

Технология виброизображения в задачах экспресс-диагностики состояния здоровья лиц опасных профессий

А. Ф. Бобров¹, Т. М. Новикова², Е. С. Щелканова³, В. И. Седин¹, В. В. Ратаева¹

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр имени А. И. Бурназяна» ФМБА России, Москва, Россия, baf-vcmk@mail.ru

²ФГБУЗ «Центральная медико-санитарная часть № 91» ФМБА России, г. Лесной, Россия, novikova-tan@mail.ru

³Федеральное государственное автономное учреждение «Военный инновационный технополис «ЭРА», г. Анапа Краснодарского края, Россия, shchelkanova_el@mail.ru

***Аннотация:** Статья посвящена совершенствованию методов медико-психофизиологического обеспечения лиц опасных профессий. Обоснована перспективность использования технологии виброизображения как средства экспресс-диагностики состояния здоровья и идентификации лиц с его донозологическими нарушениями. По данным комплексных медико-психофизиологических обследований лиц опасных профессий установлена достоверная взаимосвязь групп диспансерного наблюдения с классами психофизиологической адаптации, выделяемыми по параметрам виброизображения. Описаны разработанные критерии экспресс-диагностики донозологических состояний лиц опасных профессий.*

***Ключевые слова:** Экспресс-диагностика, донозологические состояния, технология виброизображения, медицинские обследования, лица опасных профессий, группы диспансерного наблюдения, параметры виброизображения.*

Vibramage Technology in the Tasks of Health State Express Diagnostics for the Persons of Dangerous Professions

Alexander F. Bobrov¹, Tatiana M. Novikova², Elena S. Shchelkanova³,
Viktor I. Sedin¹, V. V. Rataeva¹

¹State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical and Biological Agency (SRC — FMBC) of Russia, Moscow, Russia, baf-vcmk@mail.ru

²Federal State Budgetary Healthcare Institution “Central Medical and Sanitary Unit No. 91” of the Federal Medical and Biological Agency of Russia, Lesnoy, Russia, novikova-tan@mail.ru

³Federal State Autonomous Institution “Military Innovative Technopolis ERA”, Anapa, Krasnodar Territory, Russia, shchelkanova_el@mail.ru

Abstract: *The article is devoted to the improvement of medical and psychophysiological support methods for persons with hazardous professions. The prospect of vibraimage technology using as a means of express diagnostics of health status and identification of persons with its prenosological disorders has been substantiated. According to the data of complex medical and psychophysiological examinations of hazardous professions persons, the reliable relationship of dispensary observation groups with classes was established.*

Keywords: *Express diagnostics, prenosological conditions, vibraimage technology, medical examinations, persons of dangerous professions, dispensary observation groups, vibraimage parameters.*

Введение

Сохранение профессионального здоровья лиц опасных профессий (ЛОП), работающих, как правило, в условиях воздействия неблагоприятных факторов трудового процесса и производственной среды, связано с ранней диагностикой его нарушений. В настоящее время контроль профессионального здоровья ЛОП осуществляется на этапе медицинского осмотра, проводимого в соответствии с Приказом Минздрава РФ 29н (Приказ Минздрава РФ № 29н, 2021), что является отражением «лечебной» парадигмы промышленной медицины, в основу которой поставлено выявление и лечение заболеваний, входящих в спецификацию МКБ10. В то же время, декларируемая государственная политика охраны и укрепления «здоровья здоровых» связана с переходом от системы, ориентированной на лечение заболевания, к системе охраны здоровья граждан, основанной на приоритете здорового образа жизни и направленной на профилактику болезней. В качестве наиболее оптимальной методологии охраны «здоровья здоровых» рассматривается донозологическая диагностика на ранних стадиях развития заболевания и своевременная коррекция функционального состояния (Баевский, 1979; Баевский, 1997; Казначеев, 1980; Бобров и др., 2015).

Донозологическая диагностика — распознавание состояний организма, пограничных между нормой и патологией (между здоровьем и болезнью), характеризующихся нарушением равновесия между организмом и средой (Большая Медицинская Энциклопедия, под ред. Петровского, 3-е изд.) Объектом донозологической диагностики является процесс адаптации организма к неадекватным условиям среды, который может завершиться одним из следующих исходов: 1) полной или частичной адаптацией к среде; при этом гомеостаз не нарушается, деятельность всех регуляторных систем протекает в обычных пределах или несколько усилена; 2) недостаточной или неудовлетворительной адаптацией; при этом гомеостаз основных жизненно важных систем обычно сохраняется, но активность регуляторных механизмов существенно увеличена; 3) срывом адаптации; при этом вследствие перенапряжения и истощения регуляторных механизмов происходит нарушение гомеостаза с развитием патологических отклонений (Баевский, 1979).

