

**КУЛЬТУРА БЕЗОПАСНОСТИ И
СОЦИАЛЬНО-ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ
ТЕРРИТОРИЙ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ
АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

УДК 159.9:62

**СНИЖЕНИЕ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ И УМЕНЬШЕНИЕ
ПОСЛЕДСТВИЙ КАТАСТРОФ ТЕХНОГЕННОГО
ПРОИСХОЖДЕНИЯ ЗА СЧЕТ МИНИМИЗАЦИИ ВЛИЯНИЯ
ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА НА НАДЕЖНОСТЬ И
БЕЗАВАРИЙНОСТЬ РАБОТЫ АЭС
И ДРУГИХ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ [1]**

© 2018 М.В. Алюшин

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

Представлены результаты анализа основных аспектов влияния человеческого фактора (ЧФ) на надежность и безаварийность работы АЭС и других опасных объектов. Показана необходимость учета влияния этого фактора при обеспечении надежности охранных и транспортных систем опасных объектов, надежности оперативного, управляющего и аварийно-спасательного персонала. В качестве инструмента управления ЧФ предлагается использовать дистанционные технологии мониторинга текущего функционального и психоэмоционального состояния человека.

Ключевые слова: человеческий фактор, техногенные аварии, надежность работы АЭС.

Поступила в редакцию: 20.02.2018

Обеспечение надежного безаварийного функционирования АЭС и других опасных объектов в условиях все возрастающих террористических угроз следует отнести к наиболее приоритетным в настоящее время задачам. Анализ причин возникновения крупномасштабных техногенных аварий последних лет показывает, что одной из них является так называемый человеческий фактор (ЧФ), который во многом определяет как вероятность возникновения аварий, так и тяжесть их протекания. Минимизация влияния ЧФ на надежность и безаварийность работы опасных объектов является комплексной многоплановой проблемой, затрагивающей практически все сферы деятельности таких объектов.

Целью исследования является анализ основных аспектов влияния ЧФ на обеспечение надежной безаварийной работы АЭС и других опасных объектов, а также рассмотрение путей минимизации этого влияния.

На рисунке 1 показаны возможные аспекты влияния ЧФ на надежность и безаварийность работы опасных объектов.

Анализируя различные аспекты влияния ЧФ на надежность и безопасность работы АЭС и других опасных объектов, необходимо, прежде всего, учитывать основные возможные режимы функционирования таких объектов, к которым следует отнести: нормальный штатный; нештатный, аварийный; послеаварийный. Применительно к выделенным режимам следует рассматривать следующие аспекты влияния ЧФ:

- своевременное предотвращение аварий и катастроф техногенного происхождения;
- управление опасным объектом в случае возникновения нештатных режимов функционирования, аварий и катастроф;
- ликвидация последствий аварий и катастроф техногенного происхождения.

Решение актуальной и приоритетной задачи предотвращения аварий и катастроф предполагает разработку и реализацию комплекса высокоэффективных мер по обеспечению надежной работы:

- транспортных систем при перевозке опасных грузов;
- систем охраны территории и периметра опасных объектов;
- оперативного и управляющего персонала опасного объекта;
- системы документооборота опасного объекта.

