

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-4-11>

УДК 613.6

ORCID:

© Бухтияров И.В., Денисов Э.И., 2020

0000-0002-8317-2718

Бухтияров И.В., Денисов Э.И.

0000-0002-2771-1617

Анализ материалов NIOSH (США) о приоритетах исследований промышленных роботов и комментарий к нему

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

Национальный институт охраны и медицины труда США (NIOSH), относящийся к Центрам по контролю и профилактике заболеваний (CDC), создал Центр исследований профессиональной робототехники (CORR) и запрашивает информацию для определения приоритетных направлений исследований. Речь идет о пробелах в знаниях по обеспечению безопасности и здоровья людей, работающих с промышленной робототехникой (ПРТ) с акцентом на исследованиях в области безопасности и гигиены труда, которые вряд ли будут проведены другими федеральными агентствами, научными кругами и частным сектором. Запрос подписал Директор NIOSH Джон Говард (John J. Howard), куратором CORR является Хунвэй Сяо, доктор философии; финансирование CORR предусмотрено стратегическим планом работ NIOSH на 2019–2023 гг. Ниже к основным направлениям CORR даны комментарии, а также изложены опубликованные в России разработки по информационной гигиене (ИГ). Отмечается также роль санитарного надзора и разработки стандартов и норм силами компетентных органов: объединенного комитета ВОЗ/МОТ по медицине труда, ИСО, МЭК и др. В России создан Технический комитет Росстандарта ТК-194 «Кибер-физические системы», который начал с терминологии. Представлен краткий перевод запроса CORR с комментариями и отечественной литературой и отражает два основных направления безопасности труда: техническую безопасность и гигиену труда ПРТ.

Ключевые слова: роботы; искусственный интеллект; методы оценки степени безопасности; информационная гигиена

Для цитирования: Бухтияров И.В., Денисов Э.И. Анализ материалов NIOSH (США) о приоритетах исследований промышленных роботов и комментарий к нему. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60 (1). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-4-11>

Для корреспонденции: Бухтияров Игорь Валентинович, д-р мед. наук, проф., чл.-корр. РАН, дир. ФГБНУ «НИИ медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова». E-mail: info@iriioh.ru

Благодарности. Авторы выражают благодарность доктору биологических наук Степаняну И.В. за полезную дискуссию.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Igor V. Bukhtiyarov, Eduard I. Denisov

Analysis of NIOSH (USA) materials on research priorities for industrial robots and comments on it

Izmerov Research Institute of Occupational Health, 31, Budennogo Ave., Moscow, Russia, 105275

The National Institute of Occupational Safety and Health of the USA (NIOSH), which belongs to the Centers for Disease Control and Prevention (CDC), created the Center for the Study of Professional Robotics (CORR) and requests information to determine the priority areas of research. These are gaps in knowledge on the safety and health of people working with industrial robotics, with a focus on the field of occupational safety and health, which are unlikely to be conducted by other federal agencies, academia, or the private sector. The request was signed by NIOSH Director John J. Howard, CORR's curator is Hongwei Xiao, Ph.D.; CORR funding is provided for by the NIOSH strategic work plan for 2019–2023. Below besides to the directions of CORR comments, the main information hygiene (IG) developments published in Russia are outlined. The role of sanitary inspection is also noted, along with standardization and regulation by competent authorities: the WHO / ILO Joint Committee on Occupational Health, ISO, IEC, etc. The Technical Committee of Rosstandart TC-194 "Cyber-Physical Systems" was established in Russia, which began with terminology. The article presents a brief translation of the CORR request with our comments and some domestic literature on IG, thus reflecting two mainstreams of occupational safety and health robotics.

Keywords: robots; Artificial Intelligence; safety assessment methods, informational hygiene

For correspondence: Igor V. Bukhtiyarov, MD, Prof., RAS corr. member, Director of Izmerov Research Institute of Occupational Health. E-mail: info@iriioh.ru

For citation: Bukhtiyarov I.V., Denisov E.I. Analysis of NIOSH (USA) materials on research priorities for industrial robots and comments on it. *Med. truda i prom. ekol.* 2020; 60 (1). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-4-11>

Funding. The study had no funding.

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

Введение. В «Федеральном регистре США» опубликовано приглашение¹ всем специалистам мира поделиться идеями и публикациями по проблеме безопасности и медицины труда при работе с промышленной робототехникой (ПРТ). Эту работу будет выполнять Национальный институт медицины и охраны труда (NIOSH), относящийся к Центрам по контролю и профилактике заболеваний (CDC) Министерства здравоохранения и социальных служб (HHS), поскольку ПРТ могут быть опасными для работников [1].

NIOSH создал Центр исследований в области ПРТ и запрашивает информацию для определения приоритетов исследований, которые он будет проводить. NIOSH ищет информацию о приоритетных пробелах в знаниях о безопасности и здоровье людей, работающих с робототехникой, с упором на исследования безопасности и здоровья работников, которые вряд ли будут выполнены другими федеральными агентствами, научными кругами и частным сектором.

