

На правах рукописи



ЩЕЛКАНОВА
Елена Сергеевна

**БЕСКОНТАКТНАЯ ЭКСПРЕСС - ДИАГНОСТИКА
ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
РАБОТНИКОВ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

05.26.02. - безопасность в чрезвычайных ситуациях

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
БОБРОВ Александр Фёдорович
доктор биологических наук, профессор

Москва
2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1	
Состояние проблемы бесконтактной диагностики психофизиологического состояния работников опасных производств.....	16
1.1 Методы бесконтактной диагностики психофизиологического состояния, оценивающие физические явления в организме.....	23
1.2 Методы бесконтактной диагностики психофизиологического состояния на основе акустических технологий.....	26
1.3 Методы бесконтактной диагностики психофизиологического состояния, оценивающие движение тела человека или его отдельных частей.....	29
1.4 Виброизображение как метод бесконтактной оценки психофизиологического состояния.....	35
ГЛАВА 2	
Материалы, методы и организация исследования.....	41
2.1 Краткая характеристика пункта временного хранения ОЯТ и РАО в губе Андреева на Кольском полуострове.....	41
2.2 Организация, методики и объём исследования.....	46
2.3 Математическая обработка результатов исследования.....	53
ГЛАВА 3	
Результаты экспресс - диагностики психофизиологического состояния по данным периодических психофизиологических обследований.....	54
3.1 Интегрированные показатели параметров виброизображения.....	55
3.2 Параметры виброизображения как отражение системной реакции организма.....	58
3.3 Критерии выделения по параметрам виброизображения лиц с нарушениями психофизиологической адаптации.....	64
ГЛАВА 4	
Результаты экспресс - диагностики психофизиологического состояния работников опасных производств при предсменных психофизиологических обследованиях.....	77
4.1 Требования к аппаратно-программным средствам предсменного психофизиологического контроля.....	78

4.2 Критерии допуска к производственной деятельности работников опасных производств по данным оценки параметров виброизображения.....	80
ГЛАВА 5	
Бесконтактная диагностика психофизиологического состояния работников опасных производств при тренажёрной подготовке.....	91
5.1 Психофизиологический тренажёр для подготовки лиц, участвующих в операциях по обращению с отработавшим ядерным топливом.....	92
5.2 Взаимосвязь параметров виброизображения с режимами тренировки и показателями качества выполняемой деятельности.....	96
5.3 Взаимосвязь показателей виброизображения с параметрами электрофизиологических сигналов.....	101
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	113
ВЫВОДЫ.....	118
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	120
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ.....	122
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	124
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	126

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Одним из важных направлений исследований научной специальности 05.26.02 - безопасность в чрезвычайных ситуациях является разработка прикладных и фундаментальных основ медицинского и психологического (психофизиологического) обеспечения специалистов, работающих в экстремальных условиях профессиональной деятельности. Крайне актуально это для работников опасных производств (РОП), персонала аварийно-спасательных бригад, военнослужащих и других профессиональных контингентов, работающих во вредных и опасных условиях [8,35,47,50,59,61,70,128,183].

Авторы, рассматривая общие причины аварий и катастроф, исключая не зависящие от человека природные катастрофы типа наводнения, цунами и др., отмечают, что основной их причиной является антропогенный риск [33,38,74,93,171-173,185,213].

Вероятность возникновения антропогенных рисков особенно опасна для предприятий с ПОТ в атомной, химической, микробиологической промышленности, электроэнергетике, военной и гражданской авиации и других отраслях промышленности.

Минимизация антропогенных рисков связана с оценкой и прогнозированием функционального состояния работников опасных производств, совершенствованием диагностики психологических, психофизиологических и физиологических особенностей человека, напрямую и опосредовано обуславливающих профессиональную надежность персонала, созданием системы медико-психологического/психофизиологического сопровождения профессиональной деятельности [1,8,17,35,47,74,79,90,128,167,171,172].

Согласно концепции медико-психологического сопровождения профессиональной деятельности спасателей МЧС России [5,6,8,61], психофизиологическое обследование (ПФО) входит в комплексную систему мониторинга состояния здоровья спасателей и реализуется психологической

службой МЧС [182,183]. ПФО во Всероссийской службе медицины катастроф (ВСМК) реализуется лабораториями психофизиологического обеспечения (ЛПФО) территориальных центров медицины катастроф [91,92,193].

Воздействие условий производственной среды на состояние здоровья, функциональное состояние и, в конечном итоге, на работоспособность работников обуславливает увеличение числа не регламентированных инструкциями действий работника, приводящих к нарушению технологических процессов, появлению ошибок в управлении сложными социотехническими системами [1,2,8,41,47,67,128,173,186]. По существующим оценкам проведение профессионального психофизиологического отбора и мониторинга психофизиологического состояния специалистов операторского профиля позволяет снизить уровень производственного травматизма и аварийности технических систем из-за ошибок персонала на 40-70% [88,95,97,142].

Для снижения вероятности аварий в связи с неправильными действиями персонала, связанными с отклонениями функционального состояния отдельных работников, например, в ГК «Росатом», согласно Постановлению Правительства РФ от 01.03.1997г. № 233 [129], проводятся обязательные предварительные (при поступлении на работу), периодические (ежегодные) медицинские осмотры и психофизиологические обследования работников объектов использования атомной энергии.

Персонал указанных объектов должен проходить предсменные медицинские осмотры, имеющие целью предотвратить допуск к работе специалиста в нетрудоспособном состоянии, обусловленном болезнью, интоксикацией, расстройством адаптации. Актуальным, но не регламентированным в настоящее время, видом ПФО является оценка текущего психофизиологического состояния работника в процессе выполнения профессиональной деятельности.

Развивая важность медико-психофизиологического обеспечения работников, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные

производства и объекты в области использования атомной энергии, Федеральный закон ФЗ-35 от 8 марта 2011 г. ввел в действие «Устав о дисциплине работников организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты в области использования атомной энергии», в котором предписано проводить психофизиологические обследования в ходе медицинских осмотров [66].

В число таких организаций согласно Постановлению Правительства № 597 от 20 июля 2011 г. входят и предприятия по обращению с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами.

Основным требованием к методикам ПФО является их способность оценки системной реакции организма работника на воздействие достаточно большого количества факторов, влияющих на работоспособность.

В качестве интегральной оценки изменений, как показали исследования, можно рассматривать уровни психофизиологической адаптации человека, диагностированной на психическом, психофизиологическом и физиологическом уровнях [8,26,35].

ПФО проводится с использованием специализированных аппаратно-программных комплексов (АПК), реализующих требования ведомственных нормативных документов к методикам психофизиологического обследования. При использовании полного набора методик общее время психофизиологического обследования может занимать в среднем два часа, что отрывает работника от производственного процесса, требует увеличения числа медицинских работников, что не соответствует интересам работодателя, особенно при большом количестве персонала, проходящего контроль одновременно [77,148]. Если для предварительных ПФО существующее время проведения ПФО является приемлемым, то совершенствование периодических ПФО связано с внедрением методов экспресс - диагностики психофизиологического состояния (ПФС). Их использование позволит оперативно выделять группу «риска», подлежащую углубленному ПФО, освобождая остальных от психофизиологического

обследования. Что существенно снизит общее время ПФО всей профессиональной группы (цеха, отдела, предприятия). Методы экспресс - диагностики психофизиологического состояния (ПФС) не имеют альтернативы при предсменных ПФО, а также при оценке текущего ПФС при выполнении профессиональной деятельности. В том числе при тренажёрной подготовке.

Степень разработанности темы исследования

Бурное развитие измерительной техники и информационных технологий привели к разработке широкого спектра устройств дистанционной диагностики функционального состояния человека от айтрекеров до инфракрасных, доплеровских и СВЧ приборов, устройств регистрации параметров голоса, фото- и видеоизображения, которые потенциально возможно использовать в практике прикладных медико-биологических исследований.

Проведенный сравнительный анализ различных средств и измерительных технологий [31] показал, что с позиций методологических требований эффективности, информативности, практичности, оперативности, отсутствия негативного отношения тестируемых к аппаратно-программным комплексам оценки функционального состояния [81,84,150,163,164,171,172,179] для экспресс - диагностики ПФС целесообразно использовать технологию оценки параметров виброизображения рефлекторных микродвижений головы человека [107]. Наличие автоматизма, обильные афферентные и эфферентные морфофункциональные связи с корково-подкорковыми образованиями центральной и вегетативной нервных систем головного и спинного мозга, с нейроэндокринными процессами свидетельствуют о возможности использования характеристик функционирования вестибулярной системы в качестве индикатора реакции организма на внутренние и внешние факторы. Потому технология виброизображения успешно используется при решении широкого круга задач от детекции лжи, до клинической диагностики [111].

Цель исследования – разработка на основе оценки параметров виброизображения методики бесконтактной экспресс-диагностики

психофизиологического состояния работников опасных производств (на примере персонала предприятия по обращению с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами) для периодических и предсменных медицинских осмотров, а также оценки текущего состояния при тренажёрной подготовке.

Предположение о том, что разработанная методика дистанционной экспресс - диагностики психофизиологического состояния, в основе которой лежит оценка параметров виброизображения, позволит оперативно и с приемлемой точностью оценивать уровень психофизиологической адаптации (ПФА) человека, а также получать оценку текущего психофизиологического состояния и психофизиологической «цены» деятельности в процессе тренажёрной подготовки работников стало **гипотезой диссертационного исследования.**

Задачи исследования

1. Обосновать методы и технологии бесконтактной экспресс-диагностики психофизиологического состояния работников опасных производств, отвечающих требованиям периодического и предсменного медицинского осмотра работников, участвующих в операциях по обращению с отработавшим ядерным топливом.

2. Изучить взаимосвязь показателей традиционных методик оценки психофизиологической адаптации на этапе периодического медицинского осмотра с параметрами виброизображения.

3. Разработать критерии экспресс-диагностики нарушения психофизиологического состояния при предсменном контроле лиц, участвующих в операциях по обращению с отработавшим ядерным топливом.

4. Оценить взаимосвязь электрофизиологических показателей функционального состояния лиц с параметрами виброизображения и разработать критерии оценки текущего состояния и психофизиологической «цены» моделируемой деятельности в ходе тренажерной подготовки.

5. Разработать и апробировать методические рекомендации по организации и проведению предсменных психофизиологических обследований работников атомной отрасли.

Объектом исследования являлось психофизиологическое состояние работников пункта временного хранения (ПВХ) отработавшего ядерного топлива и радиоактивных отходов Центра по обращению с РАО – отделения губа Андреева СЗЦ «СевРАО» – филиала ФГУП «РосРАО» на этапах периодического, предсменного медицинского осмотра и при тренажёрной подготовке.

Предмет исследования - связь показателей психофизиологической адаптации и динамики психофизиологического состояния с параметрами виброизображения.

Методической основой проведённых исследований является теория функциональных систем П.К. Анохина, концепция психической и психофизиологической адаптации Ф.Б. Березина, теории физиологии движения и активности Н.А. Бернштейна, технология оценки параметров виброизображения В.А. Минкина, концепция статистического синтеза количественных критериев оценки функционального состояния А.Ф. Боброва.

Научная новизна исследования

Впервые проведён анализ состояния проблемы по бесконтактным методам психофизиологической диагностики в прикладных медико-биологических исследованиях в отечественной и зарубежной практике, позволивший обосновать выбор в качестве оптимальной методики технологию оценки параметров виброизображения. По результатам комплексных экспериментальных исследований с применением регламентированных и бесконтактных методов оценки психофизиологического состояния работников опасных производств, разработаны критерии, позволяющие за одну минуту по параметрам виброизображения выявлять лиц с нарушениями ПФА при периодических психофизиологических обследованиях. Обоснованы требования (оперативность, системность, индивидуальность) к аппаратно-программным комплексам для

предсменного психофизиологического контроля работников опасных производств и самоадаптивный алгоритм построения границ индивидуальных норм. Разработанный на их основе критерий допуска/недопуска к работе позволяет по данным одномоментного тестирования выявлять лиц, психофизиологическое состояние которых выходит за границы индивидуальной нормы. Впервые установленная взаимосвязь параметров виброизображения и электрофизиологических сигналов позволила разработать критерий оперативной бесконтактной оценки текущего состояния и психофизиологической «цены» деятельности в целях оптимизации режимов тренажёрной подготовки работников к использованию технических средств в операциях по обращению с отработавшим ядерным топливом.

Практическая значимость работы

Разработанные критерии экспресс-диагностики психофизиологического состояния работников опасных производств позволили использовать их в предложенной 2-х уровневой системе проведения ПФО. На первом этапе с использованием экспресс - методов выделяется группа «риска», которая и проходит ПФО в полном объёме согласно существующим нормативам. Это позволяет на 65-70% снизить общее время, затрачиваемое на ПФО профессиональной группы (работников цеха, отдела, предприятия).

Разработанные критерии допуска/недопуска к работе при проведении предсменного контроля работников опасных производств позволяют своевременно ограничить доступ к работе лиц, актуальное психофизиологическое состояние которых не соответствует требованиям деятельности, повышая тем самым безопасность работ и сохраняя профессиональное здоровье. Сравнение данных о психофизиологическом состоянии работника в ходе послесменного контроля с предсменным, позволяет оценить индивидуальный уровень психофизиологических затрат работника на выполнение деятельности и является

основой для выработки рекомендаций по оптимизации режимов тренажерной подготовки.

Разработанный критерий оценки текущего психофизиологического состояния и психофизиологической «цены» деятельности при тренажёрной подготовке работников опасных производств позволяет контролировать её режимы, выявлять наиболее сложные для освоения элементы деятельности, оценивать достаточность/недостаточность наработанных навыков.

Утверждённые в ФМБА России Методические рекомендации «Организация и проведение предсменных психофизиологических обследований работников организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объектов области использования атомной энергии, при прохождении работниками предсменных медицинских осмотров в медицинских организациях ФМБА России» являются нормативным документом для предсменного психофизиологического контроля работников атомной отрасли.

Разработанная методика и критерии экспресс-диагностики могут быть использованы для оценки психофизиологического состояния лиц, участвующих в ликвидации последствий ЧС, на этапах допуска к работе и при тренажерной подготовке.

Основные научные положения диссертации, выносимые на защиту

1. Технология виброизображения является адекватным средством бесконтактного экспресс-контроля психофизиологического состояния работников опасных производств. Параметры виброизображения отражают результаты системной реакции организма и позволяют оперативно идентифицировать лиц с нарушениями психофизиологической адаптации. Разработанный критерий оперативной идентификации лиц с нарушением психофизиологической адаптации позволяет с использованием двухэтапного прохождения ПФО значительно

сократить время периодического психофизиологического обследования и повысить его объективность.

2. Реализованные в аппаратно-программном комплексе предсменного психофизиологического контроля требования оперативности, системности и индивидуальности к процедуре предсменного/послесменного психофизиологического контроля, разработанные критерии допуска/недопуска к работе позволяют своевременно ограничить доступ к работе лиц, актуальное психофизиологическое состояние которых не соответствует требованиям деятельности при выполнении операций с отработавшим ядерным топливом.

3. Мониторинг показателей виброизображения позволяет оценить текущее психофизиологическое состояние и психофизиологическую «цену» деятельности работников опасных производств в ходе отработки профессиональных навыков при работе на психофизиологическом тренажере и оптимизировать режимы тренировки.

Личный вклад автора заключается в непосредственном участии в организации исследования, сборе, обработке и анализе всех данных, полученных при психофизиологическом обследовании персонала Центра по обращению с РАО - отделение губа Андреева СЗЦ «СевРАО» - филиала ФГУП «РосРАО». Подготовка текста диссертации и публикаций выполнены соискателем лично.

Достоверность научных фактов, результатов и выводов методологически обоснована и обеспечена разнообразием используемых методических подходов, соответствующих задачам исследования. Выборки обследуемых подбирались в соответствии с общепринятыми статистическими нормами. Приведённые в экспериментальной части диссертационного исследования результаты обработаны с использованием метода иерархической стратификации функциональных состояний [32] и многомерных методов статистического анализа, реализованных в программе STATISTICA v.8.0.

Апробация работы

Материалы исследований доложены и обсуждены на Всеармейской научно-практической конференции «Опыт применения сил и средств медицинской службы Вооруженных Сил Министерства обороны РФ при ликвидации медико-санитарных последствий ЧС», (Санкт-Петербург, 2016); на Международной научно-практической конференции по теме: «Человеческий фактор энергетики XXI века: качество, надёжность, здоровье», (Москва, 2017); на IV научно-практической конференции с международным участием «Экологическая и радиационная безопасность объектов атомной энергетики», (Калининград, 2017); на V Международной научно-практической конференции «Технологии, проблемы, опыт создания и внедрения систем психофизиологического обеспечения профессиональной деятельности персонала электроэнергетической отрасли государств - участников СНГ» (Москва, 2018), а также на 1-ой Международной конференции «Современная психофизиология. Технология виброизображения (Vibraimage)» (Санкт-Петербург, 2018).

По теме диссертации опубликовано 11 печатных работ, из них 5 – в журналах, включенных в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации для опубликования основных результатов диссертационных исследований.

Внедрение результатов исследования

1. Разработанные в соавторстве Методические рекомендации «Организация и проведение предсменных психофизиологических обследований работников организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты в области использования атомной энергии, при прохождении работниками предсменных медицинских осмотров в медицинских организациях ФМБА России» введены в действие приказом от 29.12.2017 №70-17 ФМБА России.

2. Разработанные критерии и алгоритмы предсменного психофизиологического контроля включены в специальное программное обеспечение системы «VibraStaff», разработанное совместно со специалистами ООО «ЭЛСИС» г. С.-Петербург.

3. Критерии экспресс - диагностики психофизиологического состояния при периодических, предсменных психофизиологических обследованиях, а также при тренажёрной подготовке используются в практике психофизиологического обследования лиц, участвующих в операциях по обращению с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами Центра по обращению с РАО - отделение губа Андреева СЗЦ «СевРАО» - филиала ФГУП «РосРАО».

4. Критерии экспресс – диагностики психофизиологического состояния при периодических и предсменных психофизиологических обследованиях используются специалистами ЦМСЧ №91 ФМБА России в рамках психофизиологического обеспечения персонала комбината «Электрохимприбор» ГК «Росатом».

5. Критерии экспресс – диагностики психофизиологического состояния используются при предсменных психофизиологических обследованиях работников ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова».

6. Критерии экспресс – диагностики психофизиологического состояния при периодических обследованиях используются специалистами Центра медицинской экспертизы и реабилитации ФГБУ ВЦМК «Защита» Минздрава России в рамках психофизиологического обеспечения прикрепленных контингентов.

7. Материалы проведённых исследований используются при подготовке/переподготовке психологов медицинских организаций ФМБА России в ИППО ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.

8. Материалы диссертационной работы используются в целях повышения профессиональных и научно-исследовательских компетенций студентов и магистров, обучающихся на кафедре общей и юридической психологии

Института психологии Калужского государственного университета им. К.Э. Циолковского.

Результаты внедрения подтверждены соответствующими актами.

Объем и структура диссертации

Диссертация изложена на 155 страницах машинописного текста и включает введение, 5 глав (обзор литературы, материалы и методы исследования, 3 главы, отражающие результаты собственных исследований), заключение, выводы, практические рекомендации, список сокращений и литературы.

Диссертация иллюстрирована 25 рисунками и 19 таблицами. Библиография включает 220 источников, из которых 193 отечественных и 27 зарубежных.

ГЛАВА 1

СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ БЕСКОНТАКТНОЙ ДИАГНОСТИКИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАБОТНИКОВ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Вопросы сохранения здоровья работающего населения представляют приоритетное направление государственной политики в области охраны труда и обеспечения работодателем здоровых и безопасных условий труда, профилактики профессиональной заболеваемости, поскольку только трудоспособное население способно обеспечить экономический подъем государства [59,64,71]. Вместе с тем сложившаяся демографическая ситуация указывает на прогрессирующее снижение трудовых ресурсов страны, увеличение возрастного ценза, что требует развития системы охраны и укрепления здоровья работающего населения [23]. Охрана здоровья специалистов, осуществляющих профессиональную деятельность в сложных и опасных условиях, входит в число актуальных задач, стоящих перед медициной катастроф. Природные и техногенные чрезвычайные ситуации становятся нормой жизни современного общества. Количество экстремальных природных явлений растёт в 6 раз из расчёта на каждое десятилетие с параллельным ростом экономических потерь в 10 раз [3,44,93]. Они становятся угрозой устойчивого развития экономики регионов и целых стран. Поэтому одной из задач Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций является выявление источников чрезвычайных ситуаций, которые могут сопровождаться неблагоприятными медико-санитарными последствиями, организация постоянного медико-санитарного контроля за ними, проведение комплекса мероприятий по недопущению или уменьшению таких последствий.

По данным В.И. Евдокимова [61] встречаемость техногенных ЧС составляет 55,1%, природных – 31,5%, биолого-социальных – 11,1%, террористических актов – 2,3%. В России наиболее неблагоприятными по рискометрическим показателям в 2009-2013 гг. были Дальневосточный, Сибирский, Северо-Кавказский и Южный Федеральные округа. Работа аварийно-спасательных формирований,

участвующих в ликвидации последствий ЧС происходит в неблагоприятных условиях [5] и оказывает неблагоприятное влияние на их здоровье [6,7,39,149].

Научные и практические вопросы медико-психофизиологического обеспечения служб МЧС рассмотрены в работах С.С. Алексанина [5-8], В.Ю. Рыбникова [8,146], Ю.С. Шойгу [53,182,183], М.В. Санникова [7,149] и других исследователей. В Всероссийской службе медицины катастроф - в работах С.Ф. Гончарова [50-52], Г.В. Кипора [80], О.А. Гармаш [48], Т.С. Башир-Заде [24], М.В. Вишневской [43], Е.В. Козлова [83], М.А. Ларцева [90,91], Митина И.Н. [113] и других исследователей.

В последние годы в связи с увеличившимся числом различного рода чрезвычайных ситуаций значительно возрос интерес исследователей к дезадаптационным состояниям, которые выявляются у работающих в неблагоприятных условиях [24,39,43,44,58,63,69,70,75,87]. Все они связаны с нарушениями психофизиологической адаптации.

Современное представление об адаптации основывается на работах И.П. Павлова, И.М. Сеченова, П.К. Анохина, В.П. Казначеева, В.И. Медведева, Г. Селье и др. [15,16,20-22,26,49,72,76,98,144,151,152,154,165,166]. Объективно существует несколько её основных проявлений, которые позволяют утверждать, что адаптация это: свойство организма; процесс приспособления к изменяющимся условиям среды, суть которого состоит в достижении одновременного равновесия между средой и организмом; результат взаимодействия в системе «человек-среда жизнедеятельности»; цель, к которой стремится организм.

Адаптация имеет большое жизненное значение для организма, позволяя не только переносить значительные и резкие изменения в окружающей среде, но и активно перестраивать свои физиологические функции и поведение в соответствии с этими изменениями, иногда опережая их. Благодаря адаптации поддерживается постоянство внутренней среды организма (гомеостаз). Помимо поддержания констант внутренней среды с помощью адаптации осуществляется перестройка различных функций организма, обеспечивающих его

приспособление к физическим, эмоциональным и другим нагрузкам. Адаптация и гомеостаз - это взаимно связанные и дополняющие друг друга процессы, определяющие в конечном итоге функциональное состояние организма. Данное понятие является одним из центральных в современных прикладных медико-биологических исследованиях [26,55].

Психофизиологическую адаптацию определяют как системный ответ человека на действие внешних и внутренних стимулов и факторов, направленный на достижение полезного приспособительного результата и рассматривают её как критерий оценки донозологических нарушений в состоянии здоровья при медицинских осмотрах [35].

В целях формирования современной системы управления охраной труда, основанной на оценке и управлении профессиональными рисками, в Трудовой кодекс Российской Федерации введены понятия «профессиональный риск» и «управление профессиональными рисками». Профессиональный риск – вероятность причинения вреда здоровью в результате воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов при исполнении работником обязанностей по трудовому договору или в иных случаях, установленных Трудовым кодексом Российской Федерации, другими федеральными законами [59]. Управление профессиональными рисками – комплекс взаимосвязанных мероприятий, включающих в себя меры по выявлению, оценке и снижению уровней профессиональных рисков, регламентируемый приказами Минздравсоцразвития России по аттестации рабочих мест и медицинским осмотрам работников. Методы и критерии оценки профессиональных рисков разрабатываются специалистами НИИ Медицины труда РАН им. академика Н.Ф. Измерова [41,59,71]. Новый подход к их оценке по данным периодических медицинских осмотров и психофизиологических обследований был описан в работе [34], выполненной с участием автора. В его основе лежит оценка уровня аллостатической нагрузки работника [60].

Лиц, подвергающихся в процессе выполнения служебных обязанностей комбинированному воздействию экстремальных факторов (стрессорных, эколого-гигиенических, социально-психологических и т.д.) и высокому риску смерти, относят к лицам опасных профессий [170]. К числу таких специалистов относятся: персонал потенциально опасных объектов (работники опасных производств), спасатели, работники транспорта, военнослужащие, сотрудники спецслужб.

Порядок проведения медицинских осмотров для всех категорий лиц, работающих во вредных и (или) опасных условиях труда определён Приказом Минздравсоцразвития России от 12 апреля 2011 г. № 302н [131]. Для работников опасных производств медицинские осмотры дополняются психофизиологическими обследованиями. В атомной отрасли согласно Методическим рекомендациям Р ФМБА России 2.2.8.84-2015 под ПФО понимаются обследования, осуществляемые с целью получения данных о психических, психофизиологических и физиологических качествах работника и уровне его психофизиологической адаптации [101].

Нормативные документы, регламентирующие проведение ПФО имеют, преимущественно, ведомственный характер. Так для работников энергетики [46,137], атомной энергетики [102,127,129,135], на предприятиях ядерно-оружейного комплекса [100], Министерства транспорта [103,136,139,140,174], МЧС [45,104,105], гражданской авиации [145], МВД [37,40,157], МО [47,67,95,96,128,142,138,167] и других министерств и ведомств, выполняющих задачи в неблагоприятных производственных условиях, а также подверженных воздействию опасных и экстремальных факторов, созданы и эффективно функционируют системы психофизиологического обеспечения их деятельности. Это же относится и ВСМК, в структуру ряда территориальных центров которых, входят лаборатории психофизиологического обеспечения [130,133,134].

Согласно словарю основных понятий и определений службы медицины катастроф [117] психофизиологическое обеспечение спасателей – система

мероприятий, направленная на оценку характера и выраженности профессионально значимых психологических и психофизиологических качеств, на поддержание этих качеств в процессе профессиональной деятельности, а также сохранения психического и соматического здоровья. Психофизиологическое обеспечение является частью медицинского обеспечения личного состава аварийно-спасательных формирований, персонала службы медицины катастроф и других профессиональных контингентов, принимающих участие в ликвидации последствий ЧС.

В атомной отрасли в соответствии с Федеральным законом №35-ФЗ от 8 марта 2011 г. ПФО являются составной частью медицинских осмотров работников, проведение которых возложено на медицинские организации ФМБА России, обслуживающие эти предприятия. Одним из обязательных условий получения отдельными категориями специалистов разрешения на право ведения работ в области использования атомной энергии является отсутствие психофизиологических отклонений, имеющих значение при выявлении медицинских противопоказаний к профессиональной деятельности.

В требованиях к проведению медицинских осмотров и психофизиологических обследований работников объектов использования атомной энергии определены их виды:

- обязательные предварительные (при поступлении на работу);
- периодические (ежегодные);
- предсменные осмотры;
- внеплановые медицинские осмотры и психофизиологическое обследование после перенесённого работником тяжёлого заболевания, травмы или длительного перерыва в трудовой деятельности.

Основной целью ПФО работников атомной отрасли является выявление психофизиологических отклонений, которые могут иметь значение при выявлении медицинских противопоказаний для продолжения работы, связанной с воздействием вредных и (или) опасных производственных факторов,

своевременного выявления заболеваний, в том числе социально значимых, начальных форм профессиональных заболеваний, своевременного проведения профилактических и реабилитационных мероприятий, направленных на сохранение здоровья и восстановление трудоспособности работников [35].

Воздействие условий производственной среды на состояние здоровья, функциональное состояние и, в конечном итоге, на работоспособность работников опасных производств обуславливает увеличение числа не регламентируемых инструкциями действий работника, приводящих к нарушению технологических процессов, появлению ошибок в управлении сложными социотехническими системами [1,2,8,47,173,184,186]. Поэтому психофизиологическое обеспечение профессиональной надежности персонала предприятий и организаций атомной отрасли является одной из приоритетных задач ГК «Росатом» [17,77,148].

Достижение этих целей возможно, если психофизиологические отклонения, которые выявляются с помощью психологических, психофизиологических и физиологических методик, рассматривать как результат системных характеристик реакций организма на факторы жизнедеятельности, ведущей из которых является уровень психофизиологической адаптации (ПФА) работника. В работе [35] научно обоснована системная оценка результатов психофизиологических обследований для выявления у работников ГК «Росатом» нарушений ПФА в ходе проведения предварительных и периодических медицинских осмотров с использованием методик, регламентированных Методическими рекомендациями Р ФМБА России 2.2.8.84-2015. Однако время проведения психофизиологических обследований занимает в среднем 2 часа и требует накладывания регистрирующих датчиков.

Поэтому дальнейшее развитие ПФО работников опасных производств связано с использованием бесконтактных технологий, позволяющих оперативно выделять работников с нарушениями ПФА для своевременного применения реабилитационно-оздоровительных мероприятий.

Анализ литературных источников показывает, что существующие методы бесконтактной диагностики ПФС могут быть условно разбиты на три группы. К первой группе относятся методы, оценивающие физические явления в организме: состояние кровотока в сосудистой сети (артериях и венах, лимфатической системе), связанное с сосудистым тонусом. Ко второй группе методов относится акустический анализ голоса. К третьей группе методов относятся методы, связанные с оценкой движения: колебательных характеристик тела или его отдельных участков. Такая классификация использовалась в работе, выполненной с нашим участием [31].

Все технологии для дистанционной бесконтактной диагностики биопараметров человека, по которым можно судить о текущем психофизиологическом состоянии, можно условно разбить на два класса – активные и пассивные. Активные технологии предполагают использование внешнего излучения, направленного на человека. Типичными представителями данного класса являются высокочастотные технологии: СВЧ и терагерцовые [13,162,179]. Основным достоинством данных технологий является то, что они проникают через одежду человека и обеспечивают регистрацию биопараметров человека на достаточно большом расстоянии. Основным недостатком данных технологий является их потенциально опасное воздействие на организм человека, несмотря на невысокую мощность СВЧ либо терагерцового излучения. Их применение на практике ограничено непродолжительными сеансами облучения в досмотровых системах, например, в аэропортах. Для продолжительного использования, например, в течение всей рабочей смены применение активных технологий нежелательно. Кроме этого, активные технологии могут создавать помехи и наводки на оборудование пультов управления опасными объектами, что в ряде случаев является недопустимым. На практике предпочтительней использовать пассивные технологии, так как они не оказывают никакого воздействия на человека, а также не создают нежелательных помех и наводок на работающее оборудование этих объектов.

1.1 Методы бесконтактной диагностики психофизиологического состояния, оценивающие физические явления в организме

Дистанционно состояние кровотока в сосудистой сети (артериях и венах, лимфатической системе) может быть оценено с использованием инфракрасных (ИК) и доплеровских приборов.

Увеличение притока крови или, наоборот, его уменьшение, вызванное сужением сосудов (стеноз) или их закупоркой (окклюзия), приводит к повышению или снижению температуры тканей соответственно. В ИК тепловизоре распределение температуры в различных частях тела человека визуализируется в виде термограммы. Многие патологические процессы меняют нормальное распределение температуры на поверхности тела, причём во многих случаях изменения температуры опережают другие клинические проявления, что очень важно для ранней диагностики и своевременного лечения. Поэтому тепловизоры широко используются в основном в клинической практике [99,209]. Тем не менее, проводятся исследования по применению тепловизоров в прикладных медико-биологических исследованиях, связанных с оценкой психофизиологического состояния человека.

Так в работе [14] выявлена зависимость теплового излучения с правого и левого виска человека при выполнении различных видов умственной деятельности. В работе [57,58] установлено, что существует устойчивая зависимость параметров теплового поля от психофизиологического состояния человека. Поэтому, например, подготовка к совершению террористического акта вызывает у большинства исполнителей огромное эмоциональное напряжение, которое изменяет характер регистрируемого теплового изображения лица. Для описания этих изменений предложено использовать характеристики «изрезанности» временного сигнала – результата преобразования температуры виска в электрический сигнал с последующим определением интегральных показателей «импульсивности» и «дисперсивности» [57,86]. В развитии этого направления предложен способ оценки ПФС по температуре в нескольких зонах: глазных впадинах, в части лба, подбородке, ушных раковинах [122]. Полученные

таким способом данные сравниваются со среднестатистическими значениями таких же показателей, полученных с привлечением большого количества субъектов. Результаты сравнения регистрируют для ряда временных промежутков. Если они выходят за пределы установленных допусков, принимается решение о потенциальной опасности проконтролированного человека. Каких-либо данных, позволяющих оценить эффективность метода и его пригодность для использования на практике, не приводится [62].

В работе [211] показано, что уровень перфузии в области глазницы позволяет зарегистрировать слабые изменения температуры, связанные с психофизиологическим состоянием человека. В частности, обнаружено, что в состоянии стресса тепловизором регистрируется повышение температуры в области лба, где можно выделить достаточно большую область изменения. Для определения стрессированности выделяют прямоугольную область лба, содержащую центральные сосуды; для сохранения положения выделенной части ведется автоматизированное слежение за движениями головы [212].

Для ряда задач тепловизионного мониторинга психофизиологического состояния информативным может оказаться дистанционный анализ дыхания [68]. Заметим, что мониторинг дыхания используется во многих прикладных психофизиологических исследованиях: при проверке на полиграфе, при изучении сна, в медицине и т.д. [210]. Могут исследоваться как непосредственно область ноздрей, так и струйные дыхательные потоки. В работе [206] исследуются температурные изменения, связанные с активностью пор на коже. Испарение влаги визуализируется как снижение температуры кожи. В работе [200] представлена методика количественного анализа типов дыхания на основе термографии.

В работе [208] приводятся экспериментальные данные, свидетельствующие о том, что бесконтактная технология инфракрасной видеотермографии может достаточно точно оценить ритм дыхания и относительный дыхательный объём. Алгоритмы обработки видео были применены кадр за кадром к ИК изображениям

лица анфас для извлечения временных зависимостей температуры в области ноздрей и относительного дыхательного объёма. Визуализация тепловых полей дала хорошее совпадение с результатами, полученными контактными методами. Это демонстрирует потенциал использования видеотермографии лицевой зоны в качестве бесконтактной технологии для контроля дыхания [68].