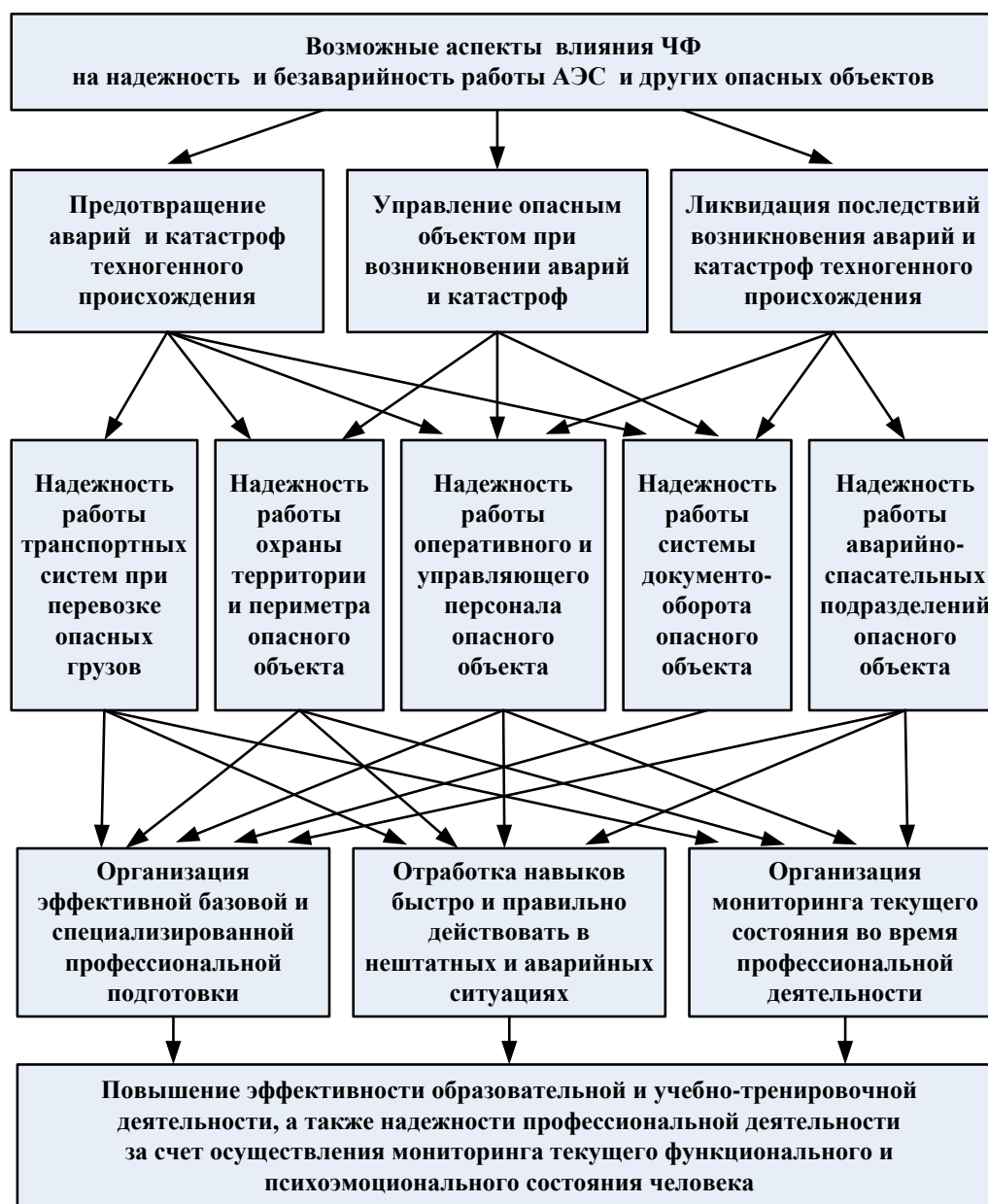


Рис. 1. – Многоплановость влияния ЧФ на надежность и безаварийность работы АЭС и других опасных объектов [Multidimensionality of human factor influence on reliability and trouble-free operation of NPP and other hazardous objects]

Использование современных достижений в области технологий дистанционного мониторинга текущего функционального и психоэмоционального состояния человека позволяет на новом технологическом уровне подойти к созданию методических и технических средств управления надежностью ЧФ [2, 3]. Технической основой для осуществления дистанционного мониторинга в настоящее время являются акустические и оптические (видимого и глубокого инфракрасного диапазонов излучения) технологии. Данные технологии дают возможность в полностью пассивном режиме без какого-либо воздействия на человека осуществить регистрацию его, так называемых, биопараметров. Данные биопараметры характеризуют текущее состояние нервной системы человека, его системы дыхания, а также его сердечно-сосудистой системы. Их анализ позволяет с высокой степенью достоверности выявлять состояния стресса, утомления, сильного нервного напряжения, слабости, расслабленности, а также состояния дремоты и сна.

