

9. Ujba V.V., Kiselev M.F., Romanov V.V., Shandala E.K., Hohlova E.A. (2009). Security problems of the population in the territories from natural and technogenic factors of radiation on the example of area of influence Priargunsky mining and chemical combine. *Biosfera*. 2009; 1: 105–1 (in Russian).

10. Zakharenkov. V.V., Morozova O.A., Viblaya I.V. Features of development of silicotuberculosis in workers of ferrous metallurgy

enterprises. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra SO RAMN*. 2012; 5: 82–5 (in Russian).

11. Nozdracheva E.V., Timchenko L.D. Identification of the relationship between radioactive contamination of the terrain and the epidemiological situation of tuberculosis. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2011; 2: 82–3 (in Russian).

Поступила 28.03.2018

УДК 614.89

Гергей А.М.¹, Малахова И.С.¹, Моисеев Ю.Б.², Иванов И.В.^{1,3,4}, Глухов Д.В.³

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ФИЗИОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКОЙ И ЭРГОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ

¹ФГБУ «Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины» Минобороны России, ул. Лесопарковая, 4, Санкт Петербург, Россия, 195043;

²ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт Военно-воздушных сил» Минобороны России, г. Щелково–10, Московская область, Россия, 141103

³ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», пр-т Буденного, 31, Москва, Россия, 105275;

⁴ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России, ул. Трубецкая, 8/2, Москва, Россия, 119991

Введение. Актуальность исследования связана с необходимостью физиолого-гигиенических и эргономических обоснований методик оценки переносимости средств индивидуальной защиты (СИЗ).

Цель работы — изучение возможности применения современных средств и методов исследования функционального состояния (ФС) организма человека и его работоспособности в процессе физиолого-гигиенической и эргономической оценки (ЭО) СИЗ.

Методика. Используются аналитические методы исследования и рассмотрены методические вопросы, связанные с оценкой ФС организма и работоспособности человека.

Результаты. Показано, что существующая нормативная база для оценки влияния СИЗ на ФС организма не учитывает достижений современного медицинского приборостроения, устарела и нуждается в совершенствовании. Обоснован выбор методов, позволяющих совершенствовать подходы к оценке СИЗ в модельных и производственных условиях. Показано, что в процессе медико-биологической оценки СИЗ целесообразно исследовать ФС опорно-двигательного аппарата (ОДА), кардиореспираторной и нервной систем. Эргоспирометрия (ЭСМ) является наиболее информативным методом оценки ФС кардиореспираторной системы, «захват движений» с помощью инерциальных датчиков — наиболее приемлемым методом оценки влияния СИЗ на подвижность работника, а стабилметрия может дополнить существующие методы оценки влияния СИЗ на ОДА и нервную систему.

Выводы: Проведенные исследования могут являться основой для совершенствования перспективных методов физиолого-гигиенической и ЭО СИЗ.

Ключевые слова: средства индивидуальной защиты; трудовая деятельность; функциональное состояние организма; работоспособность; эргоспирометрия; инерциальные датчики; стабилметрия

Для цитирования: Гергей А.М., Малахова И.С., Моисеев Ю.Б., Иванов И.В., Глухов Д.В. Современные методы физиолого-гигиенической и эргономической оценки средств индивидуальной защиты. *Мед. труда и пром. экол.* 2018. 12: 46–51. <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2018-12-46-51>

Для корреспонденции: Гергей Андрей Михайлович, зам. нач. научно-исслед. испытательного отдела ФГБУ «ГНИИИ военной медицины» МО РФ. E-mail: a.geregey@mail.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Andrey M. Geregey¹, Inga S. Malakhova¹, Yurii B. Moiseev², Ivan V. Ivanov^{1,3,4}, Dmitrii V. Glukhov³
MODERN METHODS OF PHYSIOLOGICAL, HYGIENIC AND ERGONOMIC EVALUATION OF INDIVIDUAL PROTECTIVE MEANS

¹State Research Test Institute of Military Medicine, 4, Lesoparkovaja str., St. Petersburg, Russia, 195043;

²Central Research Institute of the Air Force, Schelkovo–10, Moscow region, Russia, 141103;

³Izmerov Research Institute of Occupational Health, 31, Budenogo Ave., Moscow, Russia, 105275;

⁴I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, 8–2, Trubetskaya str., Moscow, Russia, 119991

Introduction. Topicality of the study is associated with necessity of physiologic, hygienic and ergonomic basis for methods evaluating tolerance of individual protective means.

