

Федеральное медико-биологическое агентство  
Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Государственный научный центр Российской Федерации –  
Федеральный медицинский биофизический центр  
имени А.И.Бурназяна»

**ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ НАДЁЖНОСТЬ  
В СИСТЕМЕ МЕДИКО-ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТНИКОВ ОБЪЕКТОВ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ**

Монография



Москва  
2022

**Федеральное медико-биологическое агентство  
Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Государственный научный центр Российской Федерации –  
Федеральный медицинский биофизический центр  
имени А.И.Бурназяна»**

**ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ НАДЁЖНОСТЬ  
В СИСТЕМЕ МЕДИКО-ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТНИКОВ ОБЪЕКТОВ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ**

Монография

**Москва  
2022**

УДК 614.8.084

ББК 51.1

Ф94

**Функциональная надёжность в системе медико-психофизиологического обеспечения работников объектов использования атомной энергии:** монография / А.Ю. Бушманов [и др.]; под общ. ред. чл.-корр. РАН, д.м.н., проф. А.С. Самойлова. – Москва: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2022. – 92 с.

АВТОРЫ : А.Ю. Бушманов, М.Ю. Калинина, **В.Ю. Щепланов**,  
В.И. Седин, А.Ф. Бобров, Л.И. Фортунатова

Рецензенты:

д.м.н., профессор В.Г. Барчуков

д.м.н., профессор Р.М. Тахауов

Настоящая монография подготовлена в соответствии с планом проведения научно-исследовательских работ лаборатории психофизиологического обеспечения персонала радиационно-опасных производств ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России. Исследования направлены на повышение ядерной и радиационной безопасности предприятий и организаций ГК «Росатом» за счёт оценки и управления функциональной надёжностью работников на основе анализа результатов медицинских осмотров и психофизиологических обследований, проводимых медицинскими организациями ФМБА России.

Особое внимание уделено совершенствованию нормативно-методической базы проведения психофизиологического обследования и оценки функциональной надёжности работников, получившей новое развитие в свете требований Федерального закона Российской Федерации от 8 марта 2011 г. № 35-ФЗ «Устав о дисциплине работников организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты в области использования атомной энергии». Возникшая необходимость в разработке методических средств оценки и прогнозирования функциональной надёжности работников по итогам проведения медицинских осмотров и обязательных психофизиологических обследований отдельных категорий персонала организаций атомной отрасли, потребовала обоснования качественных и количественных критериев принятия решения об уровне функционального состояния и психофизиологической адаптации – впервые предлагаемых в качестве базовых компонентов функциональной надёжности. Результаты исследований в данной области легли в основу разработанных нормативно-методических документов по оценке функциональной надёжности ряда профессиональных категорий работников организаций, эксплуатирующих радиационно и ядерно опасные производства и объекты в области использования атомной энергии. В ходе исследований разработаны инновационные технологии и предложены аппаратно-программные и информационные средства для психофизиологических обследований с перспективой их применения при мониторинге функциональной надёжности персонала предприятий Госкорпорации «Росатом». Их использование существенно сокращает время проведения психофизиологических обследований на всех этапах медицинского осмотра. Рассмотрены новые подходы, учитывающие бессознательные реакции на предъявляемые стимулы, которые могут повысить качество психофизиологического обследования и корректность оценок индивидуальности работников атомной отрасли.

Монография предназначена для широкого круга специалистов, участвующих в реализации системы медико-психофизиологического сопровождения профессиональной деятельности работников радиационно и ядерно опасных производств, обслуживаемых медицинскими организациями ФМБА России, преподавателей, аспирантов, осуществляющих подготовку медицинских работников, психологов, психофизиологов и физиологов для работы в лабораториях (кабинетах) психофизиологического обследования медицинских организаций, центров профпатологии ФМБА России и лабораториях профессиональной надёжности организаций ГК «Росатом».

Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории психофизиологического обеспечения персонала радиационно-опасных производств ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России О.О. Пешковой, Е.В. Мирошник, А.А. Косенкову, М.В. Тараненко, за активное участие в обработке данных, обсуждении материалов монографии, замечаниях и предложениях, редактировании, без которых монография не была бы подготовлена и представлена общественности.

ISBN 978-5-93064-222-3

© ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И.Бурназяна  
ФМБА России, 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Введение</i> .....	5
<i>Список сокращений и условных обозначений</i> .....	7
<i>Термины и определения</i> .....	8
<i>Глава 1 Проблемы оценки функциональной надёжности работников организаций, эксплуатирующих объекты в области использования атомной энергии</i> .....	9
<i>1.1 Современное состояние проблемы оценки и прогнозирования функциональной надёжности</i> .....	9
<i>1.2 Основные направления научно-методического обеспечения по организации и проведению психофизиологического обследования персонала радиационно-опасных производств с учётом тенденций развития отечественной и зарубежной науки и техники</i> .....	19
<i>1.3 Анализ методов и методик оценки и прогнозирования функциональной надёжности</i> .....	23
<i>Глава 2 Качественные и количественные критерии принятия решения об уровне функциональной надёжности работников, свидетельствующие о наличии (отсутствии) противопоказаний к профессиональной деятельности</i> .....	40
<i>2.1 Качественные и количественные критерии нарушения функциональной надёжности</i> .....	40
<i>2.2 Критерии принятия решения о наличии (отсутствии) противопоказаний к профессиональной деятельности</i> .....	51
<i>2.3 Индикаторы нарушения функциональной надёжности работников ОИАЭ в медицинских организациях ФМБА России</i> .....	63
<i>Глава 3 Методическое обеспечение оценки функциональной надёжности работников основных профессиональных категорий в медицинских организациях ФМБА России</i> .....	68
<i>3.1 Оценка и прогнозирование функциональной надёжности работников при прохождении плановых медицинских осмотров и психофизиологических обследований в медицинских организациях ФМБА России</i> .....	68
<i>3.2 Результаты апробации методического обеспечения системы оценки, прогнозирования и управления функциональной надёжностью</i> .....	73

<i>Глава 4 Концепция системы оценки, прогнозирования и управления функциональной надёжностью в рамках совершенствования психофизиологического обеспечения работников организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты в области использования атомной энергии в медицинских организациях ФМБА России</i> .....	74
<i>Введение</i> .....	74
<i>4.1 Общие положения</i> .....	75
<i>4.2 Термины и определения</i> .....	76
<i>4.3 Состояние проблемы</i> .....	77
<i>4.4. Цели и задачи</i> .....	78
<i>4.5 Принципы формирования Концепции</i> .....	78
<i>4.6 Пути реализации концепции</i> .....	79
<i>4.7 Основные направления исследований</i> .....	80
<i>4.8 Ресурсное обеспечение</i> .....	81
<i>4.9 Ожидаемые результаты</i> .....	81
<i>Заключение</i> .....	81
<i>Список литературы</i> .....	83

## Введение

Потребность в изучении современного состояния проблемы оценки и прогнозирования функциональной надёжности работников организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты в области использования атомной энергии (далее – ОИАЭ) в медицинских организациях ФМБА России обусловлена необходимостью снижения «рисков катастрофического поведения сложных систем» (Гаенко В.П., 2014) [1, 2, 3].

Анализ рисков чрезвычайных ситуаций [4, 5, 6, 7, 8, 9 и др.] на потенциально опасных объектах техногенной сферы показывает, что тяжесть последствий аварий постоянно растёт, а возможности парирования угроз оказались ограниченными. Основной причиной этому является «человеческий фактор». Оценка и управление антропогенными рисками является одной из основных мер предупреждения техногенных аварий. Это обеспечивается внедрением систем медико-психофизиологического сопровождения специалистов, управляющих не только потенциально опасными технологиями, но и участвующих в ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций [10, 11, 12 и др.].

Функциональное состояние человека характеризуется выполнением конкретной деятельности, в конкретных условиях, с конкретным уровнем фоновой активности ЦНС. А.Б. Леонова подчеркивает, что понятие функционального состояния вводится для характеристики эффективностной стороны деятельности или поведения человека. Речь идёт о возможностях человека, находящегося в том или ином состоянии, выполнять определённый вид деятельности.

При этом в многочисленных работах ведущих специалистов по изучению факторов, влияющих на оценку функциональной надёжности (далее – ФН) [13], отмечается превалирующая роль психофизиологических показателей [11, 14, 15, 16, 17 и др.] при формировании интегральной оценки профессиональной надёжности работника (персонала). Такая оценка может рассматриваться как количественная характеристика угрозы безопасности предпрятию со стороны работника, обусловленная антропогенной уязвимостью оборудования и технологических процессов, а также несоответствием социально-биологических характеристик (профессиональной подготовленности, профессиональной успешности, профессионального здоровья) работника требованиям профессиональной деятельности. Это обуславливает важность не только оценки, но и мониторинга получаемой психофизиологической информации, который позволяет оценивать их динамику, тем самым, повышая вероятность выявления отклонений, имеющих значение при принятии решений о наличии (отсутствии) медицинских противопоказаний к профессиональной деятельности.

На основании этих исследований, практики содержательного анализа результатов оценки и прогнозирования функциональной надёжности работника показано, что удобно и вполне допустимо, рассматривать три условно отдельных параметра – психофизиологические, психические и физиологические, которые при интегрировании позволяют оценить уровень психофизиологической адаптации (ПФА), а также уровни профессиональной надёжности и профессиональной успешности [2, 18, 19].

Опыт медицинского обеспечения профессиональной деятельности специалистов операторского профиля и результаты научных исследований в различных областях медицины, направленные на обеспечение эффективной работы,

свидетельствуют о необходимости учёта информации о функциональном состоянии при разработке рекомендаций по сохранению здоровья, рационализации режима труда и отдыха (Ушаков И.Б. и др., 2004) [20].

Успешность решения перечисленных и многих других практических задач в значительной степени определяется способами диагностики и прогнозирования функциональных состояний специалистов операторского профиля. Учитывая требования современного законодательства к развёртыванию системы медицинских осмотров персонала предприятий (эксплуатирующих организаций) атомной отрасли в медицинских организациях ФМБА России, развитию лечебно-профилактической работы в целях повышения его профессионального долголетия, возникает потребность в исследованиях и практических выводах о критериях, методах и методиках оценки и прогнозирования функциональной надёжности работников и системной организации результатов.

Несмотря на большое количество исследований в этом направлении, проблема оценки и прогнозирования изменений функционального состояния, выявление связей получаемых оценок с профессиональной надёжностью и, следовательно, с безопасностью эксплуатации объектов в области использования атомной энергии, ожидает своего решения [16, 21, 22, 23 и др.].

### **Список сокращений и условных обозначений**

АН	– аллостатическая нагрузка
АПК	– аппаратно-программный комплекс
АЭС	– атомная электростанция
ВСР	– вариабельность сердечного ритма
ЛПФО	– лаборатория психофизиологического обеспечения
ММИЛ	– методика многостороннего исследования личности
ПА	– профессиональная адаптация
ПЗМР	– простая зрительно-моторная реакция
ПНП	– программа надёжности персонала
ПФА	– психофизиологическая адаптация
ПФО	– психофизиологическое обследование
ПФС	– психофизиологическое состояние
РДО	– реакция на движущийся объект
РОМ	– реабилитационно-оздоровительные мероприятия
СЗМР	– сложная зрительно-моторная реакция
СППР	– система поддержки принятия решения
СЧМ	– система человек-среда-машина
УСК	– уровень субъективного контроля
ФЗ	– Федеральный закон
ФМБА	– Федеральное медико-биологическое агентство
ФН	– функциональная надёжность
ЦМСЧ	– центральная медико-санитарная часть
ЦНС	– центральная нервная система
ЧСС	– частота сердечных сокращений
ЧФ	– человеческий фактор
ЭКГ	– электрокардиограмма
ЭКС	– электрокардиосигнал
ЭЭГ	– электроэнцефалография



## Термины и определения

В монографии применены следующие термины с соответствующими им определениями:

**медицинский осмотр** – комплекс медицинских вмешательств, направленных на выявление патологических состояний, заболеваний и факторов риска их развития (ст. 46 Федерального закона от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ);

**психофизиологическое обследование** – обследование, осуществляемое с целью получения данных о психических, психофизиологических и физиологических качествах работника и уровне его психофизиологической адаптации;

**психофизиологическая адаптация** – системный ответ человека на действие внешних и внутренних стимулов и факторов, направленный на достижение полезного приспособительного результата;

**психическое состояние** – условно выделяемый иерархический уровень функционального состояния, характеризующий способность удовлетворять актуальные потребности и реализовывать связанные с ними значимые цели, обеспечивая соответствие психической деятельности человека, его поведения требованиям профессиональной деятельности;

**психофизиологическое состояние** – это целостная активная реакция личности на внешние и внутренние стимулы, направленная на достижение конечного результата (адаптацию);

**уровень состояния** – характеристика, отражающая степень напряжения регуляторных механизмов оцениваемых функций организма. Высокий уровень состояния соответствует оптимальному, средний – выраженному, низкий – очень высокому (перенапряжение или истощение) уровню напряжения регуляторных механизмов оцениваемых функций организма;

**функциональное состояние** – интегральный комплекс характеристик тех функций и качеств человека, которые прямо или косвенно обуславливают выполнение деятельности;

**функциональная надёжность** – свойство функциональных систем организма работника обеспечивать выполнение предписанных должностных обязанностей в течение определённого времени и с заданным качеством, не снижая «цены» психофизиологической адаптации до недопустимого уровня в штатных и нештатных ситуациях.

## **Глава 1**

### **Проблемы оценки функциональной надёжности работников организаций, эксплуатирующих объекты в области использования атомной энергии**

Наблюдаемый в последнее время интерес к проблеме функциональных состояний работников вызван изменениями в процессе труда, которые оставили в прошлом тяжёлый физический труд и привели к существенной перестройке форм профессиональной деятельности. Особенностью профессиональной деятельности стало преобладание управляющих и контролирующих функций человека в условиях автоматизированного производства, информационной насыщенности труда и увеличению нагрузок на когнитивную и эмоционально-волевыми сферы. В результате возрастает число и продолжительность течения неблагоприятных функциональных состояний, что, в свою очередь, приводит к ухудшению таких характеристик труда, как надёжность, продуктивность, быстрейшее действие, качество работы, и является причиной несчастных случаев, аварий, травм по вине «человеческого фактора» [20, 21, 24, 25, 26, 27 и др.].

Немаловажным аспектом решения этой проблемы является оптимизация функционального состояния человека-оператора с учётом его индивидуальных характеристик и условий функционирования в управляемой технической системе. При этом важно учитывать характеристики, которые, прежде всего, изменяются под влиянием рабочей нагрузки, то есть комплекса факторов, обуславливающих функциональное напряжение организма в процессе труда [18, 28, 20, 30].

#### **1.1 Современное состояние проблемы оценки и прогнозирования функциональной надёжности**

Исследования, направленные на изучение возможностей оценки и прогнозирования функциональной надёжности работников предприятий и организаций, использующих потенциально-опасные технологии, базируются, как правило, на методологии диагностики и прогнозирования функциональных состояний человека [2, 31, 32].

Данный подход разрабатывался ещё В.И. Медведевым, который под функциональным состоянием человека понимал: «Интегральный комплекс наличных характеристик тех функций и качеств человека, которые прямо или косвенно обуславливают выполнение деятельности» [33, 34].

Традиционной областью изучения функциональных состояний в психологии и физиологии является исследование динамики работоспособности и утомления. С физиологической стороны развитие утомления свидетельствует об истощении внутренних резервов организма и переходе на менее выгодные способы функционирования систем: поддержание минутного объёма кровотока осуществляется за счёт увеличения частоты сердечных сокращений вместо увеличения ударного объёма, двигательные реакции реализуются большим числом функциональных мышечных единиц при ослаблении силы сокращения отдельных мышечных волокон и др. Это отражается в нарушениях устойчивости вегетативных функций, снижении силы и скорости мышечного сокращения, рассогласовании в психических функциях, затруднении выработки условных рефлексов.

Утомление приводит к распаду выполнения сложных двигательных навыков. Наиболее выраженными и существенными признаками утомления являются нарушения внимания – сужается объём внимания, страдают функции переключения и распределения внимания, то есть ухудшается сознательный контроль за выполнением деятельности. Вследствие этого замедляется темп работы, нарушаются точность, ритмичность и координация движений.

Со стороны процессов, обеспечивающих запоминание и сохранение информации, утомление, прежде всего, приводит к затруднениям извлечения информации, хранящейся в долговременной памяти. Наблюдается также снижение показателей кратковременной памяти, что связано с ухудшением удержания информации в системе кратковременного хранения.

Эффективность процесса мышления существенно снижается за счёт преобладания стереотипных способов решения задач в ситуациях, требующих принятия новых решений, или нарушения целенаправленности интеллектуальных актов.

По мере развития утомления происходит трансформация мотивов деятельности. Если на ранних стадиях сохраняется «деловая» мотивация, то потом преобладающими становятся мотивы прекращения деятельности или ухода от неё. При продолжении работы в состоянии утомления это приводит к формированию отрицательных эмоциональных реакций, что снижает профессиональную надёжность специалиста.

Функциональное состояние человека, возникающее в каждой конкретной ситуации, всегда уникально. Однако среди многообразия частных случаев, представленных в литературе, достаточно отчётливо выделяются некоторые общие классы состояний:

- состояния нормальной жизнедеятельности;
- пограничные состояния;
- патологические состояния.

Критериями для отнесения состояния к определённому классу служат надёжность и физиологическая цена деятельности. С помощью критерия надёжности функциональное состояние характеризуется с точки зрения способности человека выполнять деятельность на заданном уровне точности, своевременности, безотказности. По показателям цены деятельности даётся оценка функционального состояния со стороны степени истощения сил организма и в конечном итоге влияния его на здоровье человека [34, 35].

Большинство исследователей в настоящее время для оценки и прогнозирования функциональных состояний используют три типа методов: физиологические, поведенческие и субъективные.

К этим методам обычно добавляются показатели работоспособности, получаемые путём прямых профессиографических измерений, либо с помощью экспертных оценок (Седин, 2003) [36].

Физиологические методы рассматриваются многими исследователями в качестве основных. Они в большинстве случаев позволяют раздвинуть рамки условно-рефлекторных и поведенческих подходов в изучении функциональных состояний, а также подойти к исследованию количественных показателей состояний различных функциональных систем (Илюхина В.А., 1986) [35].

Научные основы взаимосвязи качества выполнения деятельности и её физиологической и психофизиологической «цены» заложены в теории функциональных систем П.К. Анохина (Анохин, 1975) и в теории системного квантования поведения К.В. Судакова (Судаков, Лгаян, Вагин и др., 1997).

Практическим следствием указанных теорий являются подтверждённые в многочисленных исследованиях наблюдения, что работникам с высоким уровнем освоения профессиональных навыков свойственна низкая психофизиологическая «цена» выполнения всех операций, входящих в структуру деятельности. Качество выполнения отдельных операций может оцениваться по временным, точностным и другим параметрам, отражающим результативность профессиональной деятельности. При этом доказано, что возрастание и уменьшение сложности операции находит отражение в увеличении и снижении психофизиологической «цены» деятельности [31, 37, 38].

Учитывая важную роль симпатoadреналовой и гипofиз-адреналовой систем в механизмах стрессорных реакций при оценке функциональных состояний, наряду с физиологическими, применяются и биохимические методы. В качестве типичных корреляторов повышенной напряжённости и стресса обычно является увеличение содержания в крови и моче работающего человека 17-оксикортикостероидов, «гормонов стресса» – адреналина и норадреналина (Апчел, Цыган, 1999).

Поведенческие методики исследования функциональных состояний предусматривают использование коротких тестовых испытаний, характеризующих эффективность различных психических процессов. В этом случае проблема оценки функционального состояния выступает как типичная психометрическая задача: описать и количественно оценить происшедшие под влиянием определённых причин сдвиги исследуемых психических процессов.

Основными показателями выполнения психометрических тестов являются успешность и скорость выполнения заданий.

Результативность оценки функциональных состояний значительно возрастает при использовании, наряду с поведенческими методиками, методик субъективной оценки. Перспективность применения субъективных методик в диагностических целях объясняется многообразием проявлений симптоматики различных состояний во внутренней жизни индивида – от хорошо знакомого каждому комплекса ощущений усталости до специфических изменений самоафферентации, возникающих в необычных условиях деятельности. Подтверждая истину этих положений, Геллерштейн С.Г. писал, что субъективные проявления есть не что иное, как отражение состояния объективных процессов в сознании или ощущениях самого человека [39].

Субъективные методики объединены в два основных методических направления: метод опроса (опросник) и метод шкалирования субъективных переживаний.

Среди поведенческих и субъективных методик оценки функциональных состояний наиболее часто применяют методики самооценки состояний по В.А. Доскину, Спилбергеру-Ханину и др.

С помощью простейших методик исследования памяти, внимания и мышления оценивается «интеллектуальный компонент функционального состояния». В исследованиях по определению функционального состояния довольно часто учитывается и сенсомоторный компонент.

Приведённый выше краткий анализ использования физиологических, биохимических, поведенческих и субъективных методик для оценки функционального состояния показывает, что использование одной из них в отдельности не даёт полной и всесторонней информации. Преодолеть этот недостаток можно только путём использования комплексных методов диагностики.

При этом для оценки функциональных состояний рекомендуют использование интегральных оценок, коэффициентов или критериев работоспособности, которые учитывают изменение, как психофизиологических параметров, так и прямых показателей эффективности деятельности.

Проблема оценки функциональных состояний также тесно связана с проблемой их прогнозирования, а точность и долгосрочность прогноза, очевидно, является необходимым условием эффективности упреждающих воздействий [39, 40]. При этом прогнозирование функциональной надёжности рассматривается нами как заключение специалистов о готовности своевременного и качественного выполнения работником профессиональных обязанностей в период до очередного психофизиологического обследования (ПФО) при отсутствии снижения психофизиологической адаптации до недопустимого уровня. Такое положение, на наш взгляд, можно в полной мере отнести к рассматриваемой в данной работе проблеме, т.е. к психофизиологическому обеспечению надёжности человека в экстремальных условиях.

«Знать, чтобы предвидеть. Предвидеть, чтобы действовать», – так сформулировал тесную связь планирования и прогнозирования французский философ XIX столетия Опост Конт [42]. Суть данного изречения в том, что было бы хорошо знать исходное функциональное состояние, чтобы лучше предвидеть и, как следствие, правильно действовать. Ведь известно, что возможность оперативного предсказания последующего функционального состояния обусловлена его закономерной связью с предшествующим. При этом медицинский или психофизиологический прогноз не является окончательной рекомендацией или выбором, это только одна из многовариантных, научно обоснованных оценок. В настоящее время возможности прогнозирования в медицине, психологии и физиологии существенно возросли в связи с использованием современной вычислительной техники и математических методов. Вместе с тем при решении практических задач диагностики и прогноза функциональных состояний нельзя забывать о нелинейной природе связей между различными функциями и свойствами системы психики (Забродин Ю.М. 1983) [43], что повышает требования к используемым математическим моделям (Бобров А.Ф., Седин В.И., Щебланов В.Ю. и др.).

Для получения объективных результатов прогнозирования выбирают методики, наиболее соответствующие объекту прогноза. Прогнозирование функционального состояния, надёжности и эффективности профессиональной деятельности, как и оценка функционального состояния, о которой говорилось выше, не может быть достигнута применением одной какой-либо методики. Использование нескольких методик прогнозирования существенно повышает достоверность прогнозов, одновременно создавая проблемы интегрирования получаемых данных. Тем не менее, только комплексные методы могут решить проблемы прогнозирования в медицине и физиологии.

Так в исследованиях, выполненных в целях изучения возможности и точности прогнозирования развития профессионализма среди персонала смен БЩУ АЭС (Абрамова В.Н., Мельническая Т.Б., Седин В.И.), получены данные, которые под-

тверждают целесообразность выделения наиболее устойчивых во времени показателей психодиагностических методик [44]. Проведенный ретроспективный анализ успешности профессиональной деятельности указанных работников за 18 лет, показал возможность ее прогнозирования на 3-5 лет с удовлетворительной точностью.

Кроме того, достоверность прогнозов значительно возрастает при исследовании взаимосвязи отдельных компонентов функционального состояния с уровнем работоспособности или эффективности деятельности.

В ряде исследований показана важная роль исходного уровня самооценки для правильного понимания закономерностей реагирования человека в стрессовых ситуациях (Пейсахов Н. 1984, Бодров В.А., 2006 и др.) [45, 46]. Авторы связывают это с высокой степенью связи уровня реактивной тревожности оператора перед работой с эффективностью его деятельности в режиме экстремальной информационной нагрузки, а также у лётного состава корабельной авиации с условиями их профессиональной деятельности, прогностичность с показателями интеллектуальной сферы, в частности, кратковременной памяти, внимания, мышления, скорости переработки информации, показателей сенсомоторики, типа ВИД в эффективности военно-профессиональной и спортивной деятельности [46].

Наглядным примером индивидуального и группового прогнозирования по исходному функциональному состоянию является прогнозирование спортивных результатов в зависимости от форм предстартового состояния спортсмена или спортивной команды. Так, повышению спортивных результатов способствует состояние готовности – умеренное эмоциональное возбуждение. Состояние стартовой лихорадки – резко выраженное возбуждение способствует как повышению, так и понижению спортивных результатов, а стартовая апатия – угнетение и депрессия – ведет к снижению спортивных результатов. Анализ рассмотренных положений показывает, что существует реальная возможность прогнозирования последующей деятельности по исходному функциональному состоянию [47].

Из выше изложенного возможен вывод о том, что функциональное состояние как объект диагностики и прогнозирования надёжности должно рассматриваться в качестве иерархической системы. К высшему уровню относится субъективный компонент, отражающий личностное отношение человека к самому себе и окружающему (Апчел В.Я., Цыган В.Н., 1999).

На втором и третьем местах, как отмечают авторы, находятся соответственно интеллектуальный и сенсомоторный компоненты, характеризующие наличный уровень способностей индивида к деятельности.

Четвёртое место в иерархии занимает физиологический компонент, информирующий о функциональных резервах и «цене» предстоящего состояния и правильном соотношении его со структурой предстоящей деятельности. В связи с вышеизложенным о возможности прогнозирования функциональных (стрессовых) состояний, нами высказана гипотеза о том, что интимные механизмы психофизиологического обеспечения стрессоустойчивости и прогностические признаки его зависят от исходного функционального состояния организма и заложены в нём [48, 49, 50].

Чрезмерное напряжение физиологических и психологических ресурсов человека является потенциальным источником донозологических отклонений, возникновения различных заболеваний, сведения о которых должны также

анализироваться. Именно на этом основании выделяются нормальные, пограничные и патологические состояния.

Наличие пограничных состояний у работника может привести к болезни. Так, типичными следствиями длительного переживания стресса являются болезни сердечнососудистой системы, пищеварительного тракта, неврозы. Это подтверждено и исследованиями, проводимыми специалистами 23 лаборатории ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России, отражёнными в настоящей работе [2].

Хроническое переутомление является пограничным состоянием по отношению к переутомлению – патологическому состоянию невротического типа. Поэтому все пограничные состояния в трудовой деятельности относятся к категории недопустимых. Они требуют введения соответствующих профилактических мер, реабилитационно-оздоровительных мероприятий (РОМ), в разработке которых совместно с врачами непосредственное участие должны принимать психофизиологи, клинические психологи [49].

Другая классификация функциональных состояний строится на основании критерия адекватности ответной реакции человека требованиям выполняемой деятельности [41]. Согласно этой концепции, все состояния человека делят на две группы – состояния адекватной мобилизации и состояния динамического рассогласования.

Состояния адекватной мобилизации характеризуются соответствием степени напряжения функциональных возможностей человека требованиям, предъявляемым конкретными условиями деятельности (Леонова, 1984). Оно может нарушаться под влиянием самых разных причин: продолжительности деятельности, повышенной интенсивности нагрузки, накопления утомления и т.д. Тогда возникают состояния динамического рассогласования. Здесь усилия, как отмечает автор, превышают необходимые для достижения данного результата деятельности.

Анализ состояний человека в процессе длительно выполняемой работы обычно ведётся с помощью изучения фаз динамики работоспособности, внутри которых специально рассматриваются формирование и характерные особенности утомления. Характеристика деятельности с точки зрения величины затрачиваемых на работу усилий предполагает наличие регуляторных реакций компенсирующих различные уровни напряжённости деятельности.

При этом регуляторные реакции, психическая деятельность, система отношения и т.д., которые возникли в процессе онтогенеза в конкретных экологических и социальных условиях и их функционирование в границах оптимума не требует значительного нервно-психического напряжения [52, 53].

П.С. Граве и М.Р. Шнейдман пишут, что человек находится в адаптированном состоянии тогда, «когда его внутренний информационный запас соответствует информационному содержанию ситуации, т.е. когда система работает в условиях, где ситуация не выходит за рамки индивидуального информационного диапазона» [54]. Однако адаптированное состояние сложно определить, потому что грань, отделяющая адаптированную (нормальную) психическую деятельность от патологической, не похожа на тонкую линию, а скорее представляет собой некий широкий диапазон функциональных колебаний и индивидуальных отличий. Это налагает необходимость проведение исследований для выявления связей функциональных колебаний и заболеваемости, что представляется воз-

можным с развитием медико-психофизиологического обеспечения в медицинских организациях ФМБА России, наполнения баз данных соответствующей информацией [51].

Одним из признаков адаптации является то, что регуляторные процессы, обеспечивающие равновесие организма как целого во внешней среде, протекают плавно, слаженно, экономично, т. е. в зоне «оптимума». Адаптированное регулирование обуславливается длительным приспособлением человека к условиям окружающей среды, тем, что в процессе жизненного опыта он выработал набор алгоритмов реагирования на закономерно и вероятно, но относительно часто повторяющиеся воздействия («на все случаи жизни»). Иными словами, адаптированное поведение не требует от человека выраженного напряжения регуляторных механизмов для поддержания в определённых границах как жизненно важных констант организма, так и психических процессов, обеспечивающих адекватное отражение реальной действительности.

Это подтверждено в исследованиях, выполненных в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России. При решении проблем, связанных с необходимостью оценивать надёжность профессиональной деятельности персонала предприятий атомной промышленности, предрасположенности к заболеваниям, психосоматическим нарушениям и оценки эффективности РОМ, была принята разработанная методология психофизиологической адаптации.

Основной целью психофизиологических обследований работников, как декларируется в приказе Минздрава РФ 2020 г. №749н<sup>1</sup>, а также в различных методических рекомендациях, например, Методические рекомендации Р ФМБА России 2.2.9.84-2015, и указаниях, является выявление психофизиологических отклонений, которые могут свидетельствовать о наличии 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.

Такая цель может достигаться, если психофизиологические отклонения, которые выявляются с помощью психологических, психофизиологических и физиологических методик, рассматривать как результат системных характеристик реакций организма работника на факторы жизнедеятельности, ведущей из которых является уровень ПФА работника.

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. Несмотря на наличие многочисленных определений феномена адаптации, объективно существует несколько её основных проявлений, которые позволяют утверждать, что адаптация это:

---

<sup>1</sup> Об утверждении требований к проведению медицинских осмотров и психофизиологических обследований работников объектов использования атомной энергии, порядка их проведения, перечня медицинских противопоказаний для выдачи разрешения на выполнение определённых видов деятельности в области использования атомной энергии и перечня должностей работников объектов использования атомной энергии, на которые распространяются данные противопоказания, а также формы медицинского заключения о наличии (отсутствии) медицинских противопоказаний для выдачи разрешения на выполнение определённых видов деятельности в области использования атомной энергии



- 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 (личность).

Как известно адаптация имеет большое жизненное значение для организма человека, 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 др. 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 современной психофизиологии и психологии человека, и непосредственно связано с проблемой адаптации [55].

Наиболее адекватным для рассмотрения психофизиологических аспектов адаптации работающего человека мы считаем определение, данное А.Б. Леоновой и В.И. Медведевым [33, 56]. Они определяют функциональное состояние как «интегральный комплекс характеристик тех функций и качеств человека, которые прямо или косвенно обуславливают выполнение деятельности». В указанном термине сочетаются основные аспекты психофизиологии, касающиеся изучения и оценки психических и физиологических явлений и процессов, протекающих в организме человека [57].

Опираясь на теорию функциональных систем П.К. Анохина [58] мы определяем психофизиологическую адаптацию как системный ответ человека на действие внешних и внутренних стимулов и факторов, направленный на достижение полезного приспособительного результата и рассматриваем её как критерий оценки донозологических нарушений в состоянии здоровья при медицинских осмотрах.

Важность изучения ПФА работника при прохождении медицинских осмотров определяется тем, что в настоящее время указанные осмотры в основном направлены на выявление заболеваний – состояние здоровья работника изучается с использованием традиционного клинического подхода. Оценка же и уровня ПФА позволяет получить дополнительную информацию о наличии так называемых донозологических состояний [59].

Заболевание (как результат нарушения гомеостаза организма и как проявления его реакции на это повреждение) встраивается в нозологическую классификацию, которая направляет мышление врача в определённое русло. Каждый признак или симптом должен быть «уложен» в определённую ячейку современного нозологического классификатора видов и форм патологии («Международного классификатора болезней»). Общая схема лечения определяется нозологической формой патологии с учётом стадии болезни и её тяжести. Во многих случаях после установления диагноза врач как бы отделяет себя от

всего, что касается причин заболевания или тех факторов, которые явились условием его развития. Он сосредоточивает своё внимание на патогенетических механизмах, т. е. на внутренних процессах, происходящих в организме после начала болезни. Следовательно, принимая в целом формулу здоровья как отражение удовлетворительного уровня приспособления к условиям окружающей среды, клиническая медицина оставляет это определение за пределами своего внимания, поскольку при этом воздействующие на организм факторы не носят повреждающего характера.

Причиной этого, по-видимому, является то что, имея дело преимущественно с выраженными и тяжёлыми формами заболеваний, практическая медицина не всегда имеет возможность уделить внимание самым начальным проявлениям болезни, как правило, не заявленные пациентом. Вопросами изучения предболезни клиницисты начали заниматься сравнительно недавно, хотя латентные и субклинические стадии заболеваний выделяются давно.

Их глубокое изучение с учётом этиологических факторов было фактически начато И.В. Давыдовским [60]. Сейчас понятие «предболезнь» в подавляющем числе случаев связывается с началом конкретного заболевания. Так, говорят о предраковых заболеваниях, предынфарктном состоянии, предгипертоническом состоянии.

Клиницисты, как правило, изучают и развивают проблему предболезни с позиций нозологического подхода. При этом основное внимание обращается на изменения в организме, которые можно рассматривать как начальное звено патогенеза определённого заболевания [5, 61, 62]. Такой патогенетический подход к предболезни значительно более прогрессивен, чем подход симптоматический или даже синдромальный, связывающий преморбидные состояния с вероятным в будущем заболеванием на основе одного лишь анализа фактического сочетания имеющихся патологических признаков и симптомов. Здесь важно отметить, что отсутствие прогнозов или симптомов, которые можно интерпретировать в терминах патологии, с точки зрения клинициста даёт основание отнести пациента к категории здоровых людей. Например, такие распространённые признаки, как физическое или умственное переутомление, либо находятся за пределами клинической интерпретации, либо рассматриваются как симптомы уже имеющих или развивающихся заболеваний.

Важно отметить, что предболезнь рассматривается врачом как начальная стадия определённого заболевания, которое должно закономерно развиваться у пациента в будущем. Поэтому в картине преморбидного состояния, прежде всего, «находят» черты будущего (вероятного) заболевания. Появились специальные названия нозологических форм, являющихся предболезненными состояниями по отношению к другим формам. Например, вегетососудистая дистония – предшественник гипертонической болезни.

Основная дилемма в клиническом подходе к проблеме предболезни заключается в определении точки начального отсчёта, т.е. того момента, когда уже можно «включить» наблюдаемые у пациента изменения в рамки официально выделенной конкретной нозологической формы. Специфика каждой из предболезней формируется в представлении врача определённые минимальные наборы признаков и симптомов, необходимые и достаточные для того, чтобы говорить о наличии того или иного преморбидного состояния.

Согласно представлениям Р.М. Баевского и В.П. Казначеева [63, 64], при переходе от донозологических состояний к болезни выделяются два вида преморбидных состояний: 1 – преморбидные состояния с преобладанием неспецифических изменений, 2 – преморбидные состояния с преобладанием специфических изменений. Эти два состояния введены нами в концептуальную модель организации медико-психофизиологического обеспечения.

Поскольку в понимании клиницистов болезнь связывается с наличием специфических изменений, позволяющих поставить конкретный диагноз, то только второй тип преморбидных состояний может считаться предболезнью в клиническом понимании этого понятия. В то же время, поскольку развитие заболевания является непрерывным процессом снижения приспособительных свойств и процессов организма, наступает переход от первого ко второму виду преморбидных состояний, а затем и к болезни. Следовательно, в данном случае именно снижение адаптационных возможностей организма выступает в качестве главного причинного фактора развития болезни.

В связи с вышеизложенным следует говорить о предрасположенности к тем или иным заболеваниям как о факторах риска. Основной причиной реализации этой предрасположенности является снижение адаптационных возможностей организма [52, 62, 63]. Разнообразные внешние и внутренние факторы риска выступают в качестве условий перехода с одной ступени «лестницы состояний» на другую [65]. Переход от неспецифического преморбидного состояния к специфическому обусловлен трансформацией одного из факторов риска, предрасполагающих к определённому виду патологии, в причинный фактор. Такая трансформация происходит в результате преобладания условий, способствующих развитию заболевания, над условиями, препятствующими его развитию. Вопрос о трансформации факторов риска в причинные должен обсуждаться и в рамках донозологических подходов, поскольку резкое усиление силы воздействия одного из факторов риска может быть причиной перехода организма на одну-две ступени вниз по «лестнице состояний» [65].

Донозологическая диагностика рассматривает снижение адаптационных возможностей организма в качестве ведущей причины возникновения и развития болезней. При этом естественный (возрастной) процесс снижения адаптационных возможностей ускоряется или замедляется воздействием разнообразных внешних и внутренних факторов риска, отдельные из которых при их кратковременном, резком усилении могут становиться причинными факторами различных расстройств, нарушений и даже патологических состояний. Однако каждая конкретная болезнь имеет свой конкретный причинный фактор, а снижение адаптационных возможностей по отношению к конкретным заболеваниям является одним из факторов риска. Подобная двойственная природа одного из важнейших показателей здоровья – адаптационных возможностей организма – вполне закономерна и обусловлена переходом количественных изменений в качественные.

Практическим результатом оценки уровня ПФА при прохождении работниками ОИАЭ медицинских осмотров, является возможность донозологической оценки риска возникновения психосоматических расстройств. Это повышает их профилактическую направленность. Данные о напряжении механизмов психофизиологической адаптации должны учитываться при выборе РОМ, назначаемых по результатам медицинских осмотров.

Всё это позволяет сделать вывод о том, что для достоверного прогнозирования любой профессиональной деятельности по исходному функциональному состоянию необходима комплексная его оценка с учётом многих компонентов. Таким образом, индивидуальное и групповое прогнозирование эффективности деятельности по исходному функциональному состоянию является комплексной психофизиологической и медико-биофизической проблемой.

## **1.2 Основные направления научно-методического обеспечения по организации и проведению психофизиологического обследования персонала радиационно-опасных производств с учётом тенденций развития отечественной и зарубежной науки и техники**

Сохранение здоровья работающего контингента, наряду с обеспечением должной надёжности его деятельности представляет приоритетное направление государственной политики в области трудовых отношений, охраны труда и обеспечения работодателем здоровых и безопасных условий труда [61, 69], профилактики профессиональной заболеваемости, поскольку с трудоспособным населением связан экономический подъём государства [70]. Во многом этому способствуют медицинские осмотры. Составной частью медицинских осмотров работников предприятий атомной отрасли являются обязательные ПФО, проведение которых с 2011 года возложено на медицинские организации ФМБА России, обслуживающие эти предприятия [71], что и послужило началом развития медицинской психофизиологии.

Основной целью ПФО работников атомной отрасли является выявление психофизиологических отклонений, которые могут свидетельствовать о наличии противопоказаний для продолжения работы, связанной с воздействием вредных и (или) опасных производственных факторов.

Такая цель может достигаться, если психофизиологические отклонения (противопоказания), которые выявляются с помощью психологических, психофизиологических и физиологических методик, рассматривать как результат системных характеристик реакций организма на факторы жизнедеятельности, ведущей из которых является уровень ПФА работника.

По результатам проведённого анализа в рамках научно-исследовательской работы<sup>2</sup> выделены три наиболее приоритетных направления по обеспечению организации и проведения психофизиологического обследования персонала радиационно-опасных производств:

1. Повышение ядерной и радиационной безопасности предприятий, курируемых ФМБА России, за счёт оценки и управления функциональной надёжностью персонала в медицинских организациях ФМБА России.
2. Сохранение и поддержание профессионального здоровья лиц, проводящих радиационно и ядерно-опасные работы.
3. Совершенствование методической базы проведения психофизиологического обследования.

---

<sup>2</sup> Разработка системы оценки, прогнозирования и управления функциональной надёжностью в рамках совершенствования психофизиологического обеспечения работников организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты в области использования атомной энергии в медицинских организациях ФМБА России» (шифр: «Монитор»)

Направление 1. Повышение ядерной и радиационной безопасности предприятий, курируемых ФМБА России, за счёт оценки и управления функциональной надёжностью персонала в медицинских организациях ФМБА России.

Необходимость реализации этого направления обусловлена не снижающимся количеством инцидентов и аварий (до 75-80%) по вине человеческого фактора (ЧФ) на фоне увеличения масштабов ущерба, выливающегося в серьёзные экономические и социальные потери. Это в значительной степени обусловлено не уменьшающимся числом работников на предприятиях, имеющих сниженный уровень психофизиологической адаптации (свыше 30% от общего числа работающих), не всегда высокой профессиональной подготовкой, особенно в нестандартных ситуациях и недостаточным уровнем культуры безопасности [72].

Наше понимание решения проблемы ЧФ, традиционно сфокусированное на всестороннем рассмотрении человека (персонала, работника) в сложных системах, в большей степени ориентировано на её гигиенических и психофизиологических аспектах, чем это принято в методологических подходах западных исследователей. Например, в США, где основной акцент приходится на инженерно-психологическую компоненту (HUMAN FACTORS & HUMAN FACTORS engineering) и, в меньшей степени, в Европейских странах в рамках термина «эргономика». Параллельно в мировых исследовательских центрах происходит накопление данных о паттернах поведения работников и характеристиках их профессиональной деятельности в зависимости от классов и типов систем [73, 74, 75 и др.].

Получаемая информация послужила основой для разработки требований контроля за персоналом, предъявляемым, например, в Великобритании и США к лицам, работающим с расщепляющимися материалами, реакторами, отработавшим ядерным топливом. В них предусматривается необходимость обеспечения адекватной надёжности работников, физические или психически ослабленных, вследствие любой причины, включая утомление, которая может привести к снижению уровня здоровья и безопасности [76]. При этом регламентировано обязательное проведение специальной процедуры тестирования для выявления коренных причин ошибочных действий работника. По мнению руководства Центра изучения надёжности человеческого фактора Ок-Риджского института науки и образования, серьёзные нарушения ядерной безопасности по вине персонала возможны по следующим причинам: болезни, нарушения физических функций организма; нарушения психологического состояния человека, в частности, резкие изменения эмоциональных проявлений; злоупотребление алкоголем и алкогольная зависимость; употребление запрещённых наркотиков (Седин, Колючкин, 2004) [77]. В Британском руководстве по оценке производственной деятельности в качестве причин, связываемых с возможностью совершения ошибок, указаны усталость, эмоциональный стресс, заболевание, когнитивные ошибки, включающие потерю контроля над ситуацией, интеллектуальные ошибки и др.

При работе в сложных условиях характеристики, которые необходимо учитывать для предотвращения возможных ошибок, расширяются и включают показатели памяти, моторики, внимания и перцепции. Это вполне соответствует методологическому подходу авторов к выявлению работников с неблагоприятным прогнозом их профессиональной надёжности.

Понимание важности проблем, связанных с безаварийной эксплуатацией предприятий, использующих потенциально-опасные технологии, привело к созданию специальной программы – программы надёжности персонала (ПНП). ПНП – программа правительства США, созданная специально с целью уменьшения угрозы национальной безопасности со стороны внутренних нарушителей посредством пристальной и постоянной оценки качества отбора и контроля персонала, привлекаемого к работам с ядерными материалами и системами. Программа предназначена для: обеспечения сохранности ядерных ресурсов; доведения до сознания специалистов степени их личной ответственности за ядерную безопасность; уменьшения внутренней угрозы нарушения порядка работы с ядерными материалами (Седин, Колючкин, 2004).

В отношении подходов, методов и моделей, ориентированных на получение количественной оценки надёжности деятельности человека, подавляющее большинство авторов разработок понятий «надёжность деятельности человека», «надёжность человека-оператора», «надёжность человеческого фактора» понимает как распространённое на новый класс систем (биологических), методов и критериев, разработанных в технических науках. Надёжность технических систем рассматривается как комплексное свойство, включающее безотказность, восстанавливаемость, сохраняемость, долговечность и др.

Автоматический перенос теории надёжности технических систем на биологические объекты привел к использованию вероятности отказа, безошибочности и своевременности выполнения работы в качестве основных критериев надёжности человеческого фактора, профессиональных действий и операций. Но отказ в живой системе не сводится просто к отказу одной или нескольких её составляющих, как это имеет место в технических системах. Необходимое качество деятельности может обеспечиваться разнообразными уровнями и путями реализации процессов жизнедеятельности, допускающими возможность сохранения качества системы через функциональные перестройки. При этом увеличение числа взаимодействующих элементов в биологической системе не только не снижает надёжность, что следовало бы ожидать по классической теории, но, напротив, способствует её росту.

Эти принципиальные положения отличают используемый нами методологический инструментарий от традиционно предлагаемого в соответствующих руководствах и других регламентирующих документах, используемых в решении проблем человеческого фактора в организационно-технических системах радиационно и ядерно опасных производств Великобритании и США. В соответствии с развиваемыми нами на протяжении ряда лет представлениями, подтверждёнными практическими данными, полученными при исследовании роли ЧФ в обеспечении безопасности наиболее развитых производств, адекватно учитывающих специфику биообъекта (человека) можно считать следующее определение: «Под надёжностью деятельности понимается способность человека выполнять предписанные функции своевременно с заданным качеством при сохранении в допустимых пределах психофизиологической «цены» этой деятельности» (Щебланов, Бобров, 1998).

В отношении прогноза развития данного направления многолетняя мировая практика накопила опыт различных подходов к определению причины и природы человеческой ошибки. Выработаны стратегии аналитической деятельно-

сти, в основе которых лежит вероятностная (статистическая оценка возможности ошибки человека), либо детерминистические методы вычисления ошибки, как неизбежного результата конкретных условий.

В программе учёта ЧФ в США анализ надёжности работника предлагается рассматривать одним из двенадцати элементов. Анализ надёжности человека (HRA), являясь составной частью полной рекомендуемой вероятностной оценки риска (PRA), направлен на оценку вероятности человеческой ошибки, которая может повлиять на безопасность, например, атомной станции. Таким образом, это – существенный элемент в арсенале средств, ориентированных на достижение учёта человеческих факторов (HFE). Цель HFE – обеспечить минимизацию ошибок персонала, через процедуры их обнаружения и последующего исправления. При всех достоинствах данного подхода необходимо учитывать многочисленные наблюдения, когда каждая ошибка персонала носит единичный неповторимый характер, что, по нашему мнению, резко снижает его эффективность.

Рассчитать время появления ранее не встречавшейся ошибки человека вероятностными методами не представляется возможным. Нами используется также и «перспективный, или проактивный» подход (в отличие от «ретроспективного», предусматривающего извлечение уроков из анализа произошедших нарушений), предупреждающий нежелательные события через организационные мероприятия. Эта стратегия рассматривает, например, организационные факторы как опережающие, в проблемах достижения должного уровня безопасности.

В то же время крайне незначительное количество публикаций, посвящённое определению психофизиологической природы ошибок, представляется явно не соответствующим важности проблемы. Очевидно, что природа ошибок человека заключается в специфике его действий, обусловленной мозаикой сознательных и бессознательных механизмов управления всеми психофизиологическими функциями. Так психофизиологический самоконтроль удерживает внимание человека на объекте и координирует рабочие действия на фоне влияния внутренних и внешних для него условий.

Естественным обобщением и развитием понятия «надёжность деятельности» явилось введение нами понятия «профессиональная надёжность работника», понимаемая как надёжность работника, отражающая реализуемую им в профессиональной деятельности способность выполнять предписанные должностные функции при условии соответствия его профессионального здоровья требованиям к профессиональной деятельности.

Базисными компонентами профессиональной надёжности являются:

- профессиональная подготовленность работника;
- профессиональная успешность работника;
- профессиональное здоровье работника.

Несмотря на всю важность оценки ЧФ на радиационно и ядерно опасных предприятиях, в настоящее время нормативная база для оценки и регулирования рисков нарушения профессиональной надёжности персонала отсутствует. Тем не менее, ряд последовательных и серьёзных шагов в данном направлении был предпринят государственными органами. Так Федеральный закон от 08.03.2011г. №35-ФЗ «Устав о дисциплине работников организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты в области использования атомной энергии», (в соответствии со стратегией

ВОЗ, предлагающей рассматривать мониторинг функциональных резервов, донозологическую диагностику на ранних стадиях развития адаптационного синдрома и своевременную коррекцию функционального состояния в качестве наиболее оптимальной методологии охраны здоровья работников, и соблюдения должного уровня антропогенной безопасности) обязывает медицинские организации ФМБА России проводить медицинские осмотры, включающие психофизиологическое обследование персонала обслуживаемых радиационно и ядерно опасных предприятий.

На перспективу внимание к проблемам ЧФ прослеживается и в утверждённом Президентом Российской Федерации документе «Основы государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» (№ Пр-539 от 1 марта 2012г.). В нём указывается, что одной из актуальных задач в области усиления защиты ядерно и радиационно опасных объектов, персонала, населения и окружающей среды является разработка и внедрение принципов и методов культуры безопасности, а также унифицированных средств и методов проведения психофизиологических обследований персонала.

Эти аспекты, безусловно, очень важны, однако для решения проблемы человеческого фактора требуется учёт и оценка ещё и таких качеств персонала, как профессиональная подготовленность, профессиональная успешность, стрессоустойчивость и ряда других. Особое значение приобретают исследования, направленные на системное выявление психофизиологических закономерностей, влияющих на профессиональную надёжность, возможности решения проблем, связанных с её оценкой и долгосрочным прогнозированием в условиях влияния большого количества переменных на объект исследования. Именно эти вопросы требуют глубокой системной проработки по ряду междисциплинарных направлений, включая разработку математического аппарата, позволяющего с учётом всего изложенного проводить количественную оценку антропогенного риска.

### **1.3 Анализ методов и методик оценки и прогнозирования функциональной надёжности**

Анализ методов и методик оценки и прогнозирования функциональной надёжности в рамках совершенствования психофизиологического обеспечения работников ОИАЭ в медицинских организациях ФМБА России показал, что существует достаточно большое количество аппаратно-программных комплексов, психодиагностических методик, предложенных авторами для изучения психофизиологических особенностей работников и их динамики.

Опыт проведения ПФО в рамках медицинских осмотров (в соответствии с федеральным законом от 08.03.2011г. №35-ФЗ) позволил сделать вывод о целесообразности использования пакета психологических, психофизиологических и физиологических методик<sup>3</sup> одобренных Минздравом России для оценки уровня психофизиологической адаптации. Психофизиологическая адаптация, в представленном виде отражает характер энергетического и информационного приспособлений работника к процессу выполнения профессиональных обязанностей, что

<sup>3</sup> Методические указания по проведению медицинских осмотров и психофизиологических обследований работников объектов использования атомной энергии. – М., 1998г.



сближает наши представления с пониманием сущности функциональной надёжности такими исследователями надёжности, как Бодров В.А., Орлов В.Я., Никифоров Г.С. [78, 79]. При этом, психофизиологическая адаптация рассматривается нами как системный ответ организма человека на действие внешних и внутренних стимулов и факторов, направленный на достижение полезного социально-биологического приспособительного результата.

Поиск адекватных задач методов и методик оценки и прогнозирования функциональной надёжности и их анализ в рамках совершенствования психофизиологического обследования работников, чья профессиональная деятельность осуществляется в области использования атомной энергии, показал большое количество источников, описывающих использование различных методик, в основе которых лежит интерпретация физиологических, психофизиологических и психологических показателей. Однако, несмотря на их обилие, остаются вопросы к научно доказанным возможностям объективного контроля уровня функциональной надёжности работников, чьи должностные обязанности реализуются в сложных социотехнических системах.

Эти вопросы затрагивают и определение термина «функциональная надёжность», определяющего предметную область поиска и без чего невозможен анализ методов и методик оценки и прогнозирования функциональной надёжности.

Функциональная надёжность, как отмечалось выше, является производным от определений функционального состояния (Медведев, 1982) «как интегральный комплекс наличных характеристик тех функций и качеств человека, которые прямо или косвенно обуславливают выполнение деятельности» и устоявшегося в психофизиологии определения «Профессиональная надёжность» [56]. Таким образом, функциональная надёжность может рассматриваться, как свойство функциональных систем организма оператора обеспечивать его динамическую устойчивость в выполнении профессиональной задачи в течение определенного времени и с заданным качеством в возможно усложняющихся условиях деятельности.

Данное свойство проявляется в адекватных требованиях профессиональной деятельности к уровню развития профессионально значимых психических и физиологических функций и механизмов их регуляции в нормальных и экстремальных условиях.

Это понятие, как отмечают Бодров В.А. и Орлов В.Я., «имеет двойное смысловое содержание:

- во-первых, оно определяет относительно самостоятельную и важную роль в обеспечении профессиональной надёжности оператора, состояния функциональных систем его организма и профессионально важных функций;

- во-вторых, это понятие отражает значение надёжности, устойчивости функций организма в условиях профессиональной деятельности, степень адекватности их реагирования на условия и содержание рабочего процесса, уровня гомеостатической и адаптивной регуляции организма в условиях воздействия внешних и внутренних факторов деятельности. Иначе говоря, функциональная надёжность оператора отражает характер его энергетического и информационного приспособлений к процессу управления объектом» [78].

Постоянное совершенствование систем «человек-среда-машина» (СЧМ), сопровождающееся появлением образцов с качественно новыми техническими характеристиками, приводит к возрастанию уровня сложности оборудования, объёма решаемых задач и требует создания новых систем управления ими. неотъемлемой составной частью всех СЧМ является оператор, а качество их функционирования, как известно, напрямую зависит от успешности решения задач профессиональной деятельности оператором. В управлении функционированием СЧМ оператор играет ведущую роль, поэтому качество управления определяется состоянием наличных характеристик тех функций и качеств его организма (в понятие «организмизм» включается не только анатомо-физиологическая, но и психологическая сущность человека), которые прямо или косвенно обуславливают успешное выполнение задач профессиональной деятельности, – функциональным состоянием оператора. При сочетанном воздействии неблагоприятных факторов профессиональной деятельности и иных факторов (рабочая нагрузка) труд операторов становится более напряжённым, что приводит к снижению надёжности и отражается на количестве ошибок, значительная доля которых происходит, в том числе и вследствие нарушений работоспособности оператора.

Изменения затрачиваемых физических и духовных сил оператором при решении задач профессиональной деятельности основаны на особенностях взаимодействия между определённым индивидом и требованиями конкретного задания [70].

Это обстоятельство определяет актуальность разработки проблемы диагностики и оптимизации функционального состояния операторов СЧМ как важнейшей составляющей надёжности их функционирования.

Наиболее ёмкой и, в соответствии с поставленными задачами, исчерпывающей характеристикой человека, работающего в сложных опасных условиях, нам представляется психофизиологическая «цена» выполнения операций, входящих в структуру деятельности. Технологию получения её оценки в разных штатных и экстремальных ситуациях была отработана на многих моделях (Щебланов В.Ю., Бобров А.Ф. и др.).

Изучение влияния различных факторов на функциональную надёжность, среди которых рассматривались как внешние (условия профессиональной деятельности), так и внутренние факторы (психологические, психофизиологические и физиологические особенности работника), показывает реальную возможность поиска корреляционных связей с показателями психофизиологической «цены», определяющими уровни психофизиологической адаптации.

Анализ проблемы повышения надёжности профессиональной деятельности работников, при кажущейся полноте систематизации многочисленных факторов, на неё влияющих, позволяет выделить пять приоритетных направлений её решения (по числу видов профессионального отбора (Седин В.И., 2000), которые позволяют системно рассмотреть проблему подбора методик):

- медицинское, психофизиологическое (медицинский отбор), связанное с контролем, оптимизацией и восстановлением функционального состояния оператора;
- психологическое (психологический отбор), включающее психологические (психофизиологические), социально-психологические характеристики, связанные с профессиональной ориентацией, профессиональной деятель-

ностью, оптимизацией социально-психологического климата в трудовых коллективах и др. Сюда же можно отнести эргономические факторы, связанные с деятельностью в конкретных условиях её осуществления;

- физическое (физический отбор), связанное с физическими характеристиками, включающими выносливость человека, его силовые характеристики;
- социальное (социальный отбор), связанное с «оценкой моральных качеств и мотивов выбора профессии» работником (Никифоров Г.С., 1996);
- психолого-педагогическое (образовательный отбор), включающее совершенствование системы обучения и тренировки, реализация на практике основных принципов педагогики.

Такой взгляд не противоречит ранее введённому понятию «профессиональная надёжность работника». (Щебланов В.Ю., Бобров А.Ф., 1990) [80]:

При этом профессиональная подготовленность работника характеризуется совокупностью показателей, определяющих наличие у него рабочих навыков, знания правил, соответствующих инструкций и умением ими пользоваться при выполнении профессиональной деятельности, которое определяется экспертами.

Профессиональная успешность работника – свойство работника, характеризующее его способность обеспечивать выполнение возложенных на него функций на рабочем месте, в течение рабочего времени в определённых условиях. Оценивается прямыми рабочими показателями и/или экспертными характеристиками качества выполнения реальной деятельности.

В качестве индикатора уровня профессионального здоровья работника предлагается использовать интегральную характеристику его психофизиологической адаптации [37], технология получения количественной оценки которой, была разработана и представлена в методических рекомендациях ФМБА России (Р ФМБА России 2.2.9.84 – 2015).

Совершенствование медико-психофизиологического контроля за специалистами операторского профиля предполагает не только выявление нарушений здоровья, но и диагностику, и, главное, прогнозирование динамики функционального состояния, его изменения, как важнейшей составляющей надёжности профессиональной деятельности. Такой подход в наибольшей степени отвечает потребностям практики, так как его применение позволяет реализовать механизм управления надёжностью профессиональной деятельности за счёт своевременного использования комплексов мероприятий, например, РОМ, направленных на оптимизацию функционального состояния.

Особенностью изучения функциональных состояний является понимание их как реакций, формируемых организмом. Одним из наиболее важных моментов при этом является наличие комплекса причин, определяющих состояние в каждой конкретной ситуации. Функциональное состояние это результат сложной системной реакции организма человека, изменяющейся в процессе регуляции его профессиональной деятельности, являющейся результатом взаимодействия его функциональных систем и отражающейся в психофизиологической цене.

Из этого следует, что диагностика функциональных состояний требует комплексного исследования функций организма, определяющих его состояние применительно к выполнению оператором задач конкретной профессиональной деятельности и целей диагностики.

В соответствии с представлениями классиков, среди встречающихся на практике ситуаций, требующих оценки функциональных состояний, выделяются следующие [81]:

- «– решение о допуске конкретных операторов к выполнению задач профессиональной деятельности (предсменный контроль);
- выявление устойчивых свойств организма оператора, необходимых для надёжного выполнения задач профессиональной деятельности или препятствующих этому;
- определение максимально возможной продолжительности успешного решения профессиональных задач оператором при воздействии на него неблагоприятных факторов условий профессиональной деятельности;
- выявление изменений функциональных состояний оператора при решении им задач профессиональной деятельности;
- объективизация физиологических и психофизиологических явлений, не имеющих выраженного прикладного характера (оценка активации внимания, мотивации и т. п.)».

Эти ситуации могут быть положены в основу классификации имеющихся и вновь создаваемых методов оценки и прогнозирования функциональной надёжности в рамках совершенствования психофизиологического обеспечения работников ОИАЭ в медицинских организациях ФМБА России.

Несомненно, одной из задач промышленного здравоохранения как отмечают (П.В. Стручков, О.С. Цека, Р.Ж. Баранова, Е.К. Миронова, Л.С. Удалова, Н.А. Рудникова, М.Б. Полтанова, А.А. Катырева, К.Е. Голованев и др.) является диагностика заболеваний и оценка состояния здоровья работающего человека [82].

При этом роль функциональной диагностики при медосмотрах сводится к следующему:

- 1) оценке состояния здоровья человека,
- 2) выявлению заболеваний, влияющих на состояние здоровья и работоспособность человека,
- 3) оценке влияния вредных производственных факторов на здоровье,
- 4) прогнозу жизнеугрожающих состояний,
- 5) оценке функциональных резервов организма человека,
- 6) мониторингу состояния здоровья человека [82].

Решению этих разносторонних задач диагностики посвящено много исследований (Александровский Ю.А. [83], Анохин П.К. [84], Генкин А.А., Медведев В.И., Курьянович Е.Н., Кравцов А.И., Баевский Р.М., Берсенева А.П. [63], Ушаков И.Б. [85] и др.). Все направления исследований, предлагаемые авторами методы и методики, дают определённую информацию о соответствующих нарушениях. Однако комплексной оценке функционального состояния человека, связанной с надёжностью его деятельности и полезной для использования в медицинской практике не уделяется достаточного внимания.

Качественная неоднородность (что определяет трудность комплексной оценки различных функциональных состояний) обуславливается, прежде всего, различиями в основных причинах, их вызывающих, и в условиях, в которых осуществляется воздействие факторов условий профессиональной деятельности в каждом конкретном случае [86].

Этот вывод подтверждает методология целого ряда разработанных диагностических комплексов, в основе которой лежит исследование сердечнососудистой системы, потенциалов головного мозга.

Например, портативный малогабаритный регистратор ИН-33 ([https://mtrf.ru/p147544294-kompleks-medikom-kombi.html?utm\\_medium=cpc&utm\\_source=yandex&utm\\_campaign=%5BПоиск%5D+-+Ниже+прайс+-+целевые&utm\\_term=регистратор%20ин%2033&utm\\_content=Медиком-Комби+регистратор+ИН-33&yclid=7146137624166851069](https://mtrf.ru/p147544294-kompleks-medikom-kombi.html?utm_medium=cpc&utm_source=yandex&utm_campaign=%5BПоиск%5D+-+Ниже+прайс+-+целевые&utm_term=регистратор%20ин%2033&utm_content=Медиком-Комби+регистратор+ИН-33&yclid=7146137624166851069)) комплекса с автономным питанием обеспечивает:

- непрерывный анализ электрокардиосигнала;
- выявление и классификацию характерных изменений ритма сердца у человека в условиях повседневной жизнедеятельности;
- текущий анализ и регистрацию в памяти частоты сердечных сокращений и смещения сегмента ST;
- суточную регистрацию в память RR-интервалов; непрерывную регистрацию ЭКС по трем каналам, выдачу результатов обработки и экспресс-анализа в ПК.

Регистраторы МД-01 и МД-01М (<https://www.medicomholter.ru/md-01m>) предназначены для автоматического измерения в течение суток систолического и диастолического артериального давления у пациента через заранее установленные интервалы времени. **Основной метод измерения АД** – осциллометрический. В регистраторе МД-01М реализован дополнительный аускультативный метод по тонам Короткова с использованием специального датчика тонов Короткова.

Комплекс амбулаторного мониторинга артериального давления МД-01М-«ДОН» (<https://all-pribors.ru/opisanie/20271-13-md-01-don-15825>) предназначен для диагностики заболеваний сердечнососудистой системы человека с аномальным уровнем артериального давления и оценки эффективности лечения. Комплекс обеспечивает в течение до 48 часов автоматическое измерение и отображение текущих значений систолического и диастолического артериального давления и частоты пульса через установленные интервалы времени.

Система телемедицинского контроля состояния сердечнососудистой системы пациента «ТЕЛЕГНОМ» (<https://kaluga.tiu.ru/p147549876-sistema-telemeditsinskogo-kontrolya.html>). Она предназначена для длительного (сутки и более) дистанционного контроля состояния сердечнососудистой системы в реальных жизненных условиях и при разных видах физической активности по результатам мониторингирования ЭКГ, суточного мониторингирования артериального давления и ЭКГ покоя.

Комплект оборудования для электрофизиологического исследования сердца «Кэфис» использует метод чрезпищеводной стимуляции сердца в режимах асинхронной и программированной стимуляции, проведения стресс-теста (Комплект оборудования для электрофизиологического исследования сердца «Кэфис» URL: <http://imteh.ru/meditsinskaya-tehnika?id=30> (Дата обращения 20.06. 1017)).

Приведённые выше методы исследования направлены на одностороннее изучение сердечнососудистой системы, которая, несомненно, является интегратором функционального состояния, однако не может претендовать на комплексный вывод о функциональном состоянии как показателе функциональной надёжности.

Среди большого количества физиологических методик оценки функционального состояния человека всё чаще используется электроэнцефалография (ЭЭГ).

По пространственно-временной организации биоэлектрической активности в диапазоне ЭЭГ определяют изменения состояния мозга в соотношении с протеканием того или иного вида приспособительной деятельности. Однако, как показывает накопленный опыт, ЭЭГ адекватна анализу изменений функционального состояния головного мозга в течение секунд и десятков секунд.

Анализ больших массивов данных ЭЭГ (регистрация их в течение часов, дней, месяцев) с учётом её пространственной организации в условиях многоканальной регистрации, как правило, осуществляется путём усреднения результатов и сопряжён с большими трудностями даже при использовании ЭВМ. Кроме того, как справедливо замечает В.А. Илюхина (Илюхина, 1986), нельзя не отметить ограничения информативной значимости ЭЭГ в оценке функционального состояния ЦНС.

В исследованиях, до настоящего времени, не обнаружено сходства динамики биопотенциалов головного мозга человека (в диапазоне ЭЭГ) в существенно различающихся ситуациях. Это, прежде всего, относится к широко распространённому (особенно в неврологической клинике) типу ЭЭГ, т. е. низковольтной, дезорганизованной, полиморфной электроэнцефалограмме, которая с одинаковой вероятностью может регистрироваться и при повышении, и при снижении уровня активации головного мозга. Аналогичные результаты получены при регистрации низковольтной ЭЭГ у одних и тех же испытуемых как в состоянии относительного покоя, так и в предстартовом состоянии. Это может указывать на неспецифичность динамики биопотенциалов как показателя функционального состояния головного мозга.

Более тонким индикатором функциональных состояний ЦНС являются вызванные потенциалы, импульсная активность нейронов и сверхмедленные физиологические процессы. В целом, очевидно, что динамика биоэлектрической активности в диапазоне ЭЭГ, вызванные потенциалы, импульсная активность нейронов и сверхмедленные процессы имеют взаимодополняющее значение для характеристики функциональных состояний головного мозга, его образований и отдельных элементов (Бехтерева Н.П., 1980).

Анализ литературных источников показывает, что для бесконтактной диагностики психофизиологического состояния (ПФС) могут быть использованы технологии, способные дистанционно регистрировать физические явления в организме. К ним, в частности, относятся состояние кровотока в сосудистой сети (артериях и венах, лимфатической системе) и колебательные характеристики тела или его отдельных участков [87].

Дистанционно состояние кровотока может быть оценено с использованием инфракрасных (ИК) и доплеровских приборов.

При дистанционной оценке ПФС человека в работе установлена зависимость теплового излучения с правого и левого виска человека при выполнении различных видов умственной деятельности. Получены критерии оценки психофизиологического состояния человека по данным температуры виска человека. В развитии этого направления предложен способ оценки ПФС по температуре в нескольких зонах: глазных впадинах, в части лба, подбородке, ушных раковинах.

Известны попытки использования доплерографии, как и ИК термографии для идентификации ПФС (путём дистанционной регистрации перемещений кожного покрова с использованием доплеровского локатора) [88]. 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 стандартной диапозоне WiFi сигнала 2,4 ГГц. Указанная технология позволяет выявлять динамические изменения периодических физиологических процессов, таких как протекание пульсовых волн, и определять частоту дыхания.

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. По нашему мнению, более перспективными для бесконтактной оценки ПФС являются методы, связанные с оценкой колебательных характеристик тела или его отдельных участков: оценкой движения.

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

Достоинствами компьютерной стабילוграфии являются комфортность и оперативность обследования, возможность оценивать общее состояние человека. 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. Как психофизиологический метод, стабילוграфия наибольшее применение получила в авиакосмической и спортивной медицине.

Треморография позволяет в комплексе с другими данными подойти к оценке эмоционального состояния, составить суждение об утомлении, наблюдать за динамикой функционального состояния.

К наиболее широко используемым в настоящее время методам бесконтактной оценки движения относится окулография (отслеживание глаз, трекинг глаз; айтрекинг). Айтрекеры можно условно разделить на два типа – надеваемые и дистанционные [89].

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 отраженный от них блик «замешивается» в сигнал от видеокамеры.

Дистанционные айтрекеры внешне имеют вид отдельных блоков, располагаемых перед обследуемым. Конструктивно эти айтрекеры состоят из видеокамер с источниками инфракрасной подсветки, фиксирующих световые блики, отражённые от глаз респондента. Айтрекеры активно разрабатываются для

оценки психофизиологического состояния водителей и машинистов. Для данного контингента также используются устройства дистанционной регистрации микроронаклонов головы.

Разработка 3D сенсоров открыла новые возможности анализа движения. 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 времяпрелётной камеры (удалённость 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 распознавания жестов, а также отслеживания всего тела.

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 и работу, связанную с созданием методики дистанционной определения психофизиологического состояния и самооценки спортсменов-стрелков высшей квалификации [89], выполненную по заказу ФМБА России. В ней дистанционно регистрируемыми показателями психофизиологического состояния являлись частота сердечных сокращений, дыхание и тремор кисти.

Пuls оценивался при помощи анализа когерентных колебаний цветности инфракрасного изображения в 4-х точках на лице и по двум точкам на руках. Дыхание определялось по спектр-картинке времени прелётной и инфракрасной камер с помощью измерения колебаний объёма, занимаемого телом спортсмена. Тремор руки регистрировался через геометрические высокочастотные колебания фокусной точки на запястье стрелка.

В целом можно отметить, что устройства бесконтактной оценки ПФС человека с использованием 3D сенсоров реализованы в виде макетных образцов и пока не имеют коммерческого распространения. Единственными устройствами, доступными для практического использования, являются устройства, оценивающие ПФС на основе технологии виброизображения: параметров рефлекторных движений головы и лица человека [89].

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.

Инновационный метод оценки физиологического состояния, основывающийся на технологии получения виброизображения (Минкин, 2010), является наиболее перспективным инновационным методом бесконтактной диагностики психофизиологического состояния при психофизиологическом обеспечении тренажёрной подготовки лиц опасных профессий. Об этом свидетельствует высокая взаимосвязь параметров виброизображения с качеством деятельности и



показателями электрофизиологических сигналов, установленная по данным тренировки/тестирования лиц, участвующих в обращении с отработавшим ядерным топливом на психофизиологическом тренажёре [89].

Её практическое применение позволяет выявлять наиболее сложные для освоения фрагменты деятельности, индивидуализировать процесс тренажёрной подготовки с вычислением психофизиологической «цены» каждой производственной операции как основного критерия степени освоения профессиональных навыков. На основе анализа практической области применения технологии виброизображения, следует отметить, что она является одной из самых известных технологий обеспечения безопасности в мире [66, 90, 91] и используется службами безопасности различных государств для проведения детекции лжи и выявления потенциально опасных и террористически настроенных людей на различных объектах и мероприятиях. Технология виброизображения защищена 5 патентами РФ, патентами США и Кореи. С помощью систем виброизображения осуществлялся 100% контроль психоэмоционального состояния посетителей Олимпийских игр в Сочи.

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 [90]. Технология виброизображения начинает успешно использоваться специалистами ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России при оценке психофизиологического состояния персонала предприятий ГК «Росатом» [89], а также при организации и проведении постоянного мониторинга функциональной надёжности и психофизиологической адаптации работников радиационно-опасных производств.

Таким образом, разработка методов оценки ПФС работающих лиц с использованием инновационных бесконтактных технологий является актуальной и в перспективе решаемой задачей медицины труда. 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 оценки ПФС активное воздействие на человека ИК излучением, ультразвуковыми сигналами (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 variability сердечного ритма.

Специалистами ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И.Бурназяна совместно с сотрудниками НИИМББ (г. Новосибирск) был разработан программно-аппаратный комплекс (ПАК), реализующий интерактивные имитационные обучающие игры с биологической обратной связью в виртуальной среде с параллельной регистрацией параметров моделируемой деятельности и электрофизиологических по-

казателей. ПАК предназначен для психофизиологической тренажёрной подготовки специалистов Центра по обращению с радиоактивными отходами (РАО) – отделение губа Андреева СЗЦ «СевРАО» – филиала ФГУП «РосРАО», участвующих в операциях по обращению с отработавшим ядерным топливом.

Результаты исследований показывают, что достаточно перспективным направлением психофизиологической диагностики функциональных состояний (функциональной надёжности), а также сопровождение тренажёрной подготовки, что важно рассматривать в рамках психофизиологического обеспечения профессиональной деятельности работников, является использование данных виброизображения с оценкой проявления психофизиологических состояний в поведенческих реакциях, тренируемых/тестируемых [89].

Таким образом, оценка функционального состояния должна проводиться, как исследование особого психофизиологического явления со своими закономерностями, которое заложено в архитектуре функциональных систем организма и проявляется на биохимическом, физиологическом, поведенческом и психологическом уровнях [93].

Функциональное состояние является результатом сложной системной реакции организма оператора, динамически изменяющейся в процессе регуляции его профессиональной деятельности и являющейся результатом взаимодействия функциональных систем организма и, следовательно, требует комплексного исследования функций организма, определяющих его состояние применительно к выполнению оператором задач конкретной профессиональной деятельности.

Данный вывод подтверждается и результатами исследований, проводимых в целях изучения связей оценок функциональных состояний с надёжностью (успешностью, профессиональной пригодностью) человека, прежде всего, оператора (Небылицын В.Д., Ломов Б.Ф., Забродин Ю.М., Бодров В.А., Щепланов В.Ю. и др.).

Основываясь на работах названных исследователей, специалистами лабораторий психофизиологического обеспечения (ЛПФО) АЭС, предложены «комплексные оценочные модули, и разработан алгоритм интегральной оценки и критерии вынесения заключения на основании оценки пяти функциональных систем: базовые психофизиологические и операторские качества, физиологические показатели, психологические особенности личности, актуальное психическое состояние и резервы психического здоровья, общее здоровье по данным периодических медицинских осмотров» (В. Абрамова, Э. Волков, Н. Воскресенская, М. Ларцев, и др.). По результатам оценки функциональных систем выносятся заключения о соответствии (или) несоответствии психофизиологических показателей допустимым значениям отраслевых нормативов, т.е. об отсутствии или наличии психофизиологических противопоказаний. Однако, как показывает опыт использования этих заключений в медицинских организациях ФМБА России, данные наличия психофизиологических противопоказаний не могут «привязываться» к медицинским заключениям о наличии медицинских противопоказаний, перечень которых объявлен в соответствующем постановлении Правительства РФ (например, до 2021 года ПП 1995 г. №233).

Следует отметить, что существующая (используемая на практике) методология получения оценки функционального состояния не учитывает реальных характеристик работоспособности оператора, который в процессе

функционирования СЧМ принимает наиболее ответственные управленческие решения, прямо влияющие на эффективность и достижение целей управляемого им объекта. Вследствие этого можно утверждать, что расчётные (экспериментальные) значения оценок функционального состояния оказываются завышенными и в некотором смысле предельными.

Сложность технических компонентов современных СЧМ, в ряде случаев превышающая психофизиологические возможности специалистов операторского профиля, неблагоприятные условия их профессиональной деятельности, интенсивные нагрузки при недостаточно упорядоченном режиме труда и отдыха были и остаются непосредственными факторами риска снижения функциональной надёжности операторов, отражаясь на динамике происшествий и инцидентов [94].

Установлено, в том числе и в наших исследованиях, что лица, выполняющие длительное время свои профессиональные обязанности с высокой психофизиологической «ценой» этой деятельности (перенапряжением), близки к пределу своих возможностей, имеют низкий или сниженный уровень психофизиологической адаптации и часто являются причиной инцидентов и аварий на производстве, то есть являются слабым и, в известной степени, ненадёжным звеном в социотехнических системах. Это касается и руководителей предприятий различного уровня, чьи решения в описываемых обстоятельствах и стрессовых ситуациях, являются часто неоптимальными.

Известна классификация функциональных состояний по уровню адаптированности организма к условиям внешней среды. По этому критерию выделяют следующие виды функциональных состояний [95]:

- состояние удовлетворительной адаптации;
- состояние функционального напряжения;
- состояние дизадаптации;
- состояние дезадаптации.

Состояние удовлетворительной адаптации, как правило, отождествляется с понятием нормы (функционального состояния).

Состояние функционального напряжения является первичной оперативной реакцией организма на воздействие неблагоприятных факторов условий профессиональной деятельности [85].

Это состояние характеризуется мобилизацией функциональных резервов организма, повышением уровня функционирования его систем, особенно тех, которые обеспечивают приспособительный эффект. Резистентность (толерантность) организма оператора к влиянию неблагоприятных факторов условий профессиональной деятельности в состоянии функционального напряжения носит кратковременный характер.

Состояние дизадаптации характеризуется уменьшением уровня функционирования биосистемы, рассогласованием взаимодействия отдельных её элементов: организм пытается приспособиться к чрезмерным для него условиям существования путём изменения функциональной активности отдельных систем и соответствующим напряжением регуляторных механизмов (увеличение платы за адаптацию). Однако вследствие развития недостаточности компенсаторных реакций организма оптимальный режим функционирования не может быть обеспечен.

Состояние дезадаптации (срыва адаптации) включает все многообразие проявлений заболеваний человека.

Такая классификация носит нормативный характер и достаточно широко используется при решении задач медицинского контроля за специалистами операторского профиля, в практике врачебной экспертизы на предмет профессиональной пригодности и т. п.

Опыт психофизиологического обеспечения медицинских осмотров позволил сделать вывод о целесообразности использования пакета психологических, психофизиологических и физиологических методик для оценки уровня психофизиологической адаптации.

Результаты психофизиологических обследований в организациях ГК «Росатом» подтвердили эффективность предложенного подхода при выявлении психофизиологических отклонений у работников в ходе проведения предварительных, периодических медицинских осмотров, а также при оценке эффективности реабилитационно-оздоровительных мероприятий.

Основной целью психофизиологических обследований работников, с использованием этого методического подхода, является выявление психофизиологических отклонений, которые могут свидетельствовать о наличии 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 [37].

Такая цель может достигаться, если психофизиологические отклонения, которые выявляются с помощью психологических, психофизиологических и физиологических методик, рассматривать как результат системных характеристик реактивной организма работника на факторы жизнедеятельности, ведущей из которых является уровень ПФА работника.

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. Несмотря на наличие многочисленных определений феномена адаптации, 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.

Как известно 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 постоянно внутренняя среда организма (гомеостаз). Помимо поддержания констант внутренней среды с помощью адаптации осуществляется перестройка различных функций организма, обеспечивающих его приспособ-

ление к физическим, эмоциональным и др. нагрузкам. Адаптация и гомеостаз рассматриваются как взаимно связанные и дополняющие друг друга процессы, определяющие в конечном итоге функциональное состояние организма. Данное понятие является одним из центральных в современной психофизиологии и психологии человека, и непосредственно связано с проблемой адаптации.

Наиболее адекватным для рассмотрения психофизиологических аспектов адаптации работающего человека мы считаем определение, данное А.Б. Леоновой и В.И. Медведевым [33]. Они определяют функциональное состояние как «интегральный комплекс характеристик тех функций и качеств человека, которые прямо или косвенно обуславливают выполнение деятельности». В указанном термине сочетаются основные аспекты психофизиологии, касающиеся изучения и оценки психических и физиологических явлений и процессов, протекающих в организме человека. Опираясь на теорию функциональных систем П.К. Анохина [58] мы рассматриваем психофизиологическую адаптацию как критерий оценки донозологических нарушений в состоянии здоровья при медицинских осмотрах.

Переход от регистрируемых в ходе ПФО первичных показателей функционального состояния к определению уровня ПФА осуществляется с использованием парциальных интегральных показателей и формализованных решающих правил, отражающих знания высококвалифицированных экспертов.

Результатами ПФО являются оценка интегральной характеристики психофизиологической адаптации работника на трёх иерархических уровнях с тремя степенями выраженности изменений на каждом и заключение о наличии в целом психофизиологических противопоказаний к работе или её продолжению.

Результаты психофизиологических обследований, проанализированных сотрудниками 23 лаборатории ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России в организациях ГК «Росатом», подтвердили эффективность предложенного подхода при выявлении психофизиологических отклонений у работников в ходе проведения периодических медицинских осмотров, а также при оценке эффективности реабилитационно-оздоровительных мероприятий, так как оценка уровня ПФА позволяет получить дополнительную информацию о наличии так называемых донозологических состояний [21].

Донозологическая диагностика (Баевский, 1979), в понимании автора, рассматривает снижение адаптационных возможностей организма в качестве ведущей причины возникновения и развития болезней. При этом естественный (возрастной) процесс снижения адаптационных возможностей ускоряется или замедляется воздействием разнообразных внешних и внутренних факторов риска, отдельные из которых при их кратковременном, резком усилении могут становиться причинными факторами различных расстройств, нарушений и даже патологических состояний. Однако каждая болезнь имеет свой причинный фактор, а снижение адаптационных возможностей по отношению к конкретным заболеваниям является одним из факторов риска. Подобная двойственная природа одного из важнейших показателей здоровья – адаптационных возможностей организма – вполне закономерна и обусловлена переходом количественных изменений в качественные.

Практическим результатом оценки уровня ПФА при прохождении медицинских осмотров работниками организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты в области

использования атомной энергии, является дозонологическая оценка риска возникновения психосоматических расстройств. Это повышает их профилактическую направленность. Данные о напряжении механизмов ПФА должны учитываться при выборе реабилитационно-оздоровительных мероприятий, назначаемых по результатам медицинских осмотров.

Таким образом, прогнозирование уровней функциональной надёжности – это заключение специалистов о готовности своевременного и качественного выполнения работником профессиональных обязанностей в период до очередного ПФО при отсутствии снижения ПФА до недопустимого уровня.

Для проверки изложенных методологических подходов проводились исследования по оценке возможности выявления особенностей ПФА работников ряда предприятий и организаций Госкорпорации «Росатом» с использованием аппаратно-программного комплекса АПК ПФС-КОНТРОЛЬ, разработанного в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.

Его разработке предшествовал анализ и обобщение имеющегося аппаратурного и методического обеспечения ПФО. Отмечено наличие большого количества АПК, которые используются для оценки, как отдельных психофизиологических качеств, так и для их интегральной оценки, но не преследуют цель выявления особенностей ПФА. В результате возникла необходимость разработки АПК отвечающего заявленным требованиям.

АПК ПФС-КОНТРОЛЬ представляет собой аппаратно-программные и информационные средства, возможности которых позволяют реализовывать различные психологические, психофизиологические и физиологические диагностические методики при одновременном обследовании шести и более человек.

В состав базовых и дополнительных диагностических методик вошли методики, рекомендованные методическими указаниями [97].

Отдельно оценивалась вариабельность сердечного ритма как один из важных показателей состояния вегетативной нервной системы и особенностей протекания процессов регуляции основных функций организма.

Расчётными показателями состояния ПФА и её компонент являлись классы, различающиеся по степени выраженности выявленных нарушений. Их кодировка при выдаче интегральных результатов на экран соответствует методологии представления результатов оценки в виде «Светофора» состояний: зеленый – норма, желтый – возможны проблемы, красный цвет – высокая вероятность серьезных отклонений ПФА.

При необходимости, пользователь может формировать протокол результатов обследования, а также дополнять его любыми пояснениями и комментариями. Для этого активизируется пакет Microsoft Word и создаётся в нём файл заключения с нужным именем. По завершению внесения в заключение необходимых результатов из системы полученный файл можно сохранять, редактировать, дополняя как рисунками, так и текстовыми фрагментами, в соответствии с правилами работы с текстовым редактором Word.

Интегральный уровень ПФА оценивается по трём показателям (психическому, психофизиологическому и физиологическому) с помощью имеющейся в составе АПК системы поддержки принятия решения [11, 98, 99]. Окончательное заключение по результатам ПФО формулировалось специалистом с учётом собеседования.

Заключение по результатам ПФО, разработанное в рамках описанного методического подхода, и рекомендации по результатам проведенного ПФО включаются в итоговое заключение медицинской комиссии. Оно является основанием для принятия решения о наличии/отсутствии значимых психофизиологических отклонений, назначения дополнительных медицинских обследований, принятия решений о направлении на медицинскую реабилитацию, а также оценки эффективности РОМ.

Результаты оценки уровня ПФА у работников опасных производств, свидетельствуют о наличии среди них лиц, имеющих неудовлетворительные показатели ПФА. Эти данные свидетельствуют о том, что часть обследованных имеет высокий риск возникновения дезадаптационных расстройств и психосоматических профессионально ограничивающих заболеваний, снижающих трудоспособность и профессиональное долголетие. Однако данных о таких изменениях в ходе ранее проведённых медицинских осмотров не получено.

Анализ зависимости интегрального уровня ПФА обследованных работников от класса характеристик функционального состояния показал следующее. У всех обследованных с высоким уровнем ПФА было высокое функциональное состояние психической, психофизиологической и физиологической сфер.

Из обследованных со средним уровнем ПФА у 27% выявлено снижение функционального состояния психической сферы, у 29,7% – снижение функционального состояния психофизиологической и у 42,3% – в области физиологической сферы. Половина работников с низким уровнем психофизиологической адаптации имели низкий уровень психического и физиологического состояния, а 66,7% имели низкий уровень психофизиологического состояния.

Эти данные могут служить подтверждением прогностичности критериев для предотвращения возможных психосоматических последствий профессиональной деятельности работников, проявляющихся в парциальных расстройствах когнитивных качеств, восприятия, внимания, памяти, элементов эмоциональной неустойчивости, в снижении стрессоустойчивости и дезориентировки в ситуации, которые выходят за рамки клинических проблем. В результате проведения ПФО становится возможным объективное системное изучение различных форм и вариантов здоровья, пограничных между нормой и патологией состояний, раннее выявление у исходно здоровых лиц психических и психосоматических расстройств. При этом особое значение приобретают РОМ, назначаемые по результатам ПФО, которые становятся адресными и в целом препятствуют развитию клинических эпизодов и переводят донологические состояния в обратимый процесс восстановления ПФА.

Анализ данных, полученных с использованием АПК ПФС–КОНТРОЛЬ, свидетельствующий о наличии нарушений отдельно на каждом из трёх уровней, подтверждает исключительную важность многоуровневого психофизиологического обследования.

Апробация разработанного методического обеспечения ПФО в медицинских организациях ФМБА России при прохождении работниками медицинских осмотров показала, что разработанные критерии оценки ПФА позволяют выявлять лиц с низким её уровнем. По данным медицинских и ПФО установлено, что у лиц с низким уровнем ПФА достоверно выше встречаемость основных психосоматических заболеваний. Это свидетельствует о том, что развитию пси-

хосоматических расстройств и клинических заболеваний предшествуют выявляемые нарушения в функционировании регуляторных систем организма. Индикатором этих нарушений является снижение уровня ПФА организма.

Предусмотренные в рамках №35-ФЗ от 08.03.2011 г. обязательные ПФО работников предприятий эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты в области использования атомной энергии позволят (при своевременном выявлении лиц с нарушениями ПФА) не только сохранять и поддерживать профессиональное здоровье работников путём своевременного применения РОМ, но и повысить безопасность производств и объектов в области использования атомной энергии. Последнее обеспечивается нормализацией состояния психических и психофизиологических функций, входящих в характеристики психофизиологической адаптации.



## **Глава 2 Качественные и количественные критерии принятия решения об уровне функциональной надёжности работников, свидетельствующие о наличии (отсутствии) противопоказаний к профессиональной деятельности**

### **2.1 Качественные и количественные критерии нарушения функциональной надёжности**

Обоснование качественных и количественных критериев принятия решения об уровне функциональной надёжности основных профессиональных категорий работников организаций, эксплуатирующих ОИАЭ, свидетельствующих о наличии (отсутствии) противопоказаний к профессиональной деятельности, является важным этапом исследований проблем надёжности ЧФ, направленных на повышение ядерной и радиационной безопасности.

Оценка функциональной надёжности, которая включает оценки психофизиологической адаптации и показателей профессиональной подготовленности и успешности предусматривает выделение показателей:

- профессиональной подготовленности с помощью валидных методов и методик, используемых в образовательных подразделениях ГК «Росатом»;
- профессиональной успешности, в качестве которых используются прямые и косвенные характеристики работника;
- физиологических, психофизиологических и психологических диагностических методик, получаемых с помощью аппаратно-программных комплексов, рекомендованных для этих целей установленным порядком.

С получением перечней диагностируемых психофизиологических качеств, составляющих названные показатели, формируются индикаторы функциональной надёжности, как результат изучения и расчёта корреляционных связей показателей профессиональной подготовленности и успешности с результатами психофизиологического обследования.

Индикаторы функциональной надёжности (таблица. 1) являются основой формирования оценок функциональной надёжности работника с помощью определённых правил комплексирования индикаторов и показателей.

Учитывая методологические подходы, разработанные и реализованные при разработке теории и практики оценки ПФА, её роль в оценке и прогнозировании функциональной надёжности работников, в качестве количественных критериев нарушения (отклонений от нормы) функциональной надёжности предложено считать статистические данные о характеристиках распределения оценок диагностических показателей методик ПФО.

При этом качественные и количественные критерии принятия решения об уровне функциональной надёжности, свидетельствующие о наличии (отсутствии) медико-психофизиологических противопоказаний к допуску к профессиональной деятельности должны обеспечивать возможность получения сравнительных оценок нарушений функциональной надёжности, а также объективность принятия решения при их наличии.

Критериями эффективности использования результатов оценки функциональной надёжности работники предлагается считать наличие положительной корреляции получаемых оценок с показателями их профессиональной успешности и подготовленности.

Таблица 1

## Психологические индикаторы нарушения функциональной надёжности

№ п/п	Характеристики ПВК, психического, психофизиологического и физиологического состояния	Методики, используемые для получения индикаторов	Индикаторы нарушения функциональной надёжности
	Характеристики ПФА	Методики, реализуемые средствами АПК	Индикаторы нарушения психологической составляющей ПФА
1	Абстрактно-логическое мышление	«Прогрессивные матрицы» Равена	Скорость решения заданного числа задач, Количество решенных задач в единицу времени, Количество правильных ответов
2	Репродуктивное мышление	16-ти факторный личностный опросник Кэттелла (16-ФЛО)	Фактор В+
3	Коммуникативность	16-ти факторный личностный опросник Кэттелла (16-ФЛО)	Фактор А+
4	Лидерство и директивность	Методика многостороннего исследования личности (ММИЛ)	Шкалы 0-, 8- и 9+
		Методика многостороннего исследования личности (ММИЛ)	Шкалы 5- и 6+
		16-ти факторный личностный опросник Кэттелла (16-ФЛО)	Факторы E+ и I-
		16-ти факторный личностный опросник Кэттелла (16-ФЛО)	Факторы C+, G+, H+, I-, M-, O-, Q4-
5	Нервно-психическая устойчивость (стрессоустойчивость)	Методика многостороннего исследования личности (ММИЛ)	Шкала F-, 1-, 2-, 3-, 7-
		Шкала оценки уровня реактивной и личностной тревожности (Ч.Д. Спилбергера, Ю.Л. Ханина)	Уровень тревожности
		Методика многостороннего исследования личности (ММИЛ)	7+
6	Устойчивость к монотонии	16-ти факторный личностный опросник Кэттелла (16-ФЛО)	Факторы G+, H-, I+, Q3+
		Методика оценки субъективного контроля (тест УСК)	Показатель общей интернальности, интернальность в области производственных отношений
7	Гибкость стратегии	Методика многостороннего исследования личности (ММИЛ)	Шкала F-, K+, 3+, 6-
		16-ти факторный личностный опросник Кэттелла (16-ФЛО)	Факторы L-, Q1+
		16-ти факторный личностный опросник Кэттелла (16-ФЛО)	Факторы G+, C+, Q1-, Q3+
		Методика многостороннего исследования личности (ММИЛ)	Шкалы 4-, 6+, 7+, 8-
8	Дисциплинированность, исполнительность	Методика оценки субъективного контроля (УСК)	Показатель общей интернальности, интернальность в области производственных отношений

Таблица 1 (продолжение)

Психологические индикаторы нарушения функциональной надёжности

№ п/п Характеристики ПВК, психического, психофизиологического и физиологического состояния	Методики, используемые для получения индикаторов	Индикаторы нарушения компонентов функциональной надёжности
Характеристики ПФА Характеристики психологической составляющей ПФА	Методики, реализуемые средствами АПК	Индикаторы нарушения психологической составляющей ПФА
9 Ответственность	16-ти факторный личностный опросник Кэттелла (16-ФЛО) Методика многостороннего исследования личности (ММИЛ)	Фактор G+, 0+ Шкала 6+, 4-, Показатель общей интернальности, Интернальность неудач
10 Планирование	16-ти факторный личностный опросник Кэттелла (16-ФЛО) Методика многостороннего исследования личности (ММИЛ)	Фактор F- Шкала 6+
11 Целеустремленность	Методика многостороннего исследования личности (ММИЛ)	Шкалы 9- и 6+(в пределах)
12 Отсутствие импульсивности, склонности к риску	Методика многостороннего исследования личности (ММИЛ) 16-ти факторный личностный опросник Кэттелла (16-ФЛО)	Шкала 4-, 7+ Факторы: Н-
13 Уровень самоконтроля (личностная адаптивность)	16-ти факторный личностный опросник Кэттелла (16-ФЛО) Методика многостороннего исследования личности (ММИЛ)	Факторы М-, Q3+ Шкалы: 2-, 4-, 7-, 8-, 9- Показатель общей интернальности, интернальность в области производственных отношений
14 Отсутствие характерологических акцентуаций	Методика многостороннего исследования личности (ММИЛ)	Клинические шкалы
15 Самостоятельность мышления	16-ти факторный личностный опросник Кэттелла (16-ФЛО) Методика оценки субъективного контроля (УСК)	Факторы М-, Q3+ Показатель общей интернальности, интернальность в области производственных отношений

Оценки показателей, в качестве которых используются прямые и косвенные характеристики (внешние критерии оценки) работника, предложено получать с помощью экспертов.

Эксперты учитывают наиболее типичные ситуации, эпизоды профессиональной деятельности работника в определённой должности («узких мест»), в которых он проявляется, прежде всего, как оператор.

К экспертной группе, как правило, предъявляются требования, подтверждающие их компетентность, которые складываются из величины стажа эксперта и опыта («факторов компетентности») работы в должности. Важным условием точности экспертных оценок является наличие у экспертов специального инструмента (Седин, 2003).

В настоящее время метод экспертных оценок в достаточной мере обоснован как научный метод и правомерность его применения в профессиографии несомненна. В качестве такого инструмента предложена «Анкета эксперта», в которой представлены показатели и индикаторы оцениваемых качеств, а также шкала оценок для выражения мнений экспертов.

Работа группы экспертов сводится к заполнению бланка «Анкета эксперта» для определения критерия оценки «профессиональная подготовленность» и «профессиональная успешность» в интегральной оценке функциональной надёжности работника (таблица 2). Оценка проводится анонимно непосредственными руководителями работника.

Результаты экспертной оценки показателей «профессиональная подготовленность» и «профессиональная успешность» позволили определить границы, которые определяют оптимальное значение показателя и, следовательно, являются критерием для оценки отклонений имеющих значение при определении уровня функциональной надёжности.

По результатам анкетирования рассчитывались четыре интегральных показателя (таблица 3).

На основе указанных интегральных показателей разработаны критерии выявления лиц с высоким, средним и сниженным (низким) уровнем профессиональной успешности.

С использованием полученных критериев, в частности, установлена структура профессиональной адаптации работников основных производств ОИАЭ (таблица 4).

Результаты исследований обеспечивают возможность разработки методических рекомендаций по оценке и прогнозированию функциональной надёжности основных профессиональных категорий работников ОИАЭ в медицинских организациях ФМБА России.

Применение количественных методов анализа требует в первую очередь выбора группы критериев или отдельного критерия, определённого как мера для сравнения количественных показателей исследуемой операции в отношении затрачиваемых усилий и получаемых результатов.

Количественные критерии эффективны при сравнении сопоставимых показателей в конкретном интервале времени. Недостаточная эффективность в других случаях объясняется тем, что неизвестно прогнозируемое состояние работника. Однако это не исключает использование количественных методов для оценки и прогнозирования состояния системы.

Таблица 2

Анкета эксперта для определения критерия оценки «профессиональная подготовленность» и «профессиональная успешность» в интегральной оценке функциональной надёжности работника

№	Оцениваемые качества	Выраженность оцениваемого качества	Критерии
1	2	3	4
1	Уровень теоретических знаний и компетентности	Достаточный	Высокий
		Средний (требует совершенствования)	Средний
		Ниже среднего (недостаточный)	Низкий
2	Уровень профессиональных навыков (умение обеспечить мероприятия, согласно технологическому процессу, соблюдение всех требований спецбезопасности, высокий уровень внимания и контроля за исполнителями, владение знаниями и умениями, которые мастер требует от подчиненных)	Высокий	1
		Средний	2
		Низкий	3
3	Ошибки, нарушения в работе	Не допускал	1
		Допускал незначительные	2
		Отмечались неоднократно	3
4	Уровень исполнения требований безопасности и производственных инструкций	Высокий	1
		Средний	2
		Низкий	3
5	Стремление к совершенствованию профессионального мастерства, в т.ч. стремление к административному росту	Активно совершенствуется в работе	1
		Собственной инициативы не проявляет	2
		Стремится уклониться	3
6	Уровень работоспособности	Способен выдерживать интенсивные нагрузки без снижения качества	1
		Адекватное снижение работоспособности в процессе обычной рабочей нагрузки	2
		Повышенная утомляемость в процессе рабочей нагрузки со снижением работоспособности	3
7	Поведение в сложной производственной обстановке (аварийной ситуации)	Быстро и адекватно ориентируется и действует по инструкции	1
		Не стремится принимать активное участие	2
		Уклоняется от участия в разрешении ситуации	3

Таблица 2 (продолжение)

Анкета эксперта для определения критерия оценки «профессиональная подготовленность» и «профессиональная успешность» в интегральной оценке функциональной надёжности работника

№	Оцениваемые качества	Выраженность оцениваемого качества	Критерии
1	2	3	4
8	Устойчивость настроения, эмоциональные реакции в процессе работы	Настроение ровное, устойчивое, адекватное производственной ситуации	1
		Отмечаются непродолжительные неадекватные эмоциональные реакции	2
		Часты периоды неадекватного настроения	3
9	Прямые или косвенные признаки боязни выполняемой работы (радиофобия)	Проявляет полную уверенность в действиях, выполняет все поручения руководителей	1
		Работает без особой инициативы, высказываясь на темы о вредных условиях труда	2
		Явно избегает опасных ситуаций, большого объёма работы	3
10	Особенности темперамента работника	Активный, сильный, подвижный	1
		Средний, спокойный	2
		Вялый, заторможенный	3
11	Особенности интеллекта	Высокий интеллект	1
		Средний интеллект (адекватный для должности)	2
		уровень ниже среднего	3
12	Собственная самооценка оцениваемого работника	Адекватная, самокритичная	1
		Близка к адекватной	2
		Неадекватная	3
13	Уровень коммуникативности (профессионального межличностного общения)	Высокий (имеет высокий профессиональный рейтинг в коллективе, уважительно относится к коллегам, делится своим опытом)	1
		Средний (достаточный)	2
		Низкий (отражающий трудности межличностного общения)	3
14	Уровень самоконтроля поведения в производственных условиях	Высокий (уравновешен, дисциплинирован, исполнителен, адекватен производственным условиям)	1
		Средний (недостаточно контролирует своё поведение)	2
		Пониженный (неадекватный производственным условиям)	3
15	Уровень принятия производственных правил и норм (производственной этики)	Высокий (с сознанием ответственности выполняемой работы, мотивацией к качественному труду, адекватным поведением на производстве и в быту)	1
		Средний	2
		Неадекватный уровень	3
16	Умение организовывать свою работу	Высокий уровень	1
		Средний уровень	2
		Сниженный уровень	3
17	Способность к взаимодействию при групповой производственной	Высокие	1
		Средние	2

Таблица 2 (продолжение)

Анкета эксперта для определения критерия оценки «профессиональная подготовленность» и «профессиональная успешность» в интегральной оценке функциональной надёжности работника

№	Оцениваемые качества	Выраженность оцениваемого качества	Критерии
1	2	3	4
	деятельности, умение погасить конфликт	Ниже средних	3
18	Умение строить отношения с контролерами и заказчиками	Высокой степени	1
		Среднего уровня	2
		Ниже среднего уровня	3
19	Оценка ресурсных способностей работника	Имеет достаточный потенциал дальнейшего профессионального роста	1
		Ресурсные способности реализованы полностью	2
		Не способен к профессиональному росту на данном производстве	3
19 А	Профессиональные способности работника могут быть раскрыты в области (при варианте ответа 1 на вопрос 19)	Теоретической подготовки	1
		Практических навыков	2
		В более высокой должности	3
20	Оценка состояния здоровья (заполняется цеховым врачом)	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
21	Обобщенная оценка профессиональной успешности работника	Высокая	1
		Средняя	2
		Ниже средней	3
22	Обобщенная оценка профессиональной надёжности работника	Высокая	1
		Средняя	2
		Ниже средней	3
Дополнительные, важные для экспертной оценки сведения (алкогольная или другая зависимость, конфликтные отношения, недостаточное здоровье и др.):			

Таблица 3

## Интегральные показатели профессиональной адаптации и «веса» в них исходных показателей

Наименование интегральных показателей	Исходные показатели	Номер в анкете	«Вес» исходного показателя в интегральном
Профессиональная подготовленность (ПП)	Уровень знаний	1	0,92
	Скорость овладения навыками	2	0,91
	Совершенствование профессиональное	4	0,91
	Культура безопасности	5	0,64
Профессиональная успешность (ПУ)	Ошибки в работе	3	0,82
	Умение организовать работу	17	0,81
	Способность к взаимодействию	18	0,80
Базовые личностные качества (БЛК)	Умственная работоспособность	7	0,69
	Физическая работоспособность	6	0,55
	Темперамент	11	0,42
	Уровень интеллекта	12	0,69
	Самооценка	13	0,81
	Коммуникативность	14	0,83
	Самоконтроль	15	0,830
	Производственная этика	16	0,76
	Базовые психофизиологические качества (БПФК)	Поведение в сложной производственной ситуации	8
Преобладающее настроение		9	0,90
Эмоции		10	0,79
Уровень здоровья		19	0,97

Таблица 4

## Критерии оценки уровней функциональной надёжности и её компонентов: профессиональной успешности и психофизиологической адаптации

Компонент функциональной надёжности	Показатель	Индикатор	Критерий оценки
Профессиональная успешность	Ошибки в работе		Не более 5%
	Умение организовать работу	Уровень	Не ниже среднего
	Способность к взаимодействию	Уровень	Не ниже среднего
Психофизиологическая адаптация	Психологический	Уровень	Не ниже среднего
	Физиологический	Уровень	Не ниже среднего
	Психофизиологический	Уровень	Не ниже среднего

В основу деления оценок, учитывающихся при определении функциональной надёжности, положена методология, которая предполагает, что в процессе любой деятельности на организм всегда действуют раздражители трёх видов рефлекторных актов.



Первый вид – это те рефлекторные акты, из которых складывается определённая деятельность (основная функциональная система).

Второй вид – это те действия и реакции, которые являются посторонними относительно основной функциональной системы (второстепенная функциональная система). Сюда входят лишние движения, волнения и раздумья, связанные, например, с личным риском; дополнительные шумовые эффекты, вибрация и т. п.

Третий вид – это физиологические реакции, связанные с утомлением (восстановительная функциональная система).

Эти три системы всегда находятся в «конфликтных» отношениях, так как относительно друг друга они являются физиологическим препятствием, которое мешает их реализации. Когда в противодействие вступают основная и восстановительная системы, состояние главных функций нервной системы и уровень работоспособности претерпевают возрастающие неблагоприятные изменения. В зависимости от степени нейрофизиологического конфликта формируется определённое функциональное состояние.

Таких состояний условно может быть три: нормальное, предельное и патологическое. Им могут соответствовать уровни: высокий, средний и низкий (соответственно).

Нормальное функциональное состояние характеризуется тем, что конфликт между основной и второстепенной функцией сглажен или полностью преодолён. При этом раздражители второстепенной функциональной системы присутствуют и влияют на организм. Но в данном случае основная функциональная система становится стойкой доминантой и осуществляет значительное тормозное влияние на те рефлекторные акты, которые являются конкурентными. Особенность нормального состояния заключается в том, что расходование функциональных ресурсов организма не выходит за пределы его возможностей, поскольку эти ресурсы постоянно используются, то и восстановительная функциональная система находится под непрерывной стимуляцией. В этом состоянии физиологическая цена деятельности оптимальна.

В случае нормального состояния процесс возбуждения является движущей силой только для основной функциональной системы. В это время другие функциональные системы ещё не сформированы или заблокированы торможением и не влияют отрицательно на основную систему.

Предельное и патологическое функциональные состояния организма также имеют специфические признаки. Существенная их особенность заключается в обострении противоборства привлечённых в нейрофизиологический конфликт функциональных систем. Это выражено в соперничестве противоборствующих рефлекторных актов за превосходство в организме. Как следствие каждая новая деятельность характеризуется некоторыми особенностями: неопределённостью действий, множеством двигательных актов, неустойчивостью внимания, увеличением времени рефлексов, неуверенностью и т. п. Все эти особенности ухудшают функциональные возможности организма, его дееспособность, снижают работоспособность, количественный и качественный уровни выполнения деятельности (Холодная, 2002).

Предельное функциональное состояние организма характеризуется преобладанием восстановительной системы, которая уменьшает приток тонизирующей нервной импульсации к нервным центрам и тормозит возбуждающие

процессы. Выявляется дискоординация функций, что существенно снижает работоспособность человека.

Известно, что для выполнения определённой деятельности требуется наличие индивидуального опыта, навыков. Во время возникновения и становления навыков осуществляется избыточное количество отдельных рефлексов. Но постепенно они исключаются с целью экономизации деятельности и только необходимые элементы объединяются центральной нервной системой в единый рефлекторный акт. Данное положение предполагает наличие оценок профессиональной успешности при определении уровня функциональной надёжности работника.

Нервные центры, обеспечивающие преимущество главного рефлекторного акта, становятся источником тормозных процессов, которые тормозят все лишние рефлексы. При развитии утомления, когда приток нервных импульсов к нервным центрам уменьшается, возбуждение в них замедляется. Оно становится недостаточным по силе, чтобы ограничивать лишние рефлексы. Торможение этих рефлексов не происходит, они начинают проявляться, происходит разрушение сложившейся функциональной системы, работоспособность падает.

Это касается сферы как физической, так и умственной деятельности.

Находясь в пограничном функциональном состоянии, работник волевым усилием подавляет потребность в отдыхе. Возрастает нервно-эмоциональное напряжение, которое проявляется в утомлении, раздражимости, появлении отрицательных эмоций. Продолжительное пребывание в таком состоянии, что важно, провоцирует обострение хронических заболеваний или вызывает новые, т. е. происходит переход уже к патологическому функциональному состоянию.

Патологическое функциональное состояние организма проявляется в виде разнообразных функциональных нарушений. Из-за значительной потребности в отдыхе восстановительная функциональная система достигает большой мощности и старается отключить с помощью торможения активное состояние мозга и перевести организм в сон. В данном случае от исполнителя требуется очень напряжённое волевое усилие, чтобы заставить себя продолжать определённую деятельность.

Признаки патологического функционального состояния, как правило, имеют сдвиги деятельности сердечнососудистой, газообменной, других физиологических систем. Организм, который находится в этом состоянии, имеет очень низкий коэффициент полезного действия, а цена профессиональной деятельности – чрезвычайно высока.

Высокий уровень функционального состояния обеспечивает приспособление к обстановке, не допуская перенапряжения нервной системы; при невозможности преодолеть возникшие сдвиги в функциональном состоянии организма перенапряжение приводит к развитию патологического состояния. Наиболее частой патологией, в этом случае, встречается психосоматические нарушения.

Качественные оценки измеряются по более грубой шкале, чем количественные, поскольку человек не может учесть более четырёх – пяти факторов одновременно в одной задаче.

Качественные методы анализа допускают использование полуколичественных оценок (больше, меньше), определённое ранжирование, например, по частоте встречающихся событий (никогда, редко, часто) или по сумме ущерба от аварий [100].

При качественном анализе используются специальные формы, технические стандарты и утверждённые нормы безопасности. Его результаты приводят к последующим задачам оптимизации, осуществляемым количественными методами.

Количественные методы анализа эффективны при сравнении сопоставимых опасностей системы в конкретном интервале времени. Недостаточная эффективность в других случаях объясняется тем, что неизвестно будущее состояние системы. Однако это не исключает применение количественных методов для оценки и прогнозирования, например, функционального состояния.

Количественные методы эффективны по следующим причинам:

- оценки будущих характеристик системы могут выполняться по характеристикам компонентов системы. Оценки на этом уровне более точны, а их погрешности меньше влияют на результат;
- оценки могут выполняться различными лицами, так что для каждого вида оценок может быть привлечён наиболее квалифицированный специалист;
- оценки могут осуществляться методом последовательного приближения, причём при каждом пересчёте можно изучать влияние изменения исходных данных.

Применение количественных методов анализа требует в первую очередь выбора группы критериев или отдельного критерия, определённого как мера для сравнения количественных показателей исследуемой операции в отношении затрачиваемых усилий и получаемых результатов.

Критерий должен отвечать следующим основным требованиям:

- иметь ясный физический смысл;
- быть определяющим и соответствовать основной цели функционирования системы, подсистемы или элемента;
- учитывать основные детерминированные и стохастические факторы, определяющие уровень безопасности системы;
- быть критичным к анализируемым параметрам и достаточно чувствительным к ним.

Классификация критериев включает (Электронный ресурс: URL: <https://helpiks.org/6-63684.html> (дата обращения 12.05.2020)):

А. Общие (интегральные) критерии, дающие наиболее полную оценку совершенствования системы (общее число возможных ошибок, отказов).

Б. Условные (косвенные) критерии, отражающие одно из свойств системы путём отнесения его к некоторому показателю (физиологическая цена деятельности).

В. Относительные (нормированные) критерии, характеризующие безопасность системы в отношении оснащённости и эффективности средств защиты (отношение времени воздействия опасного фактора к общему времени работы, сопоставление экономической эффективности внедрения различных средств защиты, изменение уровня безопасности по сравнению с внедрением).

Количественный анализ возможен на основе методов объективного измерения и прогнозирования последствий опасности.

При проведении количественного анализа необходимо оценивать полноту и достоверность исходных данных, адекватность и точность используемых схем, обоснованность принимаемых допущений и зависимость от них получаемых рекомендаций и выводов.

## 2.2 Критерии принятия решения о наличии (отсутствии) противопоказаний к профессиональной деятельности

Согласно приведённой схеме, оценка функциональной надёжности включает оценку ПФА и показателей профессиональной подготовленности и успешности (рисунок 1).

Приведённые на рисунке 1 компоненты ФН можно объединить в 2 группы: функциональные (психофизиологическая адаптация (ПФА) и профессиональные (профессиональная подготовленность (ПП) и профессиональная успешность (ПУ)) характеристики.

ПФА является донозологической характеристикой, оцениваемой по данным комплексных ПФО.

Рассматривая вопросы донозологической диагностики, нельзя обойти вниманием концепцию аллостаза, активно развиваемую последние 25 лет зарубежными и отечественными исследователями. Она была сформулирована Р. Sterling и J. Eyer [101] в 1988г. и определяет процесс адаптации как изменение одного или нескольких регулируемых параметров до уровня, необходимого для приспособления к новым, изменившимся условиям.

По мнению авторов, термин «аллостаз» относится к процессу, посредством которого организм поддерживает физиологическую стабильность путём изменения параметров его внутренней среды, подгоняя их так, чтобы они соответствовали требованиям окружающей среды. Традиционные гомеостатические модели определяют здоровье как состояние, в котором все физиологические параметры лежат в пределах нормальных значений, а те, которые не лежат в них,

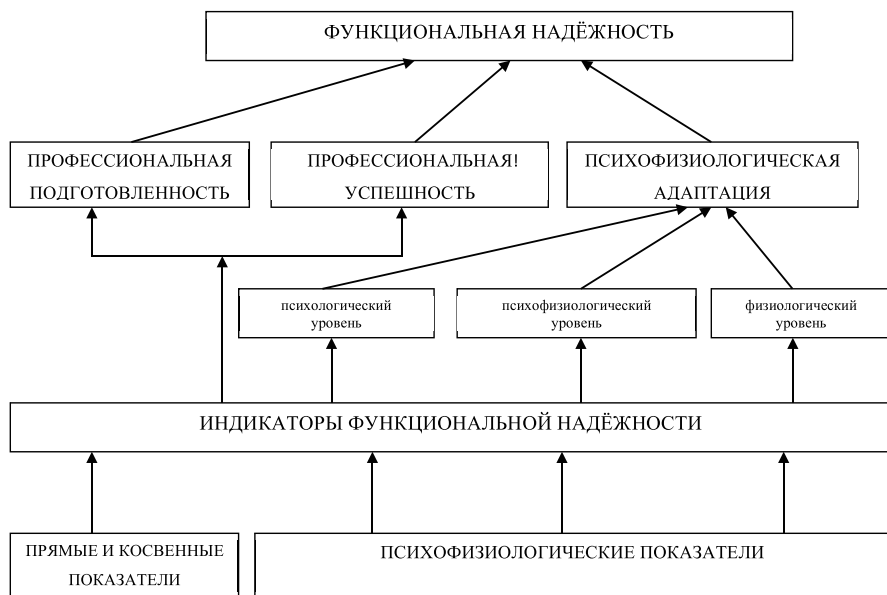


Рисунок 1. Структурная схема взаимоотношения компонентов, формирующих оценку функциональной надёжности работника

требуют регулирующего воздействия. Эффективное поддержание постоянства внутренней среды при аллостазе достигается напряжением регуляторных механизмов, которые должны обеспечить соответствие состояния организма изменениям среды жизнедеятельности [65, 66]. Отражение этого напряжения проявляется изменениями регулируемых переменных, значения которых могут выходить из коридора гомеостатической нормы. При краткосрочной реакции на внешнее воздействие, стресса, состояние аллостаза является адаптационным, имеющим обратное развитие с возвратом к норме. Однако при часто повторяющихся стрессорных воздействиях может происходить накопление аллостатической нагрузки, в дальнейшем сопровождающееся патофизиологическим последствием и развитием патологии.

Поскольку концепция аллостаза отечественными исследователями в области медицины и гигиены труда стала использоваться только в последние несколько лет, опишем наши представления о соотношении понятий «гомеостаз», «аллостаз» и «донозологическая диагностика» [67].

С позиций теории управления, иерархия целей в живых системах связана с их самосохранением.

Наименее приоритетной с позиций самосохранения целью живой системы (в неблагоприятных условиях) является высокое качество внутренних процессов её функционирования: энергетическая эффективность, максимальная надёжность функционирования и др. Это называется оптимальным функционированием и по важности является целью 3-го порядка. Для человека область оптимального функционирования характеризуется очень низким уровнем напряжения регуляторных механизмов организма, очень высоким уровнем адаптации к неблагоприятным факторам среды жизнедеятельности, отсутствием функциональных и структурных нарушений в органах и системах, высоким уровнем здоровья в целом.

Цель 3-го порядка может быть достигнута, если в живой системе созданы такие внутренние условия функционирования, которые бы не зависели от изменения окружающей среды – гомеостаз. Наличие гомеостаза открывает (в эволюции) возможность совершенствовать свойства управляющих механизмов в живых системах. В частности, гомеостаз позволяет внутренним клеткам и органам живых систем работать в наилучших возможных условиях и не расходовать энергию и управленческие ресурсы на создание, и функционирование специальных сохранительных систем внутри организмов. Поэтому с позиций самосохранения гомеостаз является целью 2-го порядка в живой системе.

Нарушение гомеостаза не приводит к разрушению живой системы, пока она способна обеспечивать приток вещества и энергии извне, чтобы уравновесить их расход внутри себя, обеспечивая тем самым стационарное неравновесное состояние. Это является целью 1-го порядка в живых системах. Без её достижения невозможна реализация остальных целей самосохранения. Если эта цель не достигается, происходит разрушение (смерть) живой системы. Поддержание стационарного неравновесного состояния может проходить на фоне напряжения и истощения регуляторных механизмов организма, возникновения преморбидных состояний и развития патологических процессов, описываемых в рамках существующих нозологических форм заболеваний.

По мере ухудшения условий существования в системе происходит «отказ» от иерархически менее важных целей, связанных с реализацией «оптимальных» характеристик. Дальнейшее ухудшение условий приводит и к потере гомеостатических свойств, а затем к потере способности обеспечивать стационарное неравновесное состояние. В этом случае жизнедеятельность системы может поддерживаться лишь некоторое ограниченное время за счёт запасов вещества и энергии, имеющихся внутри неё, и трата которых временно позволяет охранять равенство темпов расходования веществ из внутренних «депо».

Для медико-психофизиологического мониторинга профессионального здоровья и оценки профессиональных рисков работников опасных производств особый интерес представляет область между гомеостазом и возможностью поддержания стационарного неравновесного состояния, в которой лежат состояния между здоровьем и болезнью (рисунок 2).

На рисунке цифрами 1-4 показаны условные границы областей реализации иерархических целей живой системы. Область, нижней границей которой является гомеостаз, верхней – способность обеспечивать стационарное неравновесное состояние, мы относим к аллостазу [102]. На рисунке также условно показана динамика аллостатической нагрузки при переходе состояния из одной области в другую. В область попадают все донозологические состояния, а также «болезни адаптации» (F 43 – реакция на тяжелый стресс и нарушения адаптации, по МКБ 10), связанные с длительным или кратковременным, но сильным воздействием стрессорных факторов.

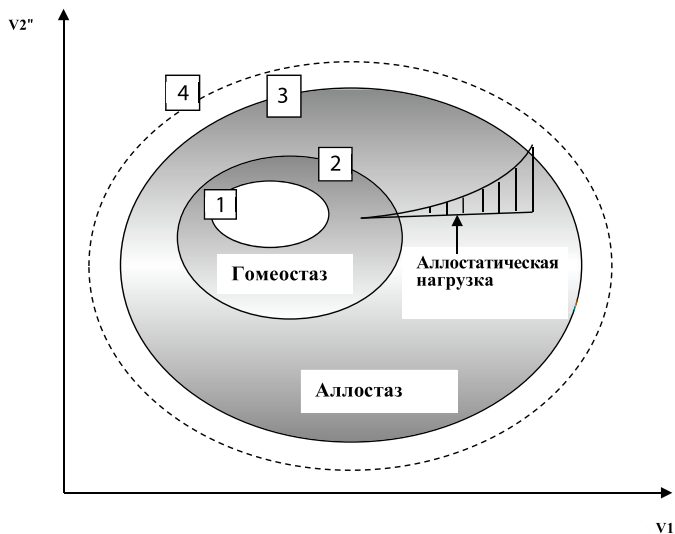


Рисунок 2. Иерархия целей в биосистеме.

- 1- граница области оптимального функционирования,
- 2- граница области гомеостаза,
- 3 – граница области стационарного неравновесного состояния,
- 4- граница области разрушения жизнедеятельности.  $V_1$ ,  $V_2$  – переменные внешней среды

С позиций концепции аллостаза, если воздействие факторов жизнедеятельности на человека привело к нарушению сложившегося гомеостаза, организм стремится восстановить равновесие на другом уровне, что ведёт к формированию нового состояния. Этот уровень был назван «аллостатическим состоянием». Признаком аллостаза является высокая активация регуляторных систем, которая соответствует напряжению, неустойчивому функционированию организма. В том числе на поведенческом и психическом уровне, что обусловлено появлением новых механизмов нейрогуморальной регуляции организма и форм поведения, более соответствующим новым условиям жизнедеятельности. Однако если аллостатическая нагрузка слишком высока или если среда постоянно и непредсказуемо меняется, достижение равновесия невозможно, поскольку вновь возникающие структурные элементы системы регуляции не успевают складываться в новые эффективные системы. Создаются условия для патологических изменений в организме, приводящие к болезни.

Отметим, что общая классификация аллостатических состояний в настоящее время отсутствует. Исследователи в большинстве случаев используют понятие «аллостатическая нагрузка», оценивая её в шкале «низкая – высокая». Поскольку аллостаз связан с напряжением регуляторных механизмов организма, при медико-психологическом мониторинге профессионального здоровья работающих в неблагоприятных условиях может быть использован классификатор аллостатических состояний, аналогичный классификатору донозологических состояний:

- а) состояние аллостатической нормы (низкий уровень аллостатической нагрузки), характеризуемое сохранением гомеостаза, эффективной адаптацией организма к факторам жизнедеятельности, функционированием в обычных пределах всех регуляторных систем;
- б) состояние аллостатического напряжения (средний уровень аллостатической нагрузки), характеризуемое не существенным выходом основных показателей функционального состояния за границы гомеостатической нормы, сниженной адаптацией к факторам жизнедеятельности, повышенным уровнем напряжения регуляторных механизмов организма;
- в) состояние аллостатического перенапряжения/перегрузки (высокий уровень аллостатической нагрузки), характеризуемое существенным выходом показателей функционального состояния за границы гомеостатической нормы, срывом адаптации к факторам жизнедеятельности, перенапряжением и истощением регуляторных механизмов организма с развитием патологических отклонений [67].

Несомненным достоинством концепции аллостаза является возможность количественной оценки аллостатической нагрузки (АН). Она может рассматриваться как «цена» адаптации человека к факторам жизнедеятельности и критерий принятия своевременных управленческих решений (медицинских, психофизиологических, организационных и др.). Поэтому можно считать целесообразным уровень функциональной надёжности работника оценивать с использованием указанной «цены» адаптации к факторам жизнедеятельности (Бобров, Исаева, 2017).

Это подтверждают данные взаимосвязи аллостатической нагрузки со стажем работника (рисунок 3).

Увеличение аллостатической нагрузки наблюдается как у работников с небольшим, так и значительным стажем работы на предприятии (Бобров, Исаева 2017). В первом случае это может быть связано с процессом профессиональной адаптации к трудовому процессу, во втором – снижением функциональных резервов организма под воздействием систематических стрессорных нагрузок, обусловленных характером труда. Воздействие радиационного фактора мы исключаем, поскольку уровень ионизирующего излучения на рабочих местах на предприятиях ГК «Ростатом» соответствует гигиеническим нормам.

Это соответствует нашим представлениям о динамике изменения функциональной надёжности. В начале профессиональной деятельности ФН будет неизбежно снижена за счёт отсутствия должных навыков и опыта работы. В конце профессиональной деятельности также следует ожидать снижение функциональной надёжности работника, но по другим причинам: ухудшении функциональной компоненты ФН. Что чётко проявляется на приведённом выше рисунке.

Основой расчёта индекса аллостатической нагрузки (ИАН) в настоящее время является оценка для каждого выбранного биомаркера (БМ) квартильных отклонений – вхождение БМ в 1-й или 4-й квартили (ниже 25-го или выше 75-го центилей): да – 1 балл, нет – 0 баллов с подсчётом сумм баллов и сравнением их с критериальными значениями: 0, 1-2, 3-4,  $\geq 5$  – аллостатическая перегрузка отсутствует, умеренная, высокая и очень высокая соответственно [57, 96].

По данным Т.М. Веckie [103] указанный индекс отражает субклиническое состояние здоровья у работающих в возрасте от 20 до 60 лет. Установлена взаимосвязь ИАН с показателями общей смертности, сердечнососудистой заболеваемости. С использованием ИАН выявлена структура аллостатической нагрузки у работников железнодорожного транспорта.

Однако практическое применение ИАН связано с определёнными трудностями. Точное число и перечень биомаркеров остаётся до настоящего времени открытым вопросом. По данным Juster R-P. с соавторами, основным

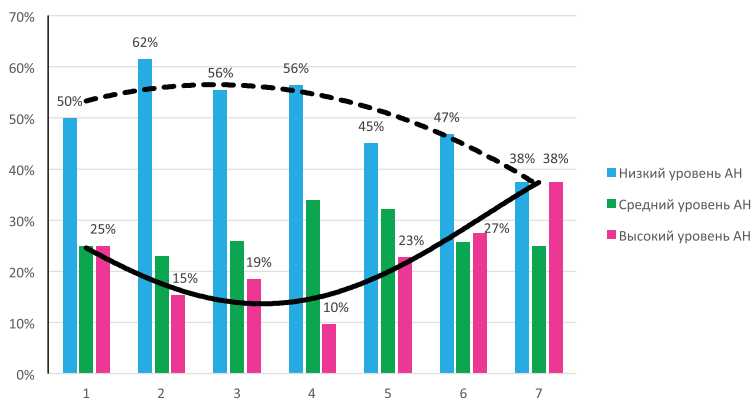


Рисунок 3. Зависимость аллостатической нагрузки от стажа работы персонала.

По оси абсцисс даны индексы стажевых групп:  
 1 – до 5 лет, 2 – 5-10 лет, 3 – 10-15 лет, 4 – 15-20 лет,  
 5 – 20-25 лет, 6 – 25-30 лет, 7 – более 30 лет



на анализе 58 публикаций по аллостазу, метаболические БМ использованы в 34%, нейроэндокринные – 25%, кардиоваскулярные и респираторные – 20%, антропометрические – 11%, иммунные – в 10% случаев. Однако перечисленные показатели не отражают в полной мере системную реакцию организма, лежащую в самом феномене аллостаза. В качестве БМ до настоящего времени не используют характеристики психического и психофизиологического состояния, без которых оценка состояния здоровья, как конечного результата достаточности или недостаточности механизмов регуляции аллостаза, не может считаться полной.

Кроме того, расчёт ИАН проводится на основе первичных показателей, число которых может исчисляться десятками. Они, как правило, в разной степени коррелированы между собой и имеют разную информативность. Такая «избыточность» создает информационный шум и может снижать точность оценки ИАН. Поэтому в качестве БМ целесообразно использовать интегральные показатели.

По данным ПФО расчёт ИАН может проводиться с использованием классов состояний работника по следующей формуле:

$$\text{ИАН} = a_1 \times K_1 + a_2 \times K_2 + a_3 \times K_3, \text{ усл. ед.}, \quad (1)$$

где  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  – оценка класса состояния на психическом, психофизиологическом и физиологическом уровне соответственно. При «светофорной» индикации состояния [9].

$K_1 = 0$  при идентификации «зелёного»,  $K_1 = 0,5$  – «жёлтого»,  $K_1 = 1,0$  – «красного» цвета.

$a_i$  – постоянные коэффициенты, сумма которых равна единице. Определяются экспертным путём в зависимости от «вклада» в деятельность психических, психофизиологических или физиологических нагрузок.

Низкий уровень ИАН идентифицируется при ИАН  $< 0,5$  усл. ед., средний при  $0,5 < \text{ИАН} < 1,5$ , высокий при ИАН  $> 1,5$  усл. ед.

По результатам математической обработки данных психофизиологического обследования работников некоторых ОИАЭ была установлена достоверная взаимосвязь аллостатической нагрузки с различными характеристиками состояния здоровья работников АЭС и их психофизиологической адаптацией (таблица 5).

Как следует из приведённых данных, у лиц с высоким уровнем аллостатической нагрузки достоверно хуже состояние здоровья, чаще встречаются психосоматические заболевания, ниже уровень психофизиологической адаптации, и, как следствие, выше риск нарушения функциональной надёжности работника.

Таким образом, концепция аллостаза является эффективным средством оценки результатов медицинских и психофизиологических обследований в задачах оценки нарушения функциональной надёжности работников атомной отрасли. Индекс аллостатической нагрузки может быть использован как критерий эффективности мер по совершенствованию охраны труда, укреплению здоровья, безопасности, психического и физического благополучия персонала.

В общем случае профессиональные характеристики (ПП и ПУ) должны оцениваться с помощью валидных методов и методик, используемых в ГК «Росатом» при подготовке (переподготовке) специалистов, прямых и косвенных характеристик успешности выполнения предписанных профессиональных обязанностей работника.

Таблица 5

**Взаимосвязь аллостатической нагрузки с различными характеристиками состояния здоровья работников ОИАЭ и их психофизиологической адаптацией**

Оцениваемая характеристика	Использованные при расчёте кодировки	Описание взаимосвязи	Величина критерия $\chi^2$	<i>p</i>
Группа здоровья	1 – Здоров 2 – Хронические заболевания, регрессионное течение 3 – Хронические заболевания, прогрессионное течение	У лиц с нарушением здоровья уровень аллостатической нагрузки выше: Код 1 – 18% обследованных с высоким уровнем АН Код 2 – 30% обследованных с высоким уровнем АН Код 3 – 52% обследованных с высоким уровнем АН	35,06	0,0003
Наличие или отсутствие психосоматических заболеваний	0 – Нет 1 – Есть	У лиц с психосоматическими заболеваниями уровень аллостатической нагрузки выше: Код 0 – 17% обследованных с высоким уровнем АН Код 1 – 83 % обследованных с высоким уровнем АН	23,92	0,00001
Единичность или множественность психосоматических заболеваний	0 – Нет 1 – Единичные 2 – Более одного	У лиц с множественными психосоматическими заболеваниями уровень аллостатической нагрузки выше: Код 0 – 17% обследованных с высоким уровнем АН Код 1 – 36 % обследованных с высоким уровнем АН Код 2 – с ИАН=3 47 % обследованных с высоким уровнем АН	32,49	0,00000
Виды заболеваний	1 – Сердечнососудистая система 2 – Желудочно-кишечный тракт 3 – Дорсопатии 4 – Прочие	У лиц с заболеваниями сердечно-сосудистой системы и желудочно-кишечного тракта уровень аллостатической нагрузки выше: Код 1 – 25,9 % обследованных с высоким уровнем АН Код 2 – 27,1 % обследованных с высоким уровнем АН Код 3 – 10,1 % обследованных с высоким уровнем АН Код 4 – 18,5 % обследованных с высоким уровнем АН	14,33	0,026
Психофизиологическая адаптация	1 – Высокий уровень 2 – Средний уровень 3 – Низкий уровень	У лиц с нарушениями психофизиологической адаптации уровень аллостатической нагрузки выше: Код 1 – 1,2% обследованных с высоким уровнем АН Код 2 – 3,6 % обследованных с высоким уровнем АН Код 3 – 95,2 % обследованных с высоким уровнем АН	537,3	0,00000

Практика показывает, что профессиональная подготовка в её современном понимании осуществляется только в учебно-тренировочных центрах на атомных электростанциях. На них оперативный персонал проходит плановую подготовку/переподготовку на полномасштабных тренажёрах, оценивается уровень их знаний. Что касается успешности профессиональной деятельности,

то руководители подразделений стараются не афишировать ошибки своих работников в случае, если они не приводят к существенным нарушениям работы технологических процессов. Поэтому при оценке профессиональных характеристик персонала и его функциональной надёжности самым доступным средством является экспертная оценка.

По результатам анкетирования работников основного производства ОИАЭ (167 человек) с использованием факторного анализа (таблица 6) было установлено, что вопросы анкеты, характеризующие профессиональную адаптацию работника, разбиваются на 4 группы (фактора).

Это дало возможность получить 4 интегральные характеристики профессиональной адаптации, характеризующие уровень профессиональной

Таблица 6

**Интегральные показатели профессиональной адаптации и «веса» в соответствующем факторе**

Наименование интегральных показателей	Исходные показатели	Номер в анкете	«Вес» исходного показателя в интегральном
Профессиональная подготовленность (ПП)	Уровень знаний	1	0,92
	Скорость овладения навыками	2	0,91
	Совершенство профессиональное	4	0,91
	Культура безопасности	5	0,64
Профессиональная успешность (ПУ)	Ошибки в работе	3	0,82
	Умение организовать работу	17	0,81
	Способность к взаимодействию	18	0,80
Базовые личностные качества (БЛК)	Умственная работоспособность	7	0,69
	Физическая работоспособность	6	0,55
	Темперамент	11	0,42
	Уровень интеллекта	12	0,69
	Самооценка	13	0,81
	Коммуникативность	14	0,83
	Самоконтроль	15	0,830
	Производственная этика	16	0,76
Базовые психофизиологические качества (БПФК)	Поведение в сложной производственной ситуации	8	0,62
	Преобладающее настроение	9	0,90
	Эмоции	10	0,79
	Уровень здоровья	19	0,97

подготовленности, уровень профессиональной успешности, базовые личностные и психофизиологические качества.

Формулы их вычисления в Т-баллах имеют следующий вид:

$$\begin{aligned}
 \text{ПП} &= 87,16695 - 7,50298 \times A_1 - 3,05035 \times A_2 - 6,75455 \times A_4 - 7,10540 \times A_5, \text{ баллы} \\
 \text{ПУ} &= 90,8721 - 9,3731 \times A_3 - 8,3824 \times A_{17} - 10,0161 \times A_{19}, \text{ баллы} \\
 \text{БЛК} &= 90,61877 - 5,35013 \times A_6 - 4,08785 \times A_7 - 0,65949 \times \\
 &\times A_{11} - 5,10300 \times A_{12} - 4,95113 \times A_{13} - 4,43658 \times A_{15} - 4,25415 \times A_{16}, \text{ баллы} \\
 \text{БПФК} &= 100,7272 - 7,6696 \times A_8 - 7,0395 \times A_9 - 3,9577 \times A_{10} - 7,6114 \times A_{19}, \text{ баллы}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

где  $A_i$  – номер вопроса в анкете.

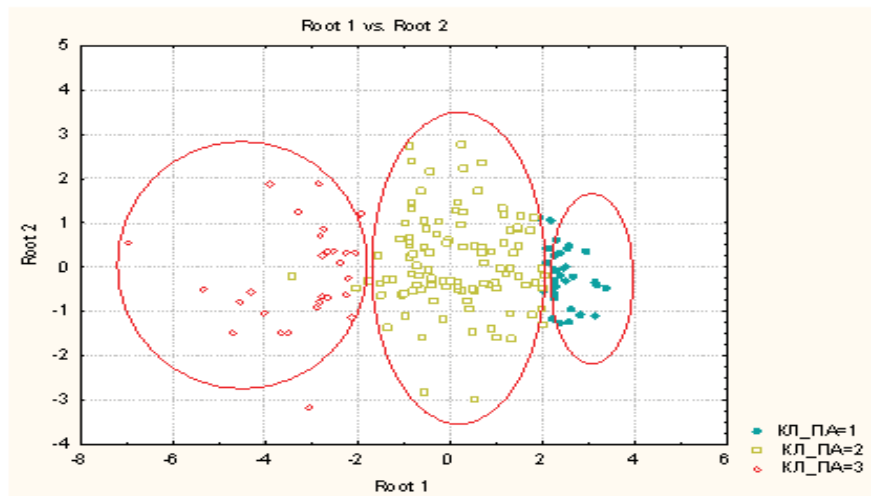
По полученным интегральным показателям с использованием кластерного анализа все прошедшие анкетирования были разбиты на 3 группы, отражающие высокий (ПА=1), средний (ПА=2) и сниженный (ПА=3) уровень профессиональной адаптации (таблица 7).

Таблица 7

Средние значения интегральных показателей профессиональной адаптации в выделенных группах

ПА	ПП, баллы	ПУ, баллы	БПФК, баллы	БЛК, баллы	ПА, баллы	N
ПА=1	61,1	61,7	61,2	61,1	62,4	32
ПА=2	50,6	50,1	50,5	50,7	50,7	106
ПА=3	35,3	36,0	35,3	34,5	34,0	29

В таблице также приведены значения интегрального показателя профессиональной адаптации, в качестве которого, после соответствующего нормирования, использовалась каноническая дискриминантная функция Root 1, хорошо разделяющая выделенные группы:



Для её получения использовался дискриминантный анализ.  
 Формула вычисления указанного показателя имеет следующий вид:

$$PA = -3,77 + 0,27 \times PP + 0,26 \times PU + 0,28 \times БПФК + 0,26 \times БЛК, \text{ баллы} \quad (3)$$

Оценка уровня профессиональной адаптации проводится с использованием линейных дискриминантных функций  $Z_1, Z_2, Z_3$ :

$$\begin{aligned} Z_1 &= -82,047 + 2,5767 \times PA \\ Z_2 &= -53,561 + 2,0943 \times PA \dots\dots\dots (4) \\ Z_3 &= -25,6786 + 1,4057 \times PA \end{aligned}$$

Первая идентифицирует высокий, вторая – средний, третья – низкий уровень профессиональной адаптации.

Правило оценки состоит в следующем. По формуле (3) через формулы (2) рассчитывается интегральный показатель ПА конкретного работника. Величина ПА подставляется в формулы (4), по которым вычисляются значения  $Z_1, Z_2, Z_3$ . Решение об уровне ПА принимается по максимальному  $Z_i$ .

Например, при  $PA=45$  баллов  $Z_1=34,1, Z_2=40,45, Z_3=37,3$ . Максимальное значение соответствует  $Z_2$ . То есть уровень профессиональной адаптации данного работника является средним.

Отметим, что по результатам диагностики с помощью методики 16-ФЛО Кеттелла (рисунок 4) лица со сниженным уровнем профессиональной адаптации (рассматриваются только достоверно различающиеся показатели) имеют более низкий уровень интеллекта (фактор В). Для них характерна большая неуступчивость, своенравность, враждебность (фактор Е), невнимательность, небрежность, беспечность, эмоциональность (фактор F), подозрительность, большое самомнение, догматичность, завистливость (фактор L), приземленность стремлений, некоторая ограниченность, излишняя внимательность к мелочам (фактор М), потребность в поддержке, пассивность (фактор F4).

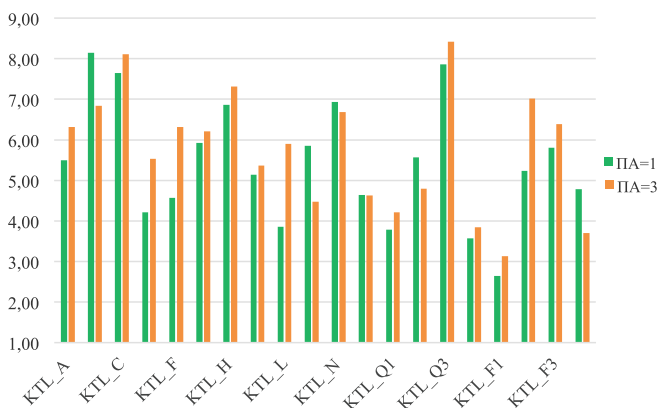


Рисунок 4. Показатели 16-ФЛО у лиц с высоким (PA=1) и низким (PA=3) уровнем профессиональной адаптации

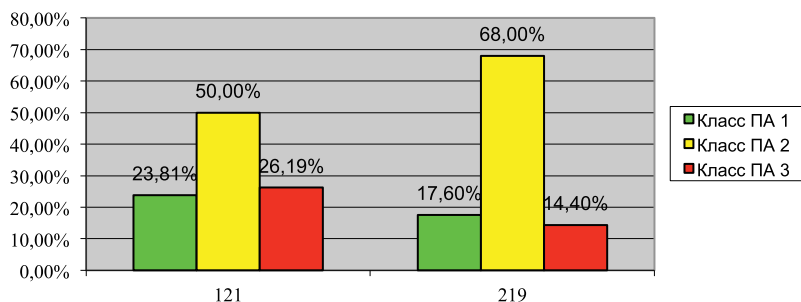


Рисунок 5. Структура профессиональной адаптации различных цехов ОИАЭ

В заключение раздела для примера приведём структуру профессиональной адаптации персонала 2-х подразделений ОИАЭ (рисунок 5).

Как следует из приведённых данных, большее число лиц со сниженным уровнем профессиональной адаптации отмечается в 121 подразделении – 29,19% против 14,4% в подразделении 219. Это свидетельствует о более низкой функциональной надёжности работников этого цеха и является основанием для принятия соответствующих управленческих решений.

В соответствии с выше изложенным оценку нарушения функциональной надёжности работников организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты в области использования атомной энергии в медицинских организациях ФМБА России предлагается проводить по функциональной (аллостатическая нагрузка/психофизиологическая «цена» адаптации к факторам жизнедеятельности) и профессиональной (профессиональная адаптация) компонентам.

Для проведения оценки предлагается использовать индекс нарушения функциональной надёжности (ИНФН), рассчитываемый по формуле:

$$\text{ИНФН} = a_1 \times \text{КЛ\_АН} + a_2 \times \text{КЛ\_ПА, усл. ед.}, \quad (5)$$

где КЛ\_АН, КЛ\_ПА – оценка класса состояния по уровню аллостатической нагрузки и профессиональной адаптации работника соответственно, проводимая с использованием формул (1) и (4) из раздела 1.2,  $a_1$  – постоянные коэффициенты, сумма которых равна единице. Определяются экспертным путём в зависимости от характера профессиональной деятельности работника и стажа работы на конкретном рабочем месте. При стаже работы менее 5 лет  $a_1=0,3$ ,  $a_2=0,7$ ; от 5 до 15 лет  $a_1=a_2=0,5$ ; более 15 лет –  $a_1=0,7$ ,  $a_2=0,3$ .

Величина ИНФН увеличивается с ростом уровня аллостатической нагрузки и ухудшением профессиональной адаптации.

При идентификации низкого уровня аллостатической нагрузки с использованием шкалы Харингтона оценкам КЛ\_АН присваивается значение 0 (КЛ\_АН=0 усл. ед.), среднего – КЛ\_АН=0,5 усл. ед., высокого – КЛ\_АН=1,0 усл. ед. При идентификации высокого уровня профессиональной адаптации с использованием шкалы Харингтона оценки КЛ\_ПА присваивается значение 0 (КЛ\_ПА=0 усл. ед.), среднего – КЛ\_ПА=0,5 усл. ед., низкого – КЛ\_ПА=1,0 усл. ед.

По значению ИНФН работник может быть отнесён к одной из трёх эталонных групп: лицам с высоким, средним и низким уровнем функциональной надёжности.

Решающие правила (линейные дискриминантные функции) принятия решения имеют следующий вид:

$$Z_{1\_ФН} = -2,1996 + 5,1579 \times \text{ИНФН}$$

$$Z_{2\_ФН} = -8,284 + 11,4831 \times \text{ИНФН}$$

$$Z_{3\_ФН} = -19,7667 + 18,8730 \times \text{ИНФН}$$

Правило их использования аналогично описанному в разделе 1.2.

Разработана вероятностная номограмма для принятия решения об уровне функциональной надёжности работника (рисунок 6).

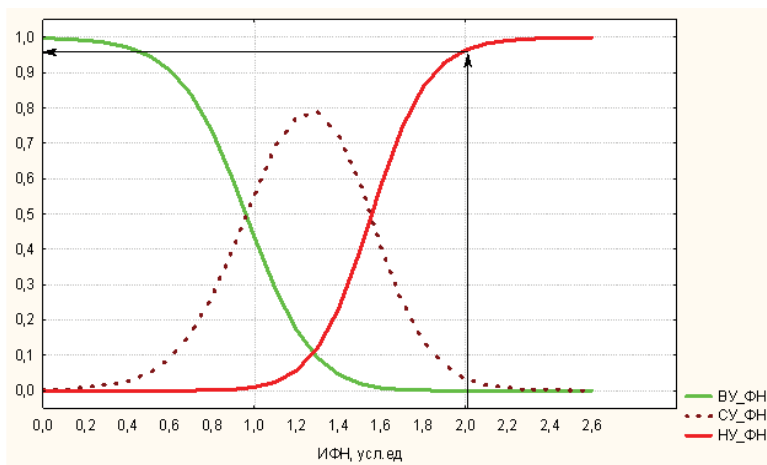


Рисунок 6. Вероятностная номограмма оценки уровня функциональной надёжности

По оси абсцисс отложены значения ИНФН, по оси ординат – вероятность идентификации у работников высокого (ВУ\_ФН), среднего (СУ\_ФН) и низкого (НУ\_ФН) уровня функциональной надёжности. Правило её использования состоит в следующем.

Рассчитанный по формуле ИНФН наносится на ось абсцисс. Из полученной точки восстанавливается перпендикуляр до пересечения с границами классов. Точка пересечения проецируется на ось ординат, по которой определяется вероятность отнесения классу.

Например, при  $\text{ИНФН} = 2$  усл. ед. вероятность идентификации у работника низкого уровня функциональной надёжности равна 0,95 (95%).

Для упрощённой оценки могут быть использованы «точечные» границы. Они определяют по 50% уровню вероятности равенства вероятностей для соседних классов.

При их использовании при  $\text{ИНФН} \leq 0,95$  усл. ед. уровень ФН работника является высоким, при  $0,95 < \text{ИНФН} \leq 1,55$  усл. ед. – средним, при  $\text{ИНФН} > 1,55$  усл. ед. низким.

### 2.3 Индикаторы нарушения функциональной надёжности работников ОИАЭ в медицинских организациях ФМБА России

Проблемам, связанным с разработкой индикаторов нарушения функциональной надёжности работников организаций, эксплуатирующих потенциально-опасные технологии, посвящено относительно небольшое количество исследований, выполненных отечественными и зарубежными учеными [61, 68, 104] и др. Как правило, они посвящены индикаторам оценки профессиональной надёжности операторов социотехнических систем и не касаются комплексных исследований системных ответов организма на неблагоприятные условия труда и жизни (Никифоров Г.С., Щербанов В.Ю., Бобров А.Ф., Седин В.И. и др.).

Это связано с тем, что в последнее время придавалось больше значение надёжности человеческого фактора в целом, без интегрального изучения особенностей психологического, психофизиологического и физиологического реагирования, что оказалось важным для развития медицинской психофизиологии, задачи которой связаны с оценкой и прогнозированием изменений функциональных состояний человека в различных условиях, в том числе, и экстремальных.

Эти изменения достаточно хорошо изучены в работах Никифорова Г.С. (2006), Бодрова В.А. (1998-2006) и др., но их связи с состоянием здоровья, функциональной надёжностью человека касались лишь опосредованно.

Некоторые результаты исследований названных авторов интересны и могут быть полезны при разработке информативных и валидных индикаторов нарушения функциональной надёжности.

Так, в качестве психофизиологических индикаторов надёжности оператора предлагается использовать показатели (это не индикаторы в нашем понимании – т.к. они тождественны):

*Долговременная выносливость.* Низкая выносливость ведёт к нарушению координации в процессе длительной работы, снижению устойчивости внимания, ухудшению функционального состояния (сонливость), вследствие чего растёт число ошибок.

*Выносливость к экстремальному напряжению и перенапряжению.* Определяет т.н. «пропускную» способность оператора – способность к оперативному мышлению в экстремальных условиях.

*Помехоустойчивость.* Способность противостоять отвлекающим внешним стимулам.

*Спонтанная отвлекаемость.* Обусловлена внутренними причинами колебания внимания.

*Реакция на непредвиденные раздражители.* Определяется длиной временного периода «психической рефрактерности» (невосприимчивости к последующим воздействиям), который тесно связан с типом нервной системы оператора (min период рефрактерности имеют уравновешенные).

*Переключаемость.* Определяется лабильностью нервной системы.

*Устойчивость к действию факторов среды* (температура, давление, шумы, ускорения, гипоксия...).

Данная классификация использует в качестве основы показатели, которые принято относить к отдельным характеристикам надёжного/не надёжного оператора.



Благинин А.А. в своем диссертационном исследовании [105] о личностных и психофизиологических особенностях операторов с пограничными функциональными состояниями и парциальной недостаточностью когнитивных процессов отмечает, что «выявление изменений в организме человека-оператора в процессе профессиональной деятельности с учётом перечисленных компонентов позволяет получить более адекватную картину его психофизиологического статуса и вплотную подводит к диагностике функционального состояния».

Опираясь только на теорию систем, конечно можно констатировать, что система профессионально важных качеств как частное проявление любой системы должна состоять из множества компонентов, взаимодействующих между собой определённым образом, т.е. обладать структурой, однако такое представление не обеспечивает решение вопросов, связанных с использованием профессионально важных качеств (ПВК) в медицинских целях.

Психофизиологический анализ приводит к рассмотрению систем, элементами которых являются не только нейрофизиологические процессы. В качестве элементов состояния рассматривается взаимодействие общих категорий – психического, поведенческого, физиологического и факторов – социальных, средовых, факторов профессиональной деятельности.

Широкий спектр изменений, указывают Медведев В.И. и Леонова А.Б. (Медведев В.И., Леонова А.Б., 1993), в нервно-психических процессах при формировании системной реакции человека-оператора включает в себя все основные компоненты реализуемой деятельности: энергетические, сенсорные, информационные, эффекторные и активационные.

Аналогичные подходы при выделении индикаторов надёжности предлагают многие исследователи проблем обеспечения антропогенных воздействий на безопасность эксплуатации потенциально-опасных объектов.

Интересные с точки зрения изучения проблемы идеи предлагает Северина Л.В. (Северина, 2004). Её основная гипотеза состоит в том, что уровень профессиональной пригодности специалистов электроэнергетики определяется состоянием их функциональной надёжности, которая характеризуется степенью развития и взаимосвязью характеристик профессионально важных психических качеств, психофизиологического состояния и работоспособности субъекта труда, что не противоречит результатам наших исследований [106].

При разработке интегрального показателя функционального состояния нами выделялись показатели психического, психофизиологического и физиологического уровней адаптации. Это нашло отражение в технологии оценки уровней психофизиологической адаптации, подтвердивших принципиальную возможность оценки и прогнозирования функциональной надёжности работника и получения сведений о возможных донозологических нарушениях здоровья.

По итогам комплексного исследования стало возможным формулирование принципов, которые должны использоваться при разработке индикаторов нарушения функциональной надёжности работников организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты в области использования атомной энергии в медицинских организациях ФМБА России.

Принцип научности – при разработке критериев используются только научно доказанные связи функционального состояния работника с его функциональной надёжностью.

Принцип комплексности – использование необходимого и достаточного количества информативных показателей для приемлемой оценки и прогнозирования функциональной надёжности.

Принцип валидности – используются критерии для оценки и прогнозирования функциональной надёжности, отражающие готовность своевременного и качественного выполнения работником профессиональных обязанностей в период до очередного ПФО при отсутствии снижения ПФА до недопустимого уровня.

Используя эти принципы, и методические варианты использования различных диагностических методик нам представляется возможным использовать в качестве индикаторов нарушения функциональной надёжности оценки их отдельных показателей.

Для дифференциальной оценки функциональной надёжности отдельных категорий работников необходимо создавать специальный адаптивный алгоритм, позволяющий автоматизировано строить групповые нормативы и проводить оценку в соответствии с принадлежностью работника к конкретной профессиональной группе.

Индикаторы нарушения функциональной надёжности, отобранные применительно предложенной методологии, представлены ранее в таблице 1.

В целях получения внешних критериев оценки функциональной надёжности работников организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты в области использования атомной энергии в медицинских организациях ФМБА России целесообразно использовать экспертные оценки [15].

Эксперты учитывают наиболее типичные ситуации, эпизоды профессиональной деятельности работника в определённой должности («узких мест»), в которых он проявляется как оператор, и ранжирования их по степени важности.

К экспертной группе, как правило, предъявляются требования, подтверждающие их компетентность, которая складывается из определения величины стажа эксперта и опыта («факторов компетентности») работы в должности, после которой обеспечивается компетентность не ниже 0.9 от максимально возможной (1.0).

Работа группы экспертов сводится к заполнению бланка «Анкета эксперта» для выявления роли профессионально важных качеств в профессиональной деятельности (Седин В.И., Мельницкая Т.Б.).

По результатам ответов экспертов проводится оценка согласованности и репрезентативности их мнений. Психические познавательные процессы, как правило, эксперты считали должны быть развиты у руководителя «чем выше, тем лучше».

Полученные данные позволили разработать профессиографические требования к работникам и сформировать перечень групп ПВК для расчёта этого аспекта функциональной надёжности.

В целях получения информации об уровне функциональной надёжности работника, предполагается использовать специально разработанную «9-ти уровневую шкалу» (рисунок 7) [36].

### Таблица компетенций

Компетенции	Степень развития компетенций, обеспечивающих функциональную надёжность				
	Значительно ниже средней	Ниже средней	Средняя, как у большинства	Выше средней	Значительно выше средней
Приверженность к культуре безопасности (осознание ответственности за безопасность работы, требовательность и личное выполнение правил безопасности)					
Способность устанавливать правильные служебные взаимоотношения (доброжелательность, требовательность, независимость, самокритичность)					
Способность принимать своевременно и правильно решения (творческое мышление, оперативность оценки обстановки, предусмотрительность)					
Способность действовать в критических ситуациях (самообладание, выдержка, уравновешенность)					
Способность добиваться поставленных целей (решительность, настойчивость, инициативность, склонность к оправданному риску)					
Стремление к профессиональному росту (совершенствование профессиональных знаний, способность к самообразованию)					
Профессиональная приемлемость в коллективе (профессиональная и экономическая компетентность)					
Социальная приемлемость в коллективе (авторитет, лидерство, общественная активность)					
Ответственное отношение к выполнению служебных обязанностей (самостоятельность, ответственность, добросовестность, дисциплинированность)					

Признанный талант к данному виду деятельности. Способен выполнять свои должностные обязанности самостоятельно в простых и сложных условиях без напряжения. Один из лучших в организации.	9
Значительно выше среднего уровня	8
Выше среднего уровня	7
Несколько выше среднего уровня	6
Профессиональные способности средние - как у большинства специалистов такого же возраста и опыта работы. Способен выполнять свои должностные обязанности самостоятельно в простых условиях. Требуется контроль при работе в сложных условиях. Действует с некоторым напряжением.	5
Несколько ниже среднего уровня	4
Ниже среднего уровня	3
Значительно ниже среднего уровня	2
Крайне низкие профессиональные способности. Допускает ошибки в простых условиях работы. Требуется значительных дополнительных мероприятий по подготовке. Более целесообразно использовать в другой должности.	1

Рисунок 7. Бланк «9-ти уровневая шкала интегральной оценки функциональной надёжности» для экспертной оценки

При создании «9-ти уровневой шкалы», как и при оценке компетенций, была реализована идея соответствия среднего уровня (пятого) – уровня функциональной надёжности большинства работников (67,8%) т.е. пространство нормального распределения ограничено одним стандартным отклонением). Полученные с помощью 9-ти уровневой шкалы оценки (внешний критерий), будут использоваться для разработки интегральных критериев оценки функциональной надёжности.

## **Глава 3 Методическое обеспечение оценки функциональной надёжности работников основных профессиональных категорий в медицинских организациях ФМБА России**

### **3.1 Оценка и прогнозирование функциональной надёжности работников при прохождении плановых медицинских осмотров и психофизиологических обследований в медицинских организациях ФМБА России**

В результате исследований, подтвердивших справедливость методологических подходов к оценке и прогнозированию функциональной надёжности работников ОИАЭ в медицинских организациях ФМБА России, возникла необходимость в разработке соответствующих методических рекомендаций для применения специалистами подразделений психофизиологического обследования (лабораторий, кабинетов) медицинских организаций ФМБА России, проводящими ПФО работников.

В основу разрабатываемых методических рекомендаций по оценке и прогнозированию функциональной надёжности работников в подразделениях психофизиологического обследования медицинских организаций ФМБА России, были включены следующие положения.

Основной целью психофизиологических обследований является выявление психофизиологических отклонений, которые могут свидетельствовать о наличии 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, что отражается на функциональной надёжности.

Рекомендации должны отражать требования Федерального закона от 8 марта 2011 г. N 35-ФЗ «Устав о дисциплине работников организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты в области использования атомной энергии».

ПФО проводятся в соответствии с методическими рекомендациями «Организация и проведение психофизиологических обследований работников организаций эксплуатирующих радиационно опасные и ядерно опасные производства и объектов в области использования атомной энергии, при прохождении работниками медицинских осмотров в медицинских организациях ФМБА России» (Р ФМБА России 2.2.9.84-2015), утвержденными ФМБА России 29 декабря 2015 года.

Рекомендации определили организационно-методические основы проведения психофизиологических обследований при проведении медицинских осмотров (обследований) в медицинских организациях ФМБА России в части, касающейся оценки функциональной надёжности работников организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты в области использования атомной энергии.

Для атомной отрасли оценка условий труда и периодические медицинские осмотры являются составной частью медико-психофизиологического мониторинга профессионального здоровья работников. Анализ данных литературы

показывает, что при их проведении существуют проблемы практической реализации нормативно-правовой базы, низкая финансово-экономическая и медико-социальная эффективность медицинских осмотров. Во многом это связано с тем, что результаты нужно рассматривать, в том числе с позиций профилактической медицины и донозологической диагностики.

Донозологическая диагностика – распознавание состояний организма, граничных между нормой и патологией (между здоровьем и болезнью), характеризующихся нарушением равновесия между организмом и средой. Объектом донозологической диагностики является процесс адаптации организма к неблагоприятным факторам жизнедеятельности.

Для донозологической диагностики могут быть использованы результаты оценки психофизиологической адаптации по данным комплексных психофизиологических обследований, работающих в неблагоприятных условиях.

Особое значение имеет использование индекса аллостатической нагрузки при создании специальных тренажёров, позволяющих развивать пространственно-временную координацию, координационно-двигательное взаимодействие, совершенствовать характеристики внимания и памяти, повышать стрессоустойчивость, развивать навыки оптимального функционирования в нестандартных ситуациях на основе решения игровых задач, моделирующих работу различных профессиональных категорий персонала атомной отрасли. Полученные нами данные указывают на эффективность тренажёров, воссоздаваемых с помощью моделей с адаптивной обратной связью при использовании физиологических сигналов, регистрируемых у тренируемого.

Контроль психофизиологической «цены» деятельности тренируемого позволяет объективно оценивать степень тренированности широкого спектра моторных навыков, проводить диагностику состояния перенапряжения – предвестника снижения уровня профессионального здоровья, результативности и надёжности выполняемой деятельности. При этом предусматривается определение наиболее сложных для конкретного работника операций, с последующим построением на основе этих знаний индивидуальной системы тренировок, проведение осознанного мониторинга профессиональной надёжности деятельности, в том числе, в стрессовой ситуации, минимизация возможности появления ошибок.

Причины снижения профессиональной надёжности работника обусловлены особенностями его психофизиологической адаптации и актуального функционального состояния в процессе работы, а также уровнем развития профессионально важных психофизиологических и психологических качеств работника, недостатками в профессиональной подготовке.

Оценка и прогнозирование функциональной надёжности определяет необходимость учёта особенностей ПФА работников, профессиональной успешности и профессиональной подготовленности.

Структурная схема (рисунок 1) взаимоотношения компонентов, формирующих оценку функциональной надёжности работника с точки зрения медико-психофизиологического обеспечения, включает компоненты, которые предполагают пути получения оценки функциональной надёжности.

Оценка функциональной надёжности, включающая оценку ПФА и показатели профессиональной подготовленности и успешности, предусматривает:

- в качестве показателей профессиональной успешности используются прямые и косвенные характеристики работника, получаемые с помощью экспертных оценок;
- оценка физиологических, психофизиологических и психологических уровней ПФА осуществляется с помощью диагностических методик аппаратно-программных комплексов (АПК), рекомендованных для этих целей установленным порядком.

Индикаторы функциональной надёжности являются основой формирования с помощью определённых правил комплексирования показателей, оценок функциональной надёжности работника.

При формировании интегрального показателя ПФА выделяются и оцениваются показатели психического, психофизиологического и физиологического уровней адаптации с помощью диагностических методик, рекомендованных ФМБА России.

- психологический уровень оценивается с помощью психодиагностических методик направленных на выявление психологических особенностей работника, которые коррелируют с профессиональной надёжностью;
- психофизиологический уровень оценивается с помощью психофизиологических методик направленных на выявление особенностей нервной системы и высшей нервной деятельности;
- физиологический уровень оценивается с помощью диагностических методик направленных на оценку показателей, свидетельствующих о функционировании основных физиологических систем организма.

Психодиагностические и физиологические методики, рекомендованные ФМБА России, реализованы в аппаратно-программном комплексе АПК ПФС-КОНТРОЛЬ.

Предварительная интегральная оценка уровня психофизиологической адаптации осуществляется по правилам алгебры логики с учётом оценки уровня психического, психофизиологического и физиологического состояния, окончательная – путём вычисления вероятности идентификации у обследованного высокого, среднего или низкого уровня психофизиологической адаптации с использованием интегрального показателя оценки психофизиологической адаптации (ИП ПФА) и линейных дискриминантных функций. Формула вычисления ИП ПФА через классы состояний на психическом, психофизиологическом и физиологическом уровне имеет следующий вид:

$$\text{ИП ПФА} = a_1 \times \text{УПС} + a_2 \times \text{УПФС} + a_3 \times \text{УФС},$$

где:  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  – постоянные коэффициенты, УПС, УПФС и УФС – уровни психического, психофизиологического и физиологического состояния, имеющие значения 1, 2 и 3. Значение 1 соответствует высокому, 2 – среднему, 3 – низкому уровню соответствующей характеристики.

Она выражается через регистрируемые в ходе ПФО показатели:

$$\text{ИП ПФА} = \sum a_{ij} \times \Pi_{ij},$$

где  $\Pi_{ij}$  – значение  $i$  – го показателя (индикатора) по  $j$  – й методике,  $a_{ij}$  – его «вес».

ИП ПФА нормируется в Т-бальной шкале.

Психологические индикаторы нарушения функциональной надёжности, применительно предложенной методологии, представлены в таблице 1.

Профессиональная успешность и профессиональная подготовленность оценивается специально подобранными экспертами.

При оценке степени развития компетенций и интегрального уровня ФН реализован методический подход соответствия среднего уровня пространством нормального распределения, ограниченного одним стандартным отклонением.

Заключение о функциональной надёжности к выполнению работ на особо радиационно опасных и ядерно опасных производствах и объектах в области использования атомной энергии формируется в процессе анализа психофизиологических, физиологических и психологических данных, полученных при проведении ПФО с использованием комплексных критериев, реализованных в программном обеспечении аппаратно-программного комплекса для группового психофизиологического обследования.

Формирование заключения о ФН проводится с учётом:

- формализованной оценки психического, психофизиологического, физиологического состояния и уровня психофизиологической адаптации в целом, выдаваемой системой поддержки принятия решения (СППР) аппаратно-программного комплекса для группового психофизиологического обследования;
- сравнения индивидуальных психофизиологических, физиологических и психологических показателей с нормативами и оценки динамики индивидуальных показателей, полученных в процессе предыдущих периодических ПФО;
- сопоставления результатов ПФО с прямыми и косвенными показателями профессиональной работоспособности, социальными, социально-психологическими особенностями.

Критерии формализованной оценки психологического, психофизиологического и физиологического состояния отражают уровни психофизиологической адаптации.

*Критерии оценки уровня психического состояния.* В качестве критериев выделения и оценки уровней психического состояния используются нормативы психодиагностических методик ММИЛ, 16-ФЛЮ Кеттелла, приведённые в «Методических указаниях по проведению медицинских осмотров и психофизиологических обследований работников объектов использования атомной энергии» № 32-023/20 от 08.06.1999, построенные с использованием 2-х стандартных (SD) отклонений от среднего значения (M): верхняя граница нормы (M+2SD), нижняя граница нормы (M-2SD), а также границы по недопустимым величинам прогностически значимых показателей.

Решение о высоком уровне психического состояния принимается при попадании значений психодиагностических показателей в диапазон (M±SD), среднем – при попадании в диапазон между (M±SD) и (M+2SD), низком – при превышении значений недопустимых величин прогностически значимых показателей. Нарушения (низкий уровень) психического состояния проявляются в неадекватных поведенческих реакциях, повышении тревожности с возможностью её дальнейшей соматизации, наличии депрессивных реакций, снижении порога фрустрации, аффективных проявлений с элементами агрессии, аутизации личности и др.



*Критерии оценки уровня психофизиологического состояния.* В качестве критерия выделения и оценки уровня психофизиологического состояния используется степень напряжения регуляторных механизмов ЦНС, определяемая по скорости и устойчивости сенсомоторных реакций по данным методик РДО, ПЗМР и СЗМР. Высокий уровень психофизиологического состояния соответствует низкому, средний – повышенному, низкий – высокому уровню напряжения регуляторных механизмов ЦНС. Нарушения (низкий уровень) психофизиологического состояния при высоком уровне напряжения регуляторных механизмов ЦНС проявляются в выраженном преобладании активирующих или тормозных процессов вследствие развития состояний утомления, монотонии, функционального напряжения организма, эмоциональной напряженности или стресса.

*Критерии оценки уровня физиологического состояния.* В качестве критерия выделения и оценки уровня физиологического состояния используется степень напряжения регуляторных механизмов сердечнососудистой системы, определяемая по данным методики variability of heart rate (ВСР). Высокий уровень физиологического состояния соответствует низкому, средний – повышенному, низкий – высокому уровню напряжения регуляторных механизмов сердечно – сосудистой системы и организма в целом. Нарушения (низкий уровень) физиологического состояния при высоком уровне напряжения являются следствием снижения функциональных резервов организма и проявляются в изменении симпатоваганального баланса вегетативной нервной системы, оцениваемого по данным variability of heart rate

*Критерии оценки психофизиологической адаптации.* Уровень психофизиологической адаптации оценивается как высокий при:

[УПС=1 и УПФС=1 и УФС=1] ИЛИ [УПС=1 и УПФС=1 и УФС=2]  
ИЛИ

[УПС=1 и УПФС=2 и УФС=1] ИЛИ [УПС=2 и УПФС=1 и УФС=1]

Уровень психофизиологической адаптации оценивается как средний при:

[УПС=1 и УПФС=2 и УФС=2] ИЛИ [УПС=2 и УПФС=1 и УФС=2]  
ИЛИ

[УПС=2 и УПФС=2 и УФС=1] ИЛИ [УПС=2 и УПФС=2 и УФС=2]

Где: УПС, УПФС, УФС уровень психического, психофизиологического и физиологического состояния соответственно, которые могут принимать значения 1 (высокий уровень), 2 (средний уровень) или 3 (низкий уровень).

Во всех других случаях уровень психофизиологической адаптации оценивается как низкий.

При формировании заключения, наряду с результатами формализованной оценки, учитываются данные анамнеза о прямых и косвенных признаках наличия психофизиологических отклонений, проявляющихся в: существенном снижении профессиональной работоспособности, признаках повышенной утомляемости, не имеющих клинической очерченности психофизиологических и соматических расстройств, выраженной степени когнитивных и мнестико-интеллектуальных нарушений, отклонений познавательных процессов и (или) эмоционально-волевой сферы.

Заключение о функциональной надёжности работника передаётся установленным порядком руководителю медицинской организации для использования по назначению.

### **3.2 Результаты апробации методического обеспечения системы оценки, прогнозирования и управления функциональной надёжностью**

Методические рекомендации (проект) по оценке и прогнозированию функциональной надёжности работников ОИАЭ были апробированы в медицинских организациях ФМБА России.

Положения разработанного документа учитывались при проведении психофизиологических обследований работников организаций ГК «Росатом» в ФГБУЗ МСЧ № 72 ФМБА России и ФГБУЗ ЦМСЧ № 91 ФМБА России.

В ходе работы внесены отдельные изменения, которые, по мнению специалистов, делают более понятным раздел, в котором рассматриваются особенности взаимодействия лабораторий (кабинетов) психофизиологического обследования медицинских организаций ФМБА России с лабораториями профессиональной надёжности организаций ГК «Росатом».

Разработка методических рекомендаций дополняет пакет нормативно-методических документов, предназначенных для использования специалистами лабораторий (кабинетов) ПФО медицинских организаций ФМБА России в рамках создания системы медико-психофизиологического обеспечения работников организаций атомной отрасли. Их внедрение в практику позволяет начать накопление эмпирических данных о психофизиологических особенностях работников, имеющих значение при оценке уровней психофизиологической адаптации и функциональной надёжности работников, в целях обеспечения врачебных комиссий медицинских организаций информацией о донозологических нарушениях, начальных проявлений психосоматических заболеваний и необходимости проведения личностно-ориентированных реабилитационно-оздоровительных мероприятий с оценкой их эффективности.

Накопление таких данных позволит провести оценку, прогнозирование функциональной надёжности основных профессиональных категорий работников ОИАЭ в медицинских организациях ФМБА России при прохождении работниками плановых медицинских осмотров.

При разработке методических рекомендаций были учтены результаты исследований, которые подтвердили наличие устойчивой связи уровней функциональной надёжности работников с результатами оценки компонентов ПФА. Показано, что низкие уровни психической, психофизиологической и физиологической адаптации, как правило, значительно повышают вероятность ошибочных действий работников при выполнении операторских задач, особенно в напряжённых условиях.

В то же время отмечено, что для оценки функциональной надёжности и повышения прогностичности получаемых данных необходимо учитывать профессиональную успешность и профессиональную подготовленность работника. Это полностью соответствует принципу, который предполагает необходимость системной оценки необходимого и достаточного количества показателей для получения интегральной оценки уровня функциональной надёжности с приемлемой точностью.

## **Глава 4 Концепция системы оценки, прогнозирования и управления функциональной надёжностью в рамках совершенствования психофизиологического обеспечения работников организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты в области использования атомной энергии в медицинских организациях ФМБА России**

### **Введение**

Возросшая ответственность за безопасность эксплуатации особо радиационно опасных и ядерно опасных производств и объектов в области использования атомной энергии и связанная с этим задача снижения антропогенной зависимости выдвигает как одну из самых актуальных проблему повышения надёжности человеческого фактора в атомной отрасли.

Надёжная профессиональная деятельность работников объектов в области использования атомной энергии, является одной из важнейших составляющих национальной безопасности государства. Требования к их надёжности определяются важностью роли человеческого фактора в обеспечении эффективного управления, ценой последствий ненадлежащего исполнения своих обязанностей персоналом, допущенным к управлению высокотехнологичными процессами.

Обеспечение надёжности проводится с помощью различных способов, одним из которых является медицинский и профессиональный отбор, подбор и допуск персонала к исполнению служебных обязанностей.

Это подчеркивает необходимость использования системного подхода, который обеспечивает всестороннее изучение всех факторов (внешних и внутренних), влияющих на уровень профессиональной надёжности работника и антропогенной защищенности организации, и их взаимосвязи.

Поэтому обследование как кандидатов, принимаемых на работу, так и работников, осуществляющих профессиональную деятельность, должно быть комплексным и включать получение информации о состоянии здоровья, физической выносливости, профессиональной подготовке, моральных и профессионально важных психологических качествах. Психофизиологической оценке возможностей человека, связанных с обеспечением надёжности человеческого фактора, уделялось в последние два десятилетия особое внимание.

Тем не менее, к настоящему времени в пересмотре нуждались нормативно-правовая и методическая база, регулирующая работу по психофизиологическому обеспечению работников.

Исследования, проводимые в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России, позволили разработать методологические и методические основы создаваемой структуры и состава единой системы психофизиологического обеспечения профессиональной деятельности персонала ОИАЭ и программно-аппаратного оснащения создаваемых подразделений ПФО в медицинских организациях ФМБА России, реализованные в документах: «Порядок организации медицинской помощи населению ЗАТО, территорий с опасными для здоровья человека физическими, химическими и биологическими факторами, включенных в соответствующий перечень, работников организаций, включенных в перечень организаций отдельных отраслей промышленности с особо опасными условиями труда», методических рекомендациях, которые

определяют организацию и проведение психофизиологических обследований работников организаций эксплуатирующих радиационно опасные и ядерно опасные производства и объектов в области использования атомной энергии, при прохождении работниками медицинских осмотров в медицинских организациях ФМБА России, утвержденные Заместителем руководителя ФМБА России 29 декабря 2015 года (Р ФМБА России 2.2.9.84-2015).

Эти и другие нормативно-методические документы определили предметную область разрабатываемой концепции.

Она предполагает проведение специальных мероприятий по оценке психофизиологических характеристик работников, контролю отсутствия у них медицинских противопоказаний, имеющих значение при определении и прогнозировании надёжности профессиональной деятельности, выявлении дозозологических нарушений и наличия психофизиологических отклонений к профессиональной деятельности.

Концепция, представляет собой систему принятых в Российской Федерации взглядов на медико-психофизиологическое обеспечение надёжности профессиональной деятельности работников атомной отрасли, а также опыта медико-психофизиологического обеспечения профессиональной деятельности различных специалистов, в том числе и силовых ведомств.

#### **4.1 Общие положения**

- 4.1.1 Настоящий документ определяет концептуальные основы медико-психофизиологического обеспечения профессиональной деятельности работников предприятий (эксплуатирующих организаций) атомной отрасли (далее – работник), обслуживаемых ФМБА России в части, касающейся оценки его функциональной надёжности (ФН).
- 4.1.2 Предметом рассмотрения Концепции является оценка ФН работника как элемента интегральной оценки надёжности человеческого фактора в социо-технических системах.
- 4.1.3 В Концепции представлены общие положения, основные принципы, а также пути и средства реализации Концепции; предложены перспективные направления совершенствования системы психофизиологического обеспечения в части оценки ФН работника.
- 4.1.4 Концепция предназначена для специалистов медицинских организаций (медико-санитарных частей, клинических больниц) ФМБА России и организаций ГК «Росатом» (по согласованию) совместно создающих и совершенствующих систему медико-психофизиологического обеспечения профессиональной деятельности работников отрасли.
- 4.1.5 Концепция разработана в соответствии с требованиями федеральных законов и постановлений Правительства Российской Федерации, приказов Минздрава России, а также ведомственных приказов, регулирующих профессиональную деятельность медицинских работников, психофизиологов, психологов в области совершенствования системы медицин-

ского и психофизиологического обеспечения работников организаций ГК «Росатом».

- 4.1.6 Создание системы медико-психофизиологического обеспечения профессиональной деятельности работников отрасли должно основываться на принципах государственной политики о приоритете безопасности эксплуатации предприятий и о признании приоритета жизни и здоровья людей по отношению к результатам производственной деятельности, заложенных в нормативно-правовых актах федерального и отраслевого уровня и специально разработанных типовых правовых, организационных и методических документах, регламентирующих деятельность по формированию и обеспечению профессиональной надёжности работников.

## 4.2 Термины и определения

В настоящем документе применены следующие термины с соответствующими им определениями:

**медицинский осмотр** – комплекс медицинских вмешательств, направленных на выявление патологических состояний, заболеваний и факторов риска их развития (ст. 46 Федерального закона от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ).

**периодический медицинский осмотр** – медицинский осмотр, проводимый с установленной периодичностью в целях динамического наблюдения за состоянием здоровья работников, своевременного выявления начальных форм профессиональных заболеваний, ранних признаков воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов рабочей среды, трудового процесса на состояние здоровья работников, в целях формирования групп риска развития профессиональных заболеваний, выявления медицинских противопоказаний к осуществлению отдельных видов работ (ст. 46 Федерального закона от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ).

**предсменный медицинский осмотр** – медицинский осмотр, проводимый перед началом рабочего дня (смены) в целях выявления признаков воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов, состояний и заболеваний, препятствующих выполнению трудовых обязанностей, в том числе алкогольного, наркотического или иного токсического опьянения и остаточных явлений такого опьянения (ст. 46 Федерального закона от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ).

**психофизиологическое обследование** – обследование, осуществляемое с целью получения данных о психических, психофизиологических и физиологических качествах работника и уровне его психофизиологической адаптации.

**психофизиологическая адаптация** – системный ответ человека на действие внешних и внутренних стимулов и факторов, направленный на достижение полезного приспособительного результата.

**периодические психофизиологические обследования** – психофизиологические обследования, проводимые в целях выявления лиц с нарушениями функционального состояния и признаками психофизиологической дезадаптации, которые могут свидетельствовать о наличии психофизиологических противопоказаний для продолжения работы, при выполнении которой обязательно проведение предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников.

**предсменные психофизиологические обследования** – психофизиологические обследования, проводимые перед началом каждой рабочей смены для контроля функционального состояния, свидетельствующего об ухудшении состояния здоровья, в том числе о возникновении признаков острого профессионального заболевания (отравления).

**психическое состояние** – условно выделяемый иерархический уровень функционального состояния, характеризующий способность удовлетворять актуальные потребности и реализовывать связанные с ними значимые цели, обеспечивая соответствие психической деятельности человека, его поведения требованиям профессиональной деятельности.

**психофизиологическое состояние** – условно выделяемый иерархический уровень функционального состояния, характеризующий способность центральной нервной системы к выполнению целенаправленных действий, оцениваемых в соответствии с требованиями профессиональной деятельности.

**уровень состояния** – характеристика, отражающая степень напряжения регуляторных механизмов оцениваемых функций организма. Высокий уровень состояния соответствует оптимальному, средний – выраженному, низкий – очень высокому (перенапряжению или истощению) уровню напряжения регуляторных механизмов оцениваемых функций организма.

**функциональное состояние** – интегральный комплекс характеристик тех функций и качеств человека, которые прямо или косвенно обуславливают выполнение деятельности.

**функциональная надёжность** – свойство функциональных систем организма работника обеспечивать выполнение предписанных должностных обязанностей в течение определённого времени и с заданным качеством, не снижая психофизиологической адаптации до недопустимого уровня.

### 4.3 Состояние проблемы

- 4.3.1 Практическая реализация оценки ФН работников специалистами медицинских организаций ФМБА России отражает специфику усилий агентства, направленные на сохранение профессионального здоровья работников и повышение безопасности эксплуатации предприятий ГК «Росатом» за счёт повышения надёжности человеческого фактора.
- 4.3.2 Ведущим фактором в достижении надёжности и эффективности предприятия является работник. Причины снижения профессиональной надёжности работника обусловлены особенностями его состояния психофизиологической адаптации и актуального функционального состояния в процессе работы, а также уровнем развития профессионально важных психофизиологических и психологических качеств работника, недостатками в профессиональной подготовке.
- 4.3.3 Включение психофизиологического обследования работников ГК «Росатом» в структуру медицинских осмотров определяет необходимость учёта особенностей психофизиологической адаптации и профессионально важных качеств при оценке и прогнозировании их ФН и выявлении по психофизиологическим критериям групп риска с последующим принятием своевременных организационных мероприятий.

#### **4.4. Цели и задачи**

- 4.4.1 Цель настоящей Концепции – определение путей и средств получения количественной оценки ФН работников предприятий ГК «Росатом» на основе использования данных ПФО, полученных на различных этапах психофизиологических обследований, проводимых в медицинских организациях ФМБА России в рамках медицинских осмотров.
- 4.4.2 Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:
- сформировать алгоритм получения оценки ФН работников, предполагающий использование данных ПФО для выделения среди работников лиц с различным уровнем ПФА и результатов экспертной оценки развития их профессионально важных качеств;
  - подобрать методические средства получения экспертной оценки в целях использования при формировании оценки ФН работника;
  - определить индикаторы для оценки ФН работника;
  - разработать процедуру получения количественной оценки ФН работника;
  - провести апробацию эффективности разработанных методических подходов на этапах предсменного и периодического медицинского контроля, а также оценки результатов реабилитационно-оздоровительных мероприятий;
  - организовать и провести мониторинг ФН работников с созданием базы данных ПФО и состояния их здоровья;
  - уточнить применимость принципов выявления психофизиологических противопоказаний у работников, получающих разрешение на право ведения работ на предприятиях с потенциально опасными технологиями.

#### **4.5 Принципы формирования Концепции**

Основными принципами формирования Концепции являются:

- 4.5.1 Принцип научности – при разработке критериев используются только научно доказанные связи показателей профессиональной деятельности, функционального состояния, ПФА работника с его функциональной надёжностью.
- 4.5.2 Принцип индивидуальности – система медико-психофизиологического обеспечения работников должна быть направлена на конкретного работника с учётом особенностей его личности, актуального психического (функционального) состояния, ПФА и здоровья.
- 4.5.3 Принцип непрерывности – система медико-психофизиологического обеспечения должна осуществлять непрерывный контроль за психофизиологической адаптацией через систему мониторинга всех её компонент, влияющих на ФН работника.
- 4.5.4 Принцип информационной адекватности – система медико-психофизиологического обеспечения должна базироваться на современных информационных технологиях, включая базы данных и системы поддержки принятия решения по всем компонентам системы.
- 4.5.5 Принцип предосторожности – недостаток статистических данных о конкретных фактах неблагоприятных влияний факторов профессиональной среды организаций на работников не должен служить основанием для отсрочки эффективных, соразмерных и экономически приемлемых мер для предупреждения рисков нарушения его психофизиологической адаптации и ФН.

- 4.5.6 Принцип количественной оценки – оценка ФН и психофизиологической адаптации работников должна проводиться по количественным системным критериям, включающим показатели регистрируемых процессов и состояний.
- 4.5.7 Принцип оптимального взаимодействия – для обеспечения необходимого уровня профессиональной надёжности работников система медико-психофизиологического обеспечения взаимодействует с функционирующими в организациях ГК «Росатом» системами:
- медицинского обеспечения;
  - кадрового обеспечения (профессиональный кадровый отбор по образовательным и другим критериям, в том числе при выдвижении в резерв на вышестоящие должности);
  - профессиональной подготовки, повышения и поддержания квалификации, переподготовки персонала;
  - социального обеспечения;
  - режимного обеспечения.
- 4.5.8 Принцип комплексности – использование необходимого и достаточного количества информативных показателей для оценки и прогнозирования ФН на приемлемом уровне достоверности.
- 4.5.9 Принцип валидности – используются критерии для оценки и прогнозирования ФН, отражающие готовность своевременного и качественного выполнения работником профессиональных обязанностей в период до очередного ПФО при отсутствии снижения ПФА до недопустимого уровня.

#### 4.6 Пути реализации концепции

- 4.6.1 Структурная схема взаимоотношения компонентов, формирующих оценку ФН работника, определяет элементы и направления научных исследований для достижения целей медико-психофизиологического обеспечения, направленного на сохранение профессионального здоровья работников и повышение безопасности эксплуатации организаций ГК «Росатом» за счёт повышения надёжности человеческого фактора.
- 4.6.2 Элементы (компоненты) представленной структурной схемы, предполагают пути получения оценки ФН (рисунок 4.1).

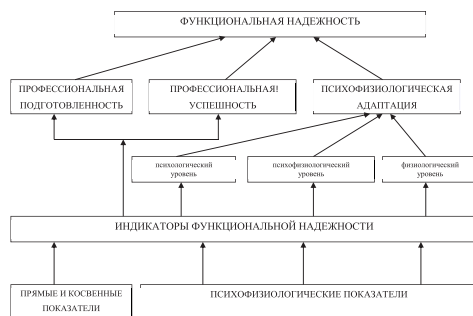


Рисунок 4.1. Элементы (компоненты) структурной схемы взаимоотношения компонентов, формирующих оценку функциональной надёжности работника



- 4.6.3 Оценка ФН, которая включает оценки ПФА и показателей профессиональной подготовленности и успешности предусматривает:
- выделение показателей профессиональной подготовленности с помощью валидных методов и методик, используемых в образовательных подразделениях ГК «Росатом»;
  - выделение показателей профессиональной успешности, в качестве которых используются прямые и косвенные характеристики работника;
  - выделение показателей физиологических, психофизиологических и психологических диагностических методик, получаемых с помощью аппаратно-программных комплексов, рекомендованных для этих целей установленным порядком.
- 4.6.4 С получением перечней названных показателей формируются индикаторы ФН, как результат расчёта корреляционных связей показателей профессиональной подготовленности и успешности с результатами психофизиологического обследования.
- 4.6.5 Индикаторы ФН являются основой формирования психофизиологических показателей с помощью определённых правил комплексирования.

#### **4.7 Основные направления исследований**

- 4.7.1 В качестве основных направлений дальнейших исследований предполагается обосновать на практике:
- качественные и количественные критерии принятия решения об уровне ФН основных профессиональных категорий работников эксплуатирующих организаций в медицинских организациях ФМБА России, свидетельствующих о наличии (отсутствии) противопоказаний к допуску к работе (к профессиональной деятельности);
  - количественные и качественные критерии нарушения ФН работников эксплуатирующих организаций в медицинских организациях ФМБА России;
  - критерии принятия решения при нарушениях ФН работников организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты в области использования атомной энергии в медицинских организациях ФМБА России.
- 4.7.2 Результаты проводимых исследований должны обеспечить разработку:
- методических рекомендаций по оценке и прогнозированию ФН работников эксплуатирующих организаций в медицинских организациях ФМБА России;
  - нормативно-методических документов по проведению и оценке функциональной надёжности основных профессиональных категорий работников эксплуатирующих организаций в медицинских организациях ФМБА России.
- 4.7.3 С разработкой методического обеспечения системы оценки, прогнозирования и управления ФН основных профессиональных категорий работников организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты в области использования атомной энергии в медицинских организациях ФМБА России должна быть проведена их апробация в нескольких медицинских организациях ФМБА России (по согласованию с ФМБА России) при прохождении работниками плановых медицинских осмотров.

- 4.7.4 Критериями эффективности использования результатов оценки функциональной надёжности работников предлагается считать наличие положительной корреляции оценок ФН работников с показателями их профессиональной успешности.
- 4.7.5 Реализация Концепции определяется планом мероприятий с указанием сроков и ответственных исполнителей указанных мероприятий.
- 4.7.6 Основные направления и положения Концепции ежегодно уточняются и корректируются, исходя из хода её выполнения и эффективности использования выделенных средств.
- 4.7.7 Управление и контроль за ходом реализации Концепции осуществляется Федеральным медико-биологическим агентством России.

#### **4.8 Ресурсное обеспечение**

- 4.8.1 Концепция осуществляется за счёт средств федерального бюджета и привлекаемых для её выполнения внебюджетных источников, не противоречащих законодательству Российской Федерации.

#### **4.9 Ожидаемые результаты**

- 4.9.1 Ожидаемые конечные результаты по реализации Концепции предполагают:
  - за счёт внедрения системы оценки, прогнозирования и управления ФН основных профессиональных категорий работников организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты в области использования атомной энергии в медицинских организациях ФМБА России повысить эффективность медицинских организаций по сохранению здоровья и профессионального долголетия Персонала;
  - обеспечить безопасность эксплуатации организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты в области использования атомной энергии за счёт повышения надёжности человеческого фактора.

#### **Заключение**

Возросшая ответственность за безопасность эксплуатации ОИАЭ и связанная с этим задача снижения антропогенной зависимости выдвигает как одну из самых актуальных проблему повышения надёжности человеческого фактора в атомной отрасли. Обеспечение надёжности проводится с помощью различных способов, одним из которых является медицинский осмотр, подбор и допуск персонала к исполнению служебных обязанностей.

Реализация мероприятий медицинского отбора с использованием перечней медицинских противопоказаний ориентирована на возможность выдачи работникам разрешений на выполнение определённых видов деятельности на ОИАЭ.

Наличие заболевания, входящего в перечень медицинских противопоказаний, выявленного в ходе периодических медицинских осмотров и психофизиологических обследований, является, как правило, свидетельством поздней диагностики и отсутствия данных о донологических нарушениях, имеющих значение для выбора и проведения профилактических реабилитационно-оздоровительных мероприятий (РОМ).

Возникла необходимость во введении в практику медико-психофизиологического обеспечения понятия функциональная надёжность и методов её оценки. ФН рассматривается, как свойство функциональных систем организма работника обеспечивать выполнение предписанных должностных обязанностей в течение определённого времени и с заданным качеством, не снижая психофизиологической адаптации (системный ответ человека на действие внешних и внутренних стимулов и факторов, направленный на достижение полезного приспособительного результата до недопустимого уровня).

Оценка и прогнозирование ФН работников является одной из задач, стоящих перед подразделениями психофизиологического обследования и врачебными комиссиями медицинских организаций ФМБА России, необходимой при формировании допуска к профессиональной деятельности на ОИАЭ.

Полученные данные позволили сделать вывод о необходимости учёта медицинской составляющей профессиональной надёжности – ФН, наряду с оценками мотивов выбора профессии и моральных качеств, профессиональной компетентности, соответствия развития психологических качеств, физической выносливости требованиям профессии. Использование всех перечисленных оценок при формировании выводов о профессиональной пригодности соответствуют методологии профессионального отбора направленного на обеспечение безопасности эксплуатации ОИАЭ.

## Список литературы

1. Гаенко, В.П. Безопасность технических систем: методологические аспекты теории, методы анализа и управления безопасностью / В.П. Гаенко. - Санкт-Петербург: СВЕН, 2014. - 367 с
2. Психофизиологические аспекты обеспечения надёжности профессиональной деятельности работников организаций атомной отрасли / А.С. Самойлов, А.Ю. Бушманов, А.Ф. Бобров, В.Ю. Щепланов, В.И. Седин, М.Ю. Калинина // Психофизиологическое обеспечение профессиональной надёжности персонала предприятий и организаций атомной отрасли : сборник материалов III отраслевой научно-практической конференции, Обнинск, 15–17 октября 2018 года / АНО ДПО «Техническая академия Росатома». – Обнинск: Институт психологии РАН, 2018. – С. 62-76. – EDN VJRTKT.
3. Калинина, М.Ю. Психофизиологическое обеспечение профессиональной надёжности персонала предприятий и организаций атомной отрасли / М.Ю. Калинина // Психофизиологическое обеспечение профессиональной надёжности персонала предприятий и организаций атомной отрасли : сборник материалов III отраслевой научно-практической конференции, Обнинск, 15–17 октября 2018 года / АНО ДПО «Техническая академия Росатома». – Обнинск: Институт психологии РАН, 2018. – С. 13-16. – EDN VJRTNG.
4. Евдокимов, В.И. Анализ рисков в чрезвычайных ситуациях в России в 2004 - 2013 гг / В.И. Евдокимов. – Санкт-Петербург : Политехника сервис, 2015. – 95 с. – EDN UCAVRT.
5. Бобров, А.Ф., Исаева, Н.А., Щепланов, В.Ю., Щелканова, Е.С., Калинина, М.Ю., Самойлов, А.С. Оценка аллостатической нагрузки при мониторинге профессиональных рисков, работающих в неблагоприятных условиях. Медицина экстремальных ситуаций. 2017 (Июнь) №2. Стр. 196-201.
6. J. Kipke, D. Sumpor, N. Musabasic. Cognitive Ergo-Assessment of Human Factor During Manual Toll Collection, Annals of DAAAM for 2011 Proceedings of the 22nd International DAAAM Symposium, Vol. 22, No. 1, ISSN 1726 -9676, ISBN 978-2-901509-83-4, Vienna, Austria, EU, 2011.
7. Merseguera, M., Zio, E. and Librizzi, M. (2007) Human Reliability Analysis by Fuzzy «CREAM» Risk Analysis Vol 27 No 1 pages 137–154.
8. Kirwan, B., Gibson, H. (2007) CARA: A Human Reliability Assessment Tool for Air Traffic Safety Management — Technical Basis and Preliminary Architecture. Pp 197 – 214 in The Safety of Systems Proceedings of the Fifteenth Safety-critical Systems Symposium, Bristol, UK, 13–15 February 2007.
9. S. Range, M. Salak, W. Schön, F. Van der haagen «On the study of human reliability in transportation systems of systems» Proc. IEEE 10th Syst. Eng. Conf. pp. 208-213 May 2015 [online] Available: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=7151980>.
10. 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. – EDN RUOWFL.
11. Системная оценка результатов психофизиологических обследований / А.Ф. Бобров, А.Ю. Бушманов, В.И. Седин, В.Ю. Щепланов // Медицина экстремальных ситуаций. – 2015. – № 3(53). – С. 13-19. – EDN UMQEXJ.

12. Expert elicitation approach for performing ATHEANA quantification / J. Forester, D. Bley, S. Cooper [et al.] // *Reliability Engineering & System Safety*. – 2004. – Vol. 83. – No 2. – P. 207-220. – DOI 10.1016/j.ress.2003.09.011. – EDN EUOWLB.
13. Васильева, О.С., Филатов, Ф.Р. Психология здоровья человека: эталоны, представления, установки: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. — М.: Издательский центр «Академия», 2001. — 352 с. ISBN 5-7695-0820-5.
14. Ильин, Е.П. Психобиология состояний человека / Е.П. Ильин. – Санкт-Петербург : Питер, 2005. – 412 с. – ISBN 5-469-00446-5. – EDN TRCRVN.
15. Дикая, Л.Г. Психическая саморегуляция функционального состояния человека (системно-деятельностный подход) / Л.Г. Дикая. – Москва : Институт психологии РАН, 2003. – 318 с. – ISBN 5-9270-0048-7. – EDN UKIGMN.
16. Бушманов, А.Ю., Бобров, А.Ф., Седин, В.И., Щебланов, В.Ю. Психофизиологическое обеспечение медицинских осмотров работников организаций, эксплуатирующих радиационно-опасные объекты / Сборник материалов 2-й Научно-практической конференции «Актуальные проблемы диагностики, профилактики и лечения профессионально обусловленных заболеваний» 20-21 октября 2014 г., Сочи С. 265-267.
17. Le Bot, P. Human reliability data, human error and accident models-illustration through the Three Mile Island accident analysis / P. Le Bot // *Reliability Engineering & System Safety*. – 2004. – Vol. 83. – No 2. – P. 153-167. – DOI 10.1016/j.ress.2003.09.007. – EDN EUOWJN.
18. Джанаева, Э.Ф. Современные возможности донозологической диагностики сердечно-сосудистой патологии / Э.Ф. Джанаева, Г.Н. Шеметова, Н.Б. Захарова // *Современные проблемы науки и образования*. – 2012. – № 4. – С. 41. – EDN PBIPOB.
19. Функциональная надежность работника в системе обеспечения безопасности эксплуатации объектов использования атомной энергии / А.Ф. Бобров, В.И. Седин, В.Ю. Щебланов, Н.А. Метляева, М.Ю. Калинина // *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. – 2021. – Т. 66. – № 3. – С. 5-8. – DOI 10.12737/1024-6177-2021-66-3-5-8. – EDN EFUNPC.
20. Методологические подходы к диагностике и оптимизации функционального состояния специалистов операторского профиля / И.Б. Ушаков, А.В. Богомолов, Л.А. Гридин, Ю.А. Кукушкин. – Москва : Издательство «Медицина», 2004. – 136 с. – ISBN 5-225-04066-7. – EDN SIMVHN.
21. Экспресс-диагностика состояния здоровья работников опасных производств / А.Ф. Бобров, Т.М. Новикова, Н.Л. Проскуракова, В.И. Седин, Е.С. Щелканова, Л.И. Фортунатова, М.Ю. Калинина // *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. – 2022. – Т. 67. – № 3. – С. 89-93. – DOI 10.33266/1024-6177-2022-67-3-89-93. – EDN CLVXXZ.
22. Мурик, С.Э. Оценка функционального состояния организма человека / С.Э. Мурик ; рец.: Л.Ф. Шолохов, Н.И. Арсентьева. – Иркутск : федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Иркутский государственный университет», 2013. – 159 с. – ISBN 978-5-9624-0935-1. – EDN SSZXGJ.
23. R. Laurids Boring, D. Gertman. Atomistic and holistic approaches to human reliability analysis in the US nuclear power industry: June 2005. *Safety and Reliability* 25(2):21-37.
24. Cott, H. V. Human Errors: Their Causes and Reduction / Jn.: *Human Errors in Medicine*. M.S. Bogner (Ed.). Lawrence Erlbaum Associates, Publishers. Hillsdale, New Jersey. 1994. Pp. 63–65.
25. Moray, N. Error Reduction as a Systems Problem / In: *Human Error in Medicine*. M.S. Bogner (Ed.). Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Hillsdale. New Jersey. 1994. Pp. 67–91.

26. Safety, Reliability, Human Factors, and Human Error in Nuclear Power Plants. English. 2018. - 273 P.
27. Swain, A D, and Guttman, H E. Handbook of human-reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications. Final report. United States: N. p., 1983. Web. doi:10.2172/5752058.
28. Щепланов, В.Ю., Бобров, А.Ф., Соколов, С.Н. Количественная оценка надежности человеческого фактора в системах «человек–машина–внешняя среда» // Функциональное состояние человека и методы его исследования. М.: Наука, 1992. С. 22–31.
29. Бобров, А.Ф., Седин, В.И., Фортунатова, Л.И. Бесконтактная экспресс-оценка функционального состояния работников опасных производств с использованием параметров виброизображения. // Сборник трудов круглых столов Международного военно-технического форума «Армия-2021» Том 2 Профессиональная надежность персонала ядерного оружейного комплекса С. 60 – Сергиев Посад: ФГКУ «12 ЦНИИ Минобороны России», 2021. – 96 с.
30. US Nuclear Regulatory Commission. (2000). Technical Basis and Implementation Guidelines for A Technique for Human Event Analysis (ATHEANA), NUREG-1624, Rev. 1. Washington, DC: US Nuclear Regulatory Commission.
31. Бобров, А.Ф. Надежность деятельности человека в автоматизированных системах и её количественная оценка / А.Ф. Бобров, В.Ю. Щепланов // Психологический журнал. – 1990. – Т. 11. – № 2. – С. 36-40. – EDN SBRVTX.
32. Бобров, А.Ф., Косенков, А.А., Седин, В.И., Щепланов, В.Ю. Оценка функциональной надежности работников опасных производств // Сборник докладов Второй международной конференции: «Человеческий фактор энергетики XXI века: качество, надежность, здоровье». 6–7 апреля 2017 г. М. С. 136–144.
33. Медведев, В.И., Леонова, А.Б. Функциональное состояние человека // Физиология трудовой деятельности. СПб.: Наука, 1993. С.25-40.
34. Функциональные состояния человека. [Электронный ресурс]. URL: <http://xreferat.com/77/7212-2-funktional-nye-sostoyaniya-cheloveka.html>. (Дата обращения: 08.06.2016).
35. Илюхина, В.А. Нейрофизиология функциональных состояний человека / В.А. Илюхина. – Ленинград : Федеральное государственное унитарное предприятие «Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительский центр «Наука», 1986. – 171 с. – EDN ONRQJD.
36. Седин, В.И. Психологическая объективизации аттестационных характеристик и уровня должностного соответствия офицеров командного профиля деятельности (Монография) СПб.: Тип. ВМИИ, 2003.- 80 с.
37. Березовская, Р.А. Психология профессионального здоровья за рубежом: современное состояние и перспективы развития / Р.А. Березовская // Психологические исследования. – 2012. – Т. 5. – № 26. – С. 12. – EDN QBGZMJ. URL: <http://psystudy.ru> (дата обращения: 11.04.2021).
38. Щелканова, Е.С. (2019) Бесконтактная экспресс-диагностика психофизиологического состояния работников опасных производств, автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 20 с.
39. Леонова, А.Б. Психодиагностика функциональных состояний человека. - М.: Изд-во Моск. ун-та. 1984. - 200 с.
40. Волков, Э.В. Оценка профессионально важных качеств у операторов атомных электростанций, влияющих на успешность деятельности / Э.В. Волков, Т.Б. Мельницкая, Е.Д. Чернецкая // Вестник психотерапии. – 2012. – № 42(47). – С. 95-100. – EDN OZONFD.

41. Акимов, В.А. Методы повышения точности диагностики COVID-19 при обработке видео микродвижений головы человека технологией виброизображения и искусственным интеллектом / В.А. Акимов, В.А. Минкин, В.И. Седин // Современная психофизиология. Технология виброизображения. – 2022. – № 1(5). – С. 52-69. – DOI 10.25696/ELSYS.VC5.RU.04. – EDN HDNWPB.
42. Электронный ресурс] URL: <https://www.referat911.ru/Botanika/diagnostika-i-prognozirovanie-sostoyaniy/27442-1246237-place1.html> (дата обращения 20.05.2020).
43. Проблемы психологической поддержки операторов человеко-машинных систем / Отв. ред. Ю.М. Забродин. Саратов, 1983. 136 с.
44. Абрамова, В.Н., Мельницкая, Т.Б., Седин, В.И. Психологические особенности долгосрочного прогнозирования профессионального развития личности руководителей-операторов атомных станций // Труды психологической службы в атомной энергетике и промышленности.-Том 1.-Обнинск, ОНИЦ «Прогноз», 2002.- С.146-154.
45. Пейсахов, Н.М. Закономерности динамики психических явлений / Н.М. Пейсахов. - Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1984. - 235 с.
46. Психологические основы профессиональной деятельности : хрестоматия / Составление и общая редакция - В.А. Бодров. – Москва : Издательство «Пер Сэ», 2007. – 854 с. – ISBN 978-5-9292-0165-3. – EDN QXRPHVH.
47. Калинкина, Е.В. Предстартовое состояние спортсмена / Е.В. Калинкина, О.А. Синкина // Молодой ученый. – 2016. – № 8(112). – С. 1206-1208. – EDN VWGEMT. - URL: <https://moluch.ru/archive/112/28692/> (дата обращения: 30.11.2021).
48. Воскресенская, Н.В., Кондратьев, И.В. Оценка (прогноз) функциональной надёжности профессиональной деятельности по результатам психофизиологического обследования оперативного персонала атомной станции: [Электронный ресурс]. URL: <http://psy.su/psyche/projects/1124>. (Дата обращения: 25.06.2016).
49. Измеров, Н.Ф. Стресс на производстве как важная составляющая проблемы психического здоровья в обществе / Н.Ф. Измеров, Т.Д. Лапенецкая, В.В. Матюхин // Российский психиатрический журнал. - 2005. - № 2. - С. 10-14.
50. Сорокин, А.В. Психосоматические расстройства оперативного персонала АЭС (Взаимосвязь с донозологическими состояниями, пути совершенствования медицинского обеспечения) : специальность 14.00.05 : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора медицинских наук / Сорокин Алексей Викторович. – Москва, 2004. – 42 с. – EDN ZMVEXJ.
51. Назарян, С.Е. Особенности динамики психоэмоционального истощения у медицинского персонала COVID-госпиталя с различной интенсивностью трудовой нагрузки / С.Е. Назарян, А.С. Самойлов, В.И. Седин // Медицина экстремальных ситуаций. – 2022. – Т. 24. – № 1. – С. 29-35. – DOI 10.47183/mes.2022.010. – EDN LIKKHK.
52. Физиологические основы диагностики функционального состояния организма: Учебное пособие к практическим занятиям по физиологии для бакалавров, магистров: Ф.Г. Ситдииков, Н.И. Зиятдинова, Т.Л. Зефирова – Казань, КФУ, 2019. – 105 с.
53. Анализ результатов психофизиологических обследований персонала объектов использования атомной энергии / М. Ю. Калинина, А. С. Кретов, А. Н. Царев [и др.] // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2021. – Т. 66. – № 4. – С. 86-88. – DOI 10.12737/1024-6177-2021-66-4-86-88. – EDN JCDDDT.
54. Чередищенко, И.П., Тельных, Н.В. Психология управления / Серия «Учебники для высшей школы». - Ростов-на-Дону: Феникс, 2004. - 608 с.

55. Данилова, Н.Н. Психофизиологическая диагностика функциональных состояний. М.: Изд-во МГУ, 1992.
56. Медведев, В.И. Устойчивость физиологических и психологических функций человека при действии экстремальных факторов. Л., 1982. 103 с.
57. Мирошник, Е.В. Здоровьесберегающая технология формирования системного стиля мышления – базовая основа бесконфликтной адаптации человека к стрессору / Е.В. Мирошник // Инновационный дискурс развития современной науки и технологий : сборник статей V Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 15 августа 2022 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2022. – С. 107-116. – EDN BNTCOS.
58. Анохин, П.К. Философские аспекты теории функциональных систем // Избранные труды. М., 1978. 400 с.
59. Баевский, Р.М., Берсенева, А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. - М.: Медицина, 1997, с.104.
60. Давыдовский, И.В. Приспособительные процессы в патологии // Вестник АМН СССР, 1962. № 4. С. 27-37.
61. Психология профессионального здоровья. Учебное пособие / под ред. проф. Г.С. Никифорова.-СПб: Речь, 2006. – 480 с.
62. Минкин, В.А. Диагностика здоровья по оценке десинхронизации сигналов физиологических систем. Первые результаты практического применения программы HealthTest / В.А. Минкин, А.Ф. Бобров // Современная психофизиология. Технология виброизображения. – 2020. – № 1(3). – С. 121-130. – DOI 10.25696/ELSYS.14.VC3.RU. – EDN YAZUAN.
63. Мешков, Н.А. Методологические аспекты оценки адаптационной реакции организма на влияние факторов риска окружающей среды / Н.А. Мешков // Гигиена и санитария. – 2012. – Т. 91. – № 5. – С. 87-91. – EDN PUNIZJ.
64. Казначеев, В.П. Донозологическая диагностика в практике массовых обследований населения / В.П. Казначеев, Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – Ленинград : Издательство «Медицина», 1980. – 208 с. – EDN RZYKCB.
65. Баевский, Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. М.: Медицина, 1979. 298 с.
66. Критерии эмоциональной оценки человеком визуальных образов по показателям виброизображения / А.А. Косенков, А.Ф. Бобров, Е.В. Мирошник [и др.] // Современная психофизиология. Технология виброизображения. – 2019. – № 1(2). – С. 31-38. – DOI 10.25696/ELSYS.VC2.RU.4. – EDN KFIYVT.
67. Исаева, Н.А. Аллостатическая нагрузка в задаче оценки профессиональных рисков работающих в неблагоприятных условиях. // Сборник докладов Международного семинара – конференции «Человеческий фактор энергетики XXI века: качество, надёжность, здоровье». Москва, 6-7 апреля 2017. - С. 180-199.
68. Бодров, В.А. Психология профессиональной пригодности. Учебное пособие для вузов. 2-е изд. – М.: ПЕР СЭ, 2006. – 511 с. – современное образование.
69. Инновационная технология предсменного психофизиологического обследования персонала как средство повышения радиационной безопасности / А.Ф. Бобров, В.В. Иванов, М.Ю. Калинина, Т.М. Новикова, В.В. Рагаева, В.И. Седин, В.Ю. Щепланов, Е.С. Щелканова // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2018. – Т. 63. – № 5. – С. 5-10. – DOI 10.12737/article\_5bc895f377f578.86526226. – EDN YMMOFN.
70. Экология человека и профилактическая медицина / И.Б. Ушаков, П.С. Турзин, Н.А. Агаджанян [и др.]. – Воронеж : ИПФ «Воронеж», 2001. – 488 с. – EDN WITGYF.



71. Федеральный закон от 8 марта 2011 г. N 35-ФЗ «Устав о дисциплине работников организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты в области использования атомной энергии» (с изменениями и дополнениями).
72. Донозологическая оценка состояния здоровья работающих с источниками ионизирующего излучения по параметрам виброизображения и цитогенетического статуса / А.Ф. Бобров, Л.П. Сычева, Т.М. Новикова, С.М. Киселев, Н.Л. Проскуракова, Л.И. Фортунатова // Современная психофизиология. Технология виброизображения. – 2022. – № 1(5). – С. 85-95. – DOI 10.25696/ELSYS.VC5.RU.06. – EDN MSVKIQ.
73. Christian, M. S., Bradley-Geist, J. C., Wallace, C., Burke, M. Workplace safety: A meta-analysis of the roles of person and situation factors // Journal of Applied Psychology. 2009. V. 94 (5). P. 1103–1127.
74. Концепция здоровья: космос земля / И.Б. Ушаков, О.И. Орлов, Р.М. Баевский [и др.] // Физиология человека. – 2013. – Т. 39. – № 2. – С. 5. – DOI 10.7868/S0131164613020173. – EDN PWNEBJ.
75. Ключевые вопросы практики повышения культуры безопасности. Доклад Международной консультативной группы по ядерной безопасности, 75-INSAG-15, Вена, 2002.
76. Абрамова, В.Н. Организационная психология, организационная культура и культура безопасности в атомной энергетике. Часть 1. Психология и методы оценки организационной культуры и культуры безопасности на атомных станциях (Для студентов вузов и специалистов атомной энергетике) - Обнинск, ОГТУ-ИАТЭ, 2009. – 205 стр.
77. Седин, В.И., Колючкин, С.Н. Организационное и медико-психологическое обеспечение надежности человеческого фактора на ядерных объектах США / Медико-психологическая реабилитация: теория и практика, технологии и перспективы. Материалы международной научно-практической конференции. 3-5 ноября 2004 года. Под общей редакцией проф. Рыбникова В.Ю., д.м.н. Григорьева Г.И., Санкт-Петербург, 2004. – С. 36-44.
78. Бодров, В.А., Орлов, В.Я. Психология и надёжность: человек в системах управления техникой / РАН. Ин-т психологии. - М., 1998. - 285 с.
79. Никифоров, Г.С. Надёжность профессиональной деятельности / Г. С. Никифоров; С.-Петерб. гос. ун-т. - СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 1996. – 172 с.
80. Авдейчик, А.А. Вибротехнология. Перспективы психодиагностики / А.А. Авдейчик, А.Ф. Бобров, В.И. Седин // Современная психофизиология. Технология виброизображения. – 2021. – № 1(4). – С. 217-222. – DOI 10.25696/ELSYS.VC4.RU.23. – EDN AAKZHW.
81. Генкин, А.А., Медведев, В.И. Прогнозирование психофизиологических состояний. - Л.: Наука, 1973.- 143 с.
82. О значении методов функциональной диагностики болезней органов кровообращения в промышленном здравоохранении / П.В. Стручков, О.С. Цека, Р.Ж. Баранова [и др.] // Функциональная диагностика. – 2010. – № 3. – С. 8-9. – EDN OISEMN.
83. Александровский, Ю.А. Пограничные психические расстройства. М, 2000. - 496 с.
84. Анохин, П.К. Узловые вопросы теории функциональных систем. М.: Наука, 1988. -234 с.
85. Методологические подходы к диагностике и оптимизации функционального состояния специалистов операторского профиля / И.Б. Ушаков, А.В. Богомолов, Л.А. Гридин, Ю.А. Кукушкин. – Москва : Издательство «Медицина», 2004. – 136 с. – ISBN 5-225-04066-7. – EDN SIMVHN.

86. Новиков, В.С, Шустов, Е.Б., Благинин, А.А. [и др.] // Способы оптимизации функционального состояния и работоспособности человека в экстремальных и суб-экстремальных условиях.- СПб., 2001.- 35 с.
87. Бесконтактная диагностика COVID-19 при предсменном контроле работников крупных предприятий технологией виброизображения и искусственным интеллектом / В.А. Акимов, В.А. Минкин, В.И. Седин, А.Ф. Бобров, Л.И. Фортунатова // Сборник трудов заочной научно-практической конференции «Актуальные вопросы медицины труда в условиях новой коронавирусной инфекции». 17 мая 2022 года / под ред. С.В. Гребенькова. — СПб.: Изд-во ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава России, 2022.– С. 11-19. – EDN EMTKDM.
88. Комплексная оценка функциональных резервов организма / А.А Айдаралиев, Р.М. Баевский, А.П. Берсенева и др. Фрунзе, 1988. 195 с.
89. 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. – EDN YKUYJR .
90. Минкин, В.А. Виброизображение. СПб.: Реноме, 2007, 108 с.
91. Технология виброизображения в задачах экспресс-диагностики состояния здоровья лиц опасных профессий / А. Ф. Бобров, Т. М. Новикова, Е. С. Щелканова [и др.] // Современная психофизиология. Технология виброизображения. – 2021. – № 1(4). – С. 111-119. – DOI 10.25696/ELSYS.VC4.RU.09. – EDN CUIWVR.
92. Методика исследования коммуникативного поведения с целью выявления психологических признаков искажения сообщаемой информации (по видеозаписям процессуальных и иных действий) : Научно-практическое пособие / А.М. Багмет, А.Н. Гусев, В.Ф. Енгальчев Г.К. Кравцова, В.И. Седин, Е.Н. Холопова ; Московская академия Следственного комитета Российской Федерации. – Москва : Московская академия Следственного комитета Российской Федерации, 2018. – 192 с. – ISBN 978-5-905926-49-5. – EDN GBADIR.
93. Данилова, Н.Н. Физиология высшей нервной деятельности. Ростов н/Д: «Феникс», 2005. - 478 с.
94. Зингерман, А.М., Хачатурьянц, Л.С. Проблемы моделирования и оптимизации функционального состояния и деятельности человека-оператора // Физиология человека.- 1984.-Т. 10, № 6 . - С. 894-906.
95. Защита и спасение человека в авиации (эколого-гигиенические и эргономические основы) / Под ред. И.Б. Ушакова, П.С. Турзина и А.С. Фаустова - Воронеж, 1999.- 246 с.-35.
96. Бобров, А.Ф. Место и роль психофизиологического обследования в системе медицинского обеспечения лиц опасных профессий / А.Ф. Бобров, Ф.С. Торубаров, В.Ю. Щепланов // Профессия и здоровье : Материалы IX Всероссийского конгресса и IV Всероссийского съезда врачей-профпатологов, Москва, 24–26 ноября 2010 года. – Москва: Издательская компания «Дельта», 2010. – С. 73-75. – EDN SGLXNX.
97. Методические указания по проведению медицинских осмотров и психофизиологических обследований работников объектов использования атомной энергии от 8 июня 1999 г. №32-023/20.
98. Бобров, А.Ф. Информационная технология статистического синтеза критериев и алгоритмов оценки функционального состояния человека в прикладных медико-биологических исследованиях / А.Ф. Бобров, Ю.Н. Миронкина // Информационные технологии. – 1998. – № 3. – С. 41-47. – EDN.
99. Бобров, А.Ф. Информационные технологии в медицине труда / А.Ф. Бобров // Медицина труда и промышленная экология. – 2013. – № 9. – С. 44-48. – EDN RCDVZL.

100. Основы теории расчета надежности технических систем [Электронный ресурс]. URL: <https://helpiks.org/6-63684.html> (дата обращения 12.05.2020).
101. Sterling, P., & Eyer, J. (1988). Allostasis: A new paradigm to explain arousal pathology. In S. Fisher, & J. Reason (Eds.), *Handbook of life stress, cognition and health* (pp. 629-649). New York: John Wiley & Sons.
102. Koob, G.F. and Le Moal, M. (1997) Drug Abuse: Hedonic Homeostatic Dysregulation. *Science*, 278, 52-58.
103. Beckie, T.M. A Systematic Review of Allostatic Load, Health, and Health Disparities // *Biological Research for Nursing*.- 2012.- 14(4).- P 311-346.
104. Абрамова, В.Н. Организационная психология, организационная культура и культура безопасности в атомной энергетике / В.Н. Абрамова ; Федеральное агентство Российской Федерации по атомной энергии, ОАО «Концерн «Энергоатом»», Обнинский науч.-исслед. центр «Прогноз». – Москва : Технетика, 2011. – 314 с. – ISBN 978-5-91070-060-8. – EDN QMKSWL.
105. Благинин, А.А. Психофизиологическое обеспечение надежности профессиональной деятельности операторов сложных эргатических систем : специальность 19.00.03 «Психология труда, инженерная психология, эргономика» : диссертация на соискание учёной степени доктора психологических наук / Благинин Андрей Александрович. – Санкт-Петербург, 2005. – 350 с. – EDN NNSISJ.
106. Субботина, Л.Ю., Северина, Л.В. Психологические факторы надёжности деятельности операторов энергосистем // *Ярославский психологический вестник*. М. Ярославль, 2004. Вып. 13. С. 218 – 221.

**Федеральное медико-биологическое агентство  
Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Государственный научный центр Российской Федерации –  
Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И.Бурназяна»**

**ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ НАДЁЖНОСТЬ  
В СИСТЕМЕ МЕДИКО-ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
РАБОТНИКОВ ОБЪЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ**

Под общей редакцией члена-корреспондента РАН, д.м.н.,  
профессора А.С. Самойлова

Компьютерная вёрстка Т.В. Климова

Сдано в набор 01.10.22.  
Подписано в печать 28.11.22. Бумага Кумилюкс. Формат 60х90/16.  
Гарнитура NewtonС.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 5,75. Уч.-изд. л. 5,9.

Тираж 1000 экз. Заказ 1022

ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России  
Отпечатано в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России  
123098, Москва, ул. Живописная, 46