Запрос подписал Директор NIOSH г-н Джон Говард (John J. Howard). Организация работы CORR поручена Хунвэй Сяо², доктору философии из Отдела исследований безопасности NIOSH; для этих работ предусмотрено финансирование стратегическим планом NIOSH на 2019–2023 гг.

Использование роботов стремительно растет в промышленности, здравоохранении, горном деле и строительстве. Международная федерация робототехники сообщила, что глобальный рост ПРТ будет не менее 15% в год с 2018 по 2020 г., а к концу 2020 г. количество ПРТ превысит 3 млн. единиц [1]. В США продажи ПРТ возрастали с 2010 г. и были рекордными в 2016 г., при этом отмечают [2], что роботы с совместной функциональностью и использующие машинное обучение и ИИ в ближайшие годы будут преобладать в сфере робототехники и будут все чаще использоваться малыми и средними предприятиями.

Предполагаемые направления исследований CORR. ПРТ используют уже десятилетиями, в последние годы появились технологии, где роботы взаимодействуют с работниками-людьми — роботы для совместного использования с людьми (ко-роботы). Они функционируют в непосредственной близости от людей и могут вступать в контакт с ними в робототехнической системе.

Роботы меняют индустриальный ландшафт, что будет иметь серьезные последствия для безопасности и здоровья работников. Безопасность и здоровье работника может быть улучшена за счет более широкого использования роботов в той деятельности, которая может быть опасной для людей, в том числе повторяющихся движений, опасных для здоровья в части опорно-двигательного аппарата, а также выполнения работ в опасных средах, таких как замкнутые пространства и работы на высоте. Тем не менее, существуют также опасения по поводу безопасности и гигиены труда людей, связанные с быстрым развитием технологий робототехники, отсутствием опыта в тесном взаимодействии с новыми типами роботов в различных условиях работы и возможностью непредвиденных опасностей и непредвиденных последствий [3].

Хотя объем исследований в области робототехники, проводимых частным сектором, научными кругами и другими федеральными агентствами, большой [4], исследования,

Introduction. The “Federal register of the USA” published an invitation for all specialists of the world to share ideas and publications on the problem of safety and occupational health when working with industrial robotics (IR). This work will be carried out by the National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), which belongs to the Centers for Disease Control and Prevention of the Ministry of Health and Human Services, because IR can be dangerous for workers a priori.

NIOSH established the Center for Occupational Robotics Research (CORR) and requests information to determine the priorities of research that it will conduct.

NIOSH seeks information about priority gaps in knowledge about the safety and health of people working with robotics, with a focus on employee safety and health research that is unlikely to be performed by other federal agencies, academia, and the private sector.

The request was signed by the NIOSH Director, Mr. John J. Howard. The organization of CORR's work is entrusted to Hongwei Xiao, Ph. D., from the NIOSH Security Research Department; this work is funded by the NIOSH strategic plan for 2019–2023.

The use of robots is growing rapidly in industry, healthcare, mining, and construction. The International Federation of Robotics (IFR) reported that the worldwide growth of industrial robots will be at least 15% per year from 2018 to 2020, and by the end of 2020, the number of industrial robots will exceed 3 million units. In the United States, sales of industrial robots have increased since 2010 and were at a record high in 2016, it is noted that robots with joint functionality and using machine learning and artificial intelligence will lead the robotics field in the coming years and will be increasingly used by small and medium-sized enterprises.

Suggested research areas of CORR. IR has been used for decades, and in recent years there have been technologies where robots interact with human workers-robots for sharing with people (co-robots). They function in close proximity to people and can make contact with them in a robotic system.

Robots are changing the industrial landscape, which will have serious consequences for the safety and health of workers. Employee safety and health can be improved by increasing the use of robots for jobs that may be dangerous to humans, including repetitive tasks that are dangerous to health in the musculoskeletal system, as well as performing jobs in hazardous environments such as confined spaces and work at altitude. However, there are also concerns about human safety and health related to the rapid development of robotics technologies, the lack of experience in working closely with new and new types of robots in different working conditions, and the possibility of unforeseen hazards and unintended consequences.

Although the volume of research in the field of robotics conducted by the private sector, academia, and other federal agencies is large, research on the effects on worker safety and health has been limited but critical. While other federal agencies and academic programs support technological advances in robotics and promote their use in certain industries, NIOSH aims to focus on worker safety and well-being with its extensive experience in studying worker safety in the laboratory and in the field. In addition, NIOSH has knowledge and experience in various professions, industries, and jobs.

General tasks of the Center. The CORR Center's mission is to provide scientific leadership to guide the development and use of robots in the workplace that enhance worker safety, health, and well-being of workers. The Center covers

¹ Occupational Robotics Research Prioritization. Docket Number CDC–2018–0046, NIOSH–313. Federal Register. 2018; 93(83): 22264–6.

² Hongwei Hsiao, Ph.D., NIOSH Division of Safety Research, 1095 Willowdale Road, Morgantown, WV 26505, 304–285–5910 (not a toll-free number), hhsiao@cdc.gov.