Objective is to study possible use of contemporary facilities and investigation methods for functional state of humans and their performance within physiologic, hygienic and ergonomic assessment of individual protective means.

Methods. The authors used analytic methods and considered methodic issues connected with evaluation of human functional state and performance.

Results. Findings are that present regulation basis evaluating influence of individual protective means on human functional state does not consider contemporary novelties in medical equipment, is outdated and requires improvement. The authors justified selection of methods that improve approaches to evaluation of individual protective means in simulated and real industrial conditions. Evidences are that medical and biologic evaluation of individual protective means should study functional state of locomotory system, cardio-respiratory and nervous systems. Ergospirometry is the most informative method to evaluate functional state of cardio-respiratory system, "movements capture" by inertial sensors is the most applicable method to evaluate influence of individual protective means on workers' mobility, and stabilometry can add existing methods evaluating influence of individual protective means on locomotory and nervous systems.

Conclusions. The studies performed can serve as a basis for improvement of prospective methods of physiologic, hygienic and ergonomic evaluation of individual protective means.

Key words: individual protective means; working activity; human functional state; working capacity; ergospirometry; inertial sensors; stabilometry

For citation: Geregey A.M., Malakhova I.S., Moiseev Yu.B., Ivanov I.V., Glukhov D.V. Modern methods of physiological, hygienic and ergonomic evaluation of individual protective means. *Med. truda i prom. ekol.* 2018. 12: 46–51. <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2018-12-46-51>

For correspondence: Andrey M. Geregey, Deputy Head of Research and Testing Department State Research Test Institute of Military Medicine. E-mail: a.geregey@mail.ru

Sponsorship: The study had no sponsorship.

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interests.

Введение. В системе организации безопасности проведения работ людей, деятельность которых осуществляется во вредных или опасных условиях труда, одним из основных мероприятий в большинстве случаев является применение специальных СИЗ¹. Длительная эксплуатация СИЗ, особенно со значительными массогабаритными показателями, может отрицательно влиять на ФС организма человека и снижать его работоспособность, что, несомненно, негативно отражается как на эффективности труда работника, так и на его здоровье. В результате этого исследователям, изучающим биомедицинские вопросы разработки СИЗ, приходится искать компромисс между обеспечением нужной степени защиты работника с одной стороны и уровнем его работоспособности — с другой, т. е. решать своеобразную задачу оптимизации. Для этого необходимо иметь количественные характеристики как прямых показателей деятельности, так и ее физиологической цены, определяемой по динамике физиологических характеристик, регистрируемых с помощью специальной аппаратуры.

Проведение испытаний, связанных с определением показателей защитных характеристик СИЗ, являются, в большей мере, прерогативой исследователей технических специальностей. Проблемы оценки эффективности защиты различных видов СИЗ детально проработаны специалистами в области безопасности труда как в критериальном, так и методическом смысле^{2,3,4}. В отличие от этого, вопросам

связанным с физиолого-гигиеническими и эргономическими исследованиями СИЗ, уделено гораздо меньше внимания. Существенной проблемой является то, что оценка ФС организма работника, использующего СИЗ, основана на применении малоинформативных инструментальных методов, а зачастую связана с интерпретацией субъективных ощущений испытуемых^{5,6}.

Представляется актуальным рассмотреть современные методы и средства, позволяющие совершенствовать подходы к оценке влияния СИЗ на ФС организма человека и его работоспособность в процессе трудовой деятельности.

Цель работы — рассмотреть возможность применения современных средств и методов исследования ФС организма человека и его работоспособности в процессе физиолого-гигиенической и ЭО СИЗ.