Процесс постановки донозологического диагноза заключается в целенаправленном сборе медико-психофизиологической информации и применении

таких методов ее анализа и обработки, которые позволяют установить степень адаптации организма к условиям окружающей среды и выявить такие состояния, которые еще не могут быть отнесены к известным нозологическим формам болезней, но характеризуются нарушением деятельности регуляторных механизмов, а в ряде случаев и гомеостаза (Баевский, 1997; Казначеев, 1980). Особое место при постановке донозологического диагноза занимают методы экспресс-оценки, поскольку традиционная оценка степени адаптации организма весьма трудоемка и времязатратна. К перспективным методам экспресс-диагностики психофизиологической адаптации и состояния здоровья можно отнести технологию виброизображения: регистрацию и математическую обработку рефлекторных движений головы и лица человека (Минкин, 2020). Она показала свою эффективность при предсменных и периодических психофизиологических обследованиях работников опасных производств, их тренажерной подготовке (Щелканова, 2019). На сайте psumaker.com можно найти много других положительных примеров использования технологии виброизображения в прикладных медико-биологических исследованиях.

Целью настоящего исследования являлась разработка критериев экспресс-диагностики состояния здоровья лиц опасных профессий по параметрам виброизображения.

Материалы и методы

Объектом исследования является персонал Государственного казенного учреждения Московской области «Московская областная противопожарно-спасательная служба», проходивший периодический медицинский осмотр. В исследованиях принимали участие специалисты ВЦМК «Защита» МЗ РФ. Всего было обследовано 249 человек. Средний возраст и стаж работы в противопожарно-спасательной службе составили соответственно 43,4 + 3,2 года, 7,4 + 1,2 года. Медицинский осмотр проводился в соответствии с приказом МЗ РФ № 29н. В качестве дополнительной методики проводилось тестирование с использованием программы HealthTest (Минкин, Бобров, 2020). Время тестирования составляло 3 минуты. По данным медицинских осмотров устанавливались: группа диспансерного наблюдения/группа здоровья (в соответствии с Приказом МЗ РФ № 36н) и наличие/отсутствие заболеваний, сгруппированных по системам: сердечно-сосудистая, дыхательная, пищеварительная, эндокринная и ряд других.

Результаты исследования анализировались с использованием программы STATISTICA v.8.0.

Результаты исследования

В настоящей работе в качестве основного индикатора состояния здоровья спасателей использована группа диспансерного наблюдения (Гр_ДН). К 1-й группе (Гр_ДН = 1) относятся работники, у которых не установлены хронические неинфекционные заболевания, отсутствуют факторы риска развития таких

заболеваний или имеются указанные факторы риска при низком или среднем абсолютном суммарном сердечно-сосудистом риске и не нуждающиеся в диспансерном наблюдении по поводу других заболеваний (состояний). Во 2-ю группу (Гр_ДН = 2) включаются лица, у которых не установлены хронические неинфекционные заболевания, но имеются факторы риска развития таких заболеваний при высоком или очень высоком абсолютном суммарном сердечно-сосудистом риске. К 3-й группе (Гр_ДН = 3) относятся работники: а) имеющие хронические неинфекционные заболевания, требующие установления диспансерного наблюдения или оказания специализированной, в том числе высокотехнологичной, медицинской помощи, а также с подозрением на наличие этих заболеваний (состояний), нуждающиеся в дополнительном обследовании; б) не имеющие хронические неинфекционные заболевания, но требующие установления диспансерного наблюдения или оказания специализированной, в том числе высокотехнологичной, медицинской помощи по поводу иных заболеваний, а также с подозрением на наличие этих заболеваний, нуждающиеся в дополнительном обследовании.

Как следует из рисунка 1а, 36% спасателей не имели заболеваний, 42% имели 1 заболевание. Множественные заболевания имели 22% работников. Работники 3-й группы диспансерного наблюдения имели наибольший возраст и стаж работы по специальности (рис. 1б), для них характерно наличие множественных заболеваний (рис. 1в).