посвященные последствиям для безопасности и здоровья работников, были ограниченными, но критическими. В то время как другие федеральные агентства и академические программы поддерживают технологические достижения в области робототехники и способствуют их использованию в некоторых отраслях промышленности, NIOSH стремится сосредоточить внимание на безопасности и благополучии работников с его обширным опытом в изучении безопасности работников в лаборатории и на местах. Кроме того, NIOSH обладает знаниями и опытом по различным профессиям, отраслям и рабочим местам.

Общие задачи центра. Миссия Центра CORR заключается в обеспечении научного лидерства для руководства разработкой и использованием роботов на рабочем месте для повышения безопасности, улучшения здоровья и благосостояния работников. Центр охватывает традиционные роботы с фиксированным и скрытым контуром, современные и появляющиеся роботизированные системы (например, роботы, оснащенные совместной функциональностью, совместными существующими и мобильными роботами, действующие экзоскелеты/экзокостюмы, беспилотные самолеты и внедорожные автономные транспортные средства), а также будущие роботы, использующие искусственный интеллект.

Центр будет проводить и поощрять исследования по робототехнике в качестве технических средств контроля для повышения безопасности на рабочем месте, а также роботов для безопасности и благополучия работников, включая психосоциальные воздействия на людей, работающих в тесном контакте с роботами. Центр CORR согласовал свои цели с целями, включенными в стратегический план NIOSH: FY 2019–2023, но более подробно.

Четыре типа исследований NIOSH: основной/этиологический, вмешательство, перенос и наблюдение. Базовый/этиологический тип создает основу для научных знаний для будущих вмешательств. Большинство лабораторных исследований относится к этой категории, а также к оценке воздействия. Связанные с роботом травмы происходят в результате сложения нескольких факторов риска, которые можно охарактеризовать как связанные с человеком, роботом, задачами и окружающей средой.

Потребности в исследованиях в этой области включают:

Идентификацию факторов риска для человека, а также уточнение и разработку требований, основанных на науке, а также пороговые значения боли и травматизма для работника, связанного с ПРТ. Сюда относятся когнитивные способности работников, физиологические характеристики, биометрия и антропометрия, которые могут иметь разные последствия при различных типах ПРТ. Эта линия исследований также включает пороги трения и сдвиговой травмы от экзоскелетного контакта с областями тела и связанные с ними гиперэкстензионные риски, связанные с носимыми роботами.

- Изучение приемлемости работниками ПРТ и их влияния на человека и робота, безопасность и благосостояние работников.

- Измерение ситуационной осведомленности работника, которая относится к способности идентифицировать, обрабатывать и понимать экологическую информацию, а также ее влияние на взаимодействие человека и робота в нормальных и ненормальных условиях эксплуатации.

- Изучение безопасных, интуитивных и полезных ПРТ и возможностей совместимых систем (например, расширенные датчики роботов, системы мобильности и навигации, системы адаптации и проектирование автономных роботов, автоматизация системы помощи и кибер-соци-

traditional fixed and caged robots, current and emerging robot system (e.g., robots equipped with collaborative functionality, coexisting and mobile robots, powered exoskeletons/exosuits, drones, and off-road autonomous vehicles), and future robots utilizing artificial intelligence.

The Center will conduct and encourage research on robotics as engineering controls to improve workplace safety, as well as robots as potential hazards to worker safety and well-being, including psychosocial impacts from humans working closely with robots. The CORR Center aligned its goals with those included in the NIOSH strategic plan: FY 2019–2023, but more detail.

Four research types of NIOSH: basic/etiological, intervention, translation, and surveillance. The basic/etiological type provides the basis for scientific knowledge for future interventions. Most laboratory research falls into this category, as well as exposure assessment. Robot-related injuries occur as a result of complex interactions of multiple risk factors which can be characterized as: human-related related, robot-related, and task-related and environmental.

Research needs in this area include:

- Identification of human worker risk factors, as well as clarification and development of requirements based on science, as well as thresholds for pain and injury for an employee associated with OR. The factors include workers' cognitive capability, physiological characteristics, biometrics, and anthropometry, and may have different implications with different types of robotics technologies. This line of research also includes friction and shear injury thresholds from exoskeleton contact with body regions and joint hyperextension risks associated with wearable robots.

- Study of human workers' acceptance to working with and alongside robots and its impacts on human-robot interaction and worker safety and well-being. This includes worker attitudes, trust, and perceived safety.

- Measurement of worker's situational awareness, which refers to an ability to identify, process, and comprehend environmental information, and its impact on human-robot interactions under normal and abnormal operating conditions.

- Explore secure, intuitive, and useful IRs and compatible system capabilities (for example, advanced robot sensors, mobility and navigation systems, adaptation systems and Autonomous robot design, assistance system automation, and cyber-social physical security) for hazard assessment, field verification, and incident investigation.

- Study robot safety interfaces and functions with joint functions operated by exoskeletons (wearable robots), service robots, and other interactive robots that can cause injuries to people from sources such as unintentional contact, collision, vibration, and overstrain.

- Identify environmental risk factors in certain industries that have a high prevalence of robots (for example, manufacturing), or where IRs are beginning to be introduced (for example, mining, healthcare, services, construction, agriculture, public safety, and wholesale sectors).

- Study dangerous situations outside normal operating conditions, such as robot failures or unexpected changes in the environment.