Материалы и методы. Проанализированы и определены современные методы оценки ФС организма человека и его работоспособности. Обоснован выбор методов для совершенствования научных подходов к физиолого-гигиеническим и эргономическим исследованиям СИЗ.

Результаты исследований. ФС организма работника — физиологическая основа работоспособности, поэтому его оценка имеет первостепенное значение для исследования влияния СИЗ на производственную деятельность. Оценка ФС организма производится с помощью двух взаимодополняющих подходов: регистрации прямых показателей, основанной на изучении производственной деятельности (продуктивность, качество, надежность), и исследовании косвенных показателей, отражающих физиологическую цену деятельности, — по физиологическим и психофизиологическим критериям, причем это исследование, в свою очередь, строится с использованием показателей объективной и субъективной оценок.

¹ ГОСТ 12.4.064 – 84. Система стандартов безопасности труда. Костюмы изолирующие. Общие технические требования и методы испытаний. М.: ИПК Издательство стандартов; 2001.

² ГОСТ 12.4.064 – 84. Система стандартов безопасности труда. Костюмы изолирующие. Общие технические требования и методы испытаний. М.: ИПК Издательство стандартов; 2001.

³ ГОСТ EN 340 – 2012. Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная защитная. Общие технические требования. М.: Стандартинформ; 2014.

⁴ ГОСТ 12.4.265 – 2014. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты, предназначенные для работ с радиоактивными веществами, и материалы для их изготовления. Методы испытания и оценка коэффициента дезактивации. М.: Стандартинформ; 2015.

⁵ ГОСТ 12.4.061 – 88. Система стандартов безопасности труда. Метод определения работоспособности человека в средствах индивидуальной защиты. М.: Издательство стандартов; 1988.

⁶ Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю).

В настоящее время физиолого-гигиенические и эргономические испытания элементов СИЗ в значительной степени основываются на субъективных оценках и ограниченном наборе объективных показателей. Это имеет под собой объективные причины: особенности элементов СИЗ (большие габариты, ограничивающие возможность применения датчиков) и условий их применения (интенсивная двигательная деятельность, в т. ч. связанная с перемещениями тела в пространстве, затрудняющая использование электрических кабелей).

Основные рекомендации, касающиеся оценки работоспособности человека в изолирующих костюмах, средствах защиты органов дыхания, рук, ног и комплексных средствах, специальной защитной одежде, отражены в действующем на сегодняшний день ГОСТ 12.4.061–88 «Система стандартов безопасности труда. Метод определения работоспособности человека в средствах индивидуальной защиты».

В соответствии с приложением №2 данного ГОСТ физическая нагрузка обеспечивается восхождением испытателя на двухстороннюю лесенку с двумя ступенями в заданном ритме. Также допускается моделирование профессиональной деятельности с использованием тренажеров, испытательных стендов и других имитаторов, конструкция которых позволяет воспроизводить основные элементы этой деятельности, регистрировать количество и качество выполняемой работы. Оценка ФС организма и уровня работоспособности человека проводится с помощью регистрации основных физиологических показателей работника: частоты сердечных сокращений, артериального давления и др. Неотъемлемым компонентом ЭО и физиолого-гигиенической оценки СИЗ также является самооценка испытуемыми ФС организма, работоспособности и степени ограничения подвижности^{7,8}.

Регламентирующий документ сыграл в свое время большую роль в процессах создания эффективных СИЗ, однако теперь устарел, и применение предложенных методов не всегда является оправданным с учетом достижений научно-технического прогресса. Развитие технологий и приборостроения позволило создать новое поколение физиологической регистрирующей аппаратуры, отличающейся малыми размерами, позволяющей регистрировать одновременно сразу несколько физиологических показателей и выводить их на экран в режиме реального времени. Средства измерений отличаются небольшими габаритами, не требуют использования большого количества электрических проводов, что облегчает проведение исследований.

Это ставит перед специалистами медицины труда задачу поиска наиболее эффективных средств и методов изучения ФС организма человека и его работоспособности с учетом появления современных подходов к их оценке и новой аппаратуры, позволяющей как в модельных, так и производственных условиях получать необходимую информацию о реакции организма на предъявляемую физическую нагрузку.