В соответствии с целью исследования решалась задача разработки формализованных правил, позволяющих без проведения медицинского осмотра оперативно оценить риск наличия у человека признаков нарушения состояния здоровья, соответствующих 2-й и 3-й группе диспансерного наблюдения.

Для этого применялся дискриминантный анализ (Ким, 1989) по 10-ти основным параметрам виброизображения E_1, \dots, E_{10} , их коэффициентам вариации E_{1_v}, \dots, E_{10_v} (Минкин, 2020), а также параметрам [R] и [M], отражающим суммарную корреляцию Пирсона между параметрами виброизображения и степень отличия параметров микродвижений головы от средних популяционных значений (Минкин, Бобров, 2020).

Установлено, что средняя точность формализованного распознавания по параметрам виброизображения групп диспансерного наблюдения 1 и 3 составляет 68,5%. При этом точность распознавания 3-й группы диспансерного наблюдения составляет 72,1% (ошибка второго рода равна 27,9%), 1-й группы — 66,2% (ошибка первого рода 33,8%). Учитывая, что полученные решающие правила позволяют проводить скрининговую (время тестирования 3 минуты) идентификацию лиц с признаками нарушения состояния здоровья, полученный результат можно признать удовлетворительным.

Результаты дискриминантного анализа позволили установить, что наилучшее разделение групп диспансерного наблюдения достигается при использовании системоконплекса параметров виброизображения — канонической дискриминантной функции. Весовые нагрузки отдельных параметров виброизображения

в указанном системокомплексе приведены на рисунке 2а. Показатели могут быть минимизированы с использованием пошаговой процедуры дискриминантного анализа (рис. 2б).

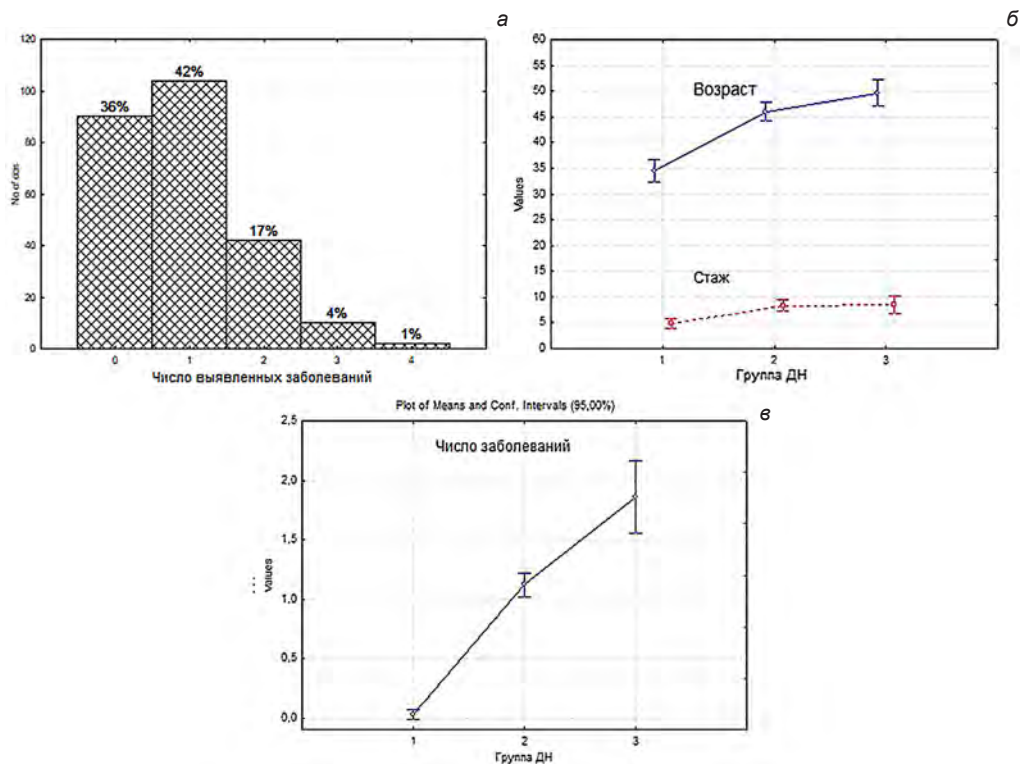


Рис. 1. Показатели здоровья обследованных работников противопожарно-спасательной службы