Существуют исследования по использованию ИК термографии для дистанционной оценки ПФС человека. В работе [195] инфракрасные изображения предложены в качестве основы для количественной оценки вегетативной нервной активности человека и его психофизиологического состояния бесконтактным и не инвазивным способом. Также представлен обзор основных достижений термографии в количественной физиологии с точки зрения способности мониторинга психофизиологической активности человека.

Относительно полный набор тепловизионных методов психофизиологических исследований описан в работе [205].

Еще одно направление по оценке психофизиологического состояния дистанционным способом связано с регистрацией частоты сердечных сокращений субъекта [10,13,121]. Это обусловлено тем, что сердечно - сосудистая система отражает адаптационно-приспособительную деятельность всего организма. Высокая степень корреляции показателей вариабельности сердечного ритма с функциональным состоянием человека широко используется для оценки физиологического состояния в практике психофизиологических обследований [19,22].

Так в работе [159] частота сердечных сокращений оценивалась путём анализа когерентных колебаний цветности инфракрасного изображения в 4-х точках на лице и по двум точкам на руках. Это наглядно демонстрирует техническую и методологическую сложность дистанционной оценки такого простейшего физиологического параметра. В указанных исследованиях параметры дыхания определялись по спектр-картинке времяпролётной и инфракрасной камер с помощью измерения колебаний объёма, занимаемого

телом спортсмена. Тремор руки регистрировался через геометрические высокочастотные колебания фокусной точки на запястье стрелка.

Однако достигнутая на сегодняшний день точность дистанционной регистрации частоты сердечных сокращений не позволяет выделять мгновенные значения кардиоинтервалов для использования их в широком спектре существующих критериев оценки функционального состояния человека.

Допплерография, как и ИК термография, также имеет широкое применение в основном в клинической практике. Однако известны попытки использования доплерографии для идентификации ПФС путём дистанционной регистрации перемещений кожного покрова с использованием доплеровского локатора [124,215,217,219]. Показано, что микроперемещения обусловлены комбинированным воздействием кровотока и дыхания, а также перемещениями исследуемого участка тела. Это даёт возможность дистанционно оценить частоту сердечных сокращений и характеристики пневмограммы.

В последнее время появился ряд работ посвящённых психофизиологической информативности отражённого от тела человека высокочастотного электромагнитного сигнала в стандартном диапазоне Wi-Fi сигнала 2,4 ГГц [220]. Несмотря на достаточно сложную и в настоящее время мало изученную физику взаимодействия высокочастотных электромагнитных волн с телом человека, указанная технология позволяет достаточно просто выявлять динамические изменения периодических физиологических процессов, таких как протекание пульсовых волн, и определять частоту дыхания.

1.2 Методы бесконтактной диагностики психофизиологического состояния на основе акустических технологий

Регистрация биопараметров в акустическом диапазоне имеет свою специфику в зависимости от анализируемого частотного диапазона [9,11,12]. Обработка спектральных характеристик голоса человека позволяет дистанционно определить целую совокупность важных биопараметров. Среди них, в первую очередь, следует выделить параметры, характеризующие работу

сердечно - сосудистой системы, системы дыхания, периферической нервной системы. Так, обработка низкочастотной составляющей спектра даёт возможность оценить величину так называемого тремора в голосе говорящего, уровень которого согласно проведённым исследованиям, коррелирует с уровнем стресса. Анализ неравномерности звучания гласных звуков, временных интервалов между звуками даёт дополнительную информацию об уровне психологического стресса говорящего. Возможность использования на практике акустических технологий обусловлена тем, что на многих опасных объектах используется протокол речевого взаимодействия, обязывающий повторять подчиненным отданную руководителем смены голосовую команду. Получаемая таким образом информация также может быть использована для оценки психологического климата в коллективе. В частности – для выявления и своевременного разнесения по различным сменам конфликтующих операторов управления опасным объектом, что имеет важное значение для обеспечения безаварийной работы таких объектов [13].

Многочисленные исследования говорят [216] о взаимосвязи стрессированности человека и изменений характеристик его голоса: изменяется частота основного тона и нескольких первых формант, изменяется спектральный состав речи, повышается энергия высокочастотных компонент, увеличиваются громкость и темп речи, появляется вибрация, растягиваются гласные, а также происходят другие изменения, которые могут быть описаны в математической форме. Современные системы определения психоэмоционального состояния абонента на основе анализа речевого сигнала показывают высокую эффективность и точность. Класс точности зависит во многом от анализируемых системой параметров и варьируется от 82 % до 97,2 %, что в принципе вполне достаточно для интеграции в современные интеллектуальные информационные системы. Существует ряд проблемных вопросов при использовании систем аудиального анализа психоэмоционального состояния человека [115]:

1. Индивидуальность параметров речи каждого человека, с учётом его места рождения/проживания (акцент, диалектические особенности), которые приводят к необходимости адаптации системы.

2. Привязка отслеживаемых внешних проявлений к психофизиологическому состоянию человека рассматривает только индивидуальные базовые состояния, поскольку каждый человек уникален, и отдельные реакции могут варьироваться, что вызывает определенные сложности.

3. Практическое отсутствие существующих баз данных, в которых хранятся речевые сигналы испытуемых, находящихся в разных эмоциональных состояниях, необходимых для комплексной оценки работы системы.

4. Высокий показатель достоверности работы системы достигается при использовании большого количества анализируемых параметров, что приводит к увеличению времени обработки и анализа звукового сигнала, увеличению используемого аппаратного ресурса.

Повысить достоверность полученных результатов можно комбинируя различные методы диагностики ПФС человека. Так, например, при применении определения психоэмоционального состояния человека по голосу и использования методов виброизображения [115].

В настоящее время всё большее применение находят активные датчики для регистрации параметров различных физиологических функций, располагаемые на теле человека или вблизи него. Их использование не требует механического или резистивного контакта для проведения замеров. Датчик может быть интегрирован в микросхемы, что позволяет проводить преобразование данных, их цифровую обработку и беспроводную передачу данных [25]. В настоящее время разработаны датчики, позволяющие с высоким качеством дистанционно регистрировать состояние человека. Проводятся исследования по их применению для регистрации электромиограммы, электроэнцефалограммы и электроокулограммы [194,203,218]. Хотя данный тип устройств нельзя отнести к

бесконтактным, перспектива их применения в прикладных медико-биологических исследованиях весьма привлекательна.

В целом можно отметить, что оценка ПФС по дистанционной регистрации физических явлений в организме не получила к настоящему времени реализации в устройствах, широко доступных для использования в практике психофизиологических обследований. Это связано со сложностью используемых технологий, высокой стоимостью оборудования, недостаточной точностью регистрируемых параметров по сравнению с традиционными контактными методами. Поэтому более перспективными для бесконтактной оценки ПФС являются методы, связанные с оценкой колебательных характеристик тела или его отдельных участков: оценкой движения.

1.3 Методы бесконтактной диагностики психофизиологического состояния, оценивающие движение тела человека или его отдельных частей

Как отмечает в своей монографии В.А. Минкин [107], дискуссии об информативности движения ведутся, начиная от Аристотеля, который декларировал неразрывную связь между движением и жизнью биологических объектов, в том числе связь между двигательной активностью. Тезис И.М. Сеченова, сформулированный им в 1863 году в классической работе «Рефлексы головного мозга», о том, что все внешние проявления мозговой деятельности могут быть сведены на мышечное движение [154], наиболее наглядно устанавливает связь между процессом мышления и движением. Ч. Дарвин на основе теории эволюции в книге «О выражении эмоций у человека и животных» утверждал, что рефлекторные действия характеризуют выражение эмоций [56]. Выдающийся биолог и психолог, нобелевский лауреат Конрад Лоренц в книге «Агрессия» утверждал, что тот, кто сумеет измерить амплитуду и интенсивность рефлекторных движений, тот сможет определить уровень агрессивности [94].

Несмотря на эти прямые рекомендации по определению психофизиологического состояния через параметры рефлекторных движений, до недавнего времени не удавалось в полном объёме количественно и информативно

характеризовать (измерить) движения отдельных частей и всего тела человека с использованием дистанционных технологий.

Долгое время основными методами оценки движения в прикладных психофизиологических исследованиях являлись стабилография и треморометрия, относящиеся к контактным методам.

Стабилография - графическая регистрация колебаний центра тяжести тела в положении стоя. В 1951 году Е.Б. Бабским и его сотрудниками был сконструирован прибор – стабилограф и разработана методика стабилографии [18].

Суть методов стабилографических исследований сводится к оценке биомеханических показателей человека в процессе поддержания им вертикальной позы. Еще в середине XIX века немецкий врач Бернхард Ромберг ввёл в клинику наблюдения за вертикальным положением тела при стоянии (проба Ромберга – оценка колебаний тела и тремора рук при стоянии в сомкнутой стойке с закрытыми глазами, руки вперед). Им впервые было установлено, что координация вертикального положения тела при стоянии является индикатором функционального состояния организма человека, уровня его здоровья [54]. Психофизиологические аспекты стабилографии затронуты в работе [181].

Удержание равновесия человеком является динамическим феноменом, требующим непрерывного движения тела, которое является результатом взаимодействия вестибулярного и зрительного анализаторов, суставно-мышечной проприорецепции, центральной и периферической нервной системы. Поэтому связь характера этих движений с психофизиологическим состоянием человека представляется очевидной [54,180].

Функция равновесия тела человека является одной из базисных и интегральных функций в организме. Её качество индивидуально для каждого человека и, как показали исследования, мало зависят от возраста, пола, роста и веса человека. Однако при заболевании или обострении болезни человека, употреблении алкоголя или наркотиков показатели качества функции равновесия

значимо выходят за пределы индивидуальных показателей. Это и положено в основу стабิโลграфических методов оценки общего функционального состояния человека для предрейсового контроля водителей транспортных средств, предполетного контроля в авиации, а также для психофизиологических обследований персонала промышленных предприятий и предсменной готовности диспетчеров и машинистов локомотивных бригад [27].

Достоинствами компьютерной стабิโลграфии являются комфортность и оперативность обследования, возможность оценивать, как общее состояние человека, так и состояние целого ряда физиологических систем, участвующих в процессе поддержания вертикальной позы; высокую чувствительность к воздействию на человека, что позволяет объективизировать его реакцию на физические и психические воздействия, на прием лекарственных средств и др. [156]. Как метод оценки психофизиологического состояния стабิโลграфия наибольшее применение получила в авиакосмической и спортивной медицине.

В настоящее время проводятся исследования по разработке методов бесконтактной стабิโลграфии. Так, например, был разработан способ бесконтактной регистрации траектории проекции центра тяжести человека на горизонтальную плоскость, находящегося в вертикальной позе [123]. Дистанционно проводится измерение отклонений проекции центра тяжести в сагиттальной и фронтальной плоскостях и регистрацию этих отклонений, облучая область поясницы человека микроволновым сигналом доплеровского радиолокатора с одновременным получением количественных параметров, определяемых с помощью радиолокационного метода [119]. Данный способ может применяться в медицине, а именно в функциональной диагностике, и может быть использован для оценки функции равновесия при проведении медицинского обследования.

Тремор – быстрые, ритмические движения конечностей или туловища, вызванные мышечными сокращениями и связанные с временной задержкой корректирующих афферентных сигналов, в связи с чем, реализация движения и

сохранение позы происходит за счёт постоянной подстройки положения тела к какому-то среднему значению. При утомлении и сильных эмоциях, а также при патологии нервной системы тремор существенно усиливается. Нейрофизиологические и нейропсихологические механизмы тремора изучены недостаточно, что не препятствует его широкому применению в спорте и клинической практике. Тремография позволяет в комплексе с другими данными подойти к оценке эмоционального состояния, составить суждение об утомлении, наблюдать за динамикой функционального состояния. Достоверность тремографии возрастает при динамических наблюдениях.

Одним из методов оценки движения частей тела является измерение диаметра зрачка (пупиллометрия). Многочисленные исследования показали высокую информативность пупиллографических показателей при оценке функционального состояния нервной системы и организма в целом. Реакция зрачков на световой раздражитель является безусловным рефлексом, который не поддаётся контролю со стороны коры головного мозга. Зрачок, являясь диафрагмой глаза, регулирует световой поток, падающий на сетчатку. При ярком освещении он сужается, при снижении интенсивности освещения - расширяется. Многие физические и химические факторы влияют на скорость зрачковой реакции. Имеются данные о специфичности зрачковых реакций при интоксикациях, в том числе и наркотических [89]. Бесконтактный пупиллометр для скрининг-диагностики функционального состояния организма, позволяет регистрировать и анализировать зависимость изменения зрачковых реакций от токсических, физических, психоэмоциональных, соматических и др. факторов, воздействующих на организм, и может быть использован в области медицины, наркологии, юридической психологии, криминологии, криминалистики, психологии труда, при бесконтактной оценке ПФС человека и пр. [126]. Разработаны пупиллометры, отвечающие требованиям индивидуальности. Так, предложен способ регистрации зрачковых реакций [1120], обеспечивающий высокую информативность, поскольку производится сопоставление текущих

значений зрачковой реакции для конкретного обследуемого не с групповыми (популяционными) нормативами, а с индивидуальными нормативами данного обследуемого, а также уменьшение времени обследования (оно не превышает 3 минут) вследствие того, что сравнение текущих параметров зрачковой реакции у конкретного пациента с предыдущими данными с получением соответствующих выводов производится автоматически компьютером.

За последние 20 лет в мире защищено несколько сотен патентов на методы определения функционального состояния человека по изменению параметров движения глаз (частота морганий, функция изменения направления взгляда и др.).

К наиболее широко используемым в настоящее время методам бесконтактной оценки движения относится окулография.

Окулография (отслеживание глаз, трекинг глаз; айтрекинг) - определение координат взора (точки пересечения оптической оси глазного яблока и плоскости наблюдаемого объекта или экрана, на котором предъявляется некоторый зрительный раздражитель).

Все айтрекеры можно условно разделить на два типа – надеваемые и дистанционные [158].

Айтрекеры первого типа надеваются на голову респондента и имеют вид специальных очков либо «рамок на шапочке». Их конструкция состоит из мини-видеокамеры, фиксирующей обстановку перед респондентом, а также источника инфракрасного излучения, которое через оптические световоды подводится к глазам человека, а отражённый от них блик «замешивается» в сигнал от видеокамеры. Соответственно, направление взгляда человека имеет вид небольшого светового пятна, перемещающегося по объектам внешней обстановки.

Дистанционные айтрекеры внешне имеют вид отдельных блоков (последние модификации реализованы в виде совсем небольших по размеру узких удлиненных приборов), располагаемых перед обследуемым. Конструктивно эти айтрекеры состоят из двух видеокамер с источниками инфракрасной подсветки,

фиксирующих световые блики, отражённые от глаз респондента. Другим конструктивным вариантом дистанционных айтрекеров является расположение нескольких отдельных видеокамер с инфракрасными источниками перед человеком для максимального увеличения возможностей по регистрации движений глаз при перемещении в рабочем пространстве. При этом число видеокамер может меняться от 2-х до 8-ми. На базе систем трекинга глаз разработан АПК, позволяющий проводить исследования, основанные на предъявлении стимуляционного материала, регистрации данных взора с последующим анализом и автоматизированным определением когнитивных функций (психофизиологических реакций) человека на основе реакции динамических параметров глаз [191].

Айтрекеры активно разрабатываются для оценки психофизиологического состояния водителей и машинистов [42]. Для данного контингента также используется устройства дистанционной регистрации микронаклонов головы. В работе [118] описана система для регистрации частоты морганий и направления взгляда водителя транспортных средств. Она состоит из тепловизионной камеры, расположенной перед оператором и оснащённой управляемым объективом с поворотным устройством (сервоприводами) для удержания её в поле зрения лица человека. Для управления поворотным устройством и объективом применяется система прицеливания из двух камер, управляемых вычислительным блоком. Система выделяет на лице характерные точки (в области глаз) и формирует управляющие команды для сервоприводов основной камеры и объектива с целью получить детализированные изображения глаз. Утверждается, что разработаны надёжные критерии определения состояния человека, предшествующего засыпанию [62].

Новым направлением в разработке технических средств бесконтактной диагностики движения явилась разработка 3D сенсоров. Современные сенсоры включают в набор многопрофильных камер, датчиков и направленных стереомикрофонов, позволяющих синхронно снимать видеоизображение в

обычном виде (формат FullHD), в инфракрасном диапазоне (три разделённых сенсора) и в режиме времяпролётной камеры (удаленность объекта от камеры). Их программное обеспечение включает в себя поддержку отслеживания «скелетов», которое использует данные облака точек от сенсоров, для построения математической модели человеческого тела. Модель обновляется в режиме реального времени. Эта технология делает возможным распознавание жестов, а также отслеживание всего тела. Ведущим разработчиком 3D сенсоров является израильская компания PrimeSense [189].

Публикации, описывающие результаты использования 3D сенсоров при дистанционной оценке ПФС, весьма немногочисленные. Можно сослаться на исследования, проводимые в НИИ нейрокибернетики им. А.Б. Когана Южного федерального университета [190] и работу, связанную с созданием методики дистанционного определения психофизиологического состояния и самооценки спортсменов-стрелков высшей квалификации [159], выполненную по заказу ФМБА России. В ней дистанционно регистрируемыми показателями психофизиологического состояния являлись частота сердечных сокращений, дыхание и тремор кисти.

В целом можно отметить, что устройства бесконтактной оценки ПФС человека с использованием 3D сенсоров реализованы в виде макетных образцов и не имеют коммерческого распространения.

Инновационным способом оценки ПФС являются устройства на основе технологии виброизображения: оценки параметров рефлекторных движений головы и лица человека [36,106,112].

1.4 Виброизображение как метод бесконтактной оценки психофизиологического состояния

С физической точки зрения, механические колебания головы представляют собой вибрационный процесс, параметры которого количественно характеризуют взаимосвязь энергии и движения объекта. Поддержание вертикального равновесия головы человека, осуществляемое вестибулярной системой, может

рассматриваться как функция, характеризующая вестибулярный рефлекс и, одновременно, как частный случай двигательной активности, характеризующийся микродвижениями головы. Данное явление получило название вестибулярно-эмоциональный рефлекс (ВЭР), так как практически связывает параметры движения головы человека и его психоэмоциональное состояние [107].

Анализ траектории движения головы своей физиологической основой существенно отличается от анализа эмоций человека на основе мимики лица, различные модели которого были предложены Экманом [188] и Фридландом [201]. Мимика лица хорошо отражает яркие и локальные проявления эмоций, однако малоэффективна при проведении автоматизированного анализа эмоций, так как не является постоянным физиологическим процессом, таким как изменение артериального давления, кожно-гальванической реакции, электрокардиограммы, электромиограммы и других электрофизиологических сигналов. Временные и пространственные параметры микродвижений головы имеют корреляты в любых изменениях эмоций и психофизиологического состояния.

Автор технологии виброизображения [107], в зависимости от цели её применения, даёт различные определения данного термина:

Виброизображение – это изображение, отражающее пространственно-временные параметры движения и вибрации объекта.

Виброизображение – это интегральное отображение психофизиологических параметров человека.

Виброизображение человека – это информационно-вероятностное отображение термодинамических процессов человека, находящегося в стационарном состоянии механического равновесия.

Виброизображение – это средняя скорость изменения видеоизображения в каждой его точке, рассчитанная за определённый период времени.

Технология виброизображения защищена пятью патентами РФ, патентами США и Южной Кореи. Рассматривая практические области применения

технологии виброизображения, следует отметить, что она является одной из самых известных технологий безопасности в мире, о чем говорится в работах [73,108,197,202] и используется службами безопасности различных государств для проведения детекции лжи и выявления потенциально опасных и террористически настроенных людей на различных объектах и мероприятиях. Наиболее крупным и массовым проектом было использование систем виброизображения во время проведения Олимпиады в Сочи в 2014 году для контроля всех посетителей Олимпийских игр и выявления потенциально опасных личностей. По своему масштабу применения (около 250 систем и мест контроля, объединенные в одну сеть) система виброизображения превзошла все известные на данный момент аналоги и показала достойную точность (выше 90%) определения психофизиологического состояния. По полученным данным вероятности ошибок выявления потенциально опасных посетителей составили $FAR=0$, $FRR < 10\%$ при контроле около 3 млн. посетителей. При этом время контроля одного человека не превышало 10 секунд, а сам контроль был дистанционным, бесконтактным и для посетителей ничем не отличался от работы обычных систем видеонаблюдения. При подготовке к Олимпиаде была проведена значительная работа по установке и обслуживанию систем виброизображения и обучению персонала. Обслуживание систем виброизображения в Сочи осуществлялось персоналом, состоящим из около 1000 человек, при этом его обучение проводилось не более месяца [112].

Технология виброизображения является одним из мощных инструментов в борьбе с терроризмом. Одной из отличительных особенностей технологии является то, что для данной системы не требуется всестороннего анализа криминально-террористических намерений. В ряде систем (профайлинг, входной контроль и т.д.) особое внимание уделяется анализу предшествующих негативных событий, внешним признакам и, на основании этого, создание модели (лица, образа и т.д.) предполагаемого нарушителя. Это достаточно затратная процедура, как с точки зрения финансирования, так и интеллектуально-аналитически.

Виброизображение не требует подобных затрат и ресурсов, не предъявляет специальных требований к подготовке персонала [160].

С 2008 года системы виброизображения рекомендованы МВД РФ [73] и используются в аэропортах РФ (Пулково, Домодедово, Шереметьево) для бесконтактного контроля пассажиропотока и выявления потенциально опасных и неадекватных пассажиров.

Хорошо зарекомендовав себя в системах безопасности и профайлинга, нельзя не отметить успешное применение технологии виброизображения при детекции лжи [196,207]. В работе [85] даётся подробное сравнение четырёх основных видов детекции лжи: полиграф, АПК «MindReader», детекция лжи по движению глаз и технология виброизображения. По результатам сравнения авторы делают вывод о многочисленных преимуществах технологии виброизображения перед другими методами детекции лжи.

Однако более важный вывод по приведённому сравнению состоит в том, что параметры виброизображения отражают системную реакцию организма человека в широком спектре функций от психических до вегетативных. Включая и реакцию бессознательной сферы человека.

Теоретическая возможность применения технологии виброизображения для медицинской диагностики различных психических заболеваний, заболеваний нервной системы и патологии вестибулярного аппарата представлена в работе [109]. Проведённые исследования по применению технологии виброизображения для диагностики онкологии простаты [125] позволяют предположить, что данная технология может быть использована для диагностики широкого ряда патологий и заболеваний за счёт функциональной связи контролируемой вестибулярной системы с другими физиологическими системами организма человека. Технология виброизображения микродвижений существенно расширяет возможности неинвазивных методов в диагностике патологических и особых состояний, таких как, например, беременность [28,192]. Особая привлекательность предлагаемого метода в области медицины – абсолютная

безопасность. Ряд авторов нашёл применение технологии виброизображения для наблюдения детей с диагнозом СДВГ [198], для оценки состояния сонливости [204], при психофизиологическом тестировании склонности к алкогольной зависимости [110].

В области педагогики и психологии система виброизображения применяется при прогнозировании успеваемости обучающихся [4], при диагностике результатов обучающих программ [153,199], при анализе терапевтического воздействия живописи на ПФС людей [161], при определении психологической совместимости лечащего врача и пациента [29], диагностики акцентуаций характера при разных вариантах динамики психофизиологических реакций [116].

Резюме: Разработка методов оценки ПФС работников опасных производств с использованием инновационных бесконтактных технологий является актуальной задачей прикладных медико-биологических исследований. Их применение позволит снизить трудоемкость и время проведения ПФО, повысить его качество. Наиболее перспективными являются технологии, в основе которых лежит оценка движения тела и его отдельных частей. При этом приоритетными являются технологии, не использующие в процессе оценке ПФС активное воздействие на человека ИК излучением, СВЧ и ультразвуковыми сигналами, то есть пассивные технологии. Это особенно важно при динамическом контроле ПФС в ходе выполнения деятельности, поскольку эффект длительного воздействия даже сверхмалых доз внешнего воздействия на человека должен изучаться специально.

Существующие на сегодня методы дистанционной регистрации физиологических параметров (пульса, дыхания) нуждаются в совершенствовании. Так недостаточно иметь оценку средней частоты сердечных сокращений человека, а необходимо с высокой точностью выделять текущие значения RR интервалов, чтобы иметь возможность в полном объёме при оценке ПФС использовать математический аппарат оценки вариабельности сердечного ритма.

Методом бесконтактной диагностики ПФС, доступным в настоящее время для практического использования в прикладных медико-биологических исследованиях, является пассивная технология анализа параметров виброизображения. Основным её преимуществом является то, что согласно данным литературы, она отражает системную реакцию организма, проста в практическом использовании и имеет низкую стоимость, определяемую стоимостью компьютера, внешней ВЕБ-камеры и специального программного обеспечения. Технология виброизображения успешно используется при решении широкого круга задач от детекции лжи, до клинической диагностики [111].

Поэтому данная технология была использована для реализации цели и задач диссертационной работы.

ГЛАВА 2

МАТЕРИАЛЫ, МЕТОДЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Краткая характеристика пункта временного хранения ОЯТ и РАО в губе Андреева на Кольском полуострове

В 1960-1970 гг. на Кольском полуострове в губе Андреева и поселке Гремиха были созданы береговые технические базы, предназначенные для обслуживания атомных подводных лодок Северного Флота. До 1985 г. они осуществляли приём и хранение радиоактивных отходов (РАО) и отработавшего ядерного топлива (ОЯТ), после чего были реструктурированы в пункты временного хранения (ПВХ).

В 2000-х годах начались работы по утилизации РАО и ОЯТ и реабилитации загрязненных территорий и объектов ПВХ.

Радиационный контроль и мониторинг состояния окружающей среды проводился специалистами ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России при участии Государственного Управления Норвегии по ядерной и радиационной безопасности (НРПА) в рамках плана мероприятий Правительства Норвегии по совершенствованию радиационной защиты и ядерной безопасности на Северо-Западе России. Автор настоящей диссертации принимал непосредственное участие в этих исследованиях [82,16-178,214].

Для обеспечения радиационной безопасности персонала и населения, территория ПВХ и территория вокруг ПВХ, как объекта 1 категории по потенциальной радиационной опасности, разделена на следующие зоны:

1. Организационно-технические:

- зона контролируемого доступа;
- зона режима радиационной безопасности (зона возможного загрязнения).

2. Санитарно-гигиенические:

- санитарно-защитная зона (зона свободного доступа);
- зона наблюдения.

Зона контролируемого доступа и зона режима РБ (зона возможного загрязнения) предназначены для установления режима радиационной безопасности и осуществления контроля выполнения персоналом его требований.

Зона контролируемого доступа – ограждённые участки территории, здания, сооружения и их части, помещение или группа помещений, где имеются источники ионизирующего излучения, хранилища РАО, площадки и ёмкости для хранения радиоактивных отходов, хранилища источников ионизирующего излучения, площадки и пункты дезактивации, и другие здания и сооружения, предназначенные для проведения работ, опасных в радиационном отношении.

Во всех зонах, за исключением зоны наблюдения запрещено присутствие человека.

Радиационно-гигиенический мониторинг ПВХ показал [177,178], что мощность дозы гамма-излучения на территории варьирует в широком диапазоне: в ЗКД от 0,2 до 140 мкЗв/ч; в ЗСД от 0,2 до 12 мкЗв/ч; в СЗЗ от 0,1 до 0,2 мкЗв/ч. На территории ЗН мощность дозы гамма-излучения варьирует от 0,063 до 0,14 мкЗв/ч при среднем значении 0,12 мкЗв/ч и не отличается от уровней, характерных для территорий северо-запада России и Мурманской области, в частности.

Результаты выборочного индивидуального дозиметрического контроля показывают, что дозы внешнего гамма-излучения для населения и персонала группы Б, обусловленные природными и техногенными источниками ионизирующего излучения, составляют, соответственно, 0,8 и 0,9 мЗв/год. Дозы внутреннего облучения населения, обусловленные поступлением радионуклидов с рационом, составляют 14 мкЗв/год. Суммарные эффективные дозы облучения населения (за счёт природных и техногенных радионуклидов) в зоне наблюдения оценены на уровне 0,8–0,9 мЗв/год, что не превышает действующих нормативов.

Максимальные уровни радиоактивного загрязнения почвы за счёт техногенных радионуклидов наблюдаются в районе старого технологического пирса, а также вокруг ряда хранилищ ОЯТ, где удельная активность ^{137}Cs

достигает $5,7 \cdot 10^7$ Бк/кг, а ^{90}Sr – $5,7 \cdot 10^6$ Бк/кг. Концентрация ^{137}Cs и ^{90}Sr в почве в СЗЗ и ЗН находится на уровне фона, характерном для «чистых» территорий севера России и не превышает 36 и 4 Бк/кг соответственно.

В целом радиационный мониторинг объектов окружающей среды показал существенное превышение относительно характерных фоновых значений содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr на локальных участках прибрежной полосы санитарно-защитной зоны ПВХ в морской воде, водорослях, донных отложениях, растительности и почве. Результаты исследования сорбции радионуклидов в почве и подземных водах позволяют предположить наличие эффективной миграции из сильно загрязненных участков территории с потоками грунтовых вод, что приводит к поступлению радиоактивных веществ в прибрежную морскую акваторию. В связи с возможностью дальнейшего загрязнения территории ПВХ необходимо проведение динамического наблюдения за радиационной обстановкой, как в режиме штатной деятельности, так и при вывозе ОЯТ и РАО.

Согласно существующей специальной оценке условий труда (СОУТ), которая проводится согласно Федеральному закону от 28.12.2013 № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда», все условия труда по степени вредности и (или) опасности подразделяются на четыре класса: оптимальные (1 класс), допустимые (2 класс), вредные (3 класс) и опасные (4 класс) условия труда [175].

Оптимальными условиями труда (1 класс) являются условия, при которых воздействие на работника вредных и (или) опасных производственных факторов отсутствует или уровни воздействия которых, не превышают уровни, установленные нормативами (гигиеническими нормативами) условий труда и принятые в качестве безопасных для человека, и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности работника.

Допустимыми условиями труда (2 класс) являются условия, при которых на работника воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы, уровни воздействия которых, не превышают уровни, установленные нормативами (гигиеническими нормативами) условий труда, а измененное функциональное

состояние организма работника восстанавливается во время регламентированного отдыха или к началу следующего рабочего дня (смены).

Вредными условиями труда (3 класс) являются условия, при которых уровни воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов превышают уровни, установленные нормативами (гигиеническими нормативами) условий труда, в том числе:

1. Подкласс 3.1 (вредные условия труда 1 степени) - условия труда, при которых на работника воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы, после воздействия которых, измененное функциональное состояние организма работника восстанавливается, как правило, при более длительном, чем до начала следующего рабочего дня (смены), прекращении воздействия данных факторов, и увеличивается риск повреждения здоровья;

2. Подкласс 3.2 (вредные условия труда 2 степени) - условия труда, при которых на работника воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы, уровни воздействия которых способны вызвать стойкие функциональные изменения в организме работника, приводящие к появлению и развитию начальных форм профессиональных заболеваний или профессиональных заболеваний легкой степени тяжести (без потери профессиональной трудоспособности), возникающих после продолжительной экспозиции (пятнадцать и более лет);

3. Подкласс 3.3 (вредные условия труда 3 степени) - условия труда, при которых на работника воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы, уровни воздействия которых способны вызвать стойкие функциональные изменения в организме работника, приводящие к появлению и развитию профессиональных заболеваний легкой и средней степени тяжести (с потерей профессиональной трудоспособности) в период трудовой деятельности;

4. Подкласс 3.4 (вредные условия труда 4 степени) - условия труда, при которых на работника воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы, уровни воздействия которых способны привести к появлению и

развитию тяжелых форм профессиональных заболеваний (с потерей общей трудоспособности) в период трудовой деятельности.

Работа персонала основного производства ПВХ связана с поднятием, перемещением грузов, монтажными и стропильными работами с использованием манипуляторов дистанционного управления, различного вида станков, рабочих механизмов мостового крана и др.

При обращении с ОЯТ персонал работает со сложным технологическим оборудованием: контейнер перегрузочный защитный, перегрузочный контейнер для отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС), тележки передаточные различной грузоподъемности, перегрузочный агрегат, транспортер, транспортные упаковочные комплекты, а также с различным инструментом, оснасткой, съемными грузозахватными приспособлениями.

При обращении с твёрдыми радиоактивными отходами персонал также использует широкий спектр оборудования: стенорезная машина, переносной ручной электроинструмент (углошлифовальные машинки, перфораторы, отбойный молоток), бензорез, временные контейнеры-упаковки для твёрдых радиоактивных отходов, ручной шанцевый инструмент, ручные тали, съемные грузозахватные приспособления; сварочные трансформаторы; оборудование для газовой резки металла. Работники подвергаются дополнительному воздействию шума, эквивалентного уровню звука до 85,8 дБ, продолжительностью воздействия до 4,5 часов за смену.

При этом работники подвержены локальной и общей вибрации, испытывают дополнительную физическую, динамическую, статическую, сенсорную нагрузку. Так, для работников характерно периодическое нахождение в неудобном и (или) фиксированном положении до 25% времени смен, в положении «стоя» до 60% времени рабочего дня (смены), работники выполняют более 300 наклонов корпуса тела за рабочий день (смену).

Персонал основного производства работает с такими материалами и сырьём, как отработавшее ядерное топливо, твердые и жидкие радиоактивные

отходы, горюче-смазочные и лакокрасочные материалы. При этом персонал подвержен воздействию ионизирующего излучения, аэрозолей преимущественно фиброгенного действия, веществ, опасных для репродуктивного здоровья человека, веществ канцерогенного действия. Это требует использования основных и дополнительных средств индивидуальной защиты.

По данным специальной оценки условий труда персоналу основного производства установлены подклассы условий труда 3.3 и 3.4.

Персонал вспомогательного производства практически не подвергается воздействию вредных и (или) опасных факторов производственной среды и трудового процесса. По данным проведённой СОУТ условия труда являются оптимальными и допустимыми, за исключением воздействия ионизирующего излучения, которое по степени опасности установлено как вредное условие труда 1 степени.

2.2 Организация, методики и объём исследования

Исследования проводились в ПВХ в рамках договорных работ ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России с СЗЦ «СевРАО» по контрактам PRM2, PRM3, PRM4 Государственного Управления Норвегии по ядерной и радиационной безопасности (НРПА) (2014-2017 гг.).

В ходе исследования изучалось психофизиологическое состояние персонала на этапах периодических, предсменных ПФО, а также при его тренажёрной подготовке.