ФС организма и работоспособность человека, несомненно, напрямую зависит от тяжести труда — характеристики, отражающей преимущественную нагрузку на ОДА и кардиореспираторную систему, и напряженности труда — характеристики, отражающей преимущественную

нагрузку на центральную нервную систему. Известно, что эксплуатация работником СИЗ в процессе трудовой деятельности не должна приводить к значительным нарушениям ФС его организма и существенному снижению работоспособности. Учитывая широкий спектр реакций организма на работу человека в СИЗ, оценка ФС должна носить комплексный характер. В связи с этим представляется важным выбрать наиболее современные методы и средства оценки состояния кардиореспираторной и нервной систем, ОДА для их применения при испытаниях СИЗ (рисунок).

Представленная схема в наибольшей степени пригодна для оценки таких габаритных и массивных средств, как изолирующие костюмы и спецодежда, однако изложенные подходы могут оказаться полезными и в отношении других классов СИЗ, которые утяжеляют производственную деятельность, т. е. создают дополнительную нагрузку на сердечно-сосудистую, дыхательную системы и ОДА работника.

В настоящее время для исследования функции кардиореспираторной системы человека широко применяется ЭСМ [1,2] — один из современных методов качественной и количественной оценки реакций и взаимодействия сердечно-сосудистой и дыхательной систем, а также метаболического ответа организма во время физических нагрузок.

В процессе эргоспирометрического исследования регистрируются показатели работоспособности в совокупности с электрокардиограммой, артериальным давлением [3]. Помимо количественного определения ключевых показателей работоспособности (максимальное потребление кислорода, порог анаэробного обмена, дыхательный коэффициент, кислородный пульс нагрузки и др.), ЭСМ позволяет определять метаболический эквивалент нагрузки, регистрировать основные показатели функции внешнего дыхания, такие как жизненная емкость легких, минутный объем дыхания, форсированная жизненная емкость и др.

В основе выбора метода лежит, прежде всего, его универсальность, неинвазивность и высокая диагностическая достоверность. Несомненным преимуществом ЭСМ при использовании ее в интересах медицины труда является возможность расчета энергозатрат в процессе выполнения конкретной функциональной пробы или на определенной степени нагрузки с использованием показателей дыхательного коэффициента и калорического эквивалента по кислороду.

Возможность применения специализированного оборудования, основанного на беспроводной передаче данных, позволяет регистрировать все ключевые физиологические показатели и оценивать энергозатраты в условиях моделирования профессиональной деятельности, что позволит оценить влияние СИЗ на динамику работоспособности человека, выполняющего физическую работу.

В связи с этим, проведение ЭСМ-исследования в большинстве случаев способно не только полностью заменить существующие методы оценки влияния СИЗ на состояние кардиореспираторной системы, но и существенно расширить возможности физиолого-гигиенических исследований в этом направлении.

Помимо физиологических показателей оценивается влияние конструктивно-механических свойств СИЗ на подвижность работника. Оценка подвижности проводится по пятибалльной шкале, по результатам самооценки испытуемым ограничения движений при ходьбе, наклонах туловища, приседаниях, поднимании и отведении рук и

⁷ ГОСТ 12.4.061 – 88. Система стандартов безопасности труда. Метод определения работоспособности человека в средствах индивидуальной защиты. М.: Издательство стандартов; 1988.

⁸ Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю).