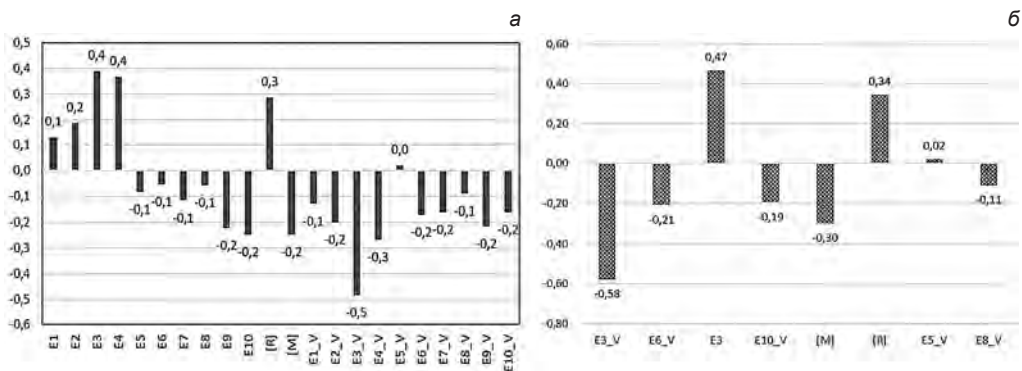


Рис. 2. Весовые нагрузки параметров виброизображения, входящих в системокомплексы, разделяющие группы 1 и 3 диспансерного наблюдения

Полученный системокомплекс может быть использован в качестве интегрального показателя виброизображения (ИП), разделяющего группы диспансерного наблюдения. Его распределение в Т-баллах (среднее значение равно 50 баллов, среднеквадратичное отклонение 10 баллов) по обследованной группе спасателей показано на рисунке 3а. По сигмальным отклонениям ИП от среднего значения выделено 3 группы лиц с различным функциональным состоянием (ДС = 1, ДС = 2, ДС = 3), оцениваемым по параметрам виброизображения. Средняя точность их распознавания составляет 96,8%. Для формализованной оценки разработана вероятностная номограмма, представленная на рисунке 3б.

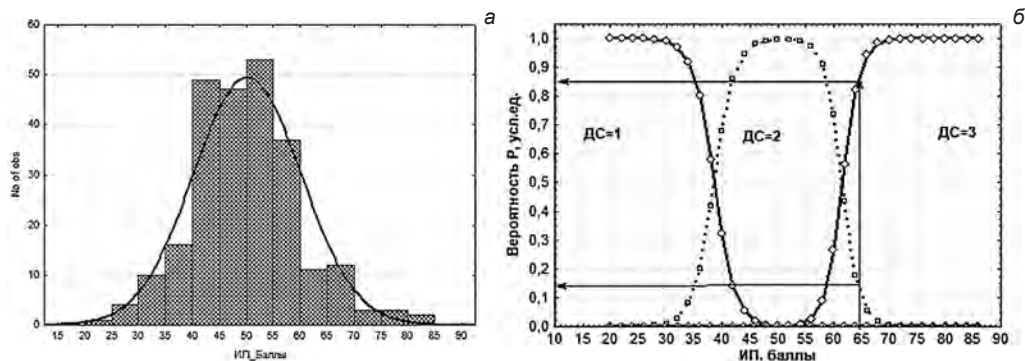


Рис. 3. Формализованная идентификация групп с разной выраженностью интегрального параметра виброизображения (ИП).

Правило расчета вероятности принадлежности к группам с разными характеристиками виброизображения показано построением на рисунке «б»

На рисунке 4 показаны основные показатели здоровья в группах функциональных состояний ДС = 1, ДС = 2, ДС = 3.

Как следует из рисунка 4, полярными по своим характеристикам являются группы ДС = 1 и ДС = 3. В группу ДС = 3 вошли спасатели более старшего возраста (рис. 4а), имеющие большее число заболеваний (рис. 4б). Динамика этих характеристик по группам функциональных состояний совпадает с их динамикой по группам диспансерного наблюдения (рис. 1б, в).

С использованием критерия Хи-квадрат установлена достоверная взаимосвязь групп функциональных состояний с группами диспансерного наблюдения (рис. 4в). Так у лиц из 1-й группы диспансерного наблюдений в 94% случаев отмечалось состояние, соответствующие по параметрам виброизображения группе ДС = 1. Это позволяет сделать вывод о том, что риск нарушения состояния здоровья у работников с данным видом функционального состояния низкий. В 3-й группе диспансерного наблюдения преобладает (75%) функциональное состояние, по параметрам виброизображения характерное для группы ДС = 3. Следствием из этого является заключение о высоком риске нарушения состояния здоровья у этих лиц.