Периодические психофизиологические обследования работников ПВХ проводились с использованием аппаратно-программного комплекса группового психофизиологического обследования АПК ПФС-КОНТРОЛЬ согласно Методическим рекомендациям Р ФМБА России 2.2.8.84-2015, также программы оценки параметров виброизображения «VibraMed» ООО «ЭЛСИС» [155].

В ходе исследования оценивались:

1. Особенности личности и актуального психического состояния по данным методики многостороннего исследования личности (ММИЛ) и теста «16-ти факторный личностный опросник» (16-ФЛО, форма «С»).

2. Способности к абстрактно-логическому мышлению в условиях дефицита времени по данным методики «Прогрессивные матрицы Дж. Равена».

3. Функциональное состояние центральной нервной системы (ЦНС) и операторская работоспособность по данным методик простой зрительно-моторной реакции (ПЗМР), сложной зрительно-моторной реакции (СЗМР), реакции на движущийся объект (РДО).

4. Функциональное состояние сердечно - сосудистой системы (ССС) по данным методики вариабельности сердечного ритма (ВСР) и измерения артериального давления.

Общее число методик при периодических ПФО было равно 10, число анализируемых показателей - 149. Всего было проведено 78 человеко-обследований.

Экспресс - диагностика психофизиологического состояния проводилась с использованием методики оценки параметров виброизображения.

Основной особенностью технологии виброизображения является принцип его получения – накопление и анализ межкадровой разности. При таком подходе стандартное изображение (кадр) не анализируется совсем, а вся обработка осуществляется только с межкадровой разностью. Это приводит к тому, что резко сокращается количество обрабатываемой информации, и появляется возможность выполнять процесс обработки в режиме реального времени. При накоплении межкадровой разности происходит накопление информации о перемещении объекта в каждом элементе матрицы, который приблизительно сфокусирован на определённой точке пространства, т.е. слежение идет за пространством, а не за объектом.

Виброизображение отражает амплитудное и частотное отображение вибраций. Каждая точка (пиксель) амплитудного виброизображения отражает

накопленное за определённое время относительное перемещение элемента изображения, так как при незначительных перемещениях межкадровая разность пропорциональна движению объекта. В отличие от амплитудного, каждая точка частотного виброизображения имеет физическую размерность частоты (Гц), так как реально отображает частоту изменения сигнала в каждом элементе изображения.

Значения амплитуды и частоты вибраций головы человека различаются в каждой точке пространства и выводятся на экран в виде псевдоцветового изображения (Рисунок 2.1).

Чем выше интенсивность движения, тем светлее и ярче окраска каждой точки виброизображения.

Визуализация виброизображения проводится также путём построения «виброауры» (Рисунок 2.2).

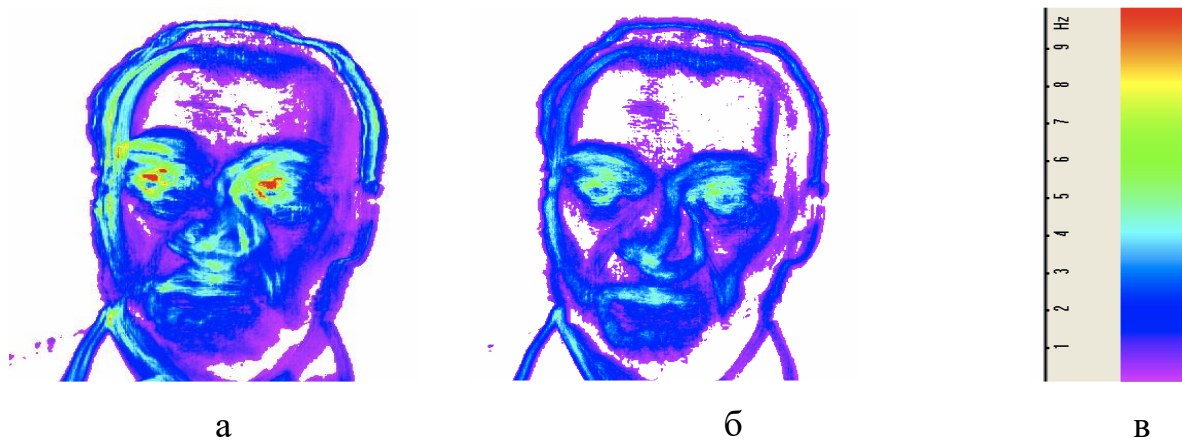


Рисунок 2.1 – Визуализация виброизображения: а - накопленная амплитуда, б - накопленная частота, в - цветовая шкала частоты колебаний



Рисунок 2.2 – Визуализация виброизображения путём построения «виброауры»

Длина её «лепестка» пропорциональна амплитуде колебаний в строке пикселей видеозаписи (строчная привязка). Цвет «лепестка» соответствует частоте колебаний. Это так называемое «внешнее виброизображение». Строчная привязка делает виброауру визуально отличной от «ауры» в её религиозно-историческом понимании, которая имеет радиальный характер.

На основе данных двух амплитудных и частотных изображений методика предполагает расчёт более 40 интегральных параметров виброизображения, отражающих различные виды движения и вибрации, и разделённых на 4 основные группы параметров виброизображения:

А – параметры амплитуды;

Ф – параметры частоты;

С – параметры симметрии;

Р – пространственные и временные параметры математической обработки.

Для практического использования разработчики технологии виброизображения рекомендуют использовать 10 параметров [146]:

1. Т1 – параметр «Агрессия» (Р7);

Параметр определяется по частотной гистограмме и отражает максимум распределения частоты и СКО частоты вибраций лица человека. Чем выше значение максимума распределения и чем выше значение СКО, тем больше значение параметра T1.

2. T2 – параметр «Стресс» (P6);

Параметр определяется по степени асимметричности внешнего виброизображения, а значит асимметричности микродвижений левой и правой части головы человека. Большая разница амплитуды и частоты движений левой и правой части лица (головы) характеризует повышенный уровень параметра T2.

3. T3 – параметр «Тревожность» (F5X);

Параметр определяется по отношению высокочастотной части спектра вибраций к общей мощности в спектре частоты микродвижений головы человека. Высокое значение плотности высокочастотных вибраций характеризует высокое значение параметра T3.

4. T4 – параметр «Опасность» (P19);

Параметр определяется как среднее значение суммы первый трёх условно негативных эмоций (T1, T2, T3), показывает уровень потенциальной опасности, которую представляет человек для окружающих, и характеризует общий уровень условно негативных эмоций в состоянии человека.

5. T5 – параметр «Уравновешенность» (P16);

Параметр определяется по частотной гистограмме и характеризует уровень подобия текущей частотной гистограммы нормальному закону распределения. Высокий уровень подобия частотной гистограммы нормальному закону характеризуется высоким уровнем уравновешенности, а значительное отклонение от нормального закона распределения характеризуется низким уровнем параметра T5.

6. T6 – параметр «Харизматичность» (Шарм) (P17);

Параметр определяется симметрией микродвижений головы и лица, максимальная симметрия движений (частота и амплитуда) характеризует высокий уровень харизматичности.

7. T7 – параметр «Энергичность» (P8);

Параметр определяется по частотной гистограмме и характеризует разность значений максимума плотности частоты вибраций и СКО частоты вибраций лица и головы человека. Чем выше значение максимума плотности и ниже СКО или разброс вибраций, тем выше значение энергичности.

8. T8 – параметр «Саморегуляция» (P18);

Параметр определяется как среднее значение суммы условно положительных эмоций (T5, T6) и характеризует общий уровень условно положительных эмоций у человека на данный момент времени.

9. T9 – параметр «Торможение» (F6).

Единственный из измеряемых параметров психофизиологического состояния (T1-T10) имеет реальную физическую размерность (время в секундах) и характеризует минимальное время реакции человека на предъявляемое событие (стимул). Значение параметра $T1=0,1$ (10%) означает, что время реакции человека составляет 0,1 с. Большее время реакции соответствует более высокому уровню торможения.

10. T10 – параметр «Невротизм» (F9).

Параметр характеризует разброс (СКО) измеренных значений уровня торможения за время измерения (по умолчанию 60 с). Высокий уровень разброса торможения характеризует нестабильность психофизиологического состояния и соответственно высокий уровень невротизма T10.

Все полученные в ходе исследования параметры виброизображения хранятся в базе данных программы (Рисунок 2.3).

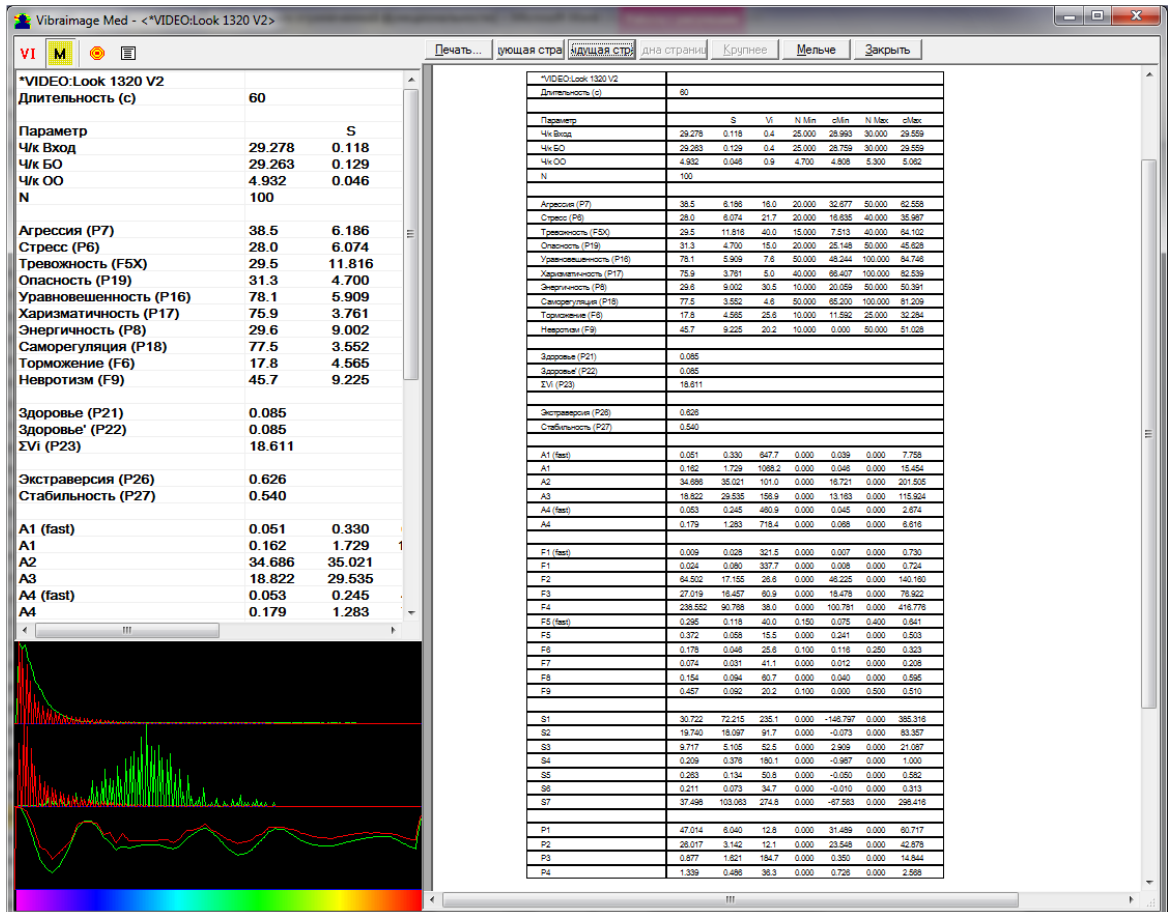


Рисунок 2.3. – База данных программы «VibraMed»

Предсменные/послесменные психофизиологические обследования проводились с использованием программа «VibraStaff» ООО «ЭЛСИС» [141]. Проводилось измерение артериального давления и экспертная оценка самочувствия, активности и настроения. Число анализируемых показателей составило 25, количество человеко-обследований – 745.

Для тренажёрной подготовки персонала ПВХ использовался психофизиологический тренажёр «ТИБУР_ТСП», разработанный специалистами ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России совместно с НИИ молекулярной биологии и биофизики (г. Новосибирск). В ходе выполнения моделируемой деятельности по обращению с ОЯТ и РАО регистрировались следующие электрофизиологические сигналы: пневмограмма (ПГ), электромиограмма (ЭМГ), электрокардиограмма (ЭКГ), кожно-гальваническая реакция (КГР).

Параллельно проводилась видеозапись лица тренируемых/тестируемых с последующей обработкой с использованием программы «VibraMed» ООО «ЭЛСИС» [155]. В ходе выполнения моделируемой операторской деятельности регистрировались её скоростные и точностные характеристики. Число анализируемых показателей было равно 46, число наблюдений - 2837.

2.3 Математическая обработка результатов исследования

Обработка полученных результатов исследования проводилась с использованием многомерных методов статистического анализа, реализованных в программе STATISTICA v.8.0. Использовались методы факторного, кластерного, дискриминантного и канонического корреляционного анализа в рамках метода иерархической стратификации функциональных состояний [32]. Для оценки статистической достоверности различий между изучаемыми признаками в разных группах обследуемых лиц использовался t- критерий Стьюдента.

ГЛАВА 3

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПРЕСС - ДИАГНОСТИКИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПО ДАННЫМ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ОБСЛЕДОВАНИЙ

Как было показано в Главе 1, для работников опасных производств результаты периодических медицинских осмотров дополняются данными психофизиологических обследований работников. При проведении ПФО используются психодиагностические, психофизиологические и физиологические методики. Их перечень в разных организациях и ведомствах отличается. Для работников ГК «Росатом» методики проведения ПФО регламентированы Методическими рекомендациями Р ФМБА России 2.2.8.84-2015 [101] и включают в себя следующие базовые методики:

1. «Методика многостороннего исследования личности» (ММИЛ)», «16-ти факторный личностный опросник» (16-ФЛО, форма «С»), «Методика оценки уровня субъективного контроля» (УСК), «Прогрессивные матрицы Дж. Равена» (тест Равена) для оценки психического состояния работника;

2. Методика оценки простой (ПЗМР) и сложной (СЗМР) зрительно-моторной реакции, а также реакции на движущийся объект (РДО) для оценки функционального состояния ЦНС, операторской работоспособности и психофизиологического состояния работника в целом;

3. Методика оценки вариабельности сердечного ритма (ВСР) и измерение артериального давления (АД) для оценки физиологического состояния работника и особенностей вегетативного регулирования.

Время психофизиологического обследования с использованием базовых методик составляет 2-2,5 часа. Указанные методики реализованы в аппаратно-программном комплексе для группового психофизиологического обследования АПК ПФС-КОНТОЛЬ, разработанном в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России. Он является базовым при проведении ПФО работников предприятий ГК «Росатом».

Как отмечалось во Введении, основным недостатком существующих АПК является низкая оперативность проведения обследования. Пропускную способность АПК можно увеличить за счёт развертывания нескольких АПК. Но это потребует дополнительных рабочих помещений и увеличения численности сотрудников лабораторий/кабинетов психофизиологических обследований в медицинской организации. Что далеко не всегда возможно. Кроме того, «правильные» ответы на психодиагностические тесты легко найти в Интернете, что не исключает потенциальную возможность умышленного искажения результатов оценки психического состояния обследуемого.

Поэтому совершенствование методов ПФО связано с использованием оперативных бесконтактных технологий. К ним относится технология оценки параметров виброизображения, время обследования с использованием которой занимает всего одну минуту. Если исходить из данных литературы, что по результатам ПФО персонала АЭС [34] около 30% работников имеют низкий уровень ПФА, персонал предприятий ядерно-оружейного комплекса - 30-35% [35], общее время обследования всей профессиональной группы может быть снижено примерно на 70% при использовании 2-х уровневой системы ПФО. На первом этапе с использованием экспресс - методов выделяется группа «риска» - лица с нарушением психофизиологической адаптации. Именно эти лица подлежат дальнейшему ПФО с использованием регламентированных методик. Остальные (ожидаемо около 70%) работников освобождаются от проведения ПФО.

Реализация такой схемы требует научного обоснования критериев выделения групп «риска» по данным экспресс - диагностики психофизиологического состояния, что и является основной целью настоящей главы.

3.1 Интегрированные показатели параметров виброизображения

Вычисляемые параметры по данным виброизображения включают в себя 10 основных параметров T_1 - T_{10} , описанных в главе 2.

Как следует из названия перечисленных параметров, они, в первую очередь, связаны с задачей выявления лиц с преступными намерениями. Что являлось истоком работ по технологии виброизображения. Отсюда такие названия параметров как «агрессия», «опасность» (для окружающих). Данные об их корреляционных взаимоотношениях в публикациях не приводятся.

Поэтому первой задачей, нуждающейся в решении, является разработка на основе выше указанных параметров интегрированных характеристик, соответствующих задаче оценки психофизиологического состояния профессиональных групп. Она решалась с использованием факторного анализа [78].

В Таблице 3.1 приведена факторная структура параметров T1–T10 виброизображения, полученная на основе тестирования работников ПВХ при периодических ПФО проводимых с использованием АПК «ПФС-КОНТРОЛЬ» и программы «VibraMed».

Таблица 3.1 – Факторная структура параметров виброизображения

Параметры виброизображения	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
T ₁ , усл.ед.	0,21	-0,05	0,85	-0,35
T ₂ , усл.ед.	0,90	-0,10	-0,09	-0,18
T ₃ , усл.ед.	0,02	0,84	0,18	0,13
T ₄ , усл.ед.	-0,52	0,47	0,62	-0,22
T ₅ , усл.ед.	-0,09	0,04	-0,11	0,98
T ₆ , усл.ед.	-0,84	-0,07	-0,08	0,16
T ₇ , усл.ед.	-0,45	-0,17	0,79	0,14
T ₈ , усл.ед.	-0,47	0,00	-0,13	0,85
T ₉ , усл.ед.	-0,07	0,75	0,24	-0,02
T ₁₀ , усл.ед.	0,03	0,72	0,02	0,07

Построенные факторы описывают 81% общей дисперсии.

Интерпретация полученных факторов проводилась в рамках концепции автора технологии виброизображения В.А. Минкина (2007).

С фактором F_1 отрицательно коррелируют параметры T_2 («Стресс»), T_4 («Опасность»). Положительно – параметр T_6 («Харизматичность»), и, с меньшими значениями, T_7 («Энергичность») и T_8 («Саморегуляция»).

Построенная новая интегрированная характеристика является, по нашему мнению, отражением уровня стрессированности работника. Её низким значениям соответствует низкий уровень стрессированности и наоборот. При этом, чем ниже уровень стрессированности, тем выше параметры «Энергичность» и «Саморегуляция». В связи с описанным параметр «Харизматичность» характеризует свойство, противоположное стрессу, и которое усиливается при его отсутствии. Такой характеристикой является, на наш взгляд, уровень внутреннего психофизиологического комфорта.

Со вторым фактором F_2 положительно коррелируют параметры T_3 («Тревожность»), T_9 («Торможение») и T_{10} («Невротизм»).

Высокий уровень тревожности и характеризует нестабильность психофизиологического состояния и соответственно высокий уровень невротизма. То есть высокие значения этих параметров являются неблагоприятной психофизиологической характеристикой, свидетельствующей о нестабильности актуального психофизиологического состояния. Поэтому фактор F_2 характеризует, по нашему мнению, уровень психофизиологического комфорта человека.

С третьим F_3 фактором положительно коррелируют параметры T_1 «Агрессия», T_4 «Опасность» и T_7 «Энергичность». Сочетание данных параметров характеризует, на наш взгляд, уровень активации психофизиологических функций человека, способность к мобилизации функциональных резервов организма.

С последним четвертым фактором F_4 положительно коррелируют параметры T_5 («Уравновешенность») и T_8 («Саморегуляция»). Данный фактор может быть проинтерпретирован как характеристика способности регулировать внутреннее состояние в соответствии с изменяющимися условиями жизнедеятельности. То есть степень уравновешенности человека.

Таким образом, по результатам факторного анализа получены четыре новых показателя оценки актуального психофизиологического состояния по данным виброизображения, характеризующих в рамках концепции виброизображения: уровень стрессированности человека (F_1), уровень психофизиологического комфорта (F_2), уровень активации психофизиологических функций (F_3) и уровень уравновешенности (F_4). Кроме того, переход к интегрированным показателям параметров виброизображения позволяет в определённой степени снять противоречия в их авторском наименовании. Например, термины «опасность», «харизматичность» сложно отнести к психофизиологическим. Факторный анализ позволил установить, что «харизматичность», согласно знаку факторной нагрузки, противоположна по смыслу параметру «стресс». Такой характеристикой может быть, по нашему мнению, уровень внутреннего психофизиологического комфорта.

При практическом использовании полученных факторов их значения переводились в Т-баллы.

Поскольку интерпретация факторов проводилась в рамках концепции виброизображения, психофизиологический смысл полученных интегральных характеристик является в большой степени условным. Потому при решении задач, поставленных в настоящей работе, мы использовали их как числовые характеристики, несущие объективную информацию о параметрах микроколебаний прежде всего головы человека, поскольку по данным автора технологии виброизображения в общем спектре выявляемых колебаний вклад мимических мышц лица составляет 10-15%.

Заметим, что аналогичная факторная структура была получена по результатам обследования персонала одного из предприятий ядерно-оружейного комплекса [98]. Это подчеркивает независимость корреляционных взаимосвязей параметров виброизображения от профессиональной специфики обследуемого контингента.

3.2 Параметры виброизображения как отражение системной реакции организма

Рассмотрим взаимосвязь полученных интегрированных показателей виброизображения с показателями психологических, психофизиологических и физиологических методик оценки психофизиологического состояния (ПФС). Для решения данной задачи использовался канонический корреляционный анализ (ККА) [78]. В отличие от корреляционного анализа, данный метод позволяет оценивать взаимосвязь между двумя многомерными наборами показателей. Сила взаимосвязи оценивается путём вычисления коэффициента канонической корреляции (Canonical R). Канонический корреляционный анализ является обобщением множественного регрессионного анализа, в котором оценивается взаимосвязь одного показателя (y) с многомерным набором ($x_1, x_2, \dots, x_m$) других. Сила взаимосвязи оценивается коэффициентом множественной корреляции, а её математическая модель - уравнением множественной регрессии:

$$y = a_1 * x_1 + a_2 * x_2 + \dots + a_m * x_m$$

В каноническом корреляционном анализе используются два набора показателей ($y_1, y_2, \dots, y_n$) ($x_1, x_2, \dots, x_m$) и строится математическая модель

$$b_1 * y_1 + b_2 * y_2 + \dots + b_n * y_n = a_1 * x_1 + a_2 * x_2 + \dots + a_m * x_m,$$

правая и левая части которой называются каноническими переменными (КП). Канонические переменные характеризуют «паттерны» характеристик различной природы, находящиеся во взаимном соответствии.

Число канонических переменных равно числу показателей в минимальном из сравниваемых наборов. Для анализа используются канонические переменные, имеющие наибольший коэффициент канонической корреляции. Достоверность коэффициента канонической корреляции оценивается с использованием критерия ХИ-квадрат (Chi-sqr).

В Таблице 3.2 приведены коэффициенты канонической корреляции показателей интегрированных параметров виброизображения F_1, F_2, F_3, F_4 с показателями традиционных методик оценки ПФС.

Таблица 3.2 – Коэффициенты канонической корреляции показателей интегрированных параметров виброизображения с показателями традиционных методик оценки ПФС

Методика оценки ПФА	Величина коэффициента канонической корреляции	Величина критерия ХИ-квадрат	Уровень доверительной вероятности (p)
ММИЛ	0,64	43,72	0,05
16-ФЛО	0,43	41,31	0,054
Тест Равена	0,72	51,47	0,028
Простая зрительно-моторная реакция (ПЗМР)	0,56	56,45	0,019
Сложная зрительно-моторная реакция (СЗМР)	0,58	50,45	0,03
Реакция на движущийся объект (РДО)	0,58	43,72	0,05
Совокупность сенсомоторных методик	0,62	51,47	0,028
Вариабельность сердечного ритма	0,55	43,72	0,05

Как следует из приведённых данных, взаимосвязь параметров виброизображения с традиционными методиками оценки ПФС весьма высокая. Это позволяет сделать принципиально важный вывод о том, что параметры виброизображения, являющиеся объективным отражением рефлекторных движений головы человека, характеризуют системную реакцию организма на внешние стимулы и факторы.

При использовании ККА для описания характера взаимосвязи используются «веса» (факторные нагрузки) показателей, по которым проводится анализ. Подобно тому, как проводится интерпретация факторов, описанная в предыдущем разделе. Более наглядным способом является выделение групп лиц с полярными (среднее значение (M) $\pm$ среднеквадратичное отклонение (СКО)) по выраженности значениями канонических переменных с последующей оценкой достоверности различия использованных показателей по t-критерию Стьюдента.

В Таблице 3.3 приведены средние значения и ошибка среднего ($M \pm m$) достоверно различающихся ($p < 0,05$) по t-критерию Стьюдента показателей

виброизображения и 16-ФЛО в полярных (Гр1: М-СКО, Гр2: М+СКО) по выраженности канонических переменных группах.

Таблица 3.3 – Средние значения ($M \pm m$) показателей виброизображения и 16-ФЛО и достоверность (p) их различия

Показатели	Гр1	Гр2	p
Каноническая переменная параметров виброизображения (КП Вибра), усл.ед.	-1,3 $\pm$ 0,1	0,7 $\pm$ 0,1	0,0000
Каноническая переменная показателей 16-ФЛО (КП Кет), усл.ед.	-1,5 $\pm$ 0,2	1,6 $\pm$ 0,1	0,0000
F3, усл.ед.	84,7 $\pm$ 2,8	46,7 $\pm$ 2,3	0,0006
F4, усл.ед.	61,9 $\pm$ 3,3	50,2 $\pm$ 4,2	0,0100
Фактор С, 16-ФЛО, стены	6,9 $\pm$ 0,3	9,1 $\pm$ 0,4	0,0052
Фактор G, 16-ФЛО, стены	6,9 $\pm$ 0,3	5,4 $\pm$ 0,3	0,0159
Фактор Н, 16-ФЛО,, стены	4,1 $\pm$ 0,1	8,5 $\pm$ 0,2	0,0000
Фактор I, 16-ФЛО, стены	7,1 $\pm$ 0,3	5,1 $\pm$ 0,4	0,0107
Фактор L, 16-ФЛО, стены	5,4 $\pm$ 0,3	3,8 $\pm$ 0,3	0,0154
Фактор N, 16-ФЛО, стены	6,5 $\pm$ 0,4	8,0 $\pm$ 0,5	0,0363
Фактор О, 16-ФЛО, стены	5,9 $\pm$ 0,3	2,8 $\pm$ 0,2	0,0000
Фактор Q4, 16-ФЛО, стены	4,6 $\pm$ 0,4	3,1 $\pm$ 0,3	0,0087
Фактор F1, 16-ФЛО, стены	4,6 $\pm$ 0,2	1,2 $\pm$ 0,1	0,0000
Фактор F2, 16-ФЛО, стены	4,0 $\pm$ 0,1	6,9 $\pm$ 0,3	0,0014
Фактор F3, 16-ФЛО, стены	4,4 $\pm$ 0,2	6,8 $\pm$ 0,3	0,0005

Как следует из приведённых данных, для лиц, вошедших в группу 2 по значению фактора С характерна эмоциональная устойчивость, выдержанность, спокойствие, постоянство интересов. Более низкие значения фактора G и высокие значения фактора Н свидетельствуют о склонности к риску, артистичности. Снижение факторов I, L говорит об уживчивости, покладистости, способности ладить с людьми. Низкие значения фактора О говорят о нечувствительности к одобрению или порицанию окружающих, беспечности, энергичности, небоязливости. Значения вторичных факторов свидетельствуют о низкой тревожности, способности хорошо устанавливать и поддерживать социальные контакты, склонности не замечать тонкостей жизни, ориентированности на очевидное и явное, возможные трудности из-за слишком поспешных действий без достаточного взвешивания обстоятельств. Из интегрированных параметров виброизображения достоверными являются изменения показателей F₃ и F₄.

В Таблице 3.4 приведены средние значения ($M \pm m$) и достоверность различия средних (p) интегрированных параметров виброизображения и сенсомоторных методик в полярных (Гр1: М-СКО, Гр2: М+СКО) по выраженности канонических переменных группах.

Таблица 3.4 – Средние ($M \pm m$) значения интегрированных параметров виброизображения и показателей сенсомоторных методик и достоверность их различия (p)

Показатели	Гр1	Гр2	p
Каноническая переменная параметров виброизображения (КП_Вибра), усл.ед.	-0,9 $\pm$ 0,08	0,9 $\pm$ 0,1	0,000
Каноническая переменная показателей сенсомоторных методик (КП_Сенс), усл.ед.	-1,6 $\pm$ 0,1	1,5 $\pm$ 0,1	0,000
F ₂ , усл. ед.	59,3 $\pm$ 3,2	79,5 $\pm$ 6,1	0,045
F ₃ , усл. ед.	32,0 $\pm$ 4,3	43,1 $\pm$ 3,8	0,143
F ₄ , усл. ед.	51,2 $\pm$ 3,9	59,7 $\pm$ 2,2	0,200
Мода времени ПЗМР (МО_ SR), мсек	249,4 $\pm$ 3,7	305,0 $\pm$ 6,3	0,04
Амплитуда моды времени ПЗМР (АМО_ SR), %	24,5 $\pm$ 1,8	31,4 $\pm$ 1,2	0,050
Среднеквадратичное отклонение времени ПЗМР (S_ SR), мсек	51,4 $\pm$ 3,7	40,0 $\pm$ 3,8	0,188
Вариационный размах времени ПЗМР (DX_ SR) мсек	219,3 $\pm$ 6,1	171,1 $\pm$ 5,28	0,221
Среднее время сложной зрительно-моторной реакции, мсек	570,1 $\pm$ 7,3	612,8 $\pm$ 8,1	0,0932
Среднеквадратичное отклонение времени сложной зрительно-моторной реакции, мсек	100,1 $\pm$ 5,2	119,4 $\pm$ 6,1	0,0735
Вариационный размах времени сложной зрительно-моторной реакции, мсек	437,1 $\pm$ 7,1	539,3 $\pm$ 8,2	0,0379
Попадания РДО, %	63,5 $\pm$ 3,8	46,4 $\pm$ 4,7	0,050
Недолёты РДО, %	25,4 $\pm$ 4,7	39,7 $\pm$ 3,88	0,118

Из приведённых данных следует, что для работников, вошедших в Гр2 свойственны сниженные характеристики операторских качеств: более низкий процент попаданий в цель при выполнении методики РДО, более низкая скорость реакции. Из интегрированных параметров виброизображения достоверными являются изменения показателей F₂.

В Таблице 3.5 приведены средние значения ($M \pm m$) и достоверность различия средних (p) интегрированных параметров виброизображения и

вариабельности сердечного ритма в полярных (Гр1: М-СКО, Гр2: М+СКО) по выраженности канонических переменных группах.

Таблица 3.5 – Средние значения ($M \pm m$) интегрированных параметров виброизображения и показателей ВСР и достоверность их различия (p)

Показатели	Гр1	Гр2	p
Каноническая переменная параметров виброизображения (КП_Вибра), усл.ед.	-0,8 $\pm$ 0,2	0,8 $\pm$ 0,1	0,001
Каноническая переменная показателей (КП_ВСР)	-1,7 $\pm$ 0,1	1,5 $\pm$ 0,1	0,000
F ₁ , усл.ед.	92,3 $\pm$ 4,2	74,0 $\pm$ 3,9	0,051
F ₂ , усл.ед.	53,0 $\pm$ 5,0	79,4 $\pm$ 6,4	0,019
F ₃ , усл.ед.	50,1 $\pm$ 3,0	30,2 $\pm$ 2,8	0,013
Амплитуда моды (АМО), %	31,3 $\pm$ 0,08	68,9 $\pm$ 0,08	0,000
Среднеквадратичное отклонение (СКО), мсек	74,7 $\pm$ 6,8	19,9 $\pm$ 4,7	0,001
Вариационный размах (DX), мсек	332,9 $\pm$ 10,3	82,6 $\pm$ 9,8	0,003
Суммарная мощность спектра (ТР), усл.ед.	5309,1 $\pm$ 84,8	410,4 $\pm$ 29,3	0,021
Мощность дыхательных волн HF, %	41,6 $\pm$ 4,1	25,5 $\pm$ 3,9	0,044
Индекс Р.М.Баевского (ИН), усл.ед.	101,0 $\pm$ 10,3	605,8 $\pm$ 27,18	0,000
Систолическое артериальное давление (АДС), мм.рт.ст.	132,9 $\pm$ 7,1	142,1 $\pm$ 6,2	0,177
Диастолическое артериальное давление (АДД), мм.рт.ст.	80,1 $\pm$ 3,1	86,7 $\pm$ 2,2	0,075

Полученные результаты показывают, что интегрированные параметры виброизображения различаются для лиц с высоким и низким уровнем напряжения регуляторных механизмов сердечно - сосудистой системы и организма в целом. Так в группе 2 достоверно более высокий индекс напряжения (ИН), меньше суммарная мощность спектра (ТР) и дыхательных волн (HF), что является свидетельством развития явлений астенизации организма. Что отражается и в показателях вариабельности кардиоинтервалов СКО и DX, которые достоверно снижаются при росте амплитуды моды АМО. Изменение показателей гемодинамики на уровне выраженной тенденции ($p < 0,2$) соответствует выше описанным характеристикам вегетативного регулирования. Из интегрированных параметров виброизображения достоверными являются изменения показателей F₁, F₂ и F₃.

Таким образом, установленная взаимосвязь параметров виброизображения с психическими, психофизиологическими и физиологическими функциями, для оценки которых использовались традиционные методы ПФО, свидетельствует о том, что параметры виброизображения отражают системную реакцию организма на внешние и внутренние стимулы и факторы и могут быть использованы для экспресс - оценки уровня психофизиологической адаптации работников опасных производств.

3.3 Критерии выделения по параметрам виброизображения лиц с нарушениями психофизиологической адаптации

Психофизиологическая адаптация оценивалась по данным тестирования на АПК «ПФС-КОНТРОЛЬ». Специальное программное обеспечение АПК позволяет оценить уровень психофизиологической адаптации работника (высокий, средний или низкий) и наличие/отсутствие психофизиологических отклонений. Решение об отсутствии психофизиологических отклонений (ПФА=0) выдается при высоком и среднем, наличии (ПФА=1) - при низком уровне ПФА.