Intervention. This type of research, which includes engineering controls, personal protective equipment, training and fact sheets, and other written materials designed to inform and change employee behavior. In this area of professional robotics research, there are two main areas: evaluating OR as preventive measures for existing hazards in the workplace and developing and evaluating measures to reduce incidents

альную физическую безопасность) для оценки опасности, проверки на местах и расследования инцидентов.

- Изучение интерфейсов и функций обеспечения безопасности роботов с совместными функциями, эксплуатируемые экзоскелетами (носимыми роботами), сервисными роботами и другими интерактивными роботами, которые могут привести к травмам людей из таких источников, как непреднамеренный контакт, столкновение, вибрация и перенапряжение.

- Определение факторов риска для окружения в определенных отраслях, которые имеют высокую распространенность роботов (например, производство), или в которых начинают внедряться ПРТ (например, горное дело, здравоохранение, услуги, строительство, сельское хозяйство, общественная безопасность и оптовые секторы).

- Изучение опасных ситуаций вне нормальных условий эксплуатации, таких как сбой робота или неожиданные изменения в окружающей среде.

Вмешательство. Этот тип исследований, который включает в себя инженерные средства контроля, средства индивидуальной защиты, учебные и фактологические бюллетени и другие письменные материалы, предназначенные для информирования и изменения поведения работников. В этой области исследований профессиональной робототехники есть два основных направления: (1) оценка ПРТ в качестве превентивных мер для существующих опасностей на рабочем месте и (2) разработка и оценка мероприятий по сокращению инцидентов, связанных с роботами, и повышение безопасности и благополучия, работающих с ПРТ.

Конкретные исследовательские потребности в этой области включают:

- сбор и анализ различий в числах погибших, травм и случаев пропусков между рабочими местами с использованием технологий робототехники и аналогичных рабочих мест без технологии робототехники;
- оценку ПРТ технологий для предотвращения существующих опасностей и в результате травмы на рабочем месте, например, опорно-двигательного аппарата.
- оценку обучения, которое помогает работникам приобретать навыки, знания и способности, необходимые для работы с роботами в сложных и динамичных промышленных средах;
- изучение эффективности существующих стандартов безопасности;
- исследование новых вмешательств на рабочем месте для повышения безопасности и благосостояния людей, работающих с ПРТ, включая технические средства и административного контроля. Исследования могут учитывать затраты и выгоды, такие как оценка затрат на вмешательство и воздействие на производительность.

Перенос. Этот тип исследований открывает стратегии для переноса результатов исследований и теоретических знаний в практику. Этот тип исследований направлен на то, чтобы понять, почему доступные, эффективные, основанные на фактических данных вмешательства не принимаются и облегчают использование существующих или недавно разработанных вмешательств. Здесь необходимы исследования в области ПРТ:

- исследование вспомогательных средств и барьеров для работодателей с использованием давно установленных процедур безопасности для защиты работников от традиционных промышленных роботов;
- разработка и оценка инструкций на открытом языке для предотвращения травм, связанных с роботом, для работников;

involving robots and improve the safety and well-being of those working with IRs.

Specific research needs in this area include:

- collection and analyzing differences in fatalities, injuries, and near-miss incidences between workplaces using robotics technologies and similar workplaces without robotics technology;
- evaluation of robotics technologies as interventions for preventing existing hazards and resulting injuries in the workplace such as musculoskeletal disorders.
- evaluation of training that helps workers acquire skills, knowledge, and abilities needed to work with robots in complex and dynamic industrial environments;
- study of the effectiveness of existing safety standards;
- research on new workplace interventions to improve the safety and well-being of human workers working with robotics technologies, including engineering control and administrative controls. Research may be address costs and benefits, such as assessment of a cost of intervention and the impacts on productivity.

Translation. This type of research discovers strategies to translate research findings and theoretical knowledge to practice or technologies in the workplace. This type of research seeks to understand why available, effective, evidence-based interventions are not being adopted, and to facilitate the use of existing or newly developed interventions.

Occupational robotics research needs in this area include:

- research on aids and barriers to employers using long established safety procedures to protect workers from traditional industrial robots;
- development and evaluation of plain-language guidance on preventing robot-related injuries to workers;
- development and evaluation of dissemination strategies to facilitate the use by employers and other stakeholders of existing and new guidance;
- study of awareness and acceptance of organizations to using evidence-based resources to implement robot safety management programs.

Supervision. Epidemiological supervision is a form of public health for the continuous and systematic collection, analysis and interpretation of data on health consequences (such as injuries and diseases) and participants (such as behaviors or actions) and the dissemination of this data for action.

Research in the field of supervision include the development of new methods, tools and analytical methods. Current employee injury data systems do not contain detailed information about how a robot-related incident occurred, related to a fatal outcome or injury. There is information about cases related to the investigation of employee injury deaths conducted by NIOSH and the Occupational Safety and Health Administration (OSHA). However, these investigations findings are limited to traditional industrial robots, and do not address emerging robotics technologies. Additionally, case-based information may not be representative of all robot-related fatalities.