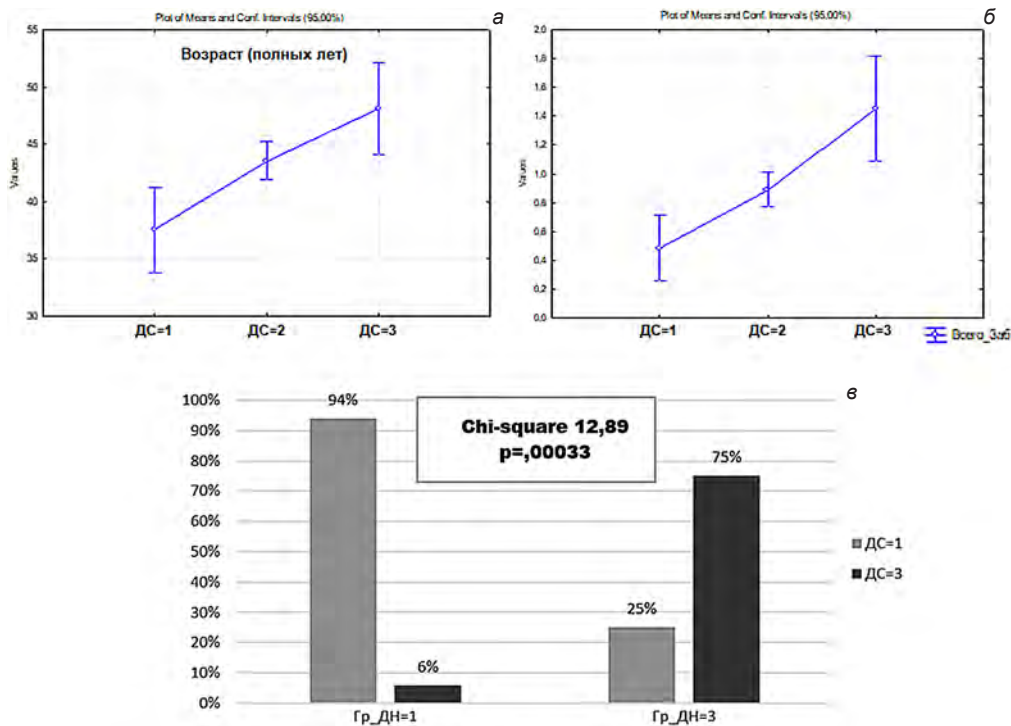


Рис. 4. Показатели здоровья в группах функциональных состояний, выделяемых по параметрам виброизображения

Обсуждение полученных результатов

В рамках проведенных исследований получены новые результаты по взаимосвязи параметров виброизображения с состоянием здоровья лиц опасных профессий. Основными из них являются: разработанный одномерный многопараметрический интегральный показатель экспресс-оценки состояния здоровья спасателей (ИП) и выделенные на его основе классы типологических характеристик параметров виброизображения $ДС = 1$, $ДС = 2$, $ДС = 3$.

С ИП положительно коррелирует (+0,47) параметр E_3 виброизображения, характеризующий отношение высокочастотной к общей мощности спектра микродвижений головы человека (Минкин, 2020). Он увеличивается при росте высокочастотных (до 30 Гц) компонент вибраций, появляющихся в дополнение к основной (до 10 Гц) частоте. А изменение структуры спектра колебаний является известным признаком увеличения напряжения регуляторных механизмов организма вне зависимости от характера изучаемой функции. Так по данным математического анализа ритма сердца при функциональном напряжении снижается мощность дыхательных волн (высокие частоты спектра) с одновременным увеличением мощности низких и очень низких частот (Баевский, 1979).

Это позволяет сделать вывод о том, что ИП характеризует уровень напряжения регуляторных систем организма, оцениваемый по параметрам виброизображения. Высоким значениям ИП соответствует высокий, низким — низкий уровень регуляторных механизмов. Этот вывод подтверждает его взаимосвязь с другими параметрами виброизображения.