Вся совокупность регистрируемых биопараметров человека может быть подразделена на два класса. Первый класс содержит статические биопараметры, которые достаточно слабо изменяются в зависимости от времени и условий профессиональной деятельности. Данный класс биопараметров используется преимущественно для решения задачи идентификации личности работника. Решение данной задачи актуально как с точки зрения обеспечения безопасности функционирования опасных объектов, так и с точки зрения обеспечения надежного трекинга операторов управления опасным объектом при их активном перемещении в зале управления.

Типичными представителями данного класса являются, например, размеры и пропорции лица человека. На рис. 2 перечислены основные представители первого класса биопараметров, которые могут быть определены при использовании вышеперечисленных дистанционных неконтактных технологий.

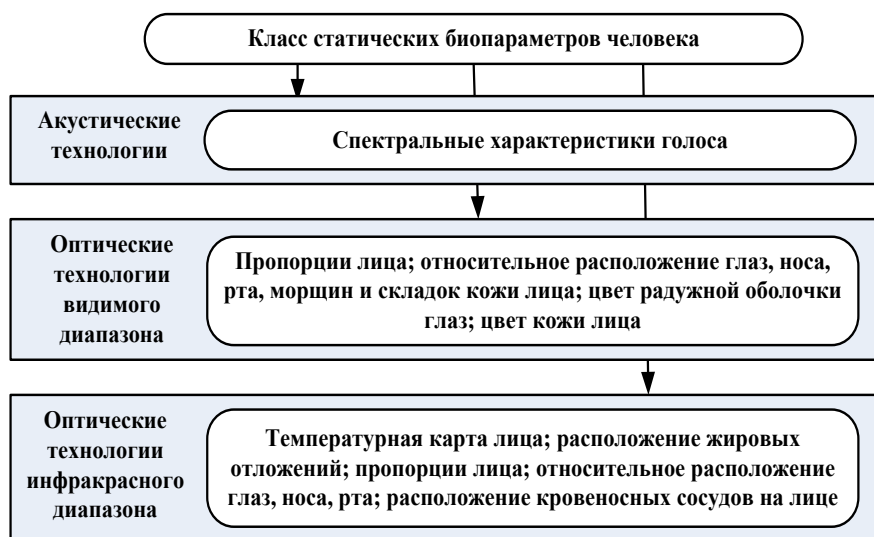


Рис. 2. – Основные представители первого класса биопараметров
[The main components of the first class bioparameters]

Второй класс содержит динамические биопараметры, которые подвержены существенным изменениям в процессе профессиональной деятельности. С этой точки зрения они являются наиболее информативными и позволяют оценить текущее функциональное и психоэмоциональное состояние человека. Типичными представителями второго класса являются частота сердечных сокращений (ЧСС) и

артериальное давление (АД), величина которых может изменяться в широком диапазоне в зависимости от текущего состояния человека. На рис. 3 показаны типичные представители второго класса биопараметров (ФПГ – фотоплетизмограмма; КГР – кожно-гальваническая реакция; ВСП – вариабельность сердечного ритма).

Регистрация и обработка параметров второго класса представляет наибольший интерес. Так, кратковременный анализ динамики изменения данных параметров дает возможность определить уровень усталости, нервного напряжения, а также оценить вероятность совершения ошибочных действий в течение рабочей смены. Достаточно информативен с этой точки зрения такой параметр, как ВСП [4, 5]. Данный параметр дает возможность осуществить мониторинг текущего состояния, как во время профессиональной деятельности, так и во время учебного процесса [6, 7]. Выявление сотрудников в ненормальном, неадекватном состоянии позволяет своевременно принимать необходимые меры по исправлению такой ситуации.

Анализ данных параметров на более продолжительных временных интервалах позволяет выявлять случаи хронической усталости, утомления, нервного истощения. Принятие своевременных лечебных и восстановительных мер, либо решения о смене места и характера работы позволяет эффективно решать проблему сохранения человеческого капитала.