Occupational robotics surveillance research needs include:

- development of surveillance methods and/or analytic techniques to identify and monitor robot-related incidents and risk factors, and quantify the burden of occupational injuries using existing data systems;
- the four broad research areas mentioned above, any additional knowledge gaps not affected by these areas, and how priority research areas should be defined. Commentators are encouraged to focus on research areas where NIOSH has a

- разработка и оценка стратегий распространения, что бы облегчить использование работодателями и другими заинтересованными сторонами существующих и новых указаний;

- изучение осведомленности и принятие организаций к использованию научно обоснованных ресурсов для реализации программ управления безопасностью роботов.

Надзор. Эпиднадзор является формой общественного здравоохранения для непрерывного и систематического сбора, анализа и интерпретации данных о последствиях для здоровья (например, травм и болезней) и участников (например, поведения или действий) и распространения этих данных для принятия мер.

Исследования в области надзора включают разработку новых методов, инструментов и аналитических методов. Текущие системы данных о травмах работников не содержат подробной информации о том, как произошел инцидент, связанный с роботом, связанный с летальным исходом или травмой. Существует информация о случаях, связанных с расследованием случаев смерти от травм работников, проводимых NIOSH и Администрацией безопасности и гигиены труда (OSHA). Однако данные результаты исследования ограничиваются традиционными промышленными роботами и не затрагивают новые технологии ПРТ. Кроме того, информация, основанная на случаях, может не соответствовать всем смертельным случаям, связанным с роботом.

Тем самым, **потребности в исследованиях в области ПРТ** включают:

- разработку методов наблюдения и/или аналитических методов для выявления и мониторинга связанных с роботом инцидентов и факторов риска, и количественного определения бремени профессиональных травм с использованием существующих систем данных;

- четыре обширные области исследований, указанные выше, любые дополнительные пробелы в знаниях, не затронутые этими областями, и то, как приоритетные области исследований должны быть определены. Комментаторам предлагается сосредоточиться на исследовательских областях, в которых NIOSH имеет сравнительные преимущества в сравнении с другими федеральными агентствами, научными кругами и частным сектором (т. е. безопасность и благополучие работников в отличие от технологий и производства роботов). Когда это возможно, NIOSH просит, чтобы комментаторы предоставили данные и цитаты из соответствующих исследований;

- NIOSH также ищет рекомендации по ключевым научным статьям, касающимся безопасности и гигиены труда и робототехники, которыми мы должны задавать руководствоваться в исследованиях.

Общая оценка перспективности работы центра CORR. В целом потребность в такой работе возникла давно в связи с бурным развитием роботов разных видов. Основной целью работы центра CORR планируется усовершенствование методологии оценки риска в охране труда в условиях стремительной замены машин и механизмов роботами на основе цифровизации и искусственного интеллекта. В центре планируется решать задачи обеспечения разработки безопасных ПРТ как в классических аспектах, так и новых специфических, требующих особых подходов и разработок логико-математических, организационных и др. Особенно отрадно включение в рабочий план аспектов профилактики психофизиологических нагрузок; давно признано, что перегрузки, стресс повышают риск суицидов, и авторы правильно отмечают необходимость решения этих задач в рамках саннадзора для контроля вредных факторов

comparative advantage over other federal agencies, academia, and the private sector (i.e., employee safety and well-being as opposed to technology and robot manufacturing). When possible, NIOSH requests that commentators provide data and quotes from relevant studies;

- NIOSH is also looking for recommendations on key scientific articles related to occupational safety and health and robotics that we should continue to follow in our research.

General assessment of the prospects for the work of the CORR Center. In general, this work is long overdue due to the rapid development of robots of different types. The main goal of the CORR Center is to improve the methodology of risk assessment in labor protection in the conditions of rapid replacement of machines and mechanisms by robots based on digitization and artificial intelligence. The center plans to solve the problems of ensuring the development of safe IR in both classical aspects and new specific ones that require special approaches and developments of logical-mathematical, organizational, etc. It is particularly gratifying to include aspects of prevention of psychophysiological loads in the work plan; it has long been recognized that overload and stress increase the risk of suicide, and the authors correctly note the need to solve these problems within the framework of sanitary supervision to control harmful factors (noise, vibration, radiation, chemical emissions from new materials and working fluids, nanoparticles, etc.). This also includes considering the needs of employees of vulnerable groups (pregnant and nursing women, disabled people, chronically ill, etc.).

Information hygiene is a new area of occupational health. In recent years, a number of countries have seen a change in the structure of occupational diseases a shift in the spectrum of occupational diseases and work — related diseases (WRD -WHO term, 1985) from traditional ones: vibration disease, hearing loss, overstrain of organs and systems (mainly from physical exertion) to psychosocial and General somatic diseases caused by them; the question of information-dependent disorders is also raised, especially in adolescent workers, which requires participation in the periodic medical examination along with specialist doctors of new directions: medical psychologists, etc.

Technological changes also required new ideas; based on the methodology for assessing occupational health risks, taking into account the Azilomar principles of robotics, a number of domestic publications appeared with new terminology and ideas, as well as methods, including computer programs to facilitate the operator's work.

