Коллективная монография. Под редакцией В.В. Жиринского. М.: Институт мировых цивилизаций, 2016. 528 с.
53. Смольянинова С.В., Благинин А.А. Использование музыки для коррекции функционального состояния операторов // Сборник трудов конференции “Наука XXI века”. С-Петербург, 12 апреля 2016 г. С. 63–65.
54. Сокольская М.В. Личностное здоровье профессионала: дисс. докт. психол. наук. Хабаровск, Дальневосточный госуниверситет, 2012. 500 с.
55. Ушаков И.Б., Бубеев Ю.А., Квасовец С.В., Иванов А.В. Индивидуальные психофизиологические механизмы адаптации при стрессе смертельно опасных ситуаций // Рос. физиол. журн. 2012. Т. 98. № 1. С. 83–94.
56. Ушаков И.Б., Орлов О.И., Баевский Р.М. и др. Новые технологии оценки здоровья у практически здоровых людей // Рос. физиол. журн. 2013. Т. 99. № 3. С. 313–319.
57. Ушаков И.Б., Штемберг А.С. Резистентность организма к экстремальным факторам: физиологические основы, регуляция, прогнозирование // Успехи физиологических наук. 2011. Т. 42. № 3. С. 26–45.
58. Федотчев А.И. Стресс, его последствия для человека и современные нелекарственные подходы к их устранению // Успехи физиол. наук. 2009. Т. 40. № 1. С. 102–115.
59. Федотчев А.И. Автоматическая модуляция лечебных сенсорных воздействий эндогенными ритмическими процессами пациента // Технологии живых систем. 2009. Т. 6. № 5. С. 69–74.

60. Федотчев А.И., Бондарь А.Т., Бахчина А.В. и др. Музыкально-акустические воздействия, управляемые биопотенциалами мозга, в коррекции неблагоприятных функциональных состояний // Успехи физиол. наук. 2016. Т. 47. № 1. С. 69–79.
61. Федотчев А.И., Бондарь А.Т., Матрусов С.Г. и др. Использование сигналов обратной связи от эндогенных ритмов пациента для нелекарственной коррекции функциональных расстройств // Успехи физиол. наук. 2006. Т. 37. № 4. С. 82–92.
62. Федотчев А.И., О Сан Чжун, Матрусов С.Г. Устранение профессиональных функциональных расстройств через использование прямых и обратных связей в системе “человек–машина” // Медицинская физика. 2015. № 3. С. 68–73.
63. Федотчев А.И., О Сан Чжун, Семикин Г.И. Сочетание технологии ЭЭГ биоуправления с музыкальной терапией для эффективной коррекции стресс-вызванных расстройств // Современные технологии в медицине. 2014. Т. 6. № 3. С. 60–63.
64. Федотчев А.И., Парин С.Б., Полевая С.А., Великова С.Д. Технологии “интерфейс мозг–компьютер” и нейробиоуправление: современное состояние, проблемы и возможности клинического применения // Современные технологии в медицине. 2017. Т. 9. № 1. С. 175–184.
65. Федотчев А.И., Радченко Г.С. Музыкальная терапия и музыка мозга: состояние, проблемы и перспективы исследований // Успехи физиол. наук. 2013. Т. 44. № 4. С. 34–48.
66. Яхно Н.Н., Кукушкин М.Л. Хроническая боль: медико-биологические и социально-экономические аспекты // Вестник РАМН. 2012. № 9. С. 54–58.
67. Akerstedt T., Kecklund G., Gillberg M. Sleep and sleepiness in relation to stress and displaced work hours // *Physiol. Behav.* 2007. V. 92. № 1–2. P. 250–255.
68. Bibbey A., Carroll D., Roseboom T.J. et al. Personality and physiological reactions to acute psychological stress // *Int. J. Psychophysiol.* 2013. V. 90. № 1. P. 28–36.
69. Casale R., Damiani C., Maestri R., Wells C.D. Pain and electrophysiological parameters are improved in symptomatic carpal tunnel syndrome by TENS // *Eur. J. Phys. Rehabil. Med.* 2013. V. 49. № 2. P. 205–211.
70. Dal Cason D.L. Ergonomic principles and tools for best interdisciplinary psycho-physical stress prevention // *Work.* 2012. V. 41. Suppl. № 1. P. 3920–3922.
71. Dillon A., Kelly M., Robertson I.H., Robertson D.A. Smartphone Applications Utilizing Biofeedback Can Aid Stress Reduction // *Front. Psychol.* 2016. V. 7. № 832. P. 1–13.
72. Fan Z.J., Silverstein B.A., Bao S. et al. The association between combination of hand force and forearm posture and incidence of lateral epicondylitis in a working population // *Human Factors.* 2014. V. 56. P. 151–165.
73. Gallagher S., Heberger J.R. Examining the interaction of force and repetition on musculoskeletal disorder risk: A systematic literature review // *Human Factors.* 2013. V. 55. P. 108–124.
74. Genaidy A.M., Sequeira R., Rinder M. Determinants of business sustainability: An ergonomics perspective // *Ergonomics.* 2009. V. 52. № 3. P. 273–301.
75. Gladwell P.W., Badlan K., Cramp F., Palmer S. Problems, solutions, and strategies reported by users of transcutaneous electrical nerve stimulation for chronic musculoskeletal pain: Qualitative exploration using patient interviews // *Physical Therapy.* 2016. V. 96. P. 1039–1048.
76. Gramann K., Fairclough S.H., Zander T.O., Ayaz H. Editorial: Trends in Neuroergonomics // *Front. Hum. Neurosci.* 2017. V. 11. № 165. P. 1–16.
77. Guétin S., Brun L., Deniaud M. et al. Smartphone-based Music Listening to Reduce Pain and Anxiety Before Coronarography // *Altern. Ther. Health Med.* 2016. V. 22. № 4. P. 60–63.
78. Heo J., Baek H.J., Hong S. et al. Music and natural sounds in an auditory steady-state response based brain-computer interface to increase user acceptance // *Comput. Biol. Med.* 2017. V. 84. P. 45–52.
79. Jensen M.P., Sherlin L.H., Askew R.L. et al. Effects of non-pharmacological pain treatments on brain states // *Clin. Neurophysiol.* 2013. V. 124. № 10. P. 2016–2024.
80. Johnson M.I., Jones G. TENS: Current status of evidence // *Pain Manag.* 2017. V. 7. № 1. P. 1–4.
81. Koelsch S. Brain correlates of music-evoked emotions // *Nat. Rev. Neurosci.* 2014. V. 15. № 3. P. 170–180.
82. Lee K.S., Jeong H.C., Yim J.E., Jeon M.Y. Effects of Music Therapy on the Cardiovascular and Autonomic Nervous System in Stress-Induced University Students // *J. Altern. Complement. Med.* 2016. V. 22. № 1. P. 59–65.
83. Linnemann A., Strahler J., Nater U.M. Assessing the Effects of Music Listening on Psychobiological Stress in Daily Life // *J. Vis. Exp.* 2017. Feb 2; (120). <https://doi.org/10.3791/54920>
84. Massaro S. Neurofeedback in the workplace: From neurorehabilitation hope to neuroleadership hype? // *Int. J. Rehabil. Res.* 2015. V. 38. № 3. P. 276–278.
85. McCraty R., Atkinson M., Lipsenthal L., Arguelles L. New hope for correctional officers: An innovative program for reducing stress and health risks // *Appl. Psychophysiol. Biofeedback.* 2009. V. 34. № 4. P. 251–272.
86. Müller W., Haffelder G., Schlotmann A. et al. Amelioration of psychiatric symptoms through exposure to music individually adapted to brain rhythm disorders – a randomised clinical trial on the basis of fundamental research // *Cogn. Neuropsychiatry.* 2014. V. 19. № 5. P. 399–413.
87. Nickel F.T., Ott S., Möhringer S. et al. Brain correlates of short-term habituation to repetitive electrical noxious stimulation // *Eur. J. Pain.* 2014. V. 18. № 1. P. 56–66.
88. Nizard J., Lefaucheur J.P., Helbert M. et al. Non-invasive stimulation therapies for the treatment of refractory pain // *Discov. Med.* 2012. V. 14. № 74. P. 21–31.
89. Sitaram R., Ros T., Stoeckel L. et al. Closed-loop brain training: The science of neurofeedback // *Nat. Rev. Neurosci.* 2017. V. 18. № 2. P. 86–100.