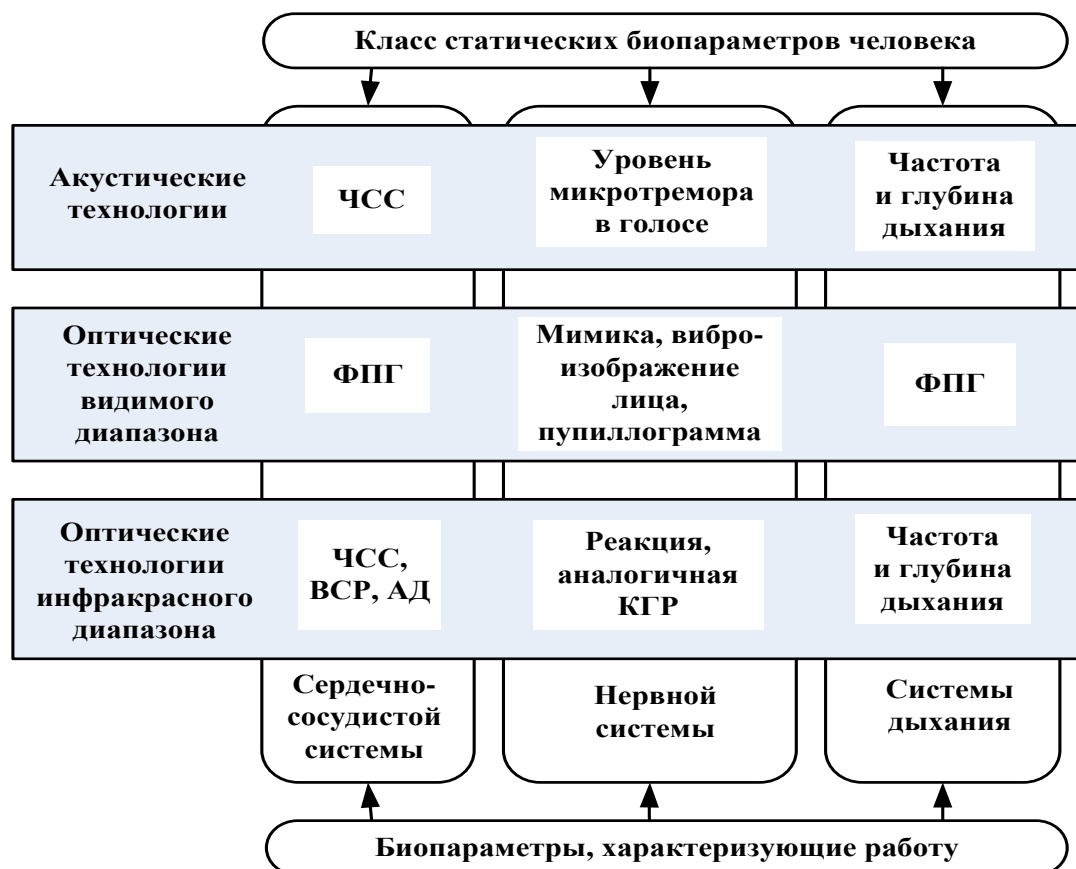


Рис. 3. – Основные представители второго класса биопараметров
[The main components of the second class bioparameters]

Повышение надежности оперативного и управляющего персонала возможно при комплексном применении указанных технологий практически на всех этапах работы с кадрами. В первую очередь, при решении задач:

- обоснованного отбора кадров при приеме на работу, либо при назначении на

новую должность [2, 3];

- повышения стрессоустойчивости оперативного и управляющего персонала за счет обучения навыкам саморегуляции и самоконтроля на основе реализации занятий с так называемой биологической обратной связью [8];

- повышения эффективности учебных и учебно-тренировочных занятий за счет проведения тренировок с планируемой психоэмоциональной нагрузкой [8];

- постоянного автоматизированного мониторинга текущего функционального и психоэмоционального состояния персонала непосредственно в процессе выполнения им своих производственных, либо служебных обязанностей [2];

- разработки методических и нормативных документов, регламентирующих методику применения технологий дистанционного мониторинга, включая обработку и интерпретацию результатов при проведении учебных и учебно-тренировочных занятий, а также при оценке адекватности персонала в сложных стрессовых ситуациях.