Given the significant role of the interface 'a priori', the state and evolution of the quality of graphical interfaces is studied. Special attention is paid to the psychology of design, since complex machines must have simple solutions. We considered the role of standardization to reduce human operator errors, since the role of gross operator errors in management is well known. The analysis of the role of the human factor leads us to think whether we are solving the problem correctly. Some authors identify interfaces as new risk factors. For about 20 years the question of the danger of information overload has been raised.

Russian doctor A. Nikitin wrote in 1847 that "every improvement in the arts and industry was purchased at the price of bodily health", so it is important to pay attention to the simplification of the operator's work, reducing the nervous and emotional loads, including questions of robot ethics.

There are medical contraindications to working with robots; a special problem is workers of vulnerable groups:

(шума, вибрации, излучений, химических выделений от новых материалов и рабочих жидкостей, наночастиц). Сюда же относятся вопросы учета потребностей работников уязвимых групп (беременных и кормящих женщин, инвалидов, хронически больных).

Информационная гигиена — новое направление медицины труда. В последние годы в ряде стран отмечается изменение структуры профзаболеваемости [5] сдвиг спектра профзаболеваний и болезней, связанных с работой (БСР — термин ВОЗ, 1985) от традиционных: вибрационная болезнь, тугоухость, перенапряжение органов и систем (в основном, от физических нагрузок) [6] к психосоциальным и вызываемым ими общесоматическим; ставится также вопрос об информационно-зависимых расстройствах, особенно у подростков-работников [7–10], что требует участия в ПМО наряду с врачами-специалистами врачей новых направлений: медицинских психологов и т. п.

Технологические перемены потребовали и новых идей; на основе методологии оценки профессиональных рисков для здоровья [7] с учетом Азимоарских принципов робототехники появился ряд отечественных публикаций с новой терминологией и идеями [11,12], а также методами, включая компьютерные программы для облегчения труда оператора [13, 14].

Учитывая значительную роль интерфейса [15] *‘a priori’*, изучено состояние и эволюция качества графических интерфейсов [17,18]. Особое внимание уделено психологии проектирования [19], т. к. сложные машины должны иметь простые решения [20]. Учитывали роль стандартизации для снижения ошибок человека-оператора [19], так как хорошо известна роль грубых ошибок оператора в управлении [20–21]; анализ роли человеческого фактора приводит к мысли, правильно ли решается проблема [22]. Некоторые авторы выделяют интерфейсы как новые факторы риска [23]. Около 20 лет ставится вопрос об опасности информационных перегрузок

Русский врач А. Никитин еще в 1847 г. писал, что «каждое усовершенствование в искусствах и промышленности было куплено ценою телесного здоровья» [24], поэтому важно обращать внимание на облегчение труда оператора, снижение нервно-эмоциональных нагрузок [25], включая вопросы этики роботов [18,28–30].

Имеются медицинские противопоказания к работам с роботами [31]; особой проблемой являются работники уязвимых групп: несовершеннолетние, беременные и кормящие женщины [32]. Ставится вопрос о гигиенической безопасности жизнедеятельности детей в цифровой среде [33].

В интерактивном справочник «Профессиональный риск» (<http://medtrud.com>) включены разделы 3.3 «Информационные нагрузки и инновационный труд» (ИН-ФО) и 3.4 «Расчет индекса аллоstaticеской нагрузки от хронических стрессов» (ИАН). Эти макетные программы проходят испытания.

Необходимы стандарты терминологии, вклад должны внести ИСО, МЭК, Объединенный комитет ВОЗ/МОТ по медицине труда. Технический комитет Росстандарта РТ-194 «Кибер-физические системы» (<http://webportalsrv.gost.ru/>) уже подготовил первый словарь по интернету вещей (Internet of Things, IoT) — Стандарт NB-Fi со сроком введения 1 апреля этого года. Все это свидетельствует об актуальности этого направления и его стремительном развитии. Следует согласиться с декларацией ОСАЕМ [28] о целесообразности объединения усилий по сохранению и укреплению здоровья как на рабочем месте, так и в окружающей среде.

minors, pregnant and nursing women. The question of hygienic safety of children's life in the digital environment is raised.

In the online directory “Professional risk” (<http://medtrud.com>) included sections 3.3 “Information loads and innovative labor” and 3.4 “Calculation of the allostatic load index from chronic stress”. These mock programs are being tested.

Terminology standards are needed, and ISO, IEC, and the WHO/ILO joint Committee on occupational health should contribute. Technical Committee of Rosstandart RT-194 “Cyber-physical systems” (<http://webportalsrv.gost.ru/>) has already prepared the first dictionary on the Internet of things — the NB-Fi Standard with a date of introduction on April 1, this year. All this testifies to the relevance of this direction and its rapid development. In General, we should agree with the OCAEM Declaration on the feasibility of combining efforts to preserve and promote health both in the workplace and in the environment.

