

EDN: <https://elibrary.ru/nhozje>DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2025-65-4-246-256>

УДК 616-053-2-036:12-02.613.865

© Коллектив авторов, 2025

Глухов Д.В., Юшкова О.И., Капустина А.В., Форверц А.Ю.

Совершенствование критериев и методов оценки функционального состояния и факторов трудового процесса на основе персонализированного подхода

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

Введение. Длительное воздействие факторов нервно-напряженного умственного труда формирует неблагоприятные состояния напряжения, а нередко и перенапряжения функционального состояния организма, увеличение риска развития производственно-обусловленных заболеваний, включая патологию сердечно-сосудистой системы. Многочисленные исследования, посвящённые изучению функционального состояния, не выявили достаточно унифицированного подхода к его оценке, что определяет актуальность настоящей работы.

Цель исследования — разработать критерии и методы оценки функционального состояния и факторов трудового процесса работников нервно-эмоционального труда с учётом лиц разных возрастных групп для сохранения здоровья и трудового потенциала

Материалы и методы. Оценка функционального состояния по данным предсменного медицинского контроля проведена на профессиональных группах водителей наземного транспорта и работников локомотивных бригад ОАО «РЖД», которые выбирались и анализировались по принципу половозрастных различий. По показателям частоты сердечных сокращений, артериального давления рассчитывались производные показатели гемодинамики (периферическое сопротивление, минутный объём), индексы сердечно-сосудистой системы (ИФИ, индекс Мызникова, ВИК), которые выявили тесную корреляционную связь с возрастом. Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием программного обеспечения IBM SPSS Statistics 26.

Результаты. На основе базы данных предрейсовых медицинских осмотров разработана модель поэтапного геометрического построения нелинейных колебаний сердечно-сосудистой системы, которая позволяет оценить и прогнозировать функциональное состояние человека, степень нарушения вегетативного баланса, риски развития патологии в сердечно-сосудистой системе. На основе параметров цифровых профилей работников с учётом половозрастных характеристик внедрены новые алгоритмы оценки функционального состояния в существующую цифровую информационную систему МИС Института для мониторинга работоспособности сотрудников.

Ограничения исследования. Имеются ограничения, обусловленные особенностями сбора (получения) физиологических данных при проведении предрейсовых медицинских осмотров.

Заключение. Разработан критериальный аппарат и комплекс методов оценки показателей функционального состояния организма (по индексам сердечно-сосудистой системы) в условиях нервно-эмоциональной трудовой деятельности с учётом влияния факторов напряжённости и тяжести трудового процесса на состояние здоровья работников (риски формирования артериальной гипертензии) разных половозрастных групп в современных условиях. По результатам комплексных исследований работников нервно-эмоционального умственного труда было осуществлено совершенствование стандартов напряжённости трудового процесса, предложена новая редакция показателя «Работа с информационной нагрузкой и творческим содержанием (% времени смены)».

Этика. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБНУ «НИИ МТ» (протокол № 1 от 16 февраля 2022 г.).

Ключевые слова: критерии; функциональное состояние; нервно-эмоциональная напряжённость труда; индексы сердечно-сосудистой системы; модель прогноза заболеваний; вегетативный баланс; цифровые профили; мониторинг работоспособности

Для цитирования: Глухов Д.В., Юшкова О.И., Капустина А.В., Форверц А.Ю. Совершенствование критериев и методов оценки функционального состояния и факторов трудового процесса на основе персонализированного подхода. *Мед. труда и пром. экол.* 2025; 65(4): 246–256. <https://elibrary.ru/nhozje> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2025-65-4-246-256>

Для корреспонденции: Капустина Ангелина Владимировна, e-mail: ft-matuhin@mail.ru

Участие авторов:

Глухов Д.В. — концепция и дизайн исследования;

Юшкова О.И. — написание текста, редактирование;

Капустина А.В. — сбор и обработка материала, написание текста;

Форверц А.Ю. — сбор и обработка материала, редактирование.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 03.04.2025 / Дата принятия к печати: 04.04.2025 / Дата публикации: 08.05.2025

Dmitry V. Glukhov, Olga I. Yushkova, Angelina V. Kapustina, Anna Yu. Forverts

Improvement of criteria and methods for assessing the functional state and factors of the labor process based on a personalized approach

Izmerov Research Institute of Occupational Health, 31, Budyonnogo Ave, Moscow, 105275

Introduction. Prolonged exposure to the factors of nervous and stressful mental labor forms unfavorable stress conditions of physiological systems, increasing the risk of developing occupational diseases, including pathology of the cardiovascular system. Numerous studies devoted to the study of the functional state have not revealed a sufficiently unified approach to its assessment, which determines the relevance of this work.

The study aims to develop criteria and methods for assessing the functional state and factors of the labor process of workers in neuropsychiatric labor, taking into account people of different age groups to preserve health and labor potential.

Materials and methods. The researchers assessed the functional state according to pre-shift medical control data on professional groups of ground transport drivers and employees of locomotive crews of Russian Railways, which were selected and analyzed based on gender and age differences. According to the indicators of heart rate, blood pressure, scientists calculated the production parameters of hemodynamics (peripheral resistance, minute volume), indices of the cardiovascular system (Index of Functional Changes, Myznikov index, Kerdo vegetative index), which revealed a close correlation with age. The authors carried out statistical processing of the obtained data using IBM