По результатам ПФО с использованием регламентированных методик все обследованные были разбиты на 2 группы. Работником с отсутствием психофизиологических отклонений был присвоен код «0», с их наличием - код «1». Такой подход называется «обучением» выборки. Способность параметров виброизображения распознать группы с кодом 0 и 1 обученной выборки оценивалась по классификационной матрице, полученной по результатам дискриминантного анализа [78] (Таблица 3.6).

Таблица 3.6 – Классификационная матрица распознавания групп ПФА с использованием параметров виброизображения

Код группы ПФА	% правильной классификации	Код группы ПФА	
		0	1
0	62,5	20	12
1	55,6	20	25
Средний % правильной классификации	58,4	40	37

Полученные результаты показывают о недостаточном уровне средней точности распознавания - 58,4%. Это является в целом ожидаемым, поскольку более благоприятный результат был бы возможен при значениях, описанных в разделе 3.2 коэффициентах канонической корреляции близких к 1 (функциональная связь параметров виброизображения с показателями использованных методик оценки психофизиологического состояния). Это свидетельствует о «зашумленности» выборки в рамках решения поставленной задачи, для выявления которой был использован кластерный анализ - метод автоматической классификации без «учителя» [78].

На Рисунке 3.1 приведена дендрограмма результатов кластерного анализа, которая показывает, что все обследованные по параметрам виброизображения разделяются на 3 группы, обозначенные как 1,2,3.

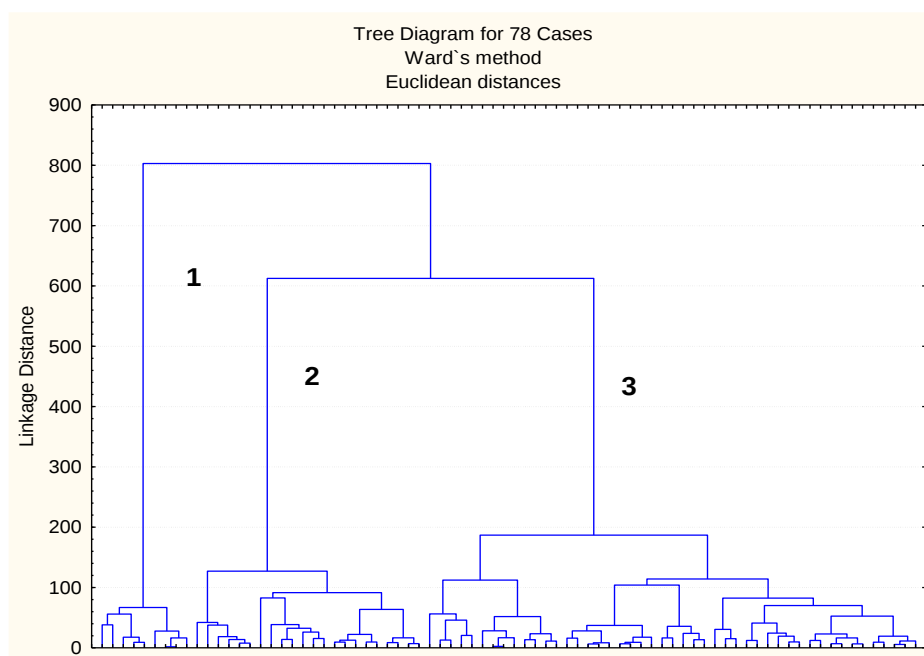


Рисунок 3.1. – Дендрограмма результатов кластерного анализа. По оси абсцисс отложены объекты наблюдения, по оси ординат - многомерное расстояние между ними

После исключения из анализа лиц, вошедших в группу 1 (15,6% от общего числа обследуемых), точность распознавания улучшилась (Таблица 3.7)

Таблица 3.7 – Классификационная матрица распознавания групп ПФА с использованием параметров виброизображения по «очищенным» данным

Код группы ПФА	% правильной классификации	Код группы ПФА	
		0	1
0	86,7	39	6
1	90,0	2	18
Средний % правильной классификации	88,3	41	24

Как следует из приведённых данных, существенно повысился средний процент правильной классификации, и до 10% снизилась ошибка 2-го рода: вероятность отнести тестируемого к лицам с низким уровнем ПФА, в то время как его фактический уровень высокий или средний.

Коэффициенты линейных дискриминантных функций, позволяющих формализовано оценить уровень ПФА работника по интегрированным параметрам виброизображения, приведены в Таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Коэффициенты линейных дискриминантных функций

Показатели	Z_1 (ПФА=0)	Z_2 (ПФА=1)
F_1 , усл.ед.	0,1308	0,1139
F_2 , усл.ед.	0,2424	0,2715
F_3 , усл.ед.	0,4390	0,4497
F_4 , усл.ед.	0,2770	0,2984
Constant	-30,3246	-32,1958

Согласно правилам дискриминантного анализа при значениях $Z_1 > Z_2$ принимается решение об отсутствии психологических противопоказаний к работе, $Z_2 > Z_1$ - об их наличии.

Средние ($M \pm m$) показателей психодиагностических, психофизиологических и физиологических методик у лиц с отсутствием/наличием психофизиологических отклонений (различным уровнем ПФА), идентифицируемых с использованием параметров виброизображения, приведены в Таблице 3.9.

Таблица 3.9. – Средние значения ($M \pm m$) показателей психодиагностических, психофизиологических и физиологических методик у лиц с различным уровнем ПФА и достоверность (p) их различия

Показатели	ПФА=0	ПФА=1	p
Шкала К ММИЛ, баллы	67,0 $\pm$ 1,7	59,1 $\pm$ 2,6	0,016
Шкала М1 ММИЛ, баллы	49,5 $\pm$ 1,0	44,2 $\pm$ 1,4	0,005
Шкала М2 ММИЛ, баллы	53,9 $\pm$ 1,7	45,7 $\pm$ 2,2	0,010
Шкала М3 ММИЛ, баллы	49,3 $\pm$ 1,1	42,8 $\pm$ 1,7	0,007
Шкала М4 ММИЛ, баллы	42,4 $\pm$ 1,1	50,0 $\pm$ 2,4	0,007
Шкала М7 ММИЛ, баллы	48,5 $\pm$ 1,2	40,8 $\pm$ 1,9	0,004
Фактор I 16-ФЛО, стены	5,3 $\pm$ 0,3	7,4 $\pm$ 0,5	0,001
Фактор О 16-ФЛО, стены	3,6 $\pm$ 0,4	5,4 $\pm$ 0,3	0,004
Фактор Q416-ФЛО, стены	3,3 $\pm$ 0,3	4,3 $\pm$ 0,4	0,056
Фактор F1 16-ФЛО, стены	2,3 $\pm$ 0,4	3,7 $\pm$ 0,4	0,032
Фактор F316-ФЛО, стены	6,1 $\pm$ 0,3	4,4 $\pm$ 0,3	0,015
Общее число выполненных заданий по тесту Равена, шт	59,2 $\pm$ 0,6	54,3 $\pm$ 1,4	0,013
Число правильно выполненных заданий по тесту Равена, шт	45,1 $\pm$ 1,0	34,4 $\pm$ 2,8	0,001
IQ по тесту Равена, баллы	103,1 $\pm$ 1,8	87,6 $\pm$ 4,1	0,002
Интернальность в области межличностных отношений (Им) по тесту УСК, усл.ед.	6,8 $\pm$ 0,4	4,6 $\pm$ 0,6	0,011
Среднее время ПЗМР (M_{SR}), мсек	289,0 $\pm$ 3,7	309,4 $\pm$ 5,2	0,028
Мода (MO_{SR}) времени ПЗМР, мсек	274,3 $\pm$ 9,9	300,0 $\pm$ 5,8	0,178
Среднеквадратичное отклонение (S_{SR}) времени ПЗМР, мсек	39,1 $\pm$ 3,2	46,6 $\pm$ 2,9	0,171
% Попаданий РДО	70,3 $\pm$ 3,3	54,0 $\pm$ 4,9	0,017
% Недолётов РДО	19,1 $\pm$ 3,2	33,6 $\pm$ 4,6	0,027
Средняя точность РДО ($M_{Точность}$) усл.ед.	-0,8 $\pm$ 0,3	-2,2 $\pm$ 0,3	0,040
СКО_Точность	3,2 $\pm$ 0,2	4,1 $\pm$ 0,3	0,057
Амплитуда моды, RR-интервалов, %	37,9 $\pm$ 2,2	54,3 $\pm$ 2,4	0,005
Среднеквадратичное отклонение ($СКО_{RR}$) RR-интервалов, мсек	60,4 $\pm$ 7,0	34,0 $\pm$ 4,2	0,024
Вариационный размах (DX_{RR}) RR-интервалов, мсек	256,5 $\pm$ 33,4	142,5 $\pm$ 17,5	0,037
Суммарная мощность (TP) спектра RR-интервалов, усл.ед.	3822,0 $\pm$ 853	1252,1 $\pm$ 393	0,060
Мощность VLF, %	24,3 $\pm$ 3,2	36,2 $\pm$ 4,2	0,056
Мощность HF, %	41,2 $\pm$ 3,7	28,0 $\pm$ 4,4	0,042
Индекс напряжения (ИН) регуляторных систем Баевского, усл.ед.	148,1 $\pm$ 28,6	381,6 $\pm$ 54,6	0,008

Полученные данные свидетельствуют о том, что лица, отнесённые по параметрам виброизображения к группе с низким уровнем ПФА, имеют достоверно отличающиеся личностные особенности, худшие операторские

качества, повышенный уровень напряжения регуляторных механизмов сердечно - сосудистой системы и организма в целом.

Средние значения интегрированных параметров виброизображения у лиц с различным уровнем ПФА и достоверность (p) их различия по критерию Стьюдента приведены в Таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Средние значения ($M \pm m$) интегрированных параметров виброизображения у лиц с различным уровнем ПФА и достоверность (p) их различия

Показатели	ПФА=0	ПФА=1	p
F ₁ , усл.ед.	42,9±4,8	59,3±5,2	0,001
F ₂ , усл.ед.	51,9±5,4	47,7±5,6	0,46
F ₃ , усл.ед.	49,9±4,8	50,4±5,3	0,633
F ₄ , усл.ед.	60,2±4,2	47,6±3,8	0,002

Как следует из полученного результата, лица, имеющие психофизиологические отклонения по традиционным методикам оценки ПФС, достоверно отличаются и по параметрам F₁, F₄ виброизображения. Для них характерно увеличение стрессированности и снижение уровня уравновешенности. Для экспресс - оценки уровня ПФА по параметрам виброизображения на основе использования линейных дискриминантных функций (Таблица 3.8) была разработана вероятностная номограмма [32] (Рисунок 3.2).

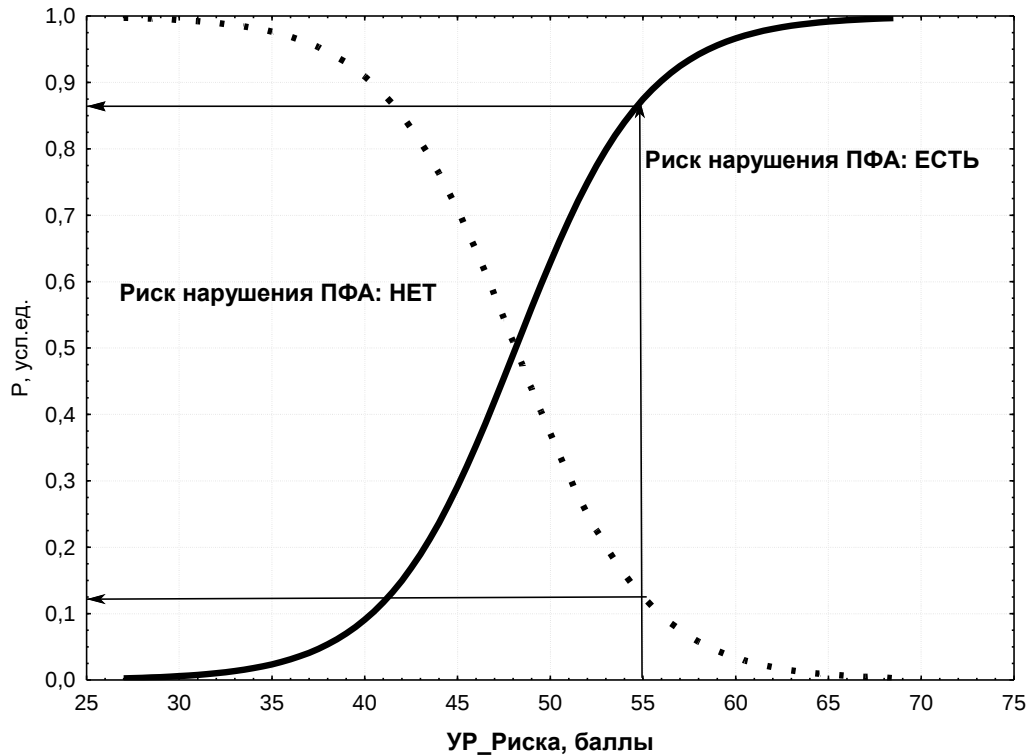


Рисунок 3.2. – Вероятностная номограмма экспресс - оценки уровня ПФА по параметрам виброизображения

По оси абсцисс отложен интегральный показатель, условно названный «Уровень риска нарушения психофизиологической адаптации» (УР_Риска), рассчитываемый по формуле:

$$\text{УР_Риска} = 27,35 + 0,89 \cdot F_1 - 0,37 \cdot F_2 + 0,45 \cdot F_3 - 0,52 \cdot F_4, \text{ баллы (1)}$$

В качестве указанного показателя использовалась каноническая дискриминантная функция, оптимальным образом разделяющая группы лиц с отсутствием и наличием психофизиологических противопоказаний. Ее смысл состоит в следующем. В 4-х мерном пространстве параметров виброизображения распределение указанных лиц ограничивается некоторыми областями (гиперсферами), имеющими свои центры. Каноническая дискриминантная функция представляет собой уравнение плоскости, «разрезающей» указанные гиперсферы таким образом, что внутри групповая дисперсия их проекций является минимальной, межгрупповая - максимальной, и центры гиперсфер имеют наибольшее расстояние между собой.

Правило использования номограммы заключается в следующем. Рассчитанная по индивидуальным значениям величина УР_Риска откладывается на оси абсцисс. Из полученной точки восстанавливается перпендикуляр до пересечения с границами классов. Точки пересечения проецируются на ось ординат, по которой определяется вероятность наличия у данного человека нарушения ПФА. Например, (построение на Рисунке 3.2), при УР_Риска = 55 балла вероятность наличия признаков нарушения ПФА равно 0,87 (87%).

Это даёт возможность предложить описанную в начале данной главы двухуровневую систему оценки ПФА (Рисунок 3.3).

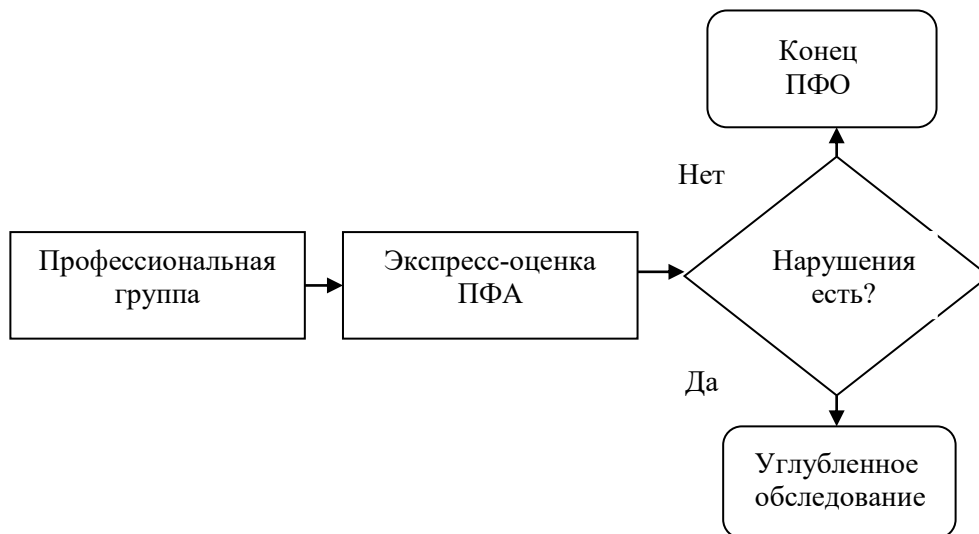


Рисунок 3.3. – Двухуровневая система оценки профессиональной адаптации работников опасных производств

Необходимо отметить, что построенные решающие правила обладают определёнными ограничениями. Они связаны с тем, что при их построении были использованы «очищенные» данные. Сравнение по критерию Стьюдента достоверность различия группы 1 (лица, включение которых в обучающую выборку снижает точность решающих правил) (см. выше Рисунок 3.1) от остальных показала отсутствие достоверной разницы по показателям психофизиологических методик. Различие наблюдалось только по параметрам виброизображения (Таблица 3.11).

Таблица 3.11 – Средние значения параметров виброизображения у лиц, включение которых в обучающую выборку снижает точность решающих правил (Гр1), и остальных обследованных (Остальные)

Показатели виброизображения	Группа		t-value	p
	Гр1	Остальные		
F ₁ , усл.ед.	53,6	52,8	0,57	0,57
F ₂ , усл.ед.	56,8	49,1	2,11	0,04
F ₃ , усл.ед.	48,9	51,8	-2,39	0,02
F ₄ , усл.ед.	51,0	50,9	-0,01	0,99
Качество видеозаписи, %	79,5	99,5	-3,03	0,005

Как следует из приведённых данных, наиболее достоверные отличия наблюдаются по параметру «Качество видеозаписи» ($p=0,005$). Данный параметр представляется на экране монитора в процессе диагностики в виде «градусника» и хранится в базе данных результатов тестирования программы. По рекомендациям, указанным в Руководстве пользователя программы «VibraMed» [155], он должен быть не ниже 80%. Полученные результаты показывают, что при оценке ПФА указанное требование необходимо ужесточить: качество видеозаписи должно быть не ниже 90%.

Для оценки взаимосвязи параметров виброизображения с успешностью профессиональной деятельности, с использованием разработанной специалистами ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России анкеты (Таблица 3.12), методом автоматической классификации были выделены 3 группы работников: лица с высоким (ВУ), средним (СУ) и низким уровнем (НУ) профессиональной успешности. В качестве экспертов выступали непосредственные руководители работника.

На рисунке 3.4 представлены усредненные «профили» выделенных групп по вопросам анкеты. Средняя точность распознавания групп по результатам дискриминантного анализа составила 98,9%.

Таблица 3.12 – Анкета для экспертной оценки профессиональной успешности работника

№	Оцениваемые качества	Выраженность оцениваемого качества	Шифры ответов
1	Уровень теоретических знаний и компетентности	Достаточный	1
		Средний (требует совершенствования)	2
		Ниже среднего (недостаточный)	3
2	Скорость овладения профессиональными навыками	Высокая	1
		Средняя	2
		Низкая	3
3	Ошибки в работе	Не допускал ошибок	1
		Допускал незначительные ошибки	2
		Неоднократно	3
4	Уровень приверженности принципам культуры безопасности и производственным инструкциям	Высокий	1
		Средний	2
		Низкий	3
5	Стремление к совершенствованию профессионального мастерства	Активно совершенствуется в работе	1
		Собственной инициативы не проявляет	2
		Стремится уклониться	3
6	Умственная профессиональная работоспособность	Способен выдерживать длительные интенсивные нагрузки без снижения качества	1
		Адекватное снижение умственной работоспособности в процессе обычной рабочей нагрузки	2
		Повышенная утомляемость в процессе рабочей нагрузки со снижением работоспособности	3
7	Физическая профессиональная работоспособность	Способен выдерживать длительные интенсивные физические нагрузки	1
		Адекватное снижение физической работоспособности в процессе обычной рабочей нагрузки, без снижения качества труда	2
		Повышенная утомляемость в процессе рабочей нагрузки со снижением работоспособности	3
8	Поведение в сложной производственной обстановке	Быстро и адекватно ориентируется и активно действует в ситуации	1
		Не стремится принимать активное участие	2
		Уклоняется от участия в разрешении ситуации	3
9	Преобладающий фон настроения	Адекватное оптимистическое настроение	1
		Отмечаются периоды неадекватного (повышенного или сниженного) настроения	2

Продолжение Таблицы 3.12

№	Оцениваемые качества	Выраженность оцениваемого качества	Шифры ответов
9	Преобладающий фон настроения	Часты периоды неадекватного настроения	3
10	Формы проявления эмоций в поведении в производственных ситуациях	Эмоциональные проявления адекватны производственной ситуации	1
		Отмечаются случаи неадекватных эмоциональных проявлений	2
		Эмоциональные реакции часто неадекватны производственной ситуации	3
11	Особенности темперамента	Сильный (подвижный, активный)	1
		Средний (спокойный)	2
		Ниже среднего (вялый, заторможенный)	3
12	Особенности интеллекта	Высокий интеллект	1
		Средний интеллект (адекватный должности)	2
		Уровень ниже среднего	3
13	Собственная самооценка оцениваемого работника	Адекватная, самокритичная	1
		Близка к адекватной	2
		Неадекватная	3
14	Уровень коммуникативности (профессиональной общительности)	Высокий, адекватный (внимателен, тактичен, в общении соблюдает адекватную дистанцию)	1
		Средний, на грани адекватности	2
		Низкий, неадекватный	3
15	Уровень самоконтроля поведения в производственных условиях	Высокий (уравновешен, может сдерживаться, адекватен производственным условиям)	1
		Средний (недостаточно контролирует свое поведение)	2
16	Уровень принятия производственной этики, способности подчиняться старшим по должности	Пониженный (с элементами неадекватности поведения)	3
		Высокий (адекватный) уровень	1
		Средний (на грани адекватности)	2
17	Умение организовывать свою работу	Неадекватный уровень	3
		Высокий уровень	1
		Средний уровень	2
18	Способность к взаимодействию при групповой производственной деятельности	Сниженный уровень	3
		Высокая	1
		Средняя	2
		Ниже средней	3

Продолжение Таблицы 3.12

№	Оцениваемые качества	Выраженность оцениваемого качества	Шифры ответов
19	Состояние здоровья	Хорошее (не влияет на работу)	1
		Среднее (состояние здоровья может сказаться на успешности выполнения своих служебных обязанностей)	2
		Плохое (состояние здоровья затрудняет выполнение служебных обязанностей)	3
20	Возможность полностью положиться на человека во внештатных ситуациях	Высокая	1
		Средняя	2
		Ниже средней	3

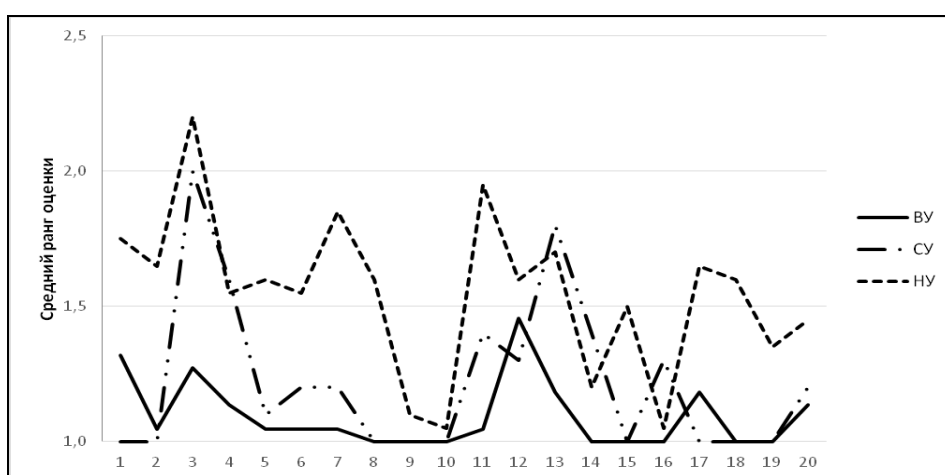


Рисунок 3.4. – Усредненные «профили» работников с разным уровнем профессиональной успешности

Как следует из приведённых данных, работников с низким уровнем отличает от работников с высоким уровнем профессиональной успешности более низкий уровень теоретических знаний и компетентности, более низкая скорость овладения профессиональными навыками, большее число ошибок в работе, более низкий уровень приверженности принципам культуры безопасности и производственным инструкциям, меньшее стремление к совершенствованию профессионального мастерства, более низкая умственная и физическая работоспособность, уклонение от участия в разрешении ситуации в сложной производственной обстановке, низкие умения организовать свою работу и способность к взаимодействию при групповой производственной деятельности.

Оценка взаимосвязи параметров виброизображения с успешностью профессиональной деятельности проводилась на основе анализа частоты встречаемости работников с разным уровнем профессиональной успешности в группах лиц с наличием и отсутствием психофизиологических отклонений. С использованием критерия ХИ-квадрат установлено, что с вероятностью $P=81\%$ (выраженная тенденция, $\text{ХИ-квадрат}=3,347$, $p=0,19$) такая взаимосвязь существует. Так (Рисунок 3.5) в группе лиц с наличием психофизиологических отклонений в 4,5 раза больше работников с низким уровнем и 2 раза меньше работников с высоким уровнем профессиональной успешности, чем среди лиц с их отсутствием.

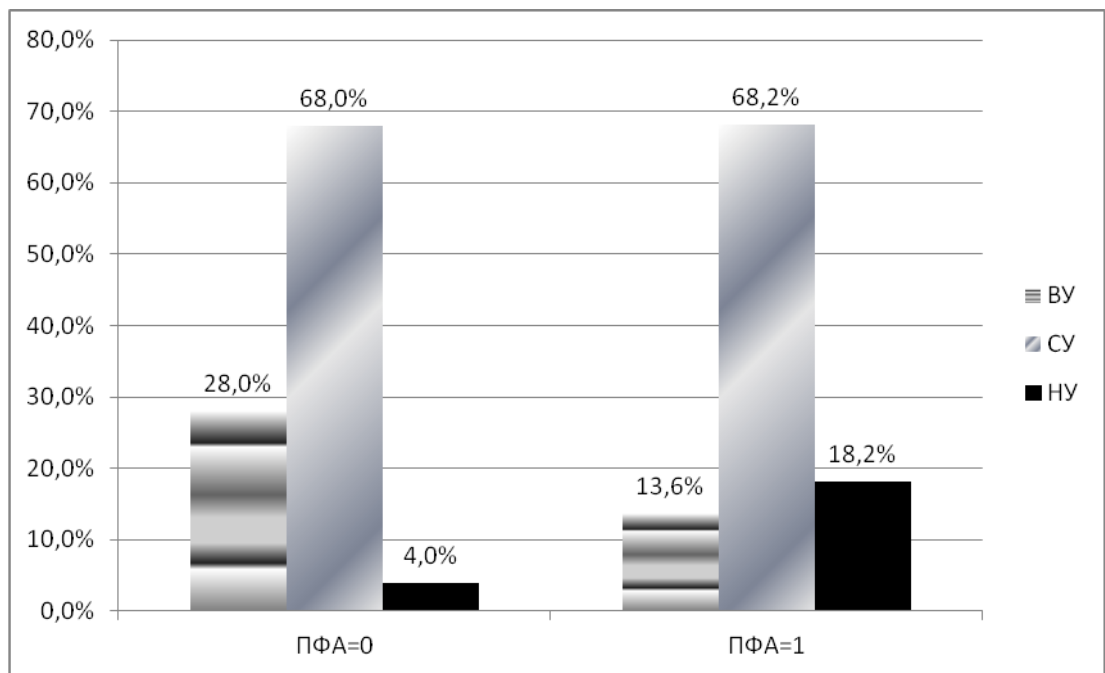


Рисунок 3.5. – Встречаемость работников с различным уровнем профессиональной успешности в группах с различным уровнем ПФА (ПФА=0 - лица не имеющие, ПФА=1 лица имеющие психофизиологические отклонения)

Резюме: Установленная взаимосвязь параметров виброизображения с методиками оценки психофизиологической адаптации на психическом, психофизиологическом и физиологическом уровнях свидетельствует о том, что параметры виброизображения отражают комплексную системную реакцию организма. Это позволяет использовать технологию виброизображения в качестве метода экспресс - оценки уровня психофизиологической адаптации работников

опасных производств. Разработан интегральный показатель оценки уровня риска нарушения психофизиологической адаптации, представляющий собой системокомплекс интегрированных параметров виброизображения. Показано, что для его эффективного использования показатель качество видеозаписи, контролируемый программой «VibraMed», должен быть не ниже 90%. Взаимосвязь параметров виброизображения с успешностью профессиональной деятельности имеет характер выраженной тенденции.

Оперативность, доступность и простота использования технологии виброизображения позволяет эффективно решать широкий круг практических задач ПФО.

ГЛАВА 4

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПРЕСС - ДИАГНОСТИКИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАБОТНИКОВ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВ ПРИ ПРЕДСМЕННЫХ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ОБСЛЕДОВАНИЯХ

Профессиональная деятельность РОП, в том числе работников радиационно и ядерно опасных производств, характеризуется высокой степенью ответственности и связана со значительными психическими, психофизиологическими и физиологическими нагрузками. Одной из задач предсменных медицинских осмотров работников опасных производств является выявление состояний и заболеваний, физиологических и функциональных отклонений, препятствующих выполнению трудовых обязанностей. А также предотвратить допуск к работе специалиста в нетрудоспособном состоянии, обусловленном болезнью, интоксикацией, расстройством адаптации.

Из всех видов психофизиологических обследований предсменные ПФО (ППФО) являются наименее разработанными, но при этом очень важными, что признаётся специалистами различных организаций и ведомств, занимающихся вопросами психофизиологического обеспечения персонала: на транспорте, в гражданской и военной авиации, атомной, химической промышленности, электроэнергетике и других отраслях экономики, предприятия которых используют потенциально опасные технологии. Это связано с тем, что несоответствие психофизиологического состояния работника перед началом работы требованиям деятельности является одной из ведущих причин увеличения ошибок в работе, снижения продуктивности труда, увеличения производственного травматизма. Однако в существующем законодательстве регламентировано только проведение предсменных/послесменных медицинских осмотров согласно Приказа Минздрава России от 15.12.2014 № 835н «Об утверждении порядка проведения предсменных, предрейсовых и послесменных, послерейсовых медицинских осмотров» [132].

В существующих системах предсменного психофизиологического обследования в большинстве случаев используются сенсомоторные методики с добавлением методики оценки вариабельности сердечного ритма (ВСР). В атомной отрасли ППФО в требуемом объёме до настоящего времени не внедрены.

Основной целью данной главы является обоснование требований к аппаратно-программным средствам предсменного психофизиологического контроля и оценка эффективности использования технологии виброизображения при предсменных психофизиологических обследованиях работников опасных производств, на примере персонала предприятия по обращению с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами.

4.1 Требования к аппаратно-программным средствам предсменного психофизиологического контроля

Методологические требования к системам предсменных ПФО должны включать в себя, по нашему мнению, оперативность, индивидуальность и системность.

Оперативность – способность технических средств ППФО обеспечить предсменный контроль необходимого числа работников предприятия в отведённое на это время. В атомной отрасли, в зависимости от характера предприятия, число работников, проходящих предсменный контроль, варьируется от десятков до сотен человек. Поскольку ППФО проводится в рабочее время, работодатель не заинтересован в отвлечении работника от производственного процесса. Поэтому время обследования одного человека должно быть минимальным. Пропускная способность ППФО конечно может быть увеличена за счёт объединения аппаратно-программных средств в локальные сети. Однако это требует наличия специальных помещений, в которых можно одновременно разместить до десятка рабочих мест. Существующие медицинские пункты на предприятиях атомной отрасли в подавляющем большинстве случаев такими помещениями не обладают.

Индивидуальность – решение о допуске/недопуске к работе должно приниматься не по групповым/популяционным, а индивидуальным критериям. Работник, успешно прошедший предварительные и ежегодно проводящиеся периодические психофизиологические обследования, считается годным для выполнения профессиональных обязанностей. При этом решение принимается по групповым нормам. Но каждый человек находится под воздействием множества факторов жизнедеятельности. Факторы условий труда являются достаточно стабильными в условиях штатного функционирования предприятия. Наиболее изменчивыми являются социально - бытовые факторы, формирующие общий «фон» жизни. При предсменном психофизиологическом контроле должно оцениваться, насколько состояние работника выходит за рамки типичного для него психофизиологического состояния с дальнейшим выяснением возможных причин такого отклонения. Для реализации данного принципа программное обеспечение систем ППФО должно предусматривать пересчёт индивидуальных норм по мере получения новых данных.

Психофизиологическое адаптация – системная реакция организма на внутренние и внешние стимулы и факторы. Очевидно, что при ППФО исключается оценка психического состояния с использованием традиционных психодиагностических тестов. Оценка психофизиологических функций с использованием различного типа сенсомоторных методик является, хотя доступной для ППФО, но недостаточной, поскольку позволяет оценить только функциональное состояние ЦНС. Также доступной является оценка состояния физиологических функций с использованием методики ВСР. Но одна эта методика также является недостаточной для ППФО. Поэтому сформулированное выше требование системности говорит о том, что объектом оценки при ППФО должны являться не отдельные, а комплексные характеристики психофизиологического состояния.

Рассматривая существующие аппаратно-программные комплексы, специально разработанные для предсменного контроля ПФО и доступные для

использования в атомной отрасли, следует выделить аппаратно-программный комплекс «Прогноз» (разработчик ООО «Проспект», г. Курчатов, www.srcpprognoz.com) и УПФТ -1/30 «Психофизиолог» (разработчик «Медиком МТД», г. Таганрог, www.medicom-mtd.com) с модулем психомоторных тестов.

АПК «Прогноз» предназначен для оценки функционального состояния ЦНС человека и прогнозирования его работоспособности, на основе специально разработанного интегрального показателя. Процесс тестирования занимает не более 4 минут. Пропускная способность от 12 до 15 человек/час. Для увеличения пропускной способности программа может работать в сетевом варианте. Достоинством программы является автоматическое построение границ индивидуальной нормы. К недостаткам комплекса следуют отнести возможность оценки только одной характеристики психофизиологического состояния: функционального состояния ЦНС.

АПК «Психофизиолог» позволяет проводить предсменный контроль по двум методикам: оценки функционального состояния ЦНС по данным простой или сложной зрительно-моторной реакции и состояния регуляторных механизмов организма по данным методики вариабельности сердечного ритма. Методики выполняют последовательно. Процесс тестирования занимает до 5 минут. По сравнению с АПК «Прогноз» в данном АПК более полно выполнено требование системности оценки психофизиологического состояния, однако решение о допуске/недопуске к работе принимается по групповым нормам. Хотя в системе предусмотрен «ручной» ввод границ индивидуальной нормы, метод их автоматического вычисления в программе не реализован.