Технологии дистанционного мониторинга [2, 3] позволяют повысить надежность работы транспортных систем, обеспечивающих перевозку опасных грузов, в первую очередь, за счет непрерывного контроля текущего состояния бригады машинистов скоростного поезда, либо экипажа пилотов самолета, либо смены диспетчеров управления полетами. При этом, кроме мониторинга за текущим функциональным и психоэмоциональным состоянием соответственно машинистов, летчиков и диспетчеров УВД такие технологии дают возможность осуществлять контроль за рядом специфических для данных областей транспорта параметров, допустимые диапазоны изменения которых регламентируются соответствующими отраслевыми стандартами, например, таких, как скорость реакции и допустимое число ошибок.

Повышение эффективности систем охраны опасных объектов также возможно при применении таких технологий мониторинга. В частности, их использование в системах идентификации и допуска на опасные объекты позволяет своевременно выявлять лиц в неадекватном состоянии, лиц в наркотическом, либо алкогольном опьянении, лиц с чужими, либо со сфальсифицированными документами.

В связи с ростом в последнее время информационных угроз приобретает актуальность решение проблемы обеспечения высокой надежности используемой на опасном объекте системы документооборота. Применение вышеупомянутых технологий мониторинга [9] позволяет повысить степень защищенности важных документов при использовании так называемой речевой подписи, содержащей в своем составе ряд трудно подделываемых биопараметров автора.

Повышение надежности управления опасным объектом в случае возникновения аварийных ситуаций, а также в случае ликвидации последствий аварий и катастроф также возможно при внедрении технологий дистанционного мониторинга. В последнем случае такие технологии позволяют гарантировать адекватное поведение членов ремонтно-спасательных бригад, а также осуществлять мониторинг состояния населения в зоне бедствия.

С точки зрения технической реализации средства мониторинга могут быть подразделены на встраиваемые и носимые. В последнем случае для передачи регистрируемых биопараметров может быть использован радиоканал. В таблице 1 даны оценки возможности и целесообразности применения встраиваемых и носимых технических средств для решения задач мониторинга текущего состояния персонала при различных видах его деятельности (рис. 1). Оценки представлены в процентах: 0% соответствует невозможности, либо нецелесообразности применения данного типа технических средств мониторинга; 100% соответствуют безусловной возможности, либо целесообразности применения таких средств.

Таблица 1. – Возможность/целесообразность применения средств мониторинга
[Possibility / feasibility of using monitoring tools]

Вид деятельности персонала	Тип технических средств мониторинга, %	
	встраиваемые	носимые
Базовая и специализированная подготовка	100/100	100/100
Отработка действий в нештатных и аварийных ситуациях	100/100	50/50
Профессиональная деятельность	100/100	0/0

Приведенные данные показывают, что наиболее предпочтительно использование встраиваемых средств мониторинга. Такие средства не создают неудобств обучающемуся, либо работающему персоналу. Носимые средства мониторинга целесообразнее всего использовать при проведении учебных, либо учебно-тренировочных занятий в классе, например, при работе на персональном компьютере.

К типичным представителям встраиваемых средств мониторинга следует отнести:

- биомышку [10], позволяющую измерять ЧСС и ВСР во время работы на персональном компьютере;
- многофункциональное диагностическое кресло, дающее возможность регистрировать основные биопараметры, характеризующие работу сердечно-сосудистой системы человека, его нервной системы, а также системы дыхания;
- модульные средства мониторинга, встраиваемые в используемое оборудование управления объектов.

Типичными представителями носимых средств мониторинга являются кольца, браслеты, кулоны и броши, которые размещаются непосредственно на человеке и позволяют зарегистрировать его различные биопараметры, например, такие, как ФПГ, КГР, ЧСС. Основным недостатком таких средств является неудобство их использования при ношении спецодежды.