REFERENCES

1. Endsley M., Jones D. *Designing situational awareness: an approach to user-centered design*. Boca Raton, FL, CRC Press. 2013.
2. Robotics Virtual Organization. *A roadmap for U.S. Robotics: from internet to robotics (2016 Edition)*. <https://robotics-vo.us/node/562>.
3. Murashov V., Hearl F., Howard J. Working safety with robot worker: recommendations for the new workplace. *J Occup Environ Hyg*. 2016; 13(3): 61–71.
4. International Federation of Robotics (IFR). Executive summary world robotics 2017 industrial robots. https://ifr.org/downloads/press/Executive_Summary_WR_2017_Industrial_Robots.pdf.
5. Kostenko N.A. Working conditions and occupational morbidity in some types of economic activities of the Russian Federation in 2004–2013 Occupational medicine and industrial ecology. 2015; 4: 40–4 (in Russian).
6. Occupational pathology: national guide. ed. N.F. Izmerov. M.: GEOTAR-Media; 2011. ISBN 978-5-9704-1947-2. (in Russian).
7. Occupational Health Risk for Employees (Manual). Eds. N.F. Izmerov and E.I. Denisov. M.: Treovant, 2003. 448 pp. (in Russian).
8. Izmerov N.F., Denisov E.I. Occupational risk assessment in occupational medicine: principles, methods and criteria. *Bulletin of Russian Academy of Medical Sciences*. 2004; 2:17–21. (in Russian).
9. WHO. Mental health in the workplace. Information sheet. 2017 http://www.who.int/mental_health/in_the_workplace/en/.
10. Eurofound. Burnout in the workplace: A review of data and policy responses in the EU, Publications Office of the European Union, Luxembourg; 2018.
11. Bukhtiyarov I.V., Denisov E.I., Yerebin A.L. Fundamentals of information hygiene: concepts and problems of innovation. *Gigiena i sanitariya*. 2014; 4: 5–9 (in Russian).
12. Denisov E.I., Prokopenko L.V., Eremin A.L., Kurierov N.N., Bodyakin V.I., Stepanyan I.V. Information as a physical factor: the problems of measurement, hygienic evaluation and IT automation. *Med. truda i prom. ekol*. 2014; 1: 36–43 (in Russian).
13. Stepanyan I.V., Denisov E.I., Eremin A.L., Bodyakin V.I., Saveliev A.V. Algorithms for optimizing intellectual labor by visualizing information using cognitive semantic graphics. *Nejrokompyutery: razrabotka, primeneniye*. 2014; 7: 53–9 (in Russian).
14. Bukhtiyarov I.V., Denisov E.I., Lagutina G.N., Pfaf V.F., Chesalin P.V., Stepanyan I.V. Criteria and algorithms of work-relatedness assessment of workers' health disorders. *Med. truda i*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Endsley M., Jones D. Designing situational awareness: an approach to user-centered design. Boca Raton, FL, CRC Press. 2013.
2. Robotics Virtual Organization. A roadmap for U.S. Robotics: from internet to robotics (2016 Edition). <https://robotics-vo.us/node/562>.
3. Murashov V., Hearl F., Howard J. Working safety with robot worker: recommendations for the new workplace. *J Occup Environ Hyg*. 2016; 13(3): 61–71.
4. International Federation of Robotics (IFR). Executive summary world robotics 2017 industrial robots. https://ifr.org/downloads/press/Executive_Summary_WR_2017_Industrial_Robots.pdf.
5. Костенко Н.А. Условия труда и профессиональная заболеваемость в некоторых видах экономической деятельности Российской Федерации в 2004–2013 гг. *Мед. труда и пром. экол.* 2015; 4: 40–4.
6. Профессиональная патология: национальное руководство. Под ред. Н.Ф. Измерова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. 784 с. ISBN 978-5-9704-1947-2.
7. Профессиональный риск для здоровья работников (Руководство). Под ред. Н.Ф. Измерова и Э.И. Денисова. М.: Тривант; 2003.
8. Измеров Н.Ф., Денисов Э.И. Оценка профессионального риска в медицине труда: принципы, методы и критерии. *Вестник РАМН*. 2004; 2: 17–21.
9. WHO. Mental health in the workplace. Information sheet. 2017 (http://www.who.int/mental_health/in_the_workplace/en/).
10. Eurofound. *Burnout in the workplace: A review of data and policy responses in the EU*, Publications Office of the European Union, Luxembourg; 2018.
11. Бухтияров И.В., Денисов Э.И., Еремин А.А. Основы информационной гигиены: концепции и проблемы инноваций. *Гигиена и санитария*. 2014; 4: 5–9.
12. Денисов Э.И., Прокопенко Л.В., Еремин А.А., Курьеров Н.Н., Бодякин В.И., Степанян И.В. Информация как физический фактор: проблемы измерения, гигиенической оценки и ИТ-автоматизации. *Медицина труда и промышленная экология*. 2014; 1: 36–43.
13. Степанян И.В., Денисов Э.И., Еремин А.А., Бодякин В.И., Савельев А.В. Алгоритмы оптимизации интеллектуального труда методами визуализации информации с помощью когнитивной семантической графики. *Нейрокомпьютеры: разработка, применение*. 2014; 7: 53–9.
14. Бухтияров И.В., Денисов Э.И., Лагутина Г.Н., Пфаф В.Ф., Чесалин П.В., Степанян И.В. Критерии и алгоритмы установления связи нарушений здоровья с работой. *Медицина труда и промышленная экология*. 2018; 8: 4–12. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-8-4-12>.
15. Ergonomic guidelines for user-interface design. Available at: <http://ergo.human.cornell.edu/AHTutorials/interface.html>.
16. Степанян И.В. Эргономические качества графических пользовательских интерфейсов: состояние и эволюция. *Медицина труда и промышленная экология*. 2018; 12: 51–8. DOI: 10.31089/1026-9428-2018-12-51-57.
17. Wilpert B. (2007). Psychology and design processes. *Safety Science*, 45, 293–303.
18. Reinert D., Brun E., Flaspöler E. Complex machinery needs simple explanation. *Safety Science*. 2007; 45: 579–89.
19. Waters, R.M.: Use of standards to reduce human error. *Safety Engineering and Risk Analysis*, ASME, Proceedings of the 1994. International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Nov 6–11, 1994; Chicago, IL. 1994; 2: 161–6.
20. Döös, M., Backström, T. & Sundström-Frisk, C.: Human actions and errors in risk handling — an empirically grounded discussion of cognitive action-regulation levels. *Safety Science*. 2004. 42: 185–204.
21. Nachreiner, F., Nickel P and Meyer I. (2006). Human factors in process control systems: The design of human — machine interfaces. *Safety Science*. 2006; 44: 5–26.
22. Einarsson S., Human error in high hazard systems: Do we treat the problem in an appropriate way? *Journal of Risk Research*. 1999; 2 (2): 115–28.
23. The human machine interface as an emerging risk. Topic Centre Risk Observatory: E. Flaspöler, A. Hauke, P. Pappachan, D. Reinert et al. https://osha.europa.eu/en/publications/literature_reviews/HMI_emerging_risk/view.
24. Nikitin A. *Diseases of workers with the indication of protective measures described by the doctor of medicine Alexander Nikitin*. St. Petersburg: Edward Prats Printing House, 1847. 249 pp.
25. Denisov E.I. Robots, artificial intelligence, augmented and virtual reality: ethical, legal and hygienic issues. *Gigiena i sanitaria*. 2019; 98(1): 32–37 (in Russian).
26. Denisov E.I., Eremin A.L., Sivochalova O.V. Information hygiene and regulation of information for vulnerable populations. *Gigiena i sanitaria*. 2014; 5: 43–9 (in Russian).
27. Kuchma, V.R., Tkachuk, E.A., Tarmaeva, I.Yu. Psychophysiological state of children in the conditions of informatization of their vital activity and intensification of education. *Gigiena i sanitaria*. 2016; 95.12: 1183–8 (in Russian).
28. Occupational medicine and industrial ecology. ACOEM guidance statement. Workplace Health Protection and Promotion — A New Pathway for a Healthier—and Safer—Workforce. *JOEM*. 2011; (53)6: 695–702/ DOI: 10.1097/JOM.0b013e31822005d0/281.
29. Eremin A.L. Information ecology and human health in modern conditions. *Gigiena i sanitaria*. 1998; 5: 58–60 (in Russian).