4.2 Критерии допуска к производственной деятельности работников опасных производств по данным оценки параметров виброизображения

Инновационной методикой, удовлетворяющей всем перечисленным в разделе 4.1 требованиям, является технология оценки параметров виброизображения.

Для разработки критериев допуска к работе РОП была проведена оценка предсменного психофизиологического состояния работников ПВХ. Предсменный психофизиологический контроль проводился в течение 3-х месяцев. В обследованиях приняло участие 18 человек. В ходе исследования проводилось измерение артериального давления, оценка самочувствия, активности и настроения. Психофизиологическое состояние оценивалось по данным инновационной технологии виброизображения с использованием программы «VibraStaff» [141]. Всего было проведено 745 человеко-обследований. Время тестирования составляет 1 минуту.

На Рисунке 4.1 показан процесс тестирования с использованием программы «VibraStaff».

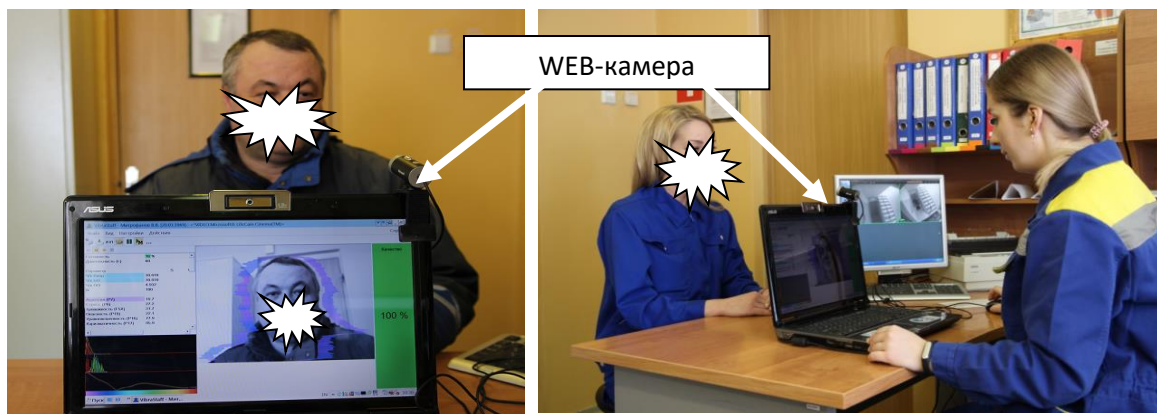


Рисунок 4.1 – Общий вид проведения ППФО

В качестве критерия допуска/недопуска к работе используется показатель «Индекс допуска» (D_IND , баллы). В качестве указанного индекса использовался описанный в главе 3 уровень риска нарушения психофизиологической адаптации $УР_Риска$ (формула 1). Его низкие значения соответствуют характеристикам психофизиологического состояния работника удовлетворяющим, высокие - не удовлетворяющим требованиям деятельности.

По результатам выполненных исследований по нашему техническому заданию специалистами ООО «ЭЛСИС» были внесены изменения в специальное программное обеспечение системы предсменного психофизиологического контроля «VibraStaff».

С использованием D_IND выдаётся один из 3-х вариантов заключения:

1. Допуск к работе;
2. Условный допуск к работе;
3. Не допуск к работе.

Решение 1 выдаётся при значениях D_IND меньших верхней 80% границы индивидуальной нормы (зона ДОП=1), решение 2 - при значениях D_IND в коридоре между 80% и 95% верхними границами индивидуальной нормы (зона ДОП=2), решение 3 - при превышении значений D_IND 95% верхней границы индивидуальной нормы (зона ДОП=3).

Индивидуальные границы нормы вычислялись с использованием контрольных карт Шухарта (ГОСТ Р 50779.42-99 (ИСО 8258-91)).

На Рисунке 4.2 приведена форма выдаваемого программой «VibraStaff» результата тестирования в среде MS Excel.

По данным предсменного контроля психофизиологическое состояние соответствует индивидуальной норме. К работе ДОПУСКАЕТСЯ					
Обозначение показателя	Наименование показателя	Нижняя граница индивидуальной нормы	Среднее значение показателя	Верхняя граница индивидуальной нормы	Выход за границу нормы
N1	Интегральный показатель психофизиологического состояния, баллы	37,224	44,010	54,191	Нет

Рисунок 4.2 – Форма заключения, выдаваемая программой «VibraStaff»

На Рисунке 4.3 представлено распределение по группам допуска персонала ПВХ. Из 745 наблюдений процент не допуска к работе составил 5%, условный допуск - в 11%, в остальных 84% персонал был допущен к работе.

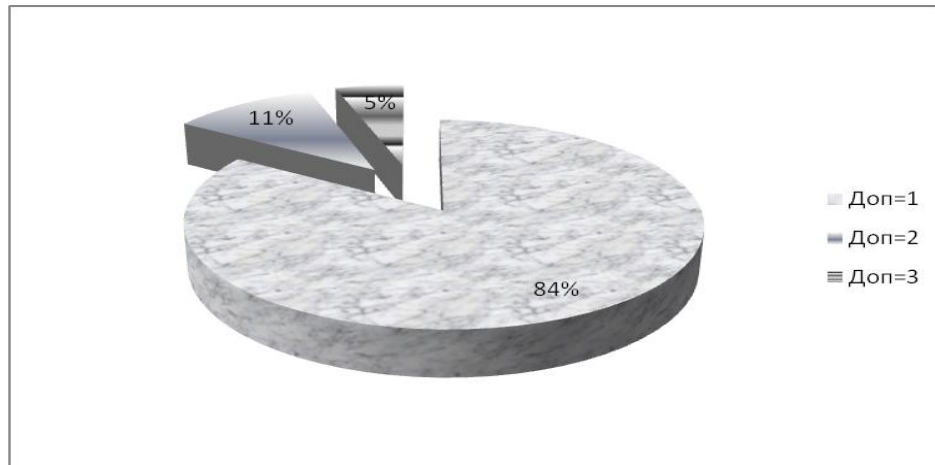


Рисунок 4.3 – Распределение по группам допуска персонала ПВХ

Это свидетельствует о том, что работники в целом правильно соблюдают режимы труда и отдыха, не допускают их нарушения. Возможно, это является дисциплинирующим следствием необходимости прохождения предсменного психофизиологического контроля.

С использованием анализа частоты сопряжённых признаков установлена достоверная (критерий ХИ-Квадрат=80,8; $p=0,0000001$) взаимосвязь групп допуска с уровнем психофизиологической адаптации работников, оцениваемой по данным периодических ПФО. Так процент недопущенных к работе среди лиц с низким уровнем ПФА был на 12,7%, условно допущенных - на 13,7% выше, чем у лиц с высоким и средним уровнем ПФА. Поэтому на ППФО должны направлять в первую очередь работников с низким уровнем ПФА.

Самооценка самочувствия (С), активности (А) и настроения (Н) работников перед началом смены показала, что лица с низким уровнем ПФА в подавляющем большинстве случаев (в 96,5% по С, 97,7% по А, в 99,2% по Н) дают оценки, декларирующие соответствие указанных характеристик обычному уровню. У лиц с высоким и средним уровнем ПФА процент таких оценок, достоверно ниже: 62,4%, 51,5% и 52,5%. Что позволяет сделать вывод о том, что они, зная или ощущая существующие проблемы со своим здоровьем, с достаточным критическим отношением и открытостью сообщают об этом. Лица с низким уровнем ПФА стараются представить оценку состояния перед работой в более благоприятном свете.

Аналогичная взаимосвязь САН установлена с группой допуска к работе. Так работники, имевшие в динамике ППФО заключения «К работе не допускается», оценку «соответствует обычному» по «С» давали в 71,8%, по «А» - в 73,6%, по «Н» - 73,6% случаев, в то время как у работников, не имевших такое заключение, положительные оценки составляли соответственно 61%, 58% и 60% соответственно.

В Таблице 4.1 приведены средние значения артериального давления, возраста и стажа работников, прошедших ППФО и достоверность их отличия по t-критерию Стьюдента в полярных по допуску группах.

Таблица 4.1 – Средние значения артериального давления, возраста и стажа работников, прошедших ППФО

Показатель	ДОП=1	ДОП=3	t-value	p
Систолическое артериальное давление (АДС), мм.рт.ст.	142,6	140,2	-1,315	0,190
Диастолическое артериальное давление (АДД), мм.рт.ст.	88,1	92,5	2,854	0,005
Пульсовое давление (ПД), мм.рт.ст.	54,5	47,8	-6,498	0,000
Возраст, лет	38,4	44,9	6,966	0,000
Стаж работы, лет	10,4	11,6	2,270	0,024

Из приведённых данных следует, что работники, успешно проходившие ППФО, имели достоверно меньший возраст и стаж работы, более низкий уровень АДД, и, на уровне выраженной тенденции ($p=81\%$), более высокий уровень АДС.

Примеры индивидуальной динамики ППФО показаны на Рисунках 4.4-4.5. На Рисунке 4.4 - работников, не имевших, Рисунке 4.5 - имевших в динамике ППФО заключения о не допуске к работе.

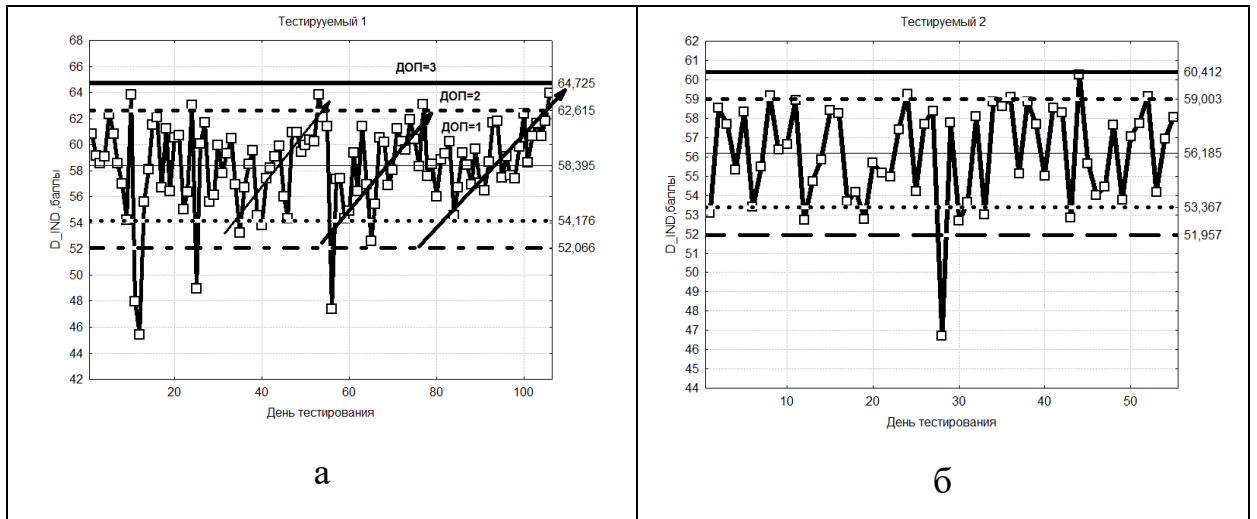


Рисунок 4.4 – Динамика ППФО работников, не имевших заключения о не допуске к работе

Результаты оценки являются достаточно наглядными. Если психофизиологическое состояние тестируемого 2 (Рисунок 4.4б) колебалось около среднего значения индивидуального индекса допуска (56,1 балла), то у тестируемого 1 (Рисунок 4.4а) можно выделить фазы изменения ПФС: стабильную в период с 1 по 30 день тестирования, и 3 периода с монотонным ухудшением психофизиологического состояния с 35 по 60, с 62 по 76, с 85 по 105 день тестирования. Это даёт важную информацию цеховому терапевту для выяснения возможных причин такого изменения с целью выдачи рекомендации по поддержанию стабильности психофизиологического состояния.

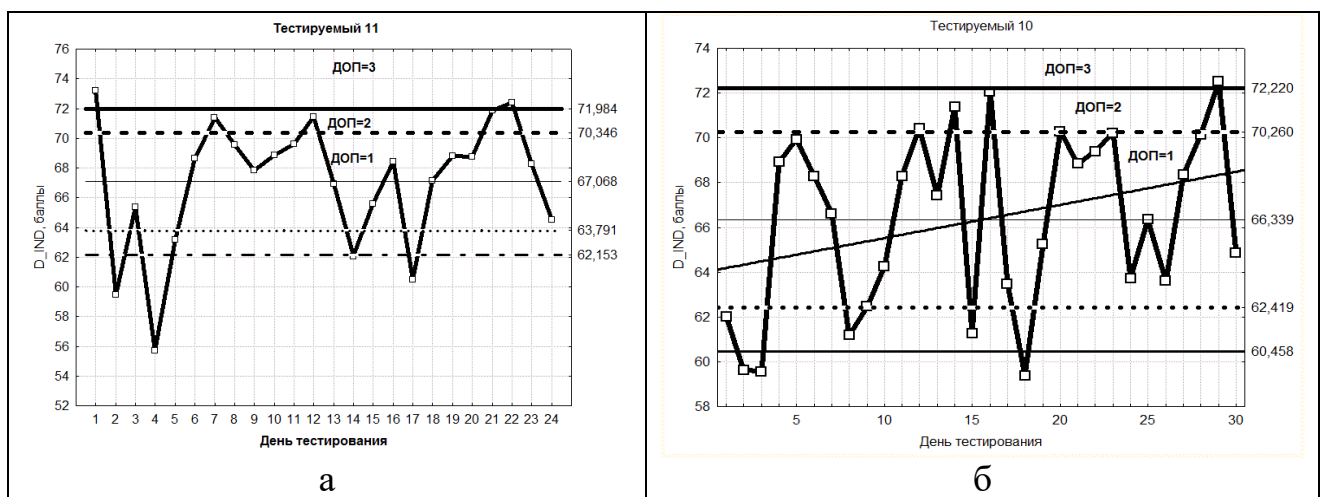


Рисунок 4.5. – Динамика ППФО работников, имевших заключения об условном (зона ДОП=2) допуске и не допуске (зона ДОП=3) к работе

Как следует из Рисунка 4.5а, тестируемый №11 имел случаи условного допуска к работе на 7, 12 день, не допуска к работе - на 1 и 22 день ППФО. В целом его психофизиологическое состояние перед началом работы имеет высокую нестабильность. Для данного работника требуется консультация у цехового терапевта для выяснения причин нестабильности. Тестируемый 10 (Рисунок 4.5б) имел также нестабильное ПФС, но с тенденцией к ухудшению состояния (условный допуск к работе на 12, 14 и 16 день тестирования, не допуск к работе на 29 день). Ему также требуется консультация цехового терапевта.

В ходе исследований была проведена оценка психофизиологического состояния не только до, но и после смены. Это дало возможность оценить влияние на работников факторов трудового процесса. По разности значений индекса допуска до и после смены все обследованные были распределены на 3 группы: 1 – лица с ухудшением, 2 – без изменения, 3 – с улучшением психофизиологического состояния. На Рисунке 4.6 показаны средние значения критерия допуска к работе D_IND до и после смены в этих группах.

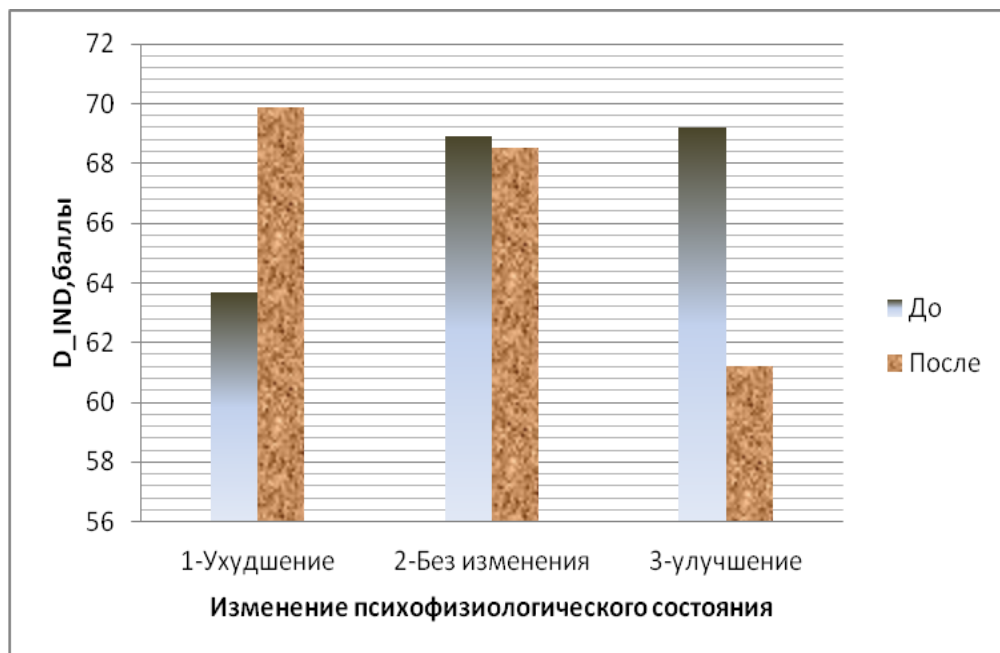


Рисунок 4.6 – Средние значения критерия допуска к работе D_IND до и после смены

На Рисунке 4.7 представлено общее распределение (в %) случаев ухудшения, не изменения и улучшения психофизиологического состояния.

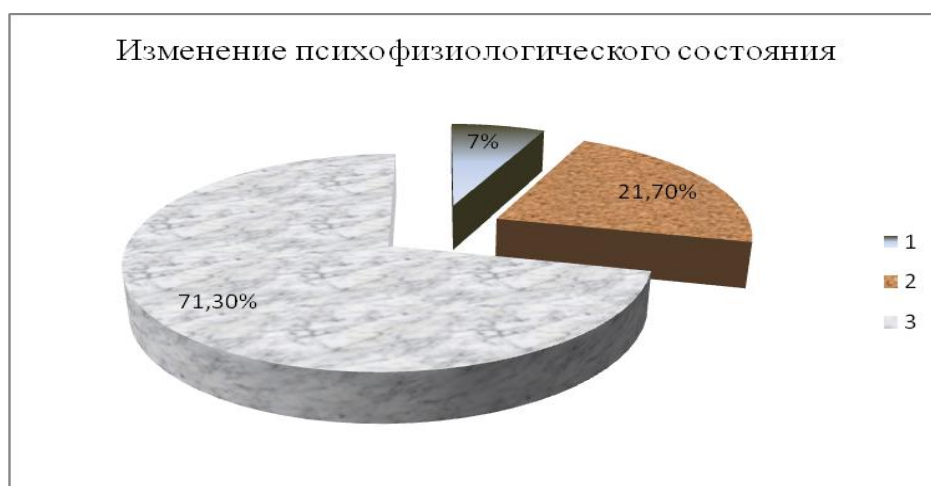


Рисунок.4.7 – Динамика психофизиологического состояния персонала ПВХ до и после смены. 1- без изменения, 2 - ухудшение, 3 - улучшение

Как следует из приведённых данных, в 71,3% случаев психофизиологическое состояние не изменялось, в 21,7% - ухудшалось. Причем для персонала основного производства (комплекса хранения и обращения с ОЯТ и РАО) ухудшение психофизиологического состояния наблюдалось в большем числе случаев, чем для работников службы обеспечения радиационной безопасности (СРБ); 40,1% и 23,1% соответственно. Это, по нашему мнению, связано с высокой напряжённостью их труда.

Случаи улучшения психофизиологического состояния мы в большей степени связываем с особенностью расположения ПВХ: длительная дорога (30 км) до работы в неблагоприятных климатических условиях Крайнего севера в отдельных случаях так изменяют психофизиологическое состояние, что привычная работа вызывает нормализующий эффект.

Научный и практический интерес представляет разработка количественного критерия влияния факторов трудового процесса на психофизиологическое состояние работника. Для решения этой задачи использовался канонический дискриминантный анализ.

На Рисунке 4.8 показано распределение наблюдений для соответствующих групп в осях канонических дискриминантных функций.

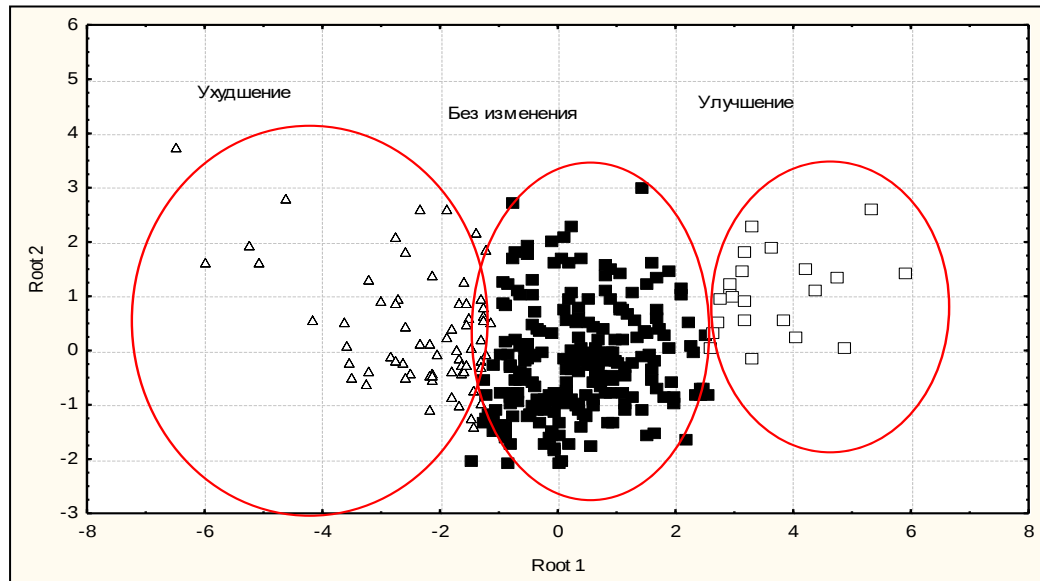


Рисунок 4.8. – Распределение наблюдений для случаев изменения психофизиологического состояния в осях канонических дискриминантных функций

Поскольку 1-я каноническая переменная Root 1 имеет линейный характер изменения: от «плохого» состояния к «хорошему», она была использована для расчёта психофизиологической «цены» деятельности (ПФЦ). Согласно словарю основных понятий и определений службы медицины катастроф, под ПФЦ понимается степень изменения в ходе деятельности соотношения между исходным, текущим и предельными состояниями функциональных систем организма, обеспечивающих её выполнение. Для её количественной оценки предложен метод сравнения с «альтернативными состояниями» [184]:

$$\text{ПФЦ} = 1 - D_{+} / (D_{+} + D_{-}), \text{ усл. ед.}$$

где D_{+} , D_{-} – многомерное расстояния показателей текущего состояния до «наилучшей» и «наихудшей» альтернатив соответственно.

При $D_{+} = 0$ ПФЦ=0, при $D_{-} = 0$ ПФЦ=1.

На Рисунке 4.9 представлена усреднённая ПФЦ в случае ухудшения и улучшения состояния, формула расчёта которой, имеет следующий вид:

$$ПФЦ = 0,381 - 0,023 * D_IND_до + 0,024 * D_IND_после, \text{ усл. ед.}$$

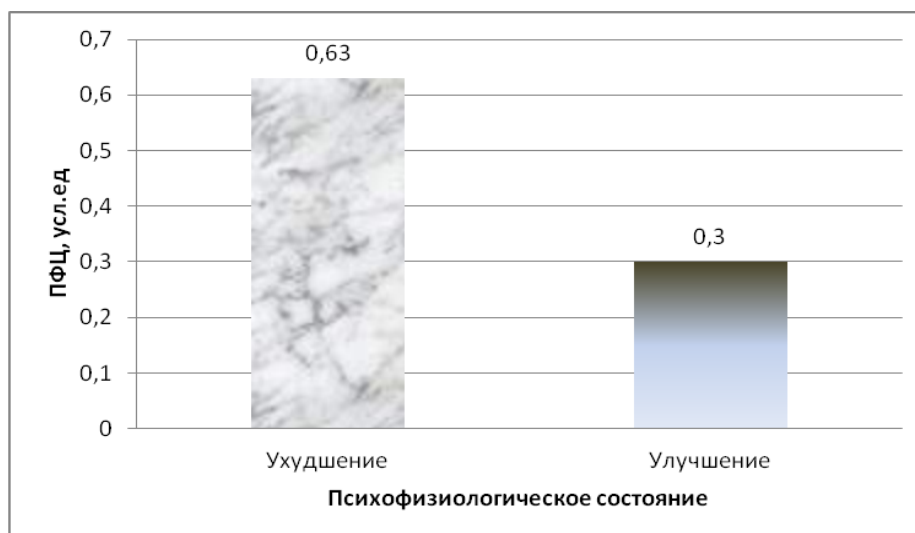


Рисунок 4.9 – Усреднённая психофизиологическая цена деятельности в случае ухудшения и улучшения состояния персонала

Как следует из приведённых данных, ухудшение психофизиологического состояния сопровождается увеличением, улучшение - снижением психофизиологической «цены» деятельности.

Резюме: Оперативность, индивидуальность и системность являются основополагающими требованиями к аппаратно-программным средствам предсменного психофизиологического контроля. Технология виброизображения полностью отвечает сформулированным требованиям и является перспективной для использования при контроле психофизиологического состояния работников опасных производств.

В качестве критерия допуска/недопуска к работе целесообразно использовать разработанный показатель «Индекс допуска», рассчитываемый через параметры виброизображения. Высокая взаимосвязь групп допуска, вычисляемых по параметрам виброизображения, с уровнем психофизиологической адаптации позволяет рекомендовать обязательное направление на ППФО работников с низким уровнем ПФА. Оценка психофизиологического состояния до и после смены с вычислением

психофизиологической цены деятельности даёт возможность количественно оценить влияние на работника факторов трудового процесса.

ГЛАВА 5

БЕСКОНТАКТНАЯ ДИАГНОСТИКА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАБОТНИКОВ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВ ПРИ ТРЕНАЖЁРНОЙ ПОДГОТОВКЕ

Профессиональные умения и навыки во многом определяют профессиональную надёжность работников опасных производств. Для формирования таких умений и навыков на уровне, необходимом для решения производственных задач, используется подготовка на тренажёрных комплексах. Примером подобных комплексов являются полномасштабные тренажёры блочных щитов управления атомных электростанций, систем управления самолетами различных типов гражданской и военной авиации, военной техникой и др. [168,169]. На тренажёрах такого типа детально воспроизводятся все органы управления, а специальные программы позволяют имитировать различные нештатные ситуации с техникой.

Как известно, на уровень безопасности работы РОП влияет степень развитости и поддержания профессионально важных психофизиологических качеств. Необходимыми и важными психофизиологическими качествами работников опасных производств являются высокая способность к распределению и концентрации внимания, отсутствие функциональных нарушений связи между сенсорными, когнитивными и моторными процессами, сбалансированность активационных и тормозных процессов в ЦНС, антиципация, высокая устойчивость сенсомоторных функций, устойчивость внимания, а также сенсорная память, внимание и память. Такие качества тренируются и поддерживаются на психофизиологических тренажёрах. Психофизиологическая тренажёрная подготовка обеспечивает профилактику психосоматических расстройств, связанных с длительно действующими факторами стресса.

Важной задачей при использовании психофизиологических тренажёров является развитие навыков самоконтроля и оптимального функционирования в экстремальных условиях при моделировании сложных ситуаций. Поэтому в психофизиологические тренажёры вводят элементы биологической обратной

связи (БОС). Установлено, что повышение способности к саморегуляции и переход на оптимальные стратегии поведения снижают уровень психоэмоционального напряжения тренируемых/тестируемых и являются эффективной профилактикой психосоматических расстройств, связанных с длительно действующими стресс-факторами [187].

При прохождении персоналом тренажёрной подготовки необходим постоянный контроль его психофизиологического состояния, что служит элементом эффективного управления процесса тренировки. Контроль ПФС необходим для индивидуализации процесса подготовки, выполнения наиболее сложных для освоения элементов деятельности с вычислением «цены» каждой производственной операции. Психофизиологический контроль неизбежно связан с наложением различных датчиков, а это затрудняет процесс тренажёрной подготовки, а иногда делает процесс просто невозможным. Поэтому развитие методов тренажёрной подготовки РОП связано с внедрением технологий бесконтактного контроля, позволяющего дистанционно и оперативно контролировать ПФС тренируемых/тестируемых с целью научного управления режимами тренировки. Реализация этой задачи возможна при использовании технологии виброизображения.

5.1 Психофизиологический тренажёр для подготовки лиц, участвующих в операциях по обращению с отработавшим ядерным топливом

В рамках Российско-Норвежского сотрудничества по вопросам реабилитации сотрудников радиационно-опасных объектов на Северо-Западе России (контракт № М18-15/02 от 23.02.2015 г.) специалистами ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России совместно с сотрудниками НИИ молекулярной биологии и биофизики - НИИМББ (г. Новосибирск) был разработан программно-аппаратный комплекс (ПАК) «ТИБУР_ТСП», реализующий интерактивные имитационные обучающие игры с биологической обратной связью в виртуальной среде с параллельной регистрацией параметров моделируемой деятельности и электрофизиологических показателей [30]. ПАК

«ТИБУР_ТСП» предназначен для тренажёрной подготовки специалистов Центра по обращению с РАО в губе Андреева, участвующих в операциях по обращению с ОЯТ.

ПАК «ТИБУР_ТСП» обеспечивает реализацию следующих функций:

1. Оценку и тренировку функции внимания (устойчивости, объёма, концентрации).
2. Оценку и тренировку пространственно-временной координации; оценку и тренировку координационно-двигательного взаимодействия.
3. Оценку и тренировку стрессоустойчивости путём моделирования стресс-эмоциональной нагрузки (введение дефицита времени, помех – звуковых и визуальных, усложнение задания вплоть до невыполнимого) с последующим сравнением результатов выполнения моделируемой деятельности в стандартных условиях, до и после воздействия стрессового фактора.
4. Оценку и тренировку копинг-стратегий путём многократного действия стрессового фактора по схеме «фон-стресс-отдых-стресс-отдых...» для получения динамического профиля стресс-реактивности, а также поведенческих и когнитивных стратегий копинга.

Созданная для ПАК «ТИБУР_ТСП» 3D игровая модель деятельности специалиста пункта временного хранения ОЯТ реализована как симулятор мостового крана (Рисунок 5.1), выполняющего следующие операции: выбор отсека, где хранятся контейнеры с кассетами с ОТВС; выбор контейнера, с которым будут проводиться дальнейшие операции; использование определённого инструмента для подходящей детали; перенос каждой детали на подвесе крана в отсек с контейнером-сборником для их утилизации; выбор и наведение тельфера к рабочей бочке с открытым горлом; спуск детали в выбранную тару.



Рисунок 5.1. – Общий вид рабочего окна психофизиологического тренажёра ПАК «ТИБУР_ТСП»

Рабочие инструменты тренажёра показаны на Рисунке 5.2.

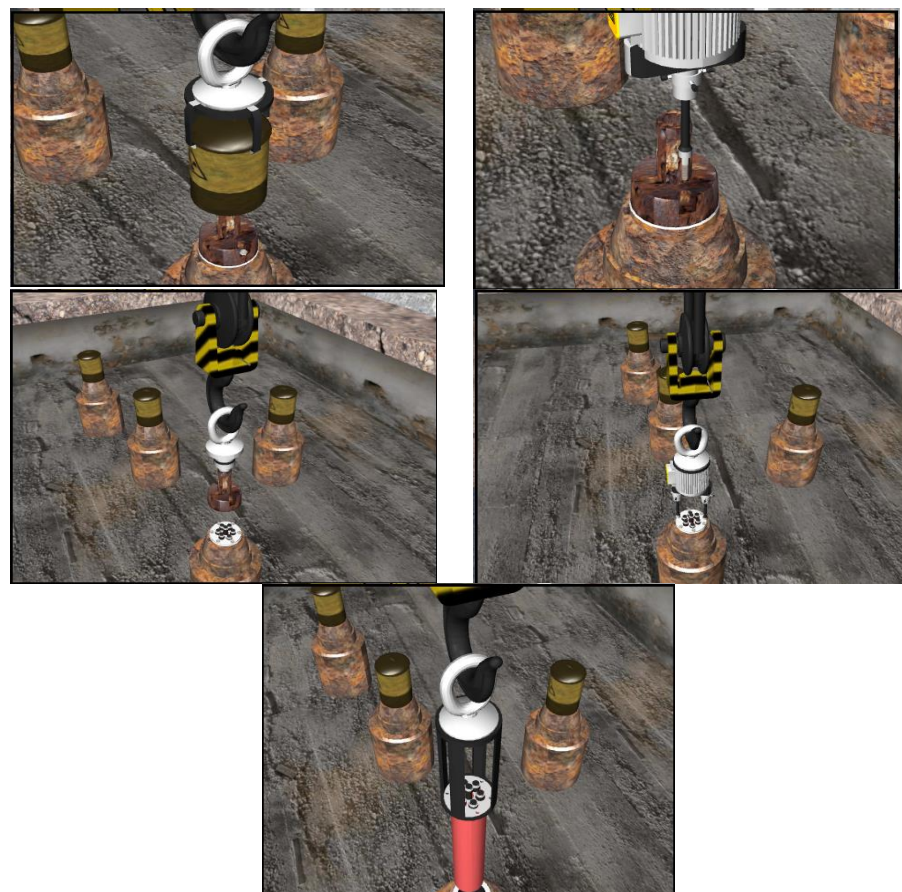


Рисунок 5.2. – Рабочие инструменты тренажёра ПАК «ТИБУР_ТСП»

В ПАК «ТИБУР_ТСП» реализованы следующие режимы тренировки/тестирования: фоновый режим (ФОН), стрессовый режим (СТРЕСС) и режим с биологической обратной связью (БОС).

Фоновый режим тренировки/тестирования, направлен на освоение навыков работы на игровой модели деятельности. Базовое число разбираемых контейнеров увеличивалось, если снижение времени разборки очередного контейнера изменялось более чем на 10%.

Стрессовый режим тренировки/обучения организуется путём ограничения времени на разборку одного контейнера. При запуске игровой модели в стресс-режиме отображается обратный отсчёт времени. Задача тренируемого/тестируемого в этом режиме полностью разобрать контейнер до окончания заданного времени. Параметр ограничения времени на разборку одного контейнера является настраиваемым. Он определяется индивидуально для каждого обучаемого/тестируемого по результатам фоновых исследований.

В режиме подключения биологической обратной связи скорость движения крана зависит от способности тренируемого/тестируемого снижать частоту пульса. Чем ниже частота пульса, тем выше скорость движения крана и наоборот.