Таким образом, современные информационные технологии мониторинга текущего состояния оперативного и управляющего персонала опасных объектов, а также членов ремонтно-спасательных бригад следует рассматривать в качестве инструмента управления ЧФ практически во всех аспектах его влияния на риски возникновения и тяжесть последствий катастроф техногенного происхождения. Необходимо отметить, что применяемые в настоящее время и разрабатываемые перспективные образцы технических средств мониторинга являются в своей массе сугубо цифровыми, начиная от цифровых сенсоров и заканчивая цифровыми каналами передачи данных и компьютерных алгоритмов обработки получаемых данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (РНФ) №16-18-00069 «Снижение риска возникновения и уменьшение последствий катастроф техногенного происхождения за счет минимизации влияния человеческого фактора на надежность и безаварийность работы АЭС и других опасных объектов».
2. *Алюшин, М.В., Колобашкина, Л.В.* Мониторинг биопараметров человека на основе дистанционных технологий [Текст] / М.В. Алюшин, Л.В. Колобашкина // Вопросы психологии. – 2014. – № 6. – С. 135–144.
3. *Алюшин, М.В. и др.* Дистанционные и неконтактные технологии регистрации биопараметров оперативного персонала как средство управления человеческим фактором и повышения безопасности АЭС [Текст] / М.В. Алюшин, А.В. Алюшин, Л.О. Андриюшина, Л.В. Колобашкина, В.В. Пшенин // Глобальная ядерная безопасность. – 2013. – № 3(8). – С. 69–77.

4. Бокерия, Л.А. и др. Вариабельность сердечного ритма: методы измерения, интерпретация, клиническое использование [Текст] / Л.А. Бокерия, О.Л. Бокерия, И.В. Волковская // *Анналы аритмологии*. – 2009. – № 4. – С. 21–32.
5. Heart rate variability, standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task force of the European Society of Cardiology and the North American Society of pacing and electrophysiology. *Eur. Heart J.*, 1996, Vol. 17, pp. 354–381.
6. Деваев, Н.П. Влияние экзаменационного стресса на регуляцию сердечного ритма и биоэлектрическую активность головного мозга у студенток [Текст] / Н.П. Деваев // *Физиология. Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского*. – 2010. – № 2 (2). – С. 622–626.
7. Сафонова, В.Р., Шаламова, Е.Ю. Параметры вариабельности сердечного ритма студенток северного медицинского вуза при экзаменационном стрессе [Текст] / В.Р. Сафонова, Е.Ю. Шаламова // *Экология человека*. – 2013. – № 8. – С. 11–16.
8. Алюшин, М.В. и др. Психологический тренинг стрессоустойчивости на основе дистанционных неконтактных технологий регистрации биопараметров [Текст] / М.В. Алюшин, В.Н. Абрамова, Л.В. Колобашкина // *Вопросы психологии*. – 2014. – № 6. – С. 144–152.
9. Eshwarappa M.N., Latte M.V. Multimodal biometric person authentication using speech, signature and handwriting features. (IJACSA) *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, Special Issue on Artificial Intelligence, 2008, pp. 77–86.
10. Тизенберг, А.Г., Тизенберг, Г.М. Новые подходы к профессиональной диагностике в целях оптимизации профессионального отбора и профессиональной ориентации [Текст] / А.Г. Тизенберг, Г.М. Тизенберг // *Известия ИГЭА*. – 2013. – № 4(90). – С. 76–79.