1994 International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Nov 6–11 1994, Chicago, IL. 1994; 2: 161–6.

20. Döös, M., Backström, T. & Sundström-Frisk, C.: Human actions and errors in risk handling — an empirically grounded discussion of cognitive action-regulation levels. *Safety Science*. 2004; 42: 185–204.

21. Nachreiner, F., Nickel P and Meyer I. (2006). Human factors in process control systems: The design of human — machine interfaces. *Safety Science*. 2006; 44: 5–26.

22. Einarsson S., Human error in high hazard systems: Do we treat the problem in an appropriate way? *Journal of Risk Research*. 1999; 2 (2): 115–28.

23. The human machine interface as an emerging risk. Topic Centre Risk Observatory: E. Flaspöler, A. Hauke, P. Pappachan, D. Reinert et al. https://osha.europa.eu/en/publications/literature_reviews/HMI_emerging_risk/view.

24. Никитин А. Болезни рабочих с указанием предохранительных мер, описанные доктором медицины Александром Никитиным. СанктПетербург: Типография Эдуарда Праца, 1847.

25. Денисов Э.И. Роботы, искусственный интеллект, дополненная и виртуальная реальность: этические, правовые и гигиенические проблемы. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(1):

26. Денисов Э.И., Еремин А.А., Сивочалова О.В. Информационная гигиена и регулирование информации для уязвимых групп населения. *Гигиена и санитария*. 2014;5: 43–9.

27. Кучма, В.Р., Ткачук, Е.А., Тармаева, И.Ю. Психологическое состояние детей в условиях информатизации их жизнедеятельности и интенсификации образования. *Гигиена и санитария*. 2016; 95,12: 1183–8.

28. Occupational medicine and industrial ecology. ACO-EM guidance statement. Workplace Health Protection and Promotion — A New Pathway for a Healthier—and Safer—Workforce' JOEM. 2011; (53)6: 695–702/ DOI: 10.1097/JOM.0b013e31822005d0/281.

29. Еремин А.А. Информационная экология и здоровье человека в современных условиях. *Гигиена и санитария*. 1998; 5: 58–60.

Дата поступления / Received: 15.05.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 19.12.2019

Дата публикации / Published: 24.01.2020