Регистрируемые в ходе работы с инструментами показатели деятельности включали в себя:

1. Время начала события, мсек;
2. Скорость реакции (время между достижением точного положения манипулятора для захвата/сброса детали и выполнением захвата/сброса), мсек;
3. Точность управления манипулятором (время подхода к детали при попадании в рабочую зону – «подвал» хранения контейнеров и бочек для накопления снятых с контейнера деталей), сек;
4. Ложность реакции;
5. Время линейного движения между рабочими зонами («подвалами» хранения контейнеров и бочек для накопления снятых с контейнера деталей), сек.

В ходе работы на тренажёре у тренируемого/тестируемого регистрировались следующие электрофизиологические сигналы: кардиоритмограмма (ЭКГ), электромиограмма (ЭМГ), кожно-гальваническая реакция (КГР), пневмограмма (ПГ) или длительность дыхательного цикла (ДДЦ).

Запись виброизображения тренируемых/тестируемых осуществлялась с использованием внешней камеры в формате MP4. В дальнейшем записи очищались от помех в кадре, нарезались, переводились в формат AVI и экспортировались в программу «VibraMed» [155] для дальнейшей обработки. В результате была сформирована матрица данных, включающая в себя 2837 наблюдений. Анализ данных проводился с использованием пакета STATISTICA v.8.0.

На Рисунке 5.3 приведён общий вид тренировки/тестирования персонала ПВХ.



Рисунок 5.3. – Общий вид тренировки/тестирования персонала ПВХ

5.2 Взаимосвязь параметров виброизображения с режимами тренировки и показателями качества выполняемой деятельности

В Таблице 5.1 приведены средние значения (M) и ошибки среднего (m) интегрированных показателей виброизображения, полученные на различных

этапах работы с ПАК «ТИБУР_ТСП». Достоверность различия оценивалась с использованием F-критерия Фишера.

Таблица 5.1 – Средние значения ($M \pm m$) показателей виброизображения на различных этапах работы с ПАК «ТИБУР_ТСП»

Показатель	Этапы работы			Величина F-критерия	p
	ФОН	СТРЕСС	БОС		
F ₁ , баллы	51,9 $\pm$ 0,7	45,9 $\pm$ 0,7	45,6 $\pm$ 0,9	23,256	0,000000
F ₂ , баллы	51,7 $\pm$ 0,3	52,1 $\pm$ 0,8	55,7 $\pm$ 0,01	21,507	0,000000
F ₃ , баллы	51,1 $\pm$ 0,4	48,6 $\pm$ 0,5	46,5 $\pm$ 0,9	13,626	0,000002
F ₄ , баллы	45,6 $\pm$ 0,1	49,0 $\pm$ 0,4	51,1 $\pm$ 0,3	80,642	0,000000

Для наглядности динамика показателей виброизображения представлена в графическом виде на Рисунке 5.4.

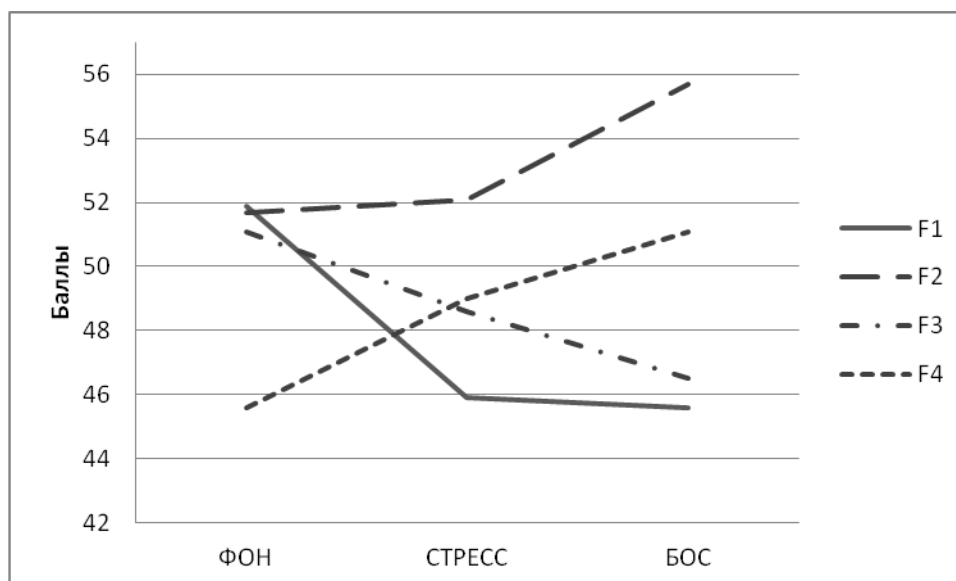


Рисунок 5.4 – Динамика показателей виброизображения для разных режимов тренировки/тестирования

Как следует из приведённых результатов, наихудшие показатели виброизображения были зарегистрированы на этапе ФОН. Это, по нашему мнению, связано с тем, что начало работы с незнакомым видом деятельности, новизна обстановки, вызвали повышенный уровень психоэмоционального напряжения тренируемых/тестируемых. По мере освоения модели деятельности все показатели виброизображения улучшались: в соответствии с данной в разделе 3.1 интерпретации интегрированных параметров виброизображения снижался

уровень стрессированности и активации, повышался уровень психофизиологического комфорта и уравновешенности.

Для оценки общей закономерности взаимосвязи скоростных и точностных показателей моделируемой деятельности с показателями виброизображения была проведена автоматическая классификация обследованных лиц. В качестве классификационных признаков использовались показатели СКОРОСТЬ_{инт}, ТОЧНОСТЬ_{инт}, полученные с использованием факторного анализа [78].

Они вычислялись по формулам (1) и (2):

$$СКОРОСТЬ_{инт} = 5,797316 - 0,946358 * v_1 - 0,218514 * v_2, \text{ усл.ед. (1)}$$

$$ТОЧНОСТЬ_{инт} = 5,17961 - 0,008261 * v_3 - 0,704743 * v_4 - 0,011408 * v_5, \text{ усл.ед. (2)}$$

где v_1 - продолжительность работы, мин; v_2 - среднее время между «подвалами» (местами хранения топливных сборок и их снятыми элементами), сек; v_3 - среднее время реакции (разность времени между «захватом» детали и нажатием на курок джойстика), мсек; v_4 - точность управления (время нахождения в подвале), сек; v_5 - ложные реакции (нажатие на курок джойстика при отсутствии захвата детали), шт.

Скоростные и точностные показатели моделируемой деятельности высоко коррелируют с показателями траектории движения крана (Рисунок 5.5).

Так, время в пути и пройденное расстояние имеют высокие коэффициенты корреляции с продолжительностью работы и средним временем между «подвалами» ($r=0,84$ и $r=0,81$ соответственно), средняя скорость коррелирует с точностью управления ($r=0,79$). Время бездействия и его процент определяются сменой инструмента для разборки контейнеров. Эти показатели зависят от приобретенных тренируемым/тестируемым навыков. Так на начальном этапе тренировки обследуемый ожидает смены инструмента без манипуляции с джойстиком. По мере освоения работы тренируемый/тестируемый пассивно не ждет смены инструмента, а манипулируя джойстиком, подводит крюк крана к нужному контейнеру в ходе процесса смены инструмента.

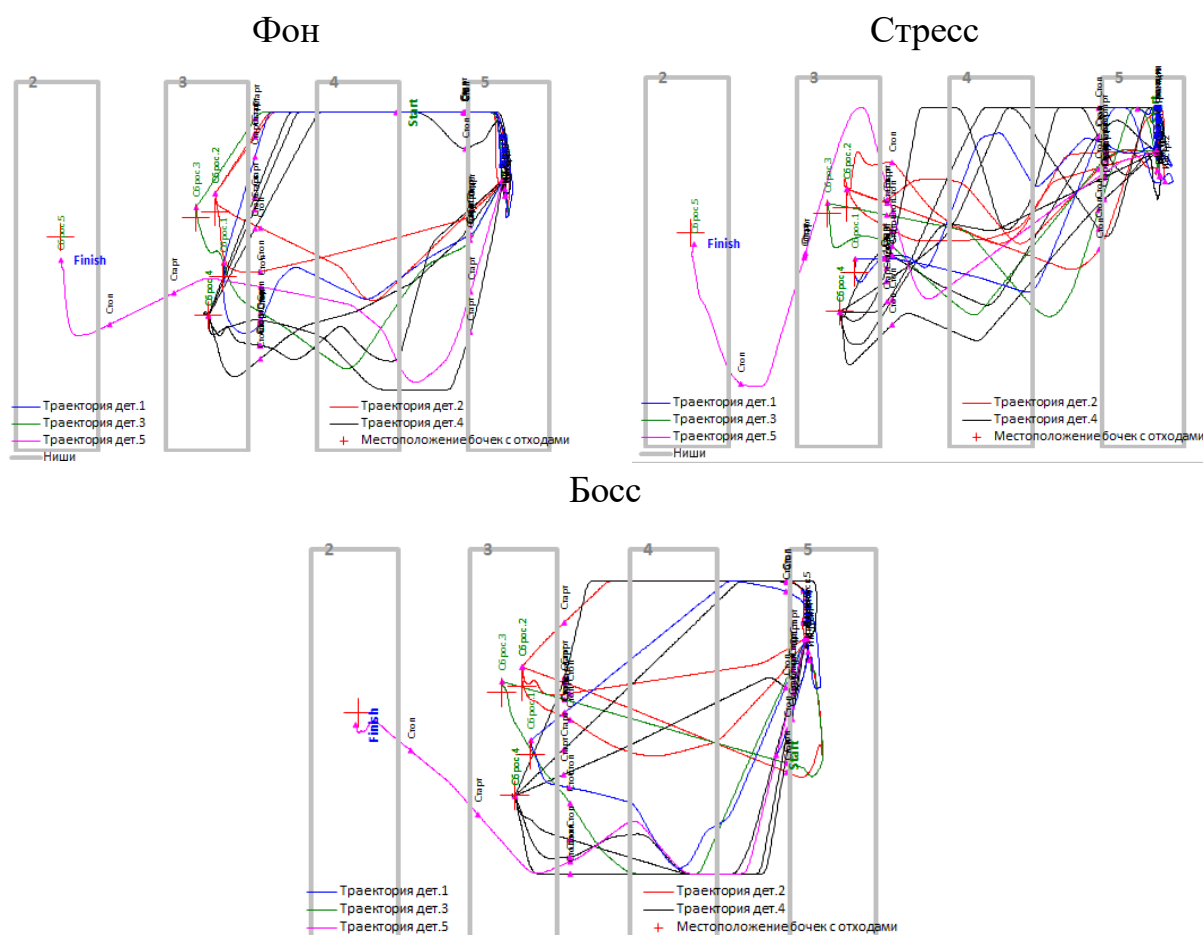


Рисунок 5.5 – Общий вид траекторий движения крана для разных режимов тренировки/тестирования

Поэтому для практических целей рекомендуется использовать приведённые выше интегральные показатели скорости и точности деятельности.

Как следует из полученных данных, наибольший разброс траекторий характерен для режима СТРЕСС. Это мы связываем с ограничением времени на выполнение задания и связанной с этим «суебой» в действиях тестируемого/обследуемого. Характер траекторий в режиме БОС близок по характеру к траекториям в режиме ФОН.

По интегральным показателям скорости и точности выполнения моделируемой деятельности был проведён кластерный анализ [78], позволивший выделить 3 класса типологических действий тренируемых/тестируемых. На Рисунке 5.6 представлены средние значения $СКОРОСТЬ_{ИНТ}$, $ТОЧНОСТЬ_{ИНТ}$ в выделенных классах.

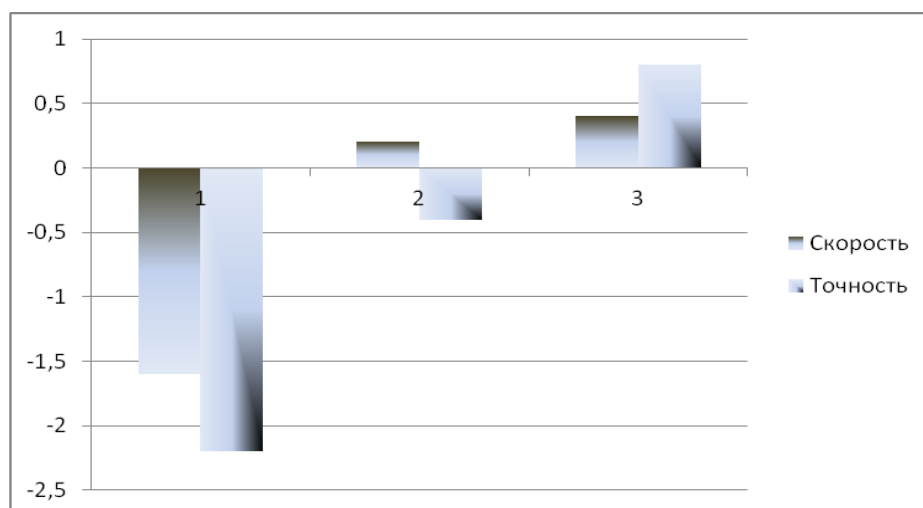


Рисунок 5.6. – Средние значения скорости и качества деятельности в выделенных классах. 1 – низкое качество деятельности, 2 – среднее качество деятельности, 3 – высокое качество деятельности

Из приведённых результатов следует, что полярными по качеству выполнения моделируемой деятельности являются классы 1 (низкий уровень качества деятельности) и 3 (высокий уровень качества деятельности). Первый характеризуется низкими, третий – высокими скоростными и точностными характеристиками деятельности. Второй класс является промежуточным между ними (средний уровень качества деятельности).

В Таблице 5.2 приведены средние значения показателей виброизображения в полярных по качеству деятельности классах. Оценка достоверности их различия проводилась с использованием t-критерия Стьюдента.

Таблица 5.2 – Средние значения ($M \pm m$) показателей виброизображения в полярных по качеству деятельности классах

Показатели виброизображения	Классы качества деятельности		Значение t-критерия Стьюдента	p
	Низкое	Высокое		
F ₁ , усл.ед.	64,4 $\pm$ 0,8	46,1 $\pm$ 0,9	10,00713	0,000000
F ₂ , усл.ед.	56,7 $\pm$ 1,1	54,6 $\pm$ 0,8	1,93561	0,053941
F ₃ , усл.ед.	55,5 $\pm$ 0,6	47,4 $\pm$ 0,7	4,55546	0,000008
F ₄ , усл.ед.	46,5 $\pm$ 0,7	49,5 $\pm$ 0,8	-2,86407	0,004505

Полученные результаты показывают, что снижение уровня стрессированности, повышение уровня психофизиологического комфорта,

активации и уравновешенности способствуют высокому качеству деятельности тренируемых/тестируемых.

5.3 Взаимосвязь показателей виброизображения с параметрами электрофизиологических сигналов

В ходе проведенных исследований установлена высокая взаимосвязь показателей электрофизиологических сигналов со скоростными и точностными показателями моделируемой деятельности. Анализ проводился с использованием канонического корреляционного анализа.

В Таблице 5.3 приведены рассчитанные коэффициенты канонической корреляции R, в Таблице 5.4 – факторная структура канонических переменных.

Таблица 5.3 – Коэффициенты канонической корреляции R между скоростными и точностными показателями моделируемой деятельности с показателями электрофизиологических сигналов

	R	Chi-sqr.	p
1	0,65	261,3276	0,000000
2	0,45	76,0813	0,000000

Таблица 5.4 – Факторная структура канонических переменных показателей моделируемой деятельности и электрофизиологических сигналов

Показатели деятельности	Root 1	Root 2
Скорость	-0,66	-0,75
Точность	0,74	-0,67
Показатели электрофизиологических сигналов	Root 1	Root 2
Стандартное отклонение RR интервалов ЭКГ, мсек	-0,04	-0,01
Частота сердечных сокращений (ЧСС), уд/мин	-0,54	0,15
Дыхательная синусовая аритмия (ДАС), мс	-0,30	0,07
Кожная проводимость (КПр), мкС	-0,21	-0,50
Логарифм кожной проводимости (Ln КПр)	-0,04	-0,48
Частота спонтанных реакций кожно-гальванической реакции (ЧСП КГР) 1/мин	0,39	-0,15
Амплитуда спонтанных реакций КГР (АСР КГР), мкС	0,38	-0,49
Частота дыхания (ЧД), дых/мин	-0,11	-0,30
Длительность дыхательного цикла (ДДЦ), сек	-0,02	0,29
Отношение длительности вдоха к длительности выдоха (Rio)	-0,19	0,05
Частота моды дыхания (ЧМД), Гц	0,06	-0,47
Число RR интервалов на дыхательном цикле (NNbc), шт	-0,10	0,30
Значение интегральной величины электромиограммы (ЭМГинт), мкВ	-0,18	-0,14

Полученные результаты показывают, что наибольший (0,65) и достоверный коэффициент канонической корреляции имеет 1-я каноническая переменная Root 1. Её «паттерн» показателей деятельности характеризуется сниженной скоростью действий, выполняемых с высокой точностью. При таких действиях «паттерн» характеристик физиологических реакций тренируемого/тестируемого характеризуется снижением ЧСС, ДАС, кожной проводимости и увеличением частоты и амплитуды спонтанных реакций.

Для оценки взаимосвязи показателей виброизображения с параметрами электрофизиологических сигналов, регистрируемых в ПАК «ТИБУР_ТСП», также использовался канонический корреляционный анализ.

В Таблице 5.5 приведены вычисленные значения коэффициентов канонической корреляции. Их число равно числу интегрированных показателей виброизображения.

Таблица 5.5 – Вычисленные значения коэффициентов канонической корреляции (R)

	R	Chi-sqr.	p
1	0,85	1199,38	0,000000
2	0,78	694,45	0,000000
3	0,63	320,65	0,000000
4	0,51	120,03	0,000000

Из полученных результатов следует, что взаимосвязь показателей виброизображения с параметрами электрофизиологических сигналов очень высокая: максимальный коэффициент канонической корреляции равен 0,85. Это еще раз подчеркивает перспективность использования технологии виброизображения в прикладных психофизиологических исследованиях. Она является оперативной, дистанционной, не требует накладывания датчиков.

В Таблице 5.6 приведена факторная структура канонических переменных (Root 1.1) показателей виброизображения и показателей электрофизиологических сигналов (Root 1.2), соответствующая максимальному значению R.

Таблица 5.6 – Факторная структура канонических переменных (Root 1.1) показателей виброизображения и показателей электрофизиологических сигналов, соответствующая максимальному значению R

Показатели виброизображения	Root 1,1
F ₁ , усл.ед	0,984
F ₂ , усл.ед	0,246
F ₃ , усл.ед	-0,243
F ₄ , усл.ед	-0,088
Показатели электрофизиологических сигналов	Root 1,2
Стандартное отклонение RR интервалов ЭКГ, мсек	-0,60
Частота сердечных сокращений (ЧСС), уд/мин	0,33
Дыхательная синусовая аритмия (ДАС), мс	-0,50
Кожная проводимость (КПр), мкС	0,71
Логарифм кожной проводимости (Ln КПр)	0,60
Частота спонтанных реакций кожно-гальванической реакции (ЧСП КГР) 1/мин	0,66
Амплитуда спонтанных реакций КГР (АСР КГР), мкС	0,10
Частота дыхания (ЧД), дых/мин	-0,39
Длительность дыхательного цикла (ДДЦ), сек	0,23
Отношение длительности вдоха к длительности выдоха (Rio)	-0,19
Частота моды дыхания (ЧМД), Гц	-0,32
Число RR интервалов на дыхательном цикле (NNbc), шт	0,40
Значение интегральной величины электромиограммы (ЭМГинт), мкВ	-0,11

Из таблицы следует, что ведущим в формировании взаимосвязи показателей виброизображения и электрофизиологических сигналов является уровень стрессированности (F1) тренируемого/тестируемого: величина факторной нагрузки равна 0,984. Увеличение этого показателя отражается, прежде всего, в увеличении показателей кожно-гальванической реакции (высокие положительные нагрузки на показатели КПр (0,71), Ln КПр (0,6)), что является известным признаком увеличения психоэмоционального напряжения человека. Высокая отрицательная нагрузка (-0,6) на стандартное отклонение RR интервалов показывает, что при этом повышается уровень централизации управления ритмом сердца, свидетельствующий о повышении напряжения регуляторных механизмов организма. Выраженной реакции дыхательной системы, состояния мышечного тонуса не отмечается.

Полученная взаимосвязь даёт возможность оценивать и контролировать текущее психофизиологическое состояние тренируемого/тестируемого путём расчёта психофизиологической «цены» деятельности (ПФЦ), рассчитываемой по параметрам виброизображения. В качестве исходного показателя для расчёта ПФЦ использовалась каноническая переменная Root 1.1, соответствующая параметрам виброизображения (Таблица 5.6). Тогда ПФЦ при её переводе в шкалу [0,1] может быть рассчитана по формуле:

$$\text{ПФЦ} = 5,022 + 0,053 \cdot F1 + 0,0123 \cdot F2 - 0,001 \cdot F3 - 0,009 \cdot F4 \quad (3)$$

На Рисунке 5.7 приведена усреднённая динамика ПФЦ в зависимости от числа тренировок и её режимов.

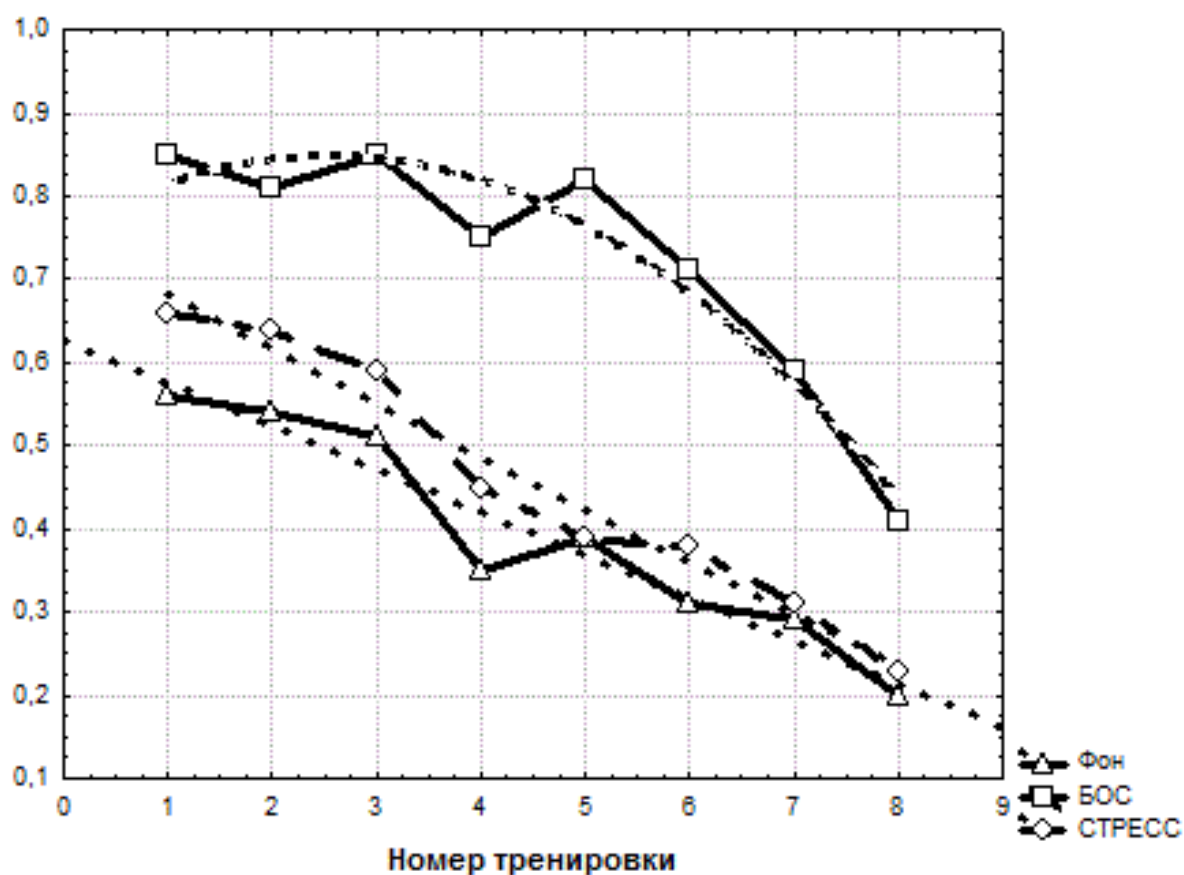


Рисунок 5.7. – Динамика ПФЦ в зависимости от числа тренировок и её режимов

Как следует из приведённых данных, наибольшее психоэмоциональное напряжение всех режимов тренировки наблюдается на начальном этапе работы на ПАК. Это связано с отсутствием навыков работы на ПАК, новизной обстановки.

По мере освоения модели деятельности, ПФЦ для режимов ФОН и СТРЕСС снижается линейно, что свидетельствует о снижении уровня психоэмоционального напряжения тренируемых/тестируемых. Наиболее сложный для выполнения - режим БОС - имеет до 5-й тренировки высокий уровень ПФЦ, который в процессе освоения навыков саморегуляции снижается, однако не достиг уровня более простых режимов работы.

Обобщим полученные результаты в виде структурной схемы обеспечения надёжности деятельности при тренировке/тестировании на ПАК «ТИБУР_ТСП» (Рисунок 5.8).

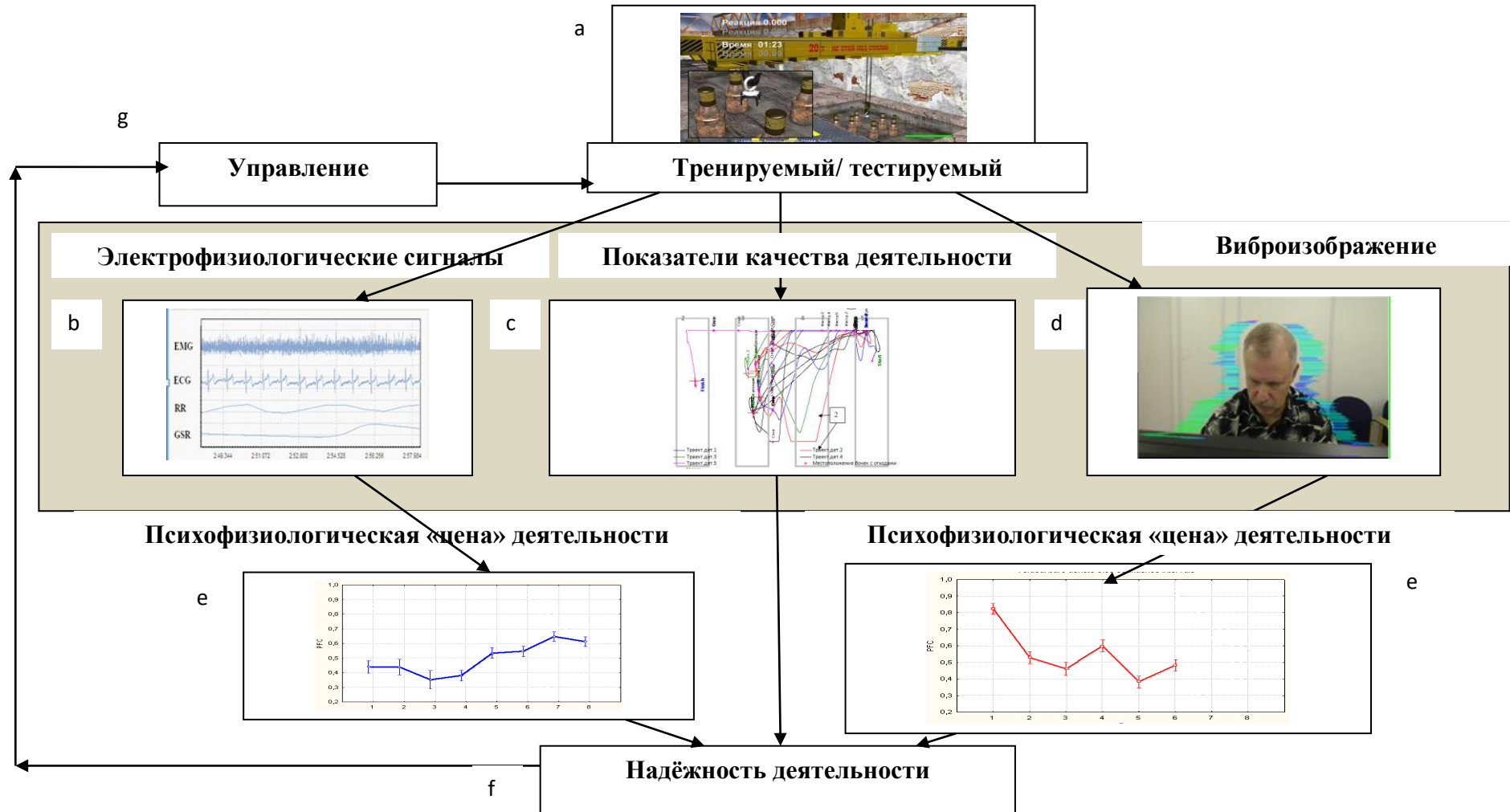


Рисунок 5.8 – Структурная схема обеспечения надёжности деятельности при тренировке/тестировании на ПАК «ТИБУР_ТСП».

Структура обеспечения надёжности деятельности при тренировке/тестировании на ПАК «ТИБУР_ТСП» состоит из блоков а-g.

По мнению многих авторов [33,38,184-186] ошибки работника в большинстве случаев обусловлены несоответствием его актуального психофизиологического состояния требованиям деятельности. Именно в силу указанного обстоятельства могут снижаться, а в стрессовых ситуациях даже теряться, сформированные в процессе обучения навыки и умения. Этот феномен нам удалось неоднократно наблюдать при работе с моделью (блок а на Рисунке 5.8) когда оптимальная или субоптимальная стратегия замещалась неоптимальной или демонстрировался отказ от работы.

В целом не умаляя приоритета традиционной подготовки персонала в повышении надёжности человеческого фактора на предприятиях с радиационно и ядерно опасными технологиями, можно утверждать, что эффективность тренировки существенно повысится при введении в неё психофизиологического сопровождения. И, в первую очередь, динамической оценки психофизиологической «цены» выполняемых действий. В наших исследованиях для определения «цены» использовались характеристики кардиоритма, кожно-гальванической реакции, дыхания, электромиограммы (блок b на Рисунке 5.8). На последних этапах исследования в этих целях испытывались характеристики виброизображения головы и лица человека (блок d на Рисунке 5.8). Введение «цены» особенно полезно при обучении персонала на тренажёрах, в которых доступны объективные данные по качеству выполнения работником каждой операции из сценария действий. Это ярко демонстрируется при анализе точностных и скоростных результатов работы в различных режимах (блок c на Рисунке 5.8).

После фундаментальных теоретических работ физиологов П.К. Анохина и К.В. Судакова [15,16,165,166] не подвергаются сомнению факты, свидетельствующие о том, что работникам с высоким уровнем освоения профессиональных навыков должна быть свойственна низкая

психофизиологическая «цена» выполнения всех операций (блоки е на рис. 5.8), входящих в структуру деятельности. Качество выполнения отдельных операций в модели может оцениваться по временным, точностным и другим параметрам, отражающим результативность профессиональной деятельности.

Сочетание результативности выполнения отдельных операций и их психофизиологической «цены» является характеристикой, которая определена как «надёжность деятельности» человека (блок f на рис. 5.8), под которой понимается, согласно словарю основных понятий и определений службы медицины катастроф, способность человека выполнять предписанные функции своевременно с заданным качеством при сохранении в допустимых пределах психофизиологической «цены» этой деятельности. Для её оценки необходимы данные при параллельной динамической регистрации временных, точностных параметров деятельности и характеристик психофизиологических функций. Это возможно только в условиях тренажёрной подготовки.

По результативности и психофизиологической «цене» деятельности по формуле [33]:

$$H = a_1 * P * (1 - a_2 * ПФЦ), \text{ усл.ед. (4),}$$

может быть рассчитана надёжность деятельности работника H, где ПФЦ – психофизиологическая цена деятельности, P- интегральная результативность деятельности, усл.ед., a_1 , a_2 – весовые коэффициенты, зависящие от характера деятельности. Данная модель применялась при оценке профессиональной надёжности космонавтов, выполнявших моделируемую стыковку космического корабля с орбитальной станцией в условиях реального космического полета [114,147]. Установлено, что возрастание и снижение сложности операции находит отражение в увеличении и снижении психофизиологической «цены» деятельности. При обучении космонавтов ручной стыковке выявлено, что в условиях космического полёта стыковку выполняли с лучшими показателями надёжности те космонавты, психофизиологическая «цена» деятельности которых была ниже.

Таким образом, психофизиологическая «цена» выполнения операций является дополнительным критерием степени освоения профессиональных навыков и важным показателем для регулирования процесса подготовки/переподготовки работника.

Перспективным является применение метода анализа видеоизображения (блок d на рис.5.8), позволяющего без наносимых электродов в процессе тренажёрной подготовки персонала, получать важную информацию об уровне психофизиологической «цены» и в целом состоянии работника, сравнивая картину видеоизображения с его индивидуальными паттернами.

В приведённой структуре в качестве элемента обратной связи стоит блок управления (блок g на рис.5.8), обеспечивающий снижение «цены» деятельности и повышение её результативности. В настоящее время для снижения «цены» деятельности, как в штатных условиях, так и в нештатных ситуациях, связанных с дефицитом времени, особенно на фоне высокой ответственности за принятое решение, мы рекомендуем, наряду с методами когнитивной психологии, использовать успешно апробированную нами технологию адаптивного биоуправления. В эффективности её применения для мотивированных лиц можно убедиться уже к концу недели двухчасовых ежедневных занятий. Причём усвоенные навыки сохраняются в течение длительного времени.

Резюме: Технология виброизображения является перспективным инновационным методом оперативной бесконтактной оценки текущего психофизиологического состояния работников опасных производств в динамике тренажёрной подготовки. Об этом свидетельствует высокая взаимосвязь параметров виброизображения с показателями электрофизиологических сигналов, регистрируемых в ходе тренировки/тестирования на психофизиологическом тренажёре. Практическое применение технологии виброизображения при тренажёрной подготовке позволяет выявлять наиболее сложные для освоения фрагменты деятельности, индивидуализировать процесс подготовки с

вычислением психофизиологической «цены» каждой операции как основного критерия степени освоения профессиональных навыков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью проведённого исследования являлось изучение возможности использования параметров виброизображения при разработке методики бесконтактной экспресс-диагностики психофизиологического состояния работников в ходе проведения периодических и предсменных медицинских осмотров, а также оценки текущего состояния при тренажёрной подготовке работников опасных производств (на примере персонала предприятия по обращению с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами).