REFERENCES

- [1] Issledovanie vypolneno pri podderzhke granta Rossijskogo nauchnogo fonda (RNF) №16-18-00069 «Snizhenie riska vozniknovenija i umen'shenie posledstvij katastrof tekhnogenno go proiskhozhdenija za schet minimizacii vlijanija chelovecheskogo faktora na nadezhnost i bezavarijnost raboty AEhS i drugikh opasnykh objektov» [The research was carried out with the support of the grant of the Russian Science Foundation (RPF) No. 16-18-00069 "Reducing the risk of occurrence and reducing the consequences of man-made disasters by minimizing the human factor influence on the reliability and trouble-free operation of nuclear power plants and other hazardous facilities."]. (in Russian)
- [2] Aliushin M.V., Kolobashkina L.V. Monitoring bioparametrov cheloveka na osnove distantcionnykh tekhnologii [Monitoring of Human Bioparameters Based on Remote Technologies]. *Voprosy psikhologii* [Psychology Issues], 2014, №6, ISSN 0042-8841, pp. 135–144. (in Russian)
- [3] Aliushin M.V., Aliushin A.V., Andriushina L.O., Kolobashkina L.V., Pshenin V.V. Distantcionnye i nekontaktnye tekhnologii registracii bioparametrov operativnogo personala kak sredstvo upravlenija chelovecheskim faktorom i povyshenija bezopasnosti AES [Monitoring of Bioparameters on the Basis of Distant Technologies]. *Globalnaya yadernaya bezopasnost* [Global Nuclear Safety], 2013, №3(8), eISSN 2499-9733, ISSN 2305-414X, pp. 69–77. (in Russian)
- [4] Bokerija L.A., Bokerija O.L., Volkovskaja I.V. Variabelnost serdechnogo ritma: metody izmerenija, interpretacija, klinicheskoe ispolzovanie [Heart Rate Variability: Measurement Methods, Interpretation, Clinical Use]. *Annaly aritmologii* [Annals of Arrhythmology], 2009, № 4, pp. 21–32. (in Russian)
- [5] Heart rate variability, standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task force of the European Society of Cardiology and the North American Society of pacing and electrophysiology. *Eur. Heart J.*, 1996, Vol. 17, pp. 354–381. (in English)
- [6] Devaev N.P. Vlijanie ehkzamenacionnogo stressa na reguljaciju serdechnogo ritma i bioehlektricheskiju aktivnost' golovnog mozga u studentok [The influence of Exam Stress on Heart Rhythm Regulation and Bioelectrical Activity of Female Students' Brain]. *Fiziologija. Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo* [Physiology. Bulletin of the Nizhny Novgorod Lobachevsky University.], 2010, №2(2), pp. 622–626. (in Russian)
- [7] Safonova V.R., Shalamova E.Ju. Parametry variabelnosti serdechnogo ritma studentok severnogo medicinskogo vuza pri ehkzamenacionnom stresse [Parameters of Heart Rate Variability of Students of the Northern Medical University in Examination Stress]. *Ehkologija cheloveka* [Human Ecology], 2013, №8, pp. 11–16. (in Russian)
- [8] Aliushin M.V., Abramova V.N., Kolobashkina L.V. Psikhologicheskii trening stressoustoichivosti na osnove distantcionnykh nekontaktnykh tekhnologii registracii bioparametrov [Psychological Training of Stress Resistance on the Basis of Remote Non-Contact Recording Person Bioparameter

- Technologies]. Voprosy psikhologii [Psychology Issues], 2014, №6, ISSN 0042-8841, pp. 144–152. (in Russian)
- [9] Eshwarappa M.N., Latte M.V. Multimodal biometric person authentication using speech, signature and handwriting features. (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Special Issue on Artificial Intelligence, 2008, pp. 77–86. (in English)
- [10] Tizenberg A.G., Tizenberg G.M. Novye podkhody k professional'noj diagnostike v celjakh optimizacii professional'nogo otbora i professional'noj orientacii [New Approaches to Professional Diagnosis to Optimize Professional Selection And Professional Orientation]. Izvestija IGEhA [ISEA News], 2013, №4(90), pp. 76–79. (in Russian)

Reducing Risk of Occurrence and Consequences of Technogenic Catastrophes by Minimizing Human Factor Impact on Reliability and Trouble-Free Operation of Nuclear Power Plants and Other Dangerous Objects

M.V. Alyushin

*National Research Nuclear University «MEPhI»,
Kashirskoye Shosse, 31, Moscow, Russia 115409*

e-mail: MVAlyushin@mephi.ru

ORCID: 0000-0001-7806-3739

WoS Researcher ID: R-7928-2016

Abstract – The paper presents the results of the main aspects analysis of the human factor influence on the reliability and trouble-free operation of nuclear power plants and other hazardous objects. The need to take into account the influence of this factor while ensuring the reliability of security and transport systems of hazardous facilities, the reliability of operational, control and rescue personnel is shown. Using remote technologies for the current functional and psycho-emotional state of a person monitoring is proposed as a tool of human factor managing.

Keywords: human factor, technogenic accidents, NPP reliability.