90. Vance C.G., Dailey D.L., Rakel B.A., Sluka K.A. Using TENS for pain control: The state of the evidence // *Pain Management*. 2014. V. 4. P. 197–209.
91. Warm J.S., Parasuraman R., Matthews G. Vigilance requires hard mental work and is stressful // *Human Factors*. 2008. V. 50. P. 433–441.
92. Wemm S.E., Wulfert E. Effects of Acute Stress on Decision Making // *Appl. Psychophysiol. Biofeedback*. 2017. V. 42. № 1. P. 1–12.
93. Wood S., Sage J.R., Shuman T., Anagnostaras S.G. Psychostimulants and cognition: A continuum of behavioral and cognitive activation // *Pharmacol. Rev.* 2013. V. 66. № 1. P. 193–221.

Functional Reliability of Specialist: Modern Risks and Possibilities of Their Elimination

A. I. Fedotchev^{a, #}, V. M. Kruk^b, and G. I. Semikin^c

^a*Institute of Cell Biophysics, Russian Academy of Sciences, 142290 Pushchino, Moscow Region, Russia*

^b*Military University of the Ministry of Defence, 125009 Moscow, Russia*

^c*Bauman Moscow State Technical University, 105005 Moscow, Russia*

[#]*e-mail: fedotchev@mail.ru*

Received December 28, 2018; revised January 30, 2019; accepted February 25, 2019

In the present analytical review the data from the literature about the nature and current state of research on the reliability of the specialist are summarized. The risks of human-operator functional reliability in modern conditions are described, and the possibilities of these risks elimination are analyzed. An original approach to enhance specialist functional reliability via utilization of neurointerfaces, based on subject's own rhythmic processes, is described, and author's research results in this direction are presented.

Keywords: specialist functional reliability, risks, correction, neurofeedback, endogenous rhythms