Бесконтактная психофизиологическая диагностика является новой актуальной областью прикладных психофизиологических исследований. Она не заменяет, а расширяет возможности традиционных методов оценки психофизиологического состояния работников опасных производств в плане повышения их оперативности. Это стало возможным благодаря бурному развитию бесконтактных технических средств регистрации показателей оценки функционального состояния человека.

Из проведённого обзора данных литературы можно сделать вывод о том, что из разработанных в настоящее время технологий регистрации, позволяющих получить показатели функционального состояния, наиболее перспективными являются ИК-технологии и технология оценки параметров виброизображения.

Основная направленность ИК-технологий - выделение из термограммы параметров, традиционно используемых при оценке функционального состояния человека контактными методами регистрации: частоты пульса, параметров дыхания и других. Однако точность оценки, например, частоты пульса, является на сегодняшний день недостаточно высокой, чтобы использовать его в качестве входной информации для применения методики вариабельности сердечного ритма. Кроме того, для получения качественной термограммы необходимо применять высокочувствительные ИК-камеры, стоимость которых составляет до 3-х миллионов рублей. Они являются аналогами камер, используемых в высокоточных системах наведения в вооруженных силах.

Поэтому для разработки критериев бесконтактной диагностики психофизиологического состояния была выбрана технология оценки параметров виброизображения. Она, на примере устройств по детекции лжи, характеризует системную реакцию организма и имеет низкую стоимость для практического применения. Из технических средств требуется только внешняя ВЕБ-камера с рекомендуемыми параметрами.

По своей сути (как метод анализа параметров движения) технология виброизображения в качестве своих предшественников имеет технологии анализа равновесия: стабилографию, вестибулографию и др. Технология виброизображения и способ получения амплитудных, частотных и других параметров движения путём математической обработки накопленной межкадровой разницы позволяет получать на порядок большее, чем контактные методики, число физических параметров: всего более 40, 10 из которых считаются основными.

В технологии виброизображения наиболее дискуссионной является интерпретация параметров виброизображения. Как отмечается в Руководстве по эксплуатации [155], совокупность параметров T_1 - T_{10} выбрана таким образом, чтобы с максимальной информативностью регистрировать все микродвижения головы человека. При этом название каждого параметра T_i может характеризовать различные психофизиологические характеристики в зависимости от применения системы виброизображения. Потому в ряде публикаций, посвященных практическому использованию параметров виброизображения, им дается просто обозначение $T_1, \dots, T_{10}$. без использования их наименований [36,125]. Проведенный факторный анализ позволил выяснить некоторые смысловые взаимоотношения между параметрами виброизображения, но исследования в этом направлении должны быть продолжены.

В выполненной диссертационной работе приведены данные, научно обосновывающие взаимосвязь параметров виброизображения с психофизиологическим состоянием лиц, участвующих в операциях по обращению

с ОЯТ и РАО. По данным периодических ПФО с использованием канонического корреляционного анализа установлена взаимосвязь параметров виброизображения с показателями психодиагностических, сенсомоторных и физиологических методик. Это дало возможность разработать формализованные решающие правила, позволяющие оперативно (за 1 минуту тестирования) выявлять лиц, имеющих психофизиологические отклонения. Ошибки 1-го и 2-го рода при их использовании равны соответственной 13,3% и 10%. Уточнены требования к качеству видеозаписи лица человека, которая должна быть не ниже 90%. Полученные результаты позволили предложить двухуровневую систему проведения ПФО. На первом этапе с использованием экспресс - методов бесконтактной психофизиологической диагностики выделяется группа «риска», которая и проходит ПФО в полном объёме согласно существующим нормативам. Это позволит на 65-70% снизить общее время, затрачиваемое на ПФО профессиональной группы (работников цеха, отдела, предприятия). Указанное предложение имеет рекомендательный характер. Для его практического внедрения необходимо изменение нормативных документов проведения периодических ПФО, которому должна предшествовать апробация методики на различных по характеру работ предприятиях ГК «Росатом».

Результаты проведенных исследований показали, что среди лиц, имевших психофизиологические отклонения, в 4,5 раза больше работников с низким уровнем и 2 раза меньше работников с высоким уровнем профессиональной успешности.

Проведенные исследования позволили разработать критерии и алгоритмы предсменного психофизиологического контроля лиц, участвующих в операциях по обращению с ОЯТ и РАО. В их основе лежат сформулированные требования оперативности, системности и индивидуальности. Технология виброизображения в полной мере соответствует требованиям оперативности и системности. В соответствии с требованием индивидуальности, для критерия допуска/недопуска к работе предложен алгоритм вычисления 80% и 95% доверительных границ

индивидуальной нормы. Решение о недопуске к работе принимается в случае выхода «паттерна» показателей виброизображения за 95% границу индивидуальной нормы. Время проведения предсменного контроля одного работника занимает 1 минуту. Исследования показали, что процент лиц, которых было рекомендовано не допускать к работе по психофизиологическим данным, достаточно низкий - 5%. Это свидетельствует о том, что работники ПВХ знают свою ответственность за безопасность проводимых работ и в целом соблюдают режимы труда и отдыха, не допуская их нарушения. Психофизиологическое состояние чаще выходило за границу индивидуальной у лица старшего возраста с большим стажем работы и повышенными показателями артериального давления.

Оценка ПФС работников ПВХ после смены дала возможность оценить влияние на них факторов трудового процесса. Установлено, что в 21,7% оно ухудшалось. Причём для персонала основного производства в большем числе случаев, чем для работников вспомогательного производства: 40,1% и 23,1% соответственно. Это может быть связано с высокой напряжённостью их труда.

Проведённые комплексные исследования с использованием психофизиологического тренажера позволили установить очень высокую взаимосвязь параметров виброизображения с показателями электрофизиологических методик. Прежде всего, с увеличением показателей КГР, что является известным признаком наличия психоэмоционального напряжения человека. Это дало возможность разработать интегральный показатель экспресс - диагностики текущего психофизиологического состояния работников ПВХ при их тренажёрной подготовке и психофизиологической «цены» моделируемой операторской деятельности. Установлено, что повышение уровня психоэмоционального напряжения тренируемых/тестируемых снижает качество моделируемой операторской деятельности.

Бесконтактная технология виброизображения является цифровой технологией. Она с успехом может применяться в активно развивающемся сейчас направлении по применению телемедицинских технологий в деятельности

лечебных медицинских организаций и полевых госпиталей служб МЧС и ВСМК, поскольку передача по каналам связи видеосигнала не является сложной технической задачей.

ВЫВОДЫ

1. Сравнительный анализ существующих бесконтактных методов оценки физических процессов в организме (акустическая, СВЧ и оптическая технологии), оценки движений и размера зрачка, рефлекторных колебаний головы и мимических мышц показал, что технология оценки параметров виброизображения головы и лица человека является адекватным оперативным (время тестирования 1 минута) методом бесконтактной экспресс-диагностики психофизиологического состояния работников опасных производств на этапах периодического и предсменного медицинского обследования.

2. Установленная взаимосвязь параметров виброизображения с показателями ММИЛ (коэффициент канонической корреляции $R=0,64$), 16-ФЛО Кеттела ($R=0,43$), Равена ($R=0,72$), ПЗМР ($R=0,56$), СЗМР ($R=0,58$), РДО ($R=0,59$), ВСР ($R=0,55$) свидетельствует о том, что параметры виброизображения отражают системную реакцию организма на психическом, психофизиологическом и физиологическом уровнях.

3. Разработанный по интегральным показателям виброизображения количественный критерий оценки степени нарушения психофизиологической адаптации работников опасных производств и вероятностная номограмма позволяют оперативно выделить среди персонала группу «риска» на этапе периодического медицинского осмотра. Своевременное применение для них организационных, медицинских, психологических и других реабилитационно-оздоровительных мероприятий позволит сохранять и поддерживать профессиональное здоровье работников и повышать безопасность проведения работ.

4. Оперативность, системность и индивидуальность являются необходимыми требованиями к системам предсменного/послесменного психофизиологического контроля работников опасных производств. Разработанный по параметрам виброизображения интегральный критерий экспресс-диагностики психофизиологического состояния при предсменном

контроле и использованный метод построения границ индивидуальной нормы позволяют своевременно выявлять и не допускать к работе лиц, психофизиологическое состояние которых не соответствует требованиям деятельности, обеспечивая тем самым безопасность выполнение работ с потенциально-опасными технологиями.

5. Установленная взаимосвязь интегральных параметров виброизображения с параметрами электрофизиологических сигналов (величина коэффициента канонической корреляции 0,85) показывает, что увеличение уровня стрессированности по данным виброизображения сопровождается ростом кожной проводимости, являющейся признаком наличия психоэмоционального напряжения у тренируемого/тестируемого при выполнении моделируемой операторской деятельности.

6. Разработанный по параметрам виброизображения интегральный критерий экспресс-оценки психофизиологической «цены» моделируемой деятельности позволяет проводить оперативный контроль функциональных затрат на выполнение как ее отдельных элементов, так и деятельности в целом, оценить достаточность/недостаточность степени освоения профессиональных навыков.

7. Утверждённые в ФМБА России методические рекомендации «Организация и проведение предсменных психофизиологических обследований работников организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объектов области использования атомной энергии, при прохождении работниками предсменных медицинских осмотров в медицинских организациях ФМБА России» используются при предсменном психофизиологическом контроле работников атомной отрасли и показали свою практичность и эффективность.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Психофизиологические обследования работников опасных производств на этапе предварительных медицинских осмотров рекомендуется проводить с использованием существующих нормативных документов. В качестве дополнительной методики рекомендуется применять технологию виброизображения.

2. Психофизиологические обследования работников опасных производств при периодических медицинских осмотрах рекомендуется проводить в два этапа. На первом этапе с использованием экспресс - методов бесконтактной психофизиологической диагностики выделяется группа «риска» - лица с низким уровнем психофизиологической адаптации. Работники, не вошедшие в указанную группу, освобождаются от дальнейших психофизиологических обследований. На втором этапе проводится ПФО группы «риска» в полном объеме согласно существующим нормативам.

3. Для работников атомной отрасли предсменный/послесменный психофизиологический контроль рекомендуется проводить с использованием разработанных и утверждённых в ФМБА России Методических рекомендаций «Организация и проведение предсменных психофизиологических обследований работников организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты области использования атомной энергии, при прохождении работниками предсменных медицинских осмотров в медицинских организациях ФМБА России». Для других отраслей экономики рекомендуется адаптация указанных рекомендаций в соответствии со спецификой их предприятий.

4. Разработанный интегральный показатель оценки психофизиологической «цены» деятельности рекомендуется использовать в системе психофизиологического обеспечения персонала аварийно-спасательных формирований МЧС и мобильных госпиталей ВСМК как объективного показателя для принятия организационных, медицинских и иных решений,

обеспечивающих сохранение профессионального здоровья работающих в неблагоприятных условиях при ликвидации последствий ЧС.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Перспективными для дальнейших исследований по применению технологии виброизображения являются теоретическое, психофизиологическое и медицинское направления.

Теоретическое направление связано с разработкой и более детальным описанием нейрофизиологических механизмов формирования параметров виброизображения.

В качестве перспективных задач по психофизиологическому применению технологии виброизображения можно выделить исследования, связанные с разработкой экспресс - критериев профессионального отбора различных категорий лиц опасных профессий. На эту возможность указывают исследования, приведенные в работе [143]. Способность параметров виброизображения оценивать реакцию бессознательной сферы человека, использованная в программах детекции лжи, дает возможность совершенствовать методы психодиагностического тестирования. Реакция бессознательной сферы тестируемого может выступать как оценка искренности в ответах тестируемого. Сравнение декларируемого и бессознательного может быть также использовано при разработке методов оценки индивидуальной приверженности работника принципам культуры безопасности, что чрезвычайно важно для предприятий с потенциально опасными технологиями, при оценке профессионального выгорания и многих других задачах.

Перспективным направлением дальнейших исследований является применение технологии виброизображения в медицинских приложениях. Установленная в настоящей работе способность технологии виброизображения идентифицировать лиц с нарушениями психофизиологической адаптации указывает на возможности ее использования при раннем выявлении психосоматических расстройств. Кроме того, по данным динамики текущего психофизиологического состояния технология виброизображения дает возможность оценить эффективность лечебных и реабилитационно-

оздоровительных мероприятий. Потому она может использоваться в качестве дополнительного средства управления их методами и режимами. Представляют практический интерес проведение исследований, направленных на выявление по параметрам виброизображения лиц с алкогольным и наркотическим опьянением. Это позволит существенно расширить возможности предсменного психофизиологического контроля работников опасных производств.

Рассматривая математические методы разработки критериев принятия решения по параметрам виброизображения, в качестве перспективных необходимо в первую очередь выделить искусственные нейронные сети [163,164]

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

16-ФЛО	- 16-ти факторный личностный опросник Кеттелла
АД	- артериальное давление
АПК	- аппаратно-программный комплекс
АЭС	- атомная электростанция
ВНС	- вегетативная нервная система
ВСМК	- Всероссийская служба медицины катастроф
ВСР	- вариабельность сердечного ритма
ВЭР	- вестибулярно-эмоциональный рефлекс
ГК	- государственная корпорация
ГНЦ	- государственный научный центр
ЗН	- зона наблюдения
ИК	- инфракрасное излучение
ИН	- индекс напряжения регуляторных механизмов Р.М. Баевского
ИППО	- институт последипломного профессионального образования
КГР	- кожно-гальваническая реакция
ККА	- канонический корреляционный анализ
МВД	- Министерство внутренних дел Российской Федерации
МО	- Министерство обороны Российской Федерации
ММИЛ	- методика многостороннего исследования личности
МЧС	- Министерство РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий
НИИ	- Научно-исследовательский институт
ОТВС	- отработавшие тепловыделяющие сборки
ОЯТ	- отработавшее ядерное топливо
ПОТ	- потенциально опасные технологии
ПВХ	- пункт временного хранения
ПГ	- пневмограмма
ПЗМР	- простая зрительно-моторная реакция
ППФО	- предсменное психофизиологическое обследование
ПФА	- психофизиологическая адаптация
ПФО	- психофизиологическое обследование
ПФС	- психофизиологическое состояние
ПФЦ	- психофизиологическая цена деятельности
РАО	- радиоактивные отходы
РДО	- реакция на движущийся объект
РЖД	- ООО «Российские железные дороги»
РОП	- работники опасных производств
СВЧ	- сверхвысокочастотное излучение
СДВГ	- синдром дефицита внимания и гиперактивности
СЗЗ	- санитарно-защитная зона
СЗМР	- сложная зрительно-моторная реакция
СКО	- среднеквадратическое отклонение

СОУТ	- специальная оценка условий труда
СРБ	- служба радиационной безопасности
ССС	- сердечно - сосудистая система
ФГБУ	- Федеральное государственное бюджетное учреждение
ФС	- функциональное состояние
ФМБА	- Федеральное медико-биологическое агентство России
ФМБЦ	- Федеральный медицинский биофизический центр
ЦНС	- центральная нервная система
ЧС	- чрезвычайная ситуация
ЭМГ	- электромиограмма
ЭКГ	- электрокардиограмма

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамова, В.Н. Организационная психология, организационная культура и культура безопасности в атомной энергетике. Часть I. Психология и методы оценки организационной культуры и культуры безопасности на атомных станциях / В.Н. Абрамова. – М., Обнинск: Концерн «Энергоатом», Прогноз. - 2009. - 258 с.
2. Абрамова, В.Н. Организационная психология, организационная культура и культура безопасности в атомной энергетике. Часть II. Психология формирования и повышения организационной культуры и культуры безопасности на атомных станциях / В.Н. Абрамова. – М., Обнинск: Концерн «Энергоатом», Прогноз. - 2011. - 314 с.
3. Акимов, В.А. Катастрофы и безопасность / В.А. Акимов, В.А. Владимиров, В.И. Измалков. – М.: Деловой экспресс, 2006. - 392 с.
4. Акимов, В.А., Прогнозирование успеваемости студентов по результатам тестирования множественного интеллекта с помощью технологии виброизображения и программы Вибра_МИ / В.А. Акимов, О.Е. Мартынов, В.А. Минкин, Я.Н. Николаенко и др // Труды 1-ой Международной научно-технической конференции «Современная психофизиология. Технология виброизображения». – СПб.: Реноме, 2018. - С. 62-69.
5. Алексанин, С.С. Анализ профессиональной нагрузки спасателей МЧС России, гигиеническая оценка тяжести и напряженности их труда / С.С. Алексанин // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. - 2007. - №1. - С.58-62.
6. Алексанин, С.С. Заболеваемость с трудопотерями у сотрудников Государственной противопожарной службы МЧС России (1996–2015 гг.) / С.С. Алексанин, Е.В. Бобринев, В.И. Евдокимов, А.А. Кондрашов, М.В. Санников, В.В. Харин // Медико-биологические и социально-

психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. - 2018. - №1. - С.5-18.

7. Алексанин, С.С. Совершенствование системы медицинских обследований спасателей и пожарных МЧС России / С.С. Алексанин, О.М. Астафьев, М.В. Санников // Медицина катастроф. - 2010. - № 3. - С. 8-11.

8. Алексанин, С.С. Теоретические основы и концепция медико-психологического сопровождения профессиональной деятельности спасателей МЧС России / С.С. Алексанин, В.Ю. Рыбников // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. - 2007. - №1. - С.3-12.

9. Алюшин, В.М. Диагностика психоэмоционального состояния на основе современных акустических технологий / В.М. Алюшин // Вопросы психологии. - 2015. - № 3. - С. 145-152.

10. Алюшин, В.М. Мониторинг биопараметров человека на основе дистанционных технологий / В.М. Алюшин, Л.В. Колобашкина // Вопросы психологии. - 2014. - № 6. - С. 135-144.

11. Алюшин, В.М. Спектральный анализ речевой деятельности как способ оценки психологического климата в коллективе / В.М. Алюшин // Вопросы психологии. - 2016. - № 3. - С. 148-156.

12. Алюшин, М.В. Акустические технологии для интеллектуальных систем мониторинга функционального состояния оперативного состава управления объектами атомной энергетики / М.В. Алюшин, В.М. Алюшин, С.В. Дворянкин, Л.В. Колобашкина и др. // Глобальная ядерная безопасность. - 2013. - № 4(9). - С. 63-71.

13. Алюшин, М.В. Дистанционные неконтактные технологии мониторинга, текущего психоэмоционального и функционального состояния операторов управления опасными объектами / М.В. Алюшин // Сб. докладов Международной научно-практической конференции по теме: «Человеческий

фактор энергетики XXI века: качество, надёжность, здоровье». М.: НП «КОНЦЕЭС». - 2017. - С. 202-223.

14. Ананьев, Е.Г. Интеллектуальная деятельность и терморегуляция / Е.Г. Ананьев // Возрастная психология взрослых: материалы конференции. - Л.: 1971. - Вып. 3 - С. 91-97.

15. Анохин, П.К. Избранные труды: философские аспекты теории функциональных систем / П.К. Анохин. - М.: Наука, 1978. - 400 с.

16. Анохин, П.К. Очерки по физиологии функциональных систем / П.К. Анохин. - М.: Медицина, 1974. - 446 с.

17. Арёфьева, Д.В. Совершенствование системы поддержания в оперативной готовности северо-западного регионального аварийного медико-дозиметрического центра и нештатных аварийных формирований организаций и учреждений ФМБА России / Д.В. Арёфьева, О.К. Бумай, Ю.В. Грабский, А.А. Абакумов, М.А. Дохов // Медицина экстремальных ситуаций. - 2018. - Т. 20.- № 4. - С. 609-613.

18. Бабский, Е.Б. Новый способ исследования устойчивости состояния человека / Е.Б. Бабский, В.С. Гурфинкель, Э.Л. Ромель // Физиологический журнал СССР. - 1955. - №3 (12). - С. 423-426.

19. Баевский, Р.М. Анализ вариабельности сердечного ритма в космической медицине / Р.М. Баевский // Физиология человека. - 2002. - Т.28. - № 2. - С. 70-82.

20. Баевский, Р.М. Донозологическая диагностика в оценке состояния здоровья / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева // Валеология, диагностика, средства и практика обеспечения здоровья. - СПб.: Наука. - 1993. - С. 33-47.

21. Баевский, Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. - М.: Медицина. - 1997. - 104 с.

22. Баевский, Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии / Р.М. Баевский. - М.: Медицина, 1979. - 298 с.
23. Бакиров, А.Б. Здоровье работающего населения как приоритетная социально-гигиеническая проблема / А.Б. Бакиров // Медицинский вестник Башкортостана. - 2006. - №1. - С. 18-21.
24. Башир-Заде, Т.С. Риски нарушения профессионального здоровья лиц опасных профессий (концептуальная модель, оценка и регулирование): дис.... д-ра мед. наук: 05.26.02 / Башир-Заде Тимур Сааддинович. - М., 2003. - 302 с.
25. Бекмачев, А.Е. Датчики Epic от Plessey Semiconductors - прорыв в сенсорных технологиях / А.Е. Бекмачев // Компоненты и технологии. - 2013. - №1 - С.130-133.
26. Березин, Ф.Б. Психическая и психофизиологическая адаптация человека / Ф.Б. Березин. - Л.: Наука, 1988. - 270 с.
27. Беспавлова, К.А. Компьютерная стабелография в задачах обеспечения промышленной и транспортной безопасности / К.А. Беспавлова, В.А. Закарян, Г.Ю. Джуплина, С.С. Слива и др. // Известия Юфу. Технические науки. - 2011. - №9. - С. 212-215.
28. Бланк, М.А. К оценке психосоматического статуса человека. / М.А. Бланк, С.Б. Рудницкий, О.А. Бланк, Е.Л. Вассерман и др. // Материалы научной конференции «От лучей Рентгена – к инновациям XXI века: 90 лет со дня основания первого в мире рентгенорадиологического института (Российского научного центра радиологии и хирургических технологий)». Санкт-Петербург, 2008 г. - С. 343.
29. Бланк, М.А. Экспресс - диагностика типов акцентуаций личности в аспекте определения психологической совместимости пациента и лечащего врача / М.А. Бланк, О.А. Бланк, В.В. Метелёв, В.А. Минкин, Я.Н. Николаенко // Труды 1-ой Международной научно-технической конференции «Современная

психофизиология. Технология виброизображения». – СПб.: Реноме, 2018. - С. 47-51.

30. Бобров, А.Ф. Бесконтактная диагностика психофизиологического состояния в тренажёрной подготовке лиц опасных профессий / А.Ф. Бобров, В.А. Минкин, В.Ю. Щепланов, Е.С. Щелканова // Медицина катастроф. - 2016. - №4(96). - С. 55-59.

31. Бобров, А.Ф. Бесконтактная диагностика психофизиологического состояния лиц, работающих в условиях воздействия ионизирующего излучения (обзор литературы) / А.Ф. Бобров, В.А. Минкин, В.Ю. Щепланов, Е.С. Щелканова // Медицина труда и промышленная экология. - 2017. - № 4. - С. 23-27.

32. Бобров, А.Ф. Информационные технологии в медицине труда / А.Ф. Бобров // Медицина труда и промышленная экология. - 2003 г. - № 9. - С. 20-26.

33. Бобров, А.Ф. Надёжность деятельности человека в автоматизированных системах и ее количественная оценка / А.Ф. Бобров, В.Ю. Щепланов // Психологический журнал. - 1990. - Т.11. - №2. - С. 36-40.

34. Бобров, А.Ф. Оценка профессиональных рисков работников атомной отрасли по данным периодических медицинских осмотров и обязательных психофизиологических обследований / А.Ф.Бобров, Н.А. Исаева, М.Ю. Калинина, В.И. Седин, В.Ю. Щепланов, Е.С. Щелканова // Гигиена и санитария. - 2017. - №9. - С. 15-19.

35. Бобров, А.Ф. Системная оценка результатов психофизиологических обследований / А.Ф. Бобров, А.Ю. Бушманов, В.И. Седин, В.Ю. Щепланов // Медицина экстремальных ситуаций. - 2015. - №3. - С. 13-19.

36. Бобров, А.Ф. Технология виброизображения: новая парадигма в психофизиологических обследованиях персонала предприятий и объектов атомной отрасли / А.Ф. Бобров, В.Ю. Щепланов // Сб. докладов Пятой Международной научно-практической конференции «Технологии, проблемы, опыт создания и внедрения систем психофизиологического обеспечения

профессиональной деятельности персонала электроэнергетической отрасли государств - участников СНГ». - М.: НП «КОНЦЕЭС», 2018. - С. 15-24.

37. Бовин, Б.Г. Основные виды деятельности и психологическая пригодность к службе в системе ОВД: Справочное пособие / под ред. Б.Г. Бовина, Н.И. Мягих, А.Д. Сафронова. - М.: НИЦПМО, 1997. - 344 с.

38. Бодров, В.А. Психология и надёжность: человек в системах управления техникой / В.А. Бодров, В.Я. Орлов. - М.: Институт психологии РАН. - 1998. - 288 с.

39. Булыгина, В.Г. Влияние экстремальных факторов служебной деятельности на психическое здоровье специалистов опасных профессий (обзор зарубежных исследований) / В.Г. Булыгина, С.В. Шпорт, А.А. Дубинский, М.М. Проничева //Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. - 2017. - №3. - С.93-100.

40. Бурыкин, В.М. Организация психологического обеспечения деятельности сотрудников отдела внутренних дел в экстремальных условиях: Методическое пособие / под общ. ред. В.М. Бурыкина - М.: ИМУ ГУК МВД России, 2004. - 144 с.

41. Бухтияров, И.В. Критерии и алгоритмы установления связи нарушений здоровья с работой / И.В. Бухтияров, Э.И. Денисов, Г.Н. Лагутина, В.Ф. Пфаф, П.В. Чесалин, И.В. Степанян // Медицина труда и промышленная экология. - 2018. - № 8. - С. 4-12.

42. Венерина, О.В. Применение метода айтрекинга для оценки психических состояний водителей / О.В. Венерина, В.В. Ермолаев, Д.В. Мельникова, А.И. Четверикова // www.mggush.ru URL: http://www.mggush.ru/sites/default/files/venerina_ermolaev_melnikova_chetverikova_0.pdf (дата обращения: октябрь 2016).

43. Вишневская, М.В. Диагностика нарушений адаптации у спасателей и их коррекция на санаторном этапе реабилитации: дис.... канд. мед. наук: 05.26.02 / Вишневская Марина Владимировна. - М., 2009. - 115 с.

44. Воробьев, Ю.Л. Катастрофы и общество / Ю.Л. Воробьев, В.И. Осипов, В.А. Владимиров, и др. - М.: Контакт-Культура, 2000. - 332 с.

45. Временное положение по организации психофизиологического обеспечения профессиональных контингентов, принимающих участие в ликвидации чрезвычайных ситуаций. - М.: ВЦМК «Защита», 1996. - 16 с.

46. Временное положение по психофизиологическому обеспечению надёжности профессиональной деятельности и сохранению здоровья персонала энергетических предприятий РД 153-34.0-03.503-00. - М.: Минздрав РФ, РАО "ЕЭС России", 2000.

47. Гавриш, Н.Н. Методический подход к прогнозу работоспособности специалистов-операторов в экстремальных условиях деятельности при применении фармакологических средств коррекции функционального состояния организма с учетом экстраполяции данных от животных к человеку / Н.Н. Гавриш, Ю.В. Грабский, В.В. Панкратов, А.М. Аминов, С.Г. Максимов, Г.Г. Кущёв // Авиакосмическая и экологическая медицина. - 2016. - Т.50. - № 3. - С. 65-72.

48. Гармаш, О.А. Развитие системы экстренной консультативной медицинской помощи и медицинской эвакуации (санитарная авиация) в Российской Федерации / О.А. Гармаш // Материалы 3-й межведомственной научно-практической конференции «Санитарная авиация России и медицинская эвакуация». - Москва, 2015 г. - С.9-13.

49. Георгиевский, А.Б. Философские проблемы теории адаптации / А.Б. Георгиевский, В.П. Петленко, А.В. Сахно, Г.И. Царегородцев, под ред. Г.И. Царегородцева. - М.: Мысль, 1975. - 276 с.

50. Гончаров, С.Ф. Применение дистанционных и телемедицинских технологий в деятельности лечебных медицинских организаций и полевых госпиталей службы медицины катастроф: учебное пособие для врачей / С.Ф. Гончаров, И.П. Шилкин, М.В. Быстров. - М.: ФГБУ ВЦМК «Защита». - 2016. - 118 с.

51. Гончаров, С.Ф. Проблемы создания системы экстренной консультативной медицинской помощи и медицинской эвакуации в Российской Федерации / С.Ф. Гончаров, О.А. Гармаш // Медицина катастроф. - 2012. - № 2. - С. 6-11.

52. Гончаров, С.Ф. Управление службой медицины катастроф: учебное пособие для врачей / Б.В. Гребенюк, М.Б. Мурин, И.И. Сахно, С.И. Черняк, В.Г. Чубайко, И.П. Шилкин. - М.: ФГБУ ВЦМК «Защита». - 2016. - 130 с.

53. Гуренкова, Т.Н. Психология экстремальных ситуаций: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Т.Н. Гуренкова, И.Н. Елисеева, Т.Ю. Кузнецова и др.; под общ. ред. Ю.С. Шойгу. - М.: Смысл: Издательский центр Академия, 2009. - 320 с.

54. Гурфинкель, В.С. Регуляция позы человека / В.С. Гурфинкель, Я.М. Коц, М.Л. Шик. - М.: Наука, - 1965. - 256 с.

55. Данилова, Н.Н. Психофизиологическая диагностика функциональных состояний / Н.Н. Данилова. - М.: Изд-во МГУ, 1992. - 192 с.

56. Дарвин, Ч. О выражении эмоций у человека и животных / Ч. Дарвин. - СПб.: Питер, 2001. - 384 с.

57. Демиденко, В.Г. Использование биополя для диагностики психофизиологических состояний / В.Г. Демиденко, Л.В. Круглова // Тезисы докладов 51-й научной сессии РНТОРЭС им. А.С. Попова. - М. - 1996. - ч. II. - С. 67-68.

58. Демиденко, В.Г. Использование ИК-излучения человека для создания неконтактных человеко-машинных систем коррекции психофизиологического состояния: дис.... канд. техн. наук: 05.13.19 / Демиденко Владимир Геннадьевич. - Тула: Тульский гос. ун-т, 1998. - 179 с.

59. Денисов, Э.И. Правовые и методические основы управления профессиональными рисками / Э.И. Денисов, А.В. Прокопенко, И.В. Степанян, П.В. Чесалин // Медицина труда и промышленная экология. - 2011. - №12. - С.6-11.

60. Денисов, Э.И. Сдвиг медико-биологической парадигмы: от гомеостаза к аллостазу / Э.И. Денисов, В.Ф. Пфаф, И.В. Степанян, С.Г. Горохова // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. - 2016. - № 2. - С. 16-21.

61. Евдокимов, В.И. Региональные риски при возникновении чрезвычайных ситуаций в России (2009–2013 гг.) / В.И. Евдокимов // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. - 2015. - №1. - С.5-14.

62. Елифанцев, Б.Н. Скрытая идентификация психофизиологического состояния человека-оператора в процессе профессиональной деятельности / Б.Н. Елифанцев // Омск: СиБАДИ, 2013. - 198 с.

63. Жаданюк, А.С. Психологические особенности динамики формирования личностных качеств в условиях профессионального стресса (на материале деятельности работников спецподразделений на Северном Кавказе): дисс.... канд. психолог. наук: 19.00.03 / Жаданюк Александр Сергеевич. - Ярославль, 2005. - 195 с.

64. Заковряшина, С.Е. Психолого-акмелогическая коррекция психического здоровья военнослужащих после боевого стресса: дис.... канд. психолог. наук: 05.26.02 / Заковряшина Светлана Евгеньевна. - М., 2008. - 199 с.

65. Закон Российской Федерации «О независимой оценке квалификации» от 3 июля 2016 г. № 238-ФЗ // Российская газета. - 2016 г. - № 7014. - ст. 146.

66. Закон Российской Федерации «Устав о дисциплине работников организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты в области использования атомной энергии» от 8 марта 2011 г. № 35-ФЗ // Российская газета. - 2011 г. - № 5427. - ст. 51.

67. Землянников, Д.А. Проблемные вопросы оказания медико-санитарной помощи личному составу при чрезвычайной ситуации с ядерными материалами / Д.А. Землянников, Ю.В. Грабский, М.Л.-Д. Ламожанов, И.А. Пчельников // Военно-медицинский журнал. - 2015. - Т.336. - № 3. – С. 95-96.

68. Знаменская, И.А. Термографическая визуализация и дистанционный анализ динамических процессов в области лица / И.А. Знаменская, Е.Ю. Коротева, А.В. Хахалин, В.В. Шишаков // Научная визуализация. - 2016. - №5. - С. 122-131.

69. Иванов, С.А. Самосознание как фактор успешности профессиональной деятельности личного состава силовых федеральных ведомств, обеспечивающих национальную безопасность Российской Федерации: дис.... канд. психол. наук: 05.26.02, 19.00.03 / Иванов Сергей Анатольевич. - СПб, 2008. - 179 с.

70. Измеров, Н.Ф. Здоровье трудоспособного населения России / Н.Ф. Измеров // Медицина труда и промышленная экология. - 2005. - №11. - С. 2-8.

71. Измеров, Н.Ф. Научное обоснование совершенствования системы сохранения и укрепления здоровья работающего населения России / Н.Ф. Измеров, Л.В. Прокопенко, Н.И. Симонова и др. // Актуальные проблемы медицины труда: сборник трудов института под. ред. акад. РАМН Н.Ф. Измерова. - М.: Реинфор. - 2009. - С. 11-21.

72. Ильин, Е.П. Теория функциональных систем и психофизиологические состояния / Е.П. Ильин // Теория функциональных систем в физиологии и психологии. - М.: Наука. - 1978. - С. 325-346.

73. Инновационные технологии в сфере транспортной безопасности. Всероссийский институт повышения квалификации сотрудников МВД России. Экспресс - информация. Вып. 2. - М., 2007.

74. Ипатов, П.Л. Профессиональная надёжность персонала АЭС: Концепция и технология количественной оценки, практика управления / П.Л. Ипатов, В.К. Мартенс, А.В. Сорокин, А.Ф. Бобров, В.И. Басов - Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2003. - 232 с.

75. Искандирова, А.Б. Состояние психической дезадаптации, их особенности и психотерапевтическая коррекция у спасателей МЧС России: дис.... канд. мед. наук: 05.26.02 / Искандирова Арина Байсункаровна. - СПб., 2004. - 152 с.

76. Казначеев, В.П. Современные аспекты адаптации / В.П. Казначеев. - Новосибирск: Наука, 1980. - 192 с.

77. Калинина, М.Ю. Психофизиологическое обеспечение профессиональной надежности персонала предприятий и организаций атомной отрасли / М.Ю. Калинина // Сб. материалов III отраслевой научно-практической конференции. - М.: Изд-во "Институт психологии РАН", 2018. -С.13-16.

78. Ким, Дж.-О. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / пер. с англ.; Дж.-О. Ким, Ч.У. Мьюллер, У.Р. Клекка и др.; под ред. И.С. Енюкова. - М.: Финансы и статистика, 1989. - 215 с.

79. Кипор, Г.В. Влияние комплекса информационно-эргономических факторов на психофизиологическое состояние водителей. Сообщение 3. Алгоритм оценки степени утомления водителей в период профессиональной занятости / Г.В. Кипор, С.Ф. Гончаров, В.А. Бессонов, А.В. Ишков // Медицина катастроф. – 2010. - № 1 (69). – С. 44-46.

80. Кипор, Г.В. Конференция сотрудничающих центров Всемирной организации здравоохранения по чрезвычайным ситуациям (по управлению кризисами катастроф-2017), Стокгольм, Швеция, 5-7 декабря 2017 г. / Г.В. Кипор,

Н.Н. Баранова, С.Ф. Гончаров, А.Я. Фисун, В.И. Чадов // Медицина катастроф. - 2018. - № 1 (101). - С. 50-53.

81. Кипор, Г.В. Тактика психофизиологической инструментальной диагностики, отбора и тренинга лиц различных профессий: современные подходы и проблемы / Г.В. Кипор, Е.В. Козлов, В.В. Бессонов, С. Н. Зайцева // Медицина катастроф. - 2011. - № 4 (76). - С. 36-38.

82. Киселев, М.Ф. Регулирующий надзор за пунктами временного хранения ОЯТ и РАО / Н.К. Шандала, В.А. Серегин, М.К. Сневе, П. Странд, А.С. Косников, Е.С. Щелканова // Безопасность окружающей среды. - 2009. - №3. - С. 46-53.

83. Козлов, Е.В. Психофизиологическое обоснование необходимости совершенствования системы подготовки водителей. дис.... канд. мед. наук: 05.26.02 / Козлов Егор Валериевич - Москва, 2012. - 126 с.

84. Колючкин, С.Н. Бесконтактное изучение личности: монография / С.Н. Колючкин. - М.: МО РФ, 2016. – 314 с.

85. Конобеевский, М.А. Детекторы лжи и оценки рисков / М.А. Конобеевский // Мир измерений. - 2009. - №3. - С. 20-26.

86. Круглова, Л.В. Создание алгоритмического и программного обеспечения бесконтактной системы коррекции психофизиологического состояния: дис.... канд. техн. наук: 05.11.17 / Круглова Лариса Владимировна. - Тула: Тульский гос. ун-т, 1999. -111с.

87. Ксенофонтов, А.М. Динамика психологического статуса сотрудников органов внутренних дел под влиянием экстремальных факторов служебно-боевой деятельности: дис.... канд. биол. Наук: 05.26.02 / Ксенофонтов Александр Михайлович - Архангельск, 2005. - 162 с.

88. Кулагин, Б.В. Основы профессиональной психодиагностики / Б.В. Кулагин. - Л.: Медицина, 1984. - 216 с.

89. Куцало, А.Л. Пупиллометрия в качестве метода экспресс - диагностики наркотической интоксикации: дис.... канд. мед. наук: 14.00.20, 14.00.45 / Куцало Анатолий Леонидович. - СПб., 2004. - 118 с.

90. Ларцев, М.А. Психофизиологическая экспертиза трудоспособности профессиональных контингентов, участвующих в ликвидации чрезвычайных ситуаций: Методические рекомендации / М.А, Ларцев. - М.: ВЦМК «Защита», 2000. - 26 с.

91. Ларцев, М.А. Психофизиологический отбор спасателей международного класса: Пособие для врачей / М.А. Ларцев, О.П. Колошук. - М.: ФГУ ВЦМК «Защита», 2005. - 60 с.

92. Ларцев, М.А., Психофизиологическое обеспечение профессиональных контингентов, участвующих в ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: Сборник нормативных и методических документов / М.А. Ларцев, М.Г. Багдасарова. - М.: ВЦМК «Защита», 2003. - 230 с.

93. Локтионов, Н.И. Катастрофы и человек / Н.И. Локтионов, М.И. Фалеев, М.А. Шахраманьян, С.К. Шойгу, В.П. Шолох, Ю.Л. Воробьев / под ред. Ю.Л. Воробьева - Книга 1 изд. - М.: АСТ-ЛТД, 1997. - 256 с.

94. Лоренц, К. Агрессия / К. Лоренц. - М.: Римис, 2009. - 352 с.

95. Макаренко, Н.В. Основы профессионального психофизиологического отбора / Н.В., Макаренко, В.А. Пухов, Н.В. Кольченко и др. - Киев: Наук. думка, 1987. - 244 с.

96. Маклаков, А.Г. Основы психологического обеспечения профессионального здоровья военнослужащих: дис.... д-ра психол. наук: 19.00.03 / Маклаков Анатолий Геннадьевич. - СПб., 1996. - 392 с.

97. Маклаков, А.Г. Профессиональный психологический отбор персонала. Теория и практика / А.Г. Маклаков. – СПб.: Питер, 2008. - 480 с.

98. Медведев, В.И. Устойчивость физиологических и психологических функций человека при действии экстремальных факторов / В.И. Медведев. - Л.: Наука, 1982. - 103 с.

99. Мельников, Г.С., Современные медицинские тепловизоры / Г.С. Мельников, В.М. Самков, Ю.И. Солдатов, В.В. Коротаев // Тепловидение в медицине и промышленности: материалы 9-ой междунар. конф. «Прикладная оптика – 2010». - СПб, 2010. - С. 11-17.

100. Методические рекомендации «Организация медицинских осмотров и психофизиологических обследований персонала предприятий ядерно-оружейного комплекса» № 24-10. - Москва, ФМБА России, 2010 г.

101. Методические рекомендации Р ФМБА России 2.2.8.84-2015. Организация и проведение психофизиологических обследований работников организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты в области использования атомной энергии, при прохождении работниками медицинских осмотров в медицинских организациях ФМБА России. Утверждены Заместителем руководителя ФМБА России. - М., 2015.

102. Методические указания по проведению медицинских осмотров и психофизиологических обследований работников объектов использования атомной энергии № 32-023/20, - Москва, Министерство здравоохранения Российской Федерации, 1998 г.

103. Методические указания по проведению психофизиологических обследований в локомотивном хозяйстве № 310у. Утв. Министром МПС России Н.Е. Аксёненко, 1999.

104. Методическое руководство по проведению профессионального психологического отбора в МЧС России. - М., 2013. – 118 с.

105. Методическое руководство по психодиагностическому обеспечению в Министерстве Российской Федерации по делам гражданской обороны,

чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. – М., 2011. – 44 с.

106. Минкин, В.А. Анализ виброизображений: инновационный способ диагностики психофизиологического состояния человека / В.А. Минкин, А.Ф. Бобров // www.psymaker.com URL: <http://www.psymaker.com/Bibliography/RU/2016/art7.pdf> (дата обращения: февраль 2018).

107. Минкин, В.А. Виброизображение / В.А. Минкин. - СПб.: Реноме, 2007, - 108 с.

108. Минкин, В.А. Практические результаты применения систем технического профайлинга для обеспечения безопасности на транспорте / В.А. Минкин, А.В. Целуйко // Транспортное право. - 2014. - №3 - С. 27-32.

109. Минкин, В.А. Применение технологии и системы виброизображения для анализа двигательной активности и исследования функционального состояния организма / В.А. Минкин, Н.Н. Николаенко // Медтехника. - 2008 - №4 - С. 30-34.

110. Минкин, В.А. Психофизиологическое тестирование склонности к алкогольной зависимости в аспекте бессознательных паттернов поведения человека / В.А. Минкин, Я.Н. Николаенко // Научное мнение. - 2016. - №11. - С. 127-137.

111. Минкин, В.А. Современная психофизиология. Технология виброизображения: тр. 1-й Международной научно-технической конференции, 28–29 июня 2018 г., Санкт-Петербург, Россия / под ред. В. А. Минкина и др. - СПб.: МП «Элсис», 2018. — 240 с.

112. Минкин, В.А. Технология виброизображения 20 лет спустя / В.А. Минкин // Труды 1-ой Международной научно-технической конференции «Современная психофизиология. Технология виброизображения». - СПб.: Реноме. - 2018. - С. 7-14.

113. Митин, И.Н. Психофизиологическая адаптация как ведущий фактор обеспечения безопасности дорожного движения: дис.... канд. мед. наук: 05.26.02 / Митин Игорь Николаевич. - Москва, 2015. - 152 с.

114. Мясников, В.И. Интегральная оценка и прогноз профессиональной надёжности космонавтов в полете / В.И. Мясников, В.П. Сальницкий, А.Ф. Бобров // Авиакосмич. и экологич. медиц. - 1999. - Т.33. - № 5. - С. 16-22.

115. Никитин, В.В. Анализ существующих методов и средств определения психоэмоционального состояния человека в информационных системах / В.В. Никитин // Управление инновациями: теория, методология, практика. - 2013. - №7. - С. 174-178.

116. Николаенко, Я.Н. Диагностика акцентуаций характера при разных вариантах динамики психофизиологических реакций / Я. Н. Николаенко // <http://www.psymaker.com> URL: <http://www.psymaker.com/downloads/AccentDiagnostics.pdf> (дата обращения: май 2018).

117. Основные понятия и определения службы медицины катастроф: Словарь. М., ВЦМК «Защита», 1997. - 246 с.

118. Оценка состояния человека // www.neurocom.ru URL: http://www.neurocom.ru/ru2/innovative/analiz_morganiya_i_napravleniya_vzglyada.html (дата обращения: февраль 2018).

119. Пат. № 2071718 Способ оценки психофизиологического состояния пациента и устройство для доплеровской локации / В.А. Федоров, 20.01.1997г.

120. Пат. № 2207040 Способ регистрации зрачковых реакций и устройство для его осуществления / В.И. Грачев, В.Ф. Казенашев, В.Ф. Киселев, В.В. Мишин и др.; патентообладатель В.И. Грачев, В.Ф. Казенашев, В.Ф. Киселев, В.В. Мишин и др. - заявл. 2001134712/14, опубл. 27.06.2003.

121. Пат. № 2246251 Способ оценки психофизиологического состояния человека по сердечному ритму / В.А. Годунов и др.; патентообладатель ЗАО «Транзас». – № 2003115461/14; заявл. 14.05.2003, опубл. 20.02.2005, Бюл. № 5. - 11 с.

122. Пат. № 2302705 Способ оперативного дистанционного бесконтактного контроля психологического состояния людей и система, реализующая этот способ / Л.С. Виленчик и др.; заявитель и патентообладатель: Московское конструкторское бюро «Электрон». - № 2002109187/09; заявл. 10.04.2002, опубл. 10.07.2007, Бюл. №19.

123. Пат. № 2438559 Способ бесконтактной регистрации траектории проекции центра тяжести человека на горизонтальную плоскость, находящегося в вертикальной позе / В.А. Федоров, П.И. Храмцов, Т.Г. Тимашева, А.В. Мизирина // заявитель и патентообладатель Учреждение Российской академии медицинских наук Научный центр здоровья детей РАМН. - №2009144476/14, 10.01.2012. Бюл. № 1

124. Пат. № 245979 Устройство для звуковой кардиографии с использованием эффекта Доплера / А.Н. Козлов, В.Г. Волошин, В.А. Дегт; - № 1238827/31- 16, заявл. 15.04.1968, опубл. 11.06.1969, Бюл. № 20.

125. Пат. № 2515149. Способ скрининг-диагностики рака простаты / В.А. Минкин, М.А. Бланк, О.А. Бланк; заявитель и патентообладатель ООО «Элсис». - № 0002629247; приоритет от 06.02.2012.

126. Пат. № 2604938 Бесконтактный пупиллометр для скрининг-диагностики функционального состояния организма и способ его использования / А.В. Туголуков; патентообладатель ООО «Квазар». - № А61В3/113, опубл. 20.12.2016. Бюл. № 35.

127. Положение о проведении психофизиологического обследования работника атомной станции. Введено в действие приказом и.о. генерального директора ФГУП концерн «РОСЭНЕРГОАТОМ» № 1305, 2007.

128. Полубояринов, В.Н. Медико-психологическое сопровождение профессиональной деятельности личного состава воинских частей специального обеспечения / В.Н. Полубояринов, Ю.В. Грабский, Д.А. Землянников, Г.Г. Кущёв // Военно-медицинский журнал. - 2016. - Т. 337. - № 2. - С. 41-48.

129. Постановление Правительства РФ № 233 «О перечне медицинских противопоказаний и перечне должностей, на которые распространяются данные противопоказания, а также о требованиях к проведению медицинских осмотров и психофизиологических обследований работников объектов использования атомной энергии», 1997.

130. Постановление правительства РФ № 734 «Об утверждении Положения о Всероссийской службе медицины катастроф», 2013.

131. Приказ Минздрава России № 302н «Об утверждении перечней вредных и опасных производственных факторов, и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медосмотры работников», 2011.

132. Приказ Минздрава России № 835н «Об утверждении порядка проведения предсменных, предрейсовых и послесменных, послерейсовых медицинских осмотров», 2014.

133. Приказ Минздравсоцразвития РФ № 117 «О статистических формах службы медицины катастроф Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации», 2005.

134. Приказ Министерства Здравоохранения и медицинской промышленности № 261 «Об утверждении положения о региональных и территориальных центрах медицины катастроф», 1996.

135. Приказ Министерства Здравоохранения Российской Федерации № 105 «О порядке проведения медицинских осмотров и психофизиологических обследований работников объектов использования атомной энергии», 1997.

136. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации № 43 «Об утверждении требований по обеспечению транспортной безопасности, учитывающих уровни безопасности для различных категорий объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств железнодорожного транспорта», 2011.

137. Приказ Министерства энергетики Российской Федерации № 390 «Об утверждении Порядка проведения медицинских осмотров (обследований) работников, непосредственно занятых на работах, связанных с обслуживанием объектов электроэнергетики», 2011.

138. Приказ Минобороны РФ № 265 «Об утверждении Федеральных авиационных правил медицинского обеспечения полетов государственной авиации», 2009.

139. Приказ Минтранса России № 231 «Об утверждении Требований к знаниям, умениям, навыкам сил обеспечения транспортной безопасности, личностным (психофизиологическим) качествам, уровню физической подготовки отдельных категорий сил обеспечения транспортной безопасности, включая особенности проверки соответствия знаний, умений, навыков сил обеспечения транспортной безопасности, личностных (психофизиологических) качеств, уровня физической подготовки отдельных категорий сил обеспечения транспортной безопасности применительно к отдельным видам транспорта», 2014.

140. Приказ Федерального дорожного агентства (Росавтодор) № 508 «Об утверждении методики проверки соответствия личностных (психофизиологических) качеств отдельных категорий сил обеспечения транспортной безопасности требованиям законодательства Российской Федерации о транспортной безопасности», 2016.

141. Программа контроля психофизиологического состояния оператора
 VibraStaff // <http://psymaker.com> URL:

<http://psymaker.com/downloads/VIManualRuVS.pdf> (дата обращения: февраль 2018).

142. Пухов, В.А. Основы профессионального психофизиологического отбора военных специалистов / под ред. В.А. Пухова. - М.: Воениздат МО СССР. - 1981. - 421 с.

143. Ратаева, В.В. Профессиональный отбор лиц опасных профессий по данным оценки множественного интеллекта / В.В. Ратаева, Е.С. Щелканова // Сб. докладов Пятой Международной научно-практической конференции «Технологии, проблемы, опыт создания и внедрения систем психофизиологического обеспечения профессиональной деятельности персонала электроэнергетической отрасли государств - участников СНГ». - М.: НП «КОНЦЕЭС», 2018. - С. 234-246.

144. Ротенберг, В.С. Поисковая активность и адаптация / В.С. Ротенберг, В.В. Аршавский. - М., 1984. -190 с.

145. Руководство по психологическому обеспечению отбора, подготовки и профессиональной деятельности летного и диспетчерского состава ГА РФ. - М.: Воздушный транспорт, 2001. - 279 с.

146. Рыбников, В.Ю. Психология копинг-поведения специалистов опасных профессий: монография / В.Ю. Рыбников, Е.Н. Ашанина. - СПб.: Политехника сервис, 2011. - 120 с.

147. Сальницкий, В.П. Профессиональный стресс и его влияние на надёжность деятельности операторов в условиях длительной изоляции / В.П. Сальницкий, А.Ф. Бобров, В.Ю. Щепланов // Проблемы обитаемости в гермообъектах. - М.: Фирма «Слово». - 2001. - С.162-163.

148. Самойлов, А.С., Психофизиологические аспекты обеспечения надежности профессиональной деятельности работников организаций атомной отрасли / А.С. Самойлов, А.Ю. Бушманов, А.Ф. Бобров, В.И. Седин,

М.Ю. Калинина // Сб. материалов III отраслевой научно-практической конференции. - М.: Изд-во «Институт психологии РАН». - 2018. - С.62-76.

149. Санников М.В. Эпидемиологический анализ результатов углубленных медицинских осмотров профессиональных спасателей МЧС России / М.В. Санников, С.С. Алексанин // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. - 2009. - №4. - С.5-9.

150. Седин, В.И. К Вопросу об оценке качеств аттестуемых сотрудников правоохранительных органов с использованием информации о поведенческих признаках функциональной асимметрии головного мозга / В.И. Седин, В.Ф. Енгальчев, С.Н. Колючкин // Известия Сочинского государственного университета. – 2015. - № 1 (34). - С. 281-286.

151. Селье, Г. Очерки об адаптационном синдроме / Г. Селье. - М.: Медгиз, 1960. - 254 с.

152. Селье, Г. Стресс без дистресса / Г. Селье. - М.: Прогресс, 1979. - 123 с.

153. Сенцов, А.А. Применение методик виброизображения для объективной диагностики результатов обучающих программ / А.А. Сенцов // Труды 1-ой Международной научно-технической конференции «Современная психофизиология. Технология виброизображения». – СПб.: Реноме. - 2018. - С. 78-82.

154. Сеченов, И.М. Избранные произведения / И.М. Сеченов - 2-е изд. - М.: Учпедгиз, 1958. - 413 с.

155. Система анализа психофизиологического и эмоционального состояния человека VibraMed // <http://psymaker.com> URL: <http://www.psymaker.com/downloads/VIManualRusMed.pdf> (дата обращения: февраль 2018).

156. Слива, С.С. Уровень развития и возможности отечественной компьютерной стабیلорафии / С.С. Слива // Известия Южного федерального университета. Технические науки. - 2002. - № 5(28). - С. 73-81.

157. Сложеникин, А.П. Особенности социально-психологической адаптации сотрудников органов внутренних дел к экстремальным условиям служебно-боевой деятельности: дис.... канд. психолог. наук: 05.26.02, 19.00.04 / Сложеникин Андрей Павлович. - СПб., 2009. - 244 с.

158. Современные айтрекеры и их возможности для юзабилити-тестирования. // www.usabilitylab.ru URL: <https://usabilitylab.ru/blog/obzor-modelej-aj-trekerov/> (дата обращения: октябрь 2016).

159. Создание методики дистанционного определения психофизиологического состояния и самооценки спортсменов-стрелков высшей квалификации (шифр: «Наставник-14»). ООО «Аналитика»: отчёт о НИР. УДК 61:796/799, № госрегистрации: 114082640019; 2014. -143 с.

160. Сокольский, Д.Б. Система виброизображения и актуальность ее использования в настоящее время для корректного функционирования систем безопасности / Д.Б. Сокольский, К.А. Лаврентьев, С.Г. Нищук // Труды 1-ой Международной научно-технической конференции «Современная психофизиология. Технология виброизображения». - СПб.: Реноме, 2018. - С. 83-88.

161. Сокольский, Д.Б. Система виброизображения и анализ терапевтического воздействия картин на психофизиологическое состояние человека / Д.Б. Сокольский, К.А. Лаврентьев, С.Г. Нищук // Труды 1-ой Международной научно-технической конференции «Современная психофизиология. Технология виброизображения». - СПб.: Реноме, 2018. - С. 89-96.

162. Степанян, И.В. Анализ динамических характеристик пульсовой волны человека / И.В. Степанян, И.С. Явелов, А.А. Меклер, А.В. Савельев, О Хан До // Биомедицинская радиоэлектроника. - 2016. - № 5. - С. 39-43.

163. Степанян, И.В. Биоинформатика: на пути к новой культуре науки и искусства / И.В. Степанян, Б. Скеппер // Биомедицинская радиоэлектроника. - 2017. - № 2. - С. 44-46.

164. Степанян, И.В. Концепция биологически инспирированного многомерного гиперкомплексного анализа данных биоинформатики и биомеханики / И.В. Степанян, О Хан До, В.И. Свирин, К.В. Плешаков, А.В. Савельев // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. - 2015. - № 4. - С. 75-77.

165. Судаков, К.В. Общая теория функциональных систем / К.В. Судаков. - М.: Медицина, 1984. - 224 с.

166. Судаков, К.В. Функциональные системы организма / К.В. Судаков. - М.: Медицина, 1987. - 432 с.

167. Сушильников, С.И. Исследовательское учение по медицинскому обеспечению личного состава при аварии с ядерными материалами / С.И. Сушильников, М.Л.-Д. Ламожанов, Д.А. Землянников, В.А. Башарин, М.А. Карамуллин, Ю.В. Грабский, И.С. Драчёв // Военно-медицинский журнал. - 2017. - Т. 338. - № 10. - С. 94-96.

168. Требования к полномасштабным тренажёрам для подготовки операторов блочного пункта управления атомной станции (ПНАЭ Г-5-40-97). М.: Госатомнадзор России, 1997.

169. Тренажёры и технические средства обучения. М.: Изд. Дом «Оружие и технологии», 2009. - Т. XVIII. - 624 с.

170. Турзин, П.С. Реалии и перспективы экологической и экстремальной медицины / П.С. Турзин, И.Б. Ушаков // Медико-биологические и социально-

психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. - 2007. - №1. - С. 12-17.

171. Ушаков И.Б. Методологические аспекты динамического контроля функциональных состояний операторов опасных профессий / И.Б. Ушаков, А.В. Богомолов, Ю.А. Кукушкин // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. - 2010. - №4. - часть 2. - С.7-12.

172. Ушаков, И.Б. Паттерны функциональных состояний оператора / И.Б. Ушаков, А.В. Богомолов, Ю.А. Кукушкин // Отделение биологических наук РАН. - М.: Наука, 2010. – 390 с.

173. Ушаков, И.Б. Физиология труда и надежность деятельности человека / И.Б. Ушаков, А.В. Богомолов, Ю.А. Кукушкин. - М.: Наука, 2008. – 318 с.

174. Федеральный закон № 16-ФЗ «О транспортной безопасности», 2007.

175. Федеральный закон № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда», 2013.

176. Шандала, Н.К. Радиационно-гигиенический мониторинг в районе размещения пункта временного хранения отработанного ядерного топлива и радиоактивных отходов в губе Андреева / Н.К. Шандала, А.А. Филонова, Е.С. Щелканова, М.К. Сневе и др. // Медицинская радиология и радиационная безопасность. - 2014. - Т. 59. - № 2. - С. 5-12.

177. Шандала, Н.К. Радиоэкологический мониторинг на пунктах временного хранения ОЯТ и РАО на северо-западе России / Н.К. Шандала, С.М. Киселёв, М.К. Сневе, В.А. Серёгин, Е.С. Щелканова, Г. Смит // Environmental Health Risk, Нью Форест, Англия, 2009.

178. Шандала, Н.К. Регулирующий надзор и оценка радиационной обстановки в районах размещения бывших военных технических баз /

Н.К. Шандала, С.М. Киселев, А.В. Титов и др. // Гигиена и санитария. - 2013. - №3. - С. 15-19.

179. Шарифов, С.К. Разработка диагностической биомедицинской аппаратуры нового поколения, основанной на микроволновом электромагнитном радиолокационном зондировании / С.К. Шарифов, И.В. Степанян, А.В. Савельев // Биомедицинская радиоэлектроника. - 2017. - № 10. - С. 26-29.

180. Шестаков, М.П. Использование стабилографии в спорте: монография / М.П. Шестаков. - М.: ТВТ Дивизион, 2007. - 112 с.

181. Шестаков, М.П. Обучение управлению движениями на основе прогноза / М.П. Шестаков, А.М. Кащеев // Известия ЮФУ. Технические науки. - Ростов-на-Дону : Южный федеральный университет, 2009. - №9 (98). - С. 200-203.

182. Шойгу, Ю.С. Профессиональный психологический отбор курсантов вузов МЧС России - будущих спасателей (обоснование психодиагностического инструментария): дис. ... канд. психол. наук: 05.26.02 / Шойгу Юлия Сергеевна. - СПб., 2003. - 168 с.

183. Шойгу, Ю.С. Психология экстремальных ситуаций для спасателей и пожарных / под общей ред. Ю.С. Шойгу. - М.: Смысл, 2007. – 319 с.

184. Щебланов, В.Ю. Количественная оценка надёжности человеческого фактора в системах «человек - машина - внешняя среда» / В.Ю. Щебланов, А.Ф. Бобров, С.Н. Соколов // Функциональное состояние человека и методы его исследования. - М.: Наука. - 1992. - С. 22-31.

185. Щебланов, В.Ю. Надёжность деятельности и профессиональное здоровье работающих в неблагоприятных условиях: Концепция, методы и критерии оценки: дис... д-ра биологических наук: 14.00.07 / Щебланов Виктор Ювеналиевич. - Москва, 1996. - 251 с.

186. Щебланов, В.Ю. Психофизиологические аспекты деятельности человека в автоматизированных эргатических системах / В.Ю. Щебланов,

А.Г. Павленко, В.Н. Шауров. – М.: Препринт, Всесоюзный научно-исследовательский институт системных исследований, 1980.

187. Щебланов, В.Ю. Связь индивидуальных механизмов саморегуляции со свойством стрессоустойчивости / В.Ю. Щебланов, А.Ф. Бобров, О.А. Джафарова, С.А. Надоров // Бюллетень сибирской медицины. - 2010. - №2. - С. 134-139.

188. Экман, П. Психология лжи / П. Экман. - СПб.: Питер, 2018 - 304 с.

189. Электронный ресурс: www.en.wikipedia.org URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/PrimeSense>. (дата обращения: октябрь 2016).

190. Электронный ресурс: www.krinc.ru URL: http://www.krinc.ru/index.php?sec=news&id_news=115 (дата обращения: октябрь 2016).

191. Электронный ресурс: www.neurobotics.ru URL: <http://neurobotics.ru/psychophysiology/eyeled> (дата обращения: февраль 2018).

192. Юсупов, Р.М. Разработка теоретических основ, моделей и информационных технологий экспресс - диагностики и мониторинга функционального состояния человека на основе комплексной обработки биометрических данных. РАН Программа фундаментальных исследований Президиума РАН. / Р.М. Юсупов, Е.Л. Вассерман, Д.М. Денисова, В.А. Дюк и др. // Фундаментальные науки - медицине. (Конференции и семинары по научным направлениям Программы в 2009 году). М.: Фирма «Слово». - 2009. - С. 105-106.

193. Ярмолич, В.А. Психофизиологическое обследование и психологическая реабилитация специалистов санитарной авиации на примере территориального центра медицины катастроф Волгоградской области / В.А. Ярмолич, А.А. Раевский, Е.С. Щелканова // Медицина катастроф. - 2018. - №4. - С.28-31.

194. Breakspear, R. A single-arm ambulatory EKG measurement system using capacitive sensors, 2013 / R. Breakspear, S. Connor // Electronics goes medical paper - <http://plesseysemiconductors.com/library-plesseysemiconductors.php> (дата обращения: октябрь 2016).

195. Cardone, D. Thermal Infrared Imaging-Based Computational Psychophysiology for Psychometrics / D. Cardone, P. Pinti, A. Merla // Computational and Mathematical Methods in Medicine. 8 pages. Article ID 984353, 2015.

196. Choi, Jin Kwan Research of video polygraph for lie detection with statement analysis by vibraimage technology / Choi Jin Kwan, Chung Seok Hwa, Lee Jai Suk, Lim Geum Seop, Kim Hyun Taek // The 1st International Conference. Modern Psychophysiology. The Vibraimage Technology. Conference proceedings. - St.Petersburg: Renome Publishing & Printing Co, 2018. - P. 150-158.

197. Choi, Jin Kwan Cases of pooc to detect the highly dangerous person and possible criminal by cctv connected to vibrasystem / Choi Jin Kwan, Kim Sang Won, Hu Mang Yang // The 1st International Conference. Modern Psychophysiology. The Vibraimage Technology. Conference proceedings. - St.Petersburg: Renome Publishing & Printing Co, 2018. - P. 189-199.

198. Choi, Jin Kwan Clinical application of vibraimage technology and system for screening of ADHD children / Choi Jin Kwan, Lee Shi Hyoung // The 1st International Conference. Modern Psychophysiology. The Vibraimage Technology. Conference proceedings. - St.Petersburg: Renome Publishing & Printing Co, 2018. - P. 178-188.

199. Choi, Jin Kwan Effectiveness of drumming's educational training by vibraimage psychophysiological parameter analysis / Choi Jin Kwan, Lee Shi Hyoung // The 1st International Conference. Modern Psychophysiology. The Vibraimage Technology. Conference proceedings. - St.Petersburg: Renome Publishing & Printing Co, 2018. - P. 169-177.

200. Fei, J. Analysis of breathing air flow patterns in thermal imaging / J. Fei, I. Pavlidis // Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. - 2006. - pp. 946-952.
201. Fridlund, A. J. Human facial expression. An evolutionary view / A. J. Fridlund // San Diego, CA, Academic Press. - 1994.
202. Herszenhorn, D.M. Heightened Security, Visible and Invisible, Blankets the Olympics / D.M. Herszenhorn // The New York Times Feb.13, 2014.
203. Harland, C. J. A compact electric potential sensor array for the acquisition and reconstruction of 7 lead ecg without electrical charge contact with the skin / C. J. Harland, N. S. Peters [et al.] // Physiol. Meas. -2005. -№ 26.
204. Hwang, Sung Teac Study to extract the significant vibraimage variables for evaluating drowsiness state correlated from EEG data / Hwang Sung Teac, Choi Jin Kwan, Mincheol Whang // The 1st International Conference. Modern Psychophysiology. The Vibraimage Technology. Conference proceedings. - St.Petersburg: Renome Publishing & Printing Co, 2018. - P. 200-205.
205. Ioannou, S. Thermal infrared imaging in psychophysiology: Potentialities and limits / S. Ioannou, V. Gallese, A. Merla // Psychophysiology. 2014 Oct; 51(10): P. 951–963. Published online 2014 Jun 24. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4286005/>.
206. Krzywickia, A.T. A non-contact technique for measuring eccrine sweat gland activity using passive thermal imaging / A.T. Krzywickia, G.G. Berntsonb, B.L. O'Kane // International Journal of Psychophysiology. - 2014. - v. 94. i.1. – P. 25-34.
207. Lee, Jai Suk Research to verify and utilize psychophysiological detection of deception based on vibraimage technology / Lee Jai Suk, Choi Jin Kwan, Jang Seok Hyun. // The 1st International Conference. Modern Psychophysiology. The Vibraimage Technology. Conference proceedings. - St.Petersburg: Renome Publishing & Printing Co, 2018. - P. 159-168.

208. Lewis, G.F. A novel method for extracting respiration rate and relative tidal volume from infrared thermography / G.F. Lewis, R.G. Gatto, S.W. Porges // *Psychophysiology*. - 2011. -v. 48. i. 7. – P. 877-887.

209. Melnikov, G.S. Up-to-date Medical Thermovisors / G.S. Melnikov, V.M. Samkov, Yu.I. Soldatov, V.V. Korotaev // *Thermal Imaging in Medicine and Industry: 9–th Intern. Conf. «Applied Optics – 2010»*, S.-Pb, 18-22 Oct. 2010. - Saint-Petersburg, 2010. - P. 11-17.

210. Murthy, R. Touchless monitoring of breathing function / R. Murthy, I. Pavlidis, P. Tsiamyrtzis // *Proc. Of the 26th IEEE EMBS Annual International Conference San Francisco, CA, USA, 2004*.

211. Pavlidis, I. Monitoring of periorbital blood flow rate through thermal image analysis and its applications to polygraph testing / I. Pavlidis, J. Levine // *Proc. Of the 23rd Annual EMBS Int. Conf. Istanbul, Turkey, 2001*.

212. Puri, C. StressCam: non-contact measurements of users' emotional states through thermal imaging / C. Puri, L. Olson, I. Pavlidis [et al.] // *Conference for computer-human interaction (CHI), Portland, Oregon, USA, 2005*.

213. Scheblanov, V.Y. Monitoring human factor risk characteristics at nuclear legacy sites in northwest Russia in support of radiation safety regulation / V.Y. Scheblanov, M.K. Sneve, A.F. Bobrov // *Journal of Radiological Protection*. - 2012. - №4. - P. 465-477.

214. Shandala, N.K. Regulatory Supervision and Radiation Survey in the Areas of the Former Military Technical Bases / N.K. Shandala, S.M. Kiselev, A.V. Titov, V.A. Seregin, E.S. Shchelkanova, A.I. Lukianets, M.K. Sneve // *In Agenda Abstracts of the APEC Symposium «Best Medical Practices in Mitigation of Radiation Accidents and Catastrophes»*, September 13-14, 2012, Moscow, Russia, P. 77-78.

215. Shoich, I. Three-dimensional jamming measuring apparatus / I. Shoich // *Japanese Patent JP06058969, 03.04.1994*.

216. Sigmund, M. Spectral Analysis of Speech under Stress / M. Sigmund // Int. Journal of Computer Science and Network Security. - 2007. - Vol. 7. - P. 170-172.
217. Snethen, T.H. Filing system / T.H. Snethen, N.Y. Dewitville // Patent USA №4133444, Jan. 9, 1979.
218. Watson, P. Latent electrostatic fingerprints and their decay: towards a forensic timeline / P. Watson, R.J. Prance, S.T. Beardsmore-Rust // Science International. 2011.
219. Yoshiaki, O. Non-invasive monitoring of blood flow and cerebral blood pressure using ultra miniature reflection type photoelectric plethysmographic sensors or ultrasonic doppler flow meter / O. Yoshiaki // Patent USA №4703758, Nov.3, 1987.
220. Zhao, M. Emotion Recognition using Wireless Signals / M. Zhao, F. Adib, D. Katabi // Massachusetts Institute of Technology, 2016 URL: <http://eqradiocsaail.mit.edu/files/eqradiopaper.pdf>.