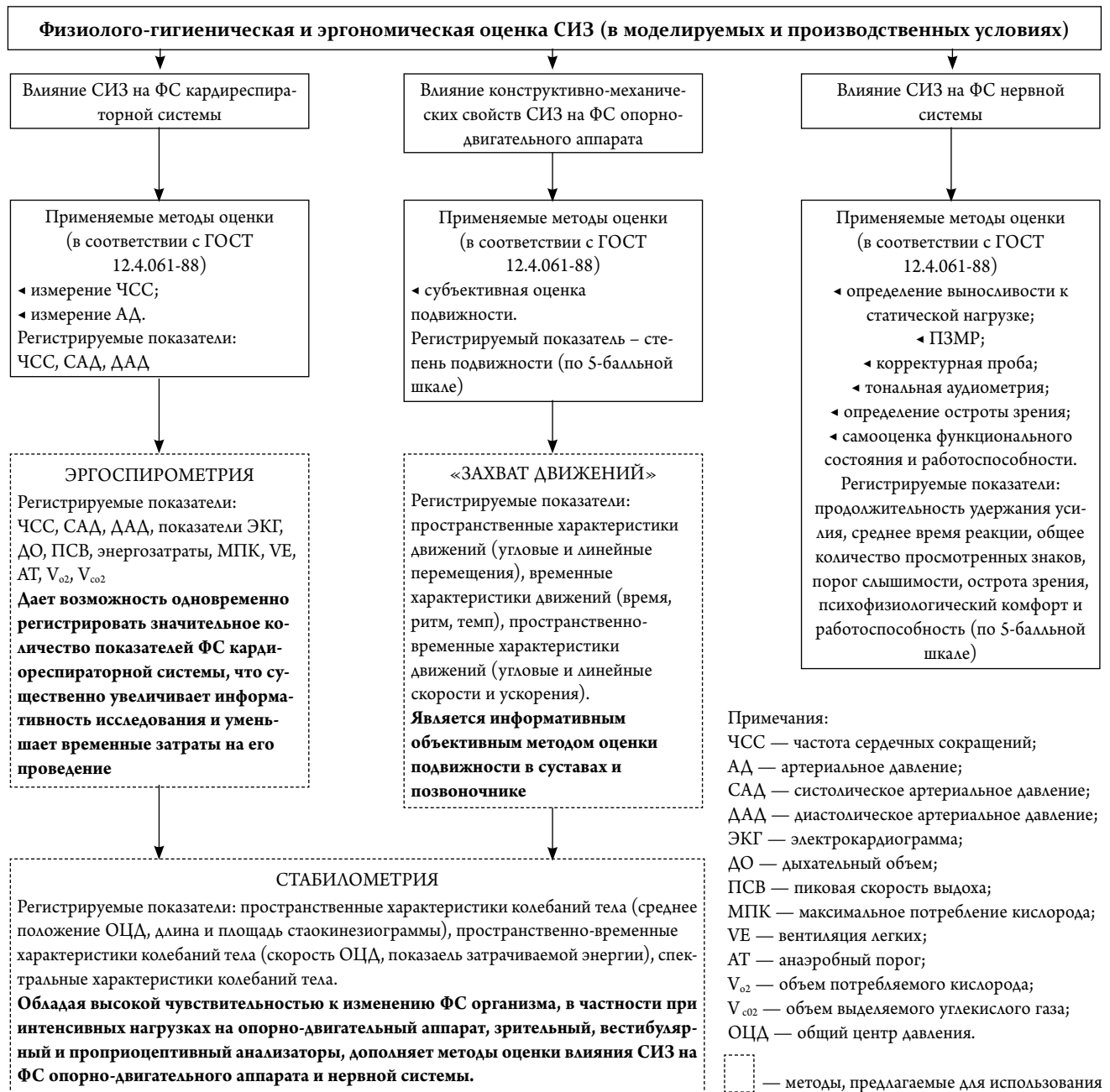


Рисунок. Направления совершенствования методик для физиолого-гигиенической и эргономической оценки СИЗ

Figure. Directions of improvements for methods of physiologic, hygienic and ergonomic evaluation of individual protective means

ног, вращении головы, наклонах головы, а также при имитации основных элементов профессиональной деятельности.⁹ Результаты таких исследований зачастую носят субъективный характер. Для повышения надежности оценки требуется поиск новых, наиболее объективных методов исследования.

В медицине широко применяемым методом оценки амплитуды движения в суставах является гониометрия. Однако, использование гониометрии при оценке влияния «габаритных» элементов СИЗ на биомеханические характеристики движений рабочих весьма затруднительно ввиду невозможности привязки положения гониометра к анатомическим ориентирам.

⁹ ГОСТ 12.4.061 – 88. Система стандартов безопасности труда. Метод определения работоспособности человека в средствах индивидуальной защиты. М.: Издательство стандартов; 1988.

Наиболее распространенным способом регистрации биомеханических параметров движений человека является видеонализ (видеозахват). Способ основан на регистрации сигналов, поступающих от пассивных маркеров (светоотражателей), закрепленных на проекциях костных выступов тела человека. Программно-аппаратные комплексы способны регистрировать биомеханические характеристики высокоамплитудных и самых незначительных по амплитуде движений всего тела человека или его сегментов, благодаря чему находят широкое применение в биомеханике и реабилитационной медицине. Несмотря на свои преимущества, метод обладает рядом недостатков, таких как ограниченность зоны видеосъемки, создание условий пониженной освещенности. Использование данного способа для оценки влияния СИЗ на биомеханические характеристики движений ограничивает еще один существенный

недостаток. Доступ к костным выступам испытуемого ограничивают элементы СИЗ, что требует устанавливать светоотражатели на поверхности СИЗ, нарушая методику проведения измерений. В связи с этим реальная картина положения сегментов тела в пространстве отражается недостаточно объективно, что в итоге может исказить результаты измерений [5,6].

В последнее время активно развивающиеся технологии микроэлектромеханических систем (МЭМС) сделали доступным применение инерциальных датчиков и систем регистрации параметров движения в недорогих массовых устройствах. Устройства имеют преимущества в размерах, энергопотреблении, решают задачи трехмерного ориентирования, позиционирования, измерения скорости и ускорений по трем осям, а также имеют широкий набор информационных интерфейсов [8]. МЭМС-датчики нашли свое применение в спортивной медицине, эргономике и биомеханике. Инерциальные МЭМС-датчики могут регистрировать линейное и угловое ускорения, угловую скорость в собственной трехмерной системе координат.

Хорошо разработана и доступна отечественная аппаратура для «захвата движений» человека. Датчики фиксируются на различных частях тела человека для оценки их пространственного положения при движении, в результате чего аккумулируются данные о движениях. Информация, поступающая с сенсоров (акселерометров, гироскопов, магнитометров), обрабатывается с помощью инерциальных цифровых сигнальных процессоров, находящихся в корпусе датчика, или с помощью внешних компьютерных устройств, после чего анализируется с помощью специальных алгоритмов.

Для повышения точности данных о движении или о его отношении к инерциальной системе координат в систему датчиков интегрируются различные типы вспомогательных сенсоров, таких как магнитные датчики, приемники глобальной системы позиционирования, высокочастотные датчики местоположения, барометр, фотокамера, а также датчики давления и/или силы. Имеются специальные костюмы с интегрированными в него датчиками.

У работников, деятельность которых связана с нагрузками на ОДА и нервно-мышечный аппарат, вестибулярный и зрительный анализаторы, особенно актуально использование стабилотрии — надежного и современного метода, позволяющего получить информацию о ФС организма работника, а также о работе отдельных систем, участвующих в процессе поддержания вертикальной позы. Стабилотрия включает в себя набор методик, позволяющий диагностировать неврологические заболевания, контролировать воздействия условий труда на работника.

Помимо классических методик, таких как тест Ромберга, оптокинетическая проба, тест лимита стабильности [6], стабилотрия может включать в себя тесты с биологической обратной связью по опорной реакции, что позволяет использовать их в качестве тренажерных устройств, направленных на совершенствование функции равновесия, координационных способностей, психологической устойчивости, повышение роли отдельных сенсорных каналов при управлении движениями в профессиональной деятельности [10,11]. Такие тесты позволяют скорректировать воздействие факторов труда на здоровье работников и повысить их работоспособность.

Стабилотрия позволяет дополнить исследование СИЗ на ОДА и нервно-мышечный аппарат работника.

Использование современного стабилотрического оборудования позволяет регистрировать простран-

ственные (среднее положение общего центра давления (ОЦД), длину и площадь статокинезиограммы), пространственно-временные (скорость ОЦД, показатель затрачиваемой энергии) и спектральные характеристики колебаний тела.

В настоящее время является возможным использование ЭСМ для исследования влияния СИЗ на состояние кардиореспираторной системы. Применение метода «захвата движений» способно существенно увеличить объективность исследований, касающихся оценки влияния СИЗ на ОДА работника. Использование стабилотрии позволяет регистрировать информативные объективные параметры при исследованиях, связанных с оценкой влияния СИЗ на состояние ОДА и нервной системы.

Выводы:

1. *Существующая нормативная база для оценки влияния на СИЗ на ФС организма не учитывает достижений современного медицинского приборостроения, устарела и нуждается в совершенствовании.*

2. *Для оценки влияния на ФС организма работника СИЗ целесообразно комплексно исследовать состояние ОДА, кардиореспираторной и нервной систем с помощью аппаратных средств, характеризующихся неинвазивностью, высокой диагностической достоверностью и позволяющих регистрировать физиологические показатели непосредственно в процессе реальной или моделируемой профессиональной деятельности.*

3. *Для оценки физиологической цены деятельности при использовании СИЗ целесообразно использование ЭСМ, позволяющей регистрировать ключевые показатели физической работоспособности, основные показатели функции внешнего дыхания и рассчитывать энергозатраты в процессе выполнения конкретной функциональной пробы или на определенной ступени нагрузки с использованием данных дыхательного коэффициента и калорического эквивалента по кислороду.*

4. *Для повышения информативности и объективности оценки влияния СИЗ на ОДА и нервную систему работников целесообразно применять метод «захвата движений» и стабилотрии.*

5. *Проведенные исследования направлены на совершенствование и разработку перспективных методов физиологической и ЭО СИЗ.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES стр. 4,7)

1. Биктимирова А.А., Рылова Н.В., Самойлов А.С. Применение кардиореспираторного нагрузочного тестирования в спортивной медицине. *Спортивная медицина*. 2014; 3: 50–3.
2. Лелявина Т.А., Ситникова М.Ю., Березина А.В., Шляхто Е.В., Семенова Е.С., Бубнова И.В., Гига И.В. Новый подход к выделению физиологических этапов механизма энергообеспечения во время возрастающей физической нагрузки у здоровых лиц. *Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта*. 2012; 4 (86): 77–86.
3. Курзанов А.Н., Заболотских Н.В., Мануйлов А.М. Клинико-физиологические аспекты диагностики функциональных резервов организма. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2015; 6 (155): 73–7.
5. Бобылев А.Н. О двух модификациях метода наименьших квадратов в задаче восстановления утерянной информации системы видеонализа по показаниям акселерометра. *Российский журнал биомеханики*. 2012; 16 (55): 89–101.
6. Скворцов Д.В. *Диагностика двигательной патологии инструментальными методами: анализ походки, стабилотрия: монография*. М.: Научно-медицинская фирма МБН; 2007.

8. Бекмачев А. Компания Xsens — эксперт в области систем управления движением. *Компоненты и технологии*. 2013; 4: 32–6.

10. Кубряк О.В., Гроховский С.С. *Практическая стабилметрия. Статические двигатель-когнитивные тесты с биологической обратной связью по опорной реакции*. М.: ИПЦ «Маска»; 2012.

11. Шестаков М.П., Слива С.С., Войнов И.Д. Компьютерная стабилграфия в физической культуре и спорте. В сб.: Слива С.С., Болонев А.Г. *Сборник статей по стабилграфии*. Таганрог: ОКБ «РИТМ»; 2006: 135–6.

REFERENCES

1. Biktimirova A.A., Rylova N.V., Samoilov A.S. Cardiorespiratory stress testing in sports medicine. *Sportivnaya meditsina*. 2014; 3: 50–3 (in Russian).

2. Lelyavina T.A., Sitnikova M.Yu., Berezina A.V., Shlyakhto E.V., Semenova E.S., Gija I.V. New approach to physiological phases allocation of energy supply mechanism during increasing physical activity of healthy persons. *Uchyonye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*. 2012; 4 (86): 77–86 (in Russian).

3. A.N. Kurzanov, N.V. Zabolotskih, A.M. Manuilov. Clinical medical diagnostic aspects of human functional reserves. *Kubanskiy nauchnyy meditsynskiy vestnik*. 2015; 6 (155): 73–7 (in Russian).

4. Sigal L., Balan A.O., Black M.J. Human Eva: synchronized video and motion capture dataset and baseline algorithm for evalua-

tion of articulated human motion. *International Journal of Computer Vision*. 2010; 87 (1): 4–27.

5. Bobylev A.N. Concerning two modifications of the least square method for lost information restoring in the motion capture system upon accelerometer readings. *Rossiyskiy zhurnal biomechaniki*. 2012; 16 (55): 89–101 (in Russian).

6. Skvortsov D.V. *Motor disorder diagnostics with instrumental methods such as gait analysis, stabilometrics: a monograph*. М.: Medical science corporation MBN; 2007 (in Russian).

7. Stevenson J.M., Selinger J., Gooyers C., Costigan P., Almonino S., Upjohn T. *Trial of Objective Biomechanical assessment of Extended Body Armour: Phase 1*. Kingston, Ontario, Canada: Ergonomics Research Group Queen's University; 2008.

8. Bekmachev A. Xsens Company — expert in the field of motion control systems. *Komponenty i tekhnologii*. 2013; 4: 32–6 (in Russian).

9. Luinge H.J., Roetenberg D., Slycke P.J. Motion tracking system. Patent US 8165844 B2. №US 11/748, 963; 2012.

10. Kubryak O.V., Grohovskiy S.S. *Practical stabilometrics. Static motor and cognitive tests with support reaction biofeedback*. М.: IPC «Маска»; 2012 (in Russian).

11. Shestakov M.P., Sliva S.S., Voinov I.D. Computer posturography in physical culture and sports. In the misc.: S.C. Plum, A.G. Bolonov. *Posturographic miscellany*. Таганрог: ОКБ «Ritm»; 2006: 135–6 (in Russian).

Поступила 27.04.2018

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

УДК 331.101.1, 331.101.5

Степанян И.В.

ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ КАЧЕСТВА ГРАФИЧЕСКИХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИНТЕРФЕЙСОВ: СОСТОЯНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ

¹ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда им. академика Н.Ф. Измерова», пр-т Буденного, 31, Москва, Россия, 105275;

²Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, Малый Харитоньевский пер., 4, Москва, Россия, 101990

Все большее количество работников значительную часть смены взаимодействуют с графическими пользовательскими интерфейсами (ГПИ). При низких эргономических качествах, а порой и неправильном использовании ГПИ возникает риск неблагоприятных эффектов для здоровья работника.

Выявлены и классифицированы типичные сценарии использования ГПИ. Для разных видов ГПИ и операторских профессий характерны различные показатели нагрузок — как биомеханических, так и психофизиологических. Среди основных элементов ГПИ — наличие или отсутствие мыши или джойстика, интуитивная ясность, сбалансированная цветовая гамма, постоянство расположения графических элементов, степень удобства и др. Обзор ГПИ разных видов и анализ их характерных признаков показал возможность возникновения разных факторов профессионального риска. Выявлены некоторые эргономические проблемы, связанные с встраиванием ГПИ в разные информационные технологии и системы. Показана роль эргономических характеристик ГПИ для безопасной и эффективной работы оператора. Приведены примеры алгоритмов визуализации больших объемов информации для облегчения ее восприятия и анализа. Правильное применение интерактивных средств компьютерной визуализации при грамотном проектировании и соблюдении эргономических принципов будет способствовать оптимизации умственного труда при инновационной деятельности, а также сохранению здоровья операторов. К перспективным разработкам в данном направлении можно отнести эргономичные интерфейсы, построенные с соблюдением принципов информационной гигиены, технологии анализа больших данных и автоматически генерируемую когнитивную графику.

Ключевые слова: графические пользовательские интерфейсы; эргономика; когнитивная графика; информационная гигиена
Для цитирования: Степанян И.В. Эргономические качества графических пользовательских интерфейсов: состояние и эволюция. *Мед. труда и пром. экол.* 2018. 12: 51–57. <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2018-12-51-57>