Так с параметром E_3 с обратным знаком $(-0,58)$ коррелирует показатель, характеризующий его вариабельность: $E_{3\ v}$. Это свидетельствует о том, что при увеличении уровня напряжения регуляторных систем (увеличении E_3) снижается вариабельность параметра E_3 . Аналогом установленного соотношения «величина параметра — вариабельность параметра» является взаимосвязь амплитуды моды ($АМО_{RR}$) и среднеквадратичное отклонение кардиоинтервалов ($СКО_{RR}$): при увеличении уровня напряжения регуляторных механизмов организма $АМО_{RR}$ увеличивается, а $СКО_{RR}$ снижается.

Однонаправленная корреляция параметров E_3 и $[R]$ с ИП свидетельствует о том, что увеличение уровня напряжения регуляторных механизмов организма приводит и к усилению корреляционных взаимоотношений между параметрами виброизображения, снижению числа степеней свободы регуляторных систем. При этом значения параметра $[M]$ виброизображения снижается (отрицательный знак факторной нагрузки показателя $(-0,3)$), характеризуя уход параметров виброизображения от популяционного «эталопа». Что также является свидетельством увеличения напряжения регуляторных систем.

Хотя коэффициенты корреляции с ИП остальных вариабельности параметров виброизображения незначительные, они соответствуют выявленной закономерности: снижению их лабильности при росте напряжения регуляторных механизмов.

Рассматривая типологические классы параметров виброизображения (рис. 3б), следует отметить, что они ранжируются по ИП в соответствии с изменением уровня психофизиологической адаптации от высокого (класс $ДС = 1$) до низкого (класс $ДС = 3$).

Заключение

Совершенствование медико-психофизиологического обеспечения лиц опасных профессий связано с разработкой методов экспресс-диагностики их психофизиологической адаптации. Наиболее перспективной для этого является технология виброизображения. Об этом свидетельствуют результаты проведенных исследований. Использование в качестве «маркера» психофизиологической адаптации разработанного одномерного многопараметрического интегрального показателя, представляющего собой линейную комбинацию параметров виброизображения, позволяет проводить оперативный мониторинг состояния здоровья. Работники, идентифицированные как относящиеся к классу $ДС = 2$, могут рассматриваться как имеющие донозологические отклонения в состоянии здоровья. Они нуждаются в дополнительном медицинском обследовании и проведении реабилитационно-оздоровительных мероприятий. Это позволит предотвратить дальнейшее ухудшение состояния здоровья, повысить качество жизни и профессиональное долголетие лиц опасных профессий.

Литература:

1. Баевский, Р. М. (1979) Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. М.: Медицина, 298 с.
2. Баевский, Р. М. и др. (1997) Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний, Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. М.: Медицина, 1997, С. 104.
3. Бобров, А. Ф. и др. (2015) Системная оценка результатов психофизиологических обследований, Медицина экстремальных ситуаций, 2015, № 3, С. 13–19.
4. Большая Медицинская Энциклопедия, под ред. Петровского Б. В., (1974–1989 гг.) 3-е издание.
5. Казначеев, В. П. и др. (1980) Донозологическая диагностика в практике массовых обследований населения. Л.: Медицина. 225 с.
6. Ким, Дж.-О и др. под ред. И. С. Енюкова (1989) Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. М.: Финансы и статистика. 215 с.
7. Минкин, В. А. (2020) Виброизображение, кибернетика и эмоции. СПб.: Реноме. 164 с. <https://doi.org/10.25696/ELSYS.B.RU.VCE.2020>
8. Минкин, В. А., Бобров А. Ф. (2020) Диагностика здоровья по оценке десинхронизации сигналов физиологических систем. Первые результаты практического применения программы HealthTest, Труды 3-й международной научно-технической конференции: Современная психофизиология. Технология виброизображения. 25–26 июня 2020 г., Санкт-Петербург, Россия, С. 121–130. <https://doi.org/10.25696/ELSYS.14.VC3.RU>
9. Приказ Минздрава России от 03.02.2015 г. № 36ан «Об утверждении порядка проведения диспансеризации определенных групп взрослого населения» (с изменениями на 09.12.2016 г.).
10. Приказ Минздрава России от 28.01.2021 № 29н «Об утверждении Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работников, предусмотренных частью четвертой статьи 213 Трудового кодекса Российской Федерации, перечня медицинских противопоказаний к осуществлению работ с вредными и (или) опасными производственными факторами, а также работам, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры».
11. Щелканова, Е. С. (2019) Бесконтактная экспресс-диагностика психофизиологического состояния работников опасных производств: автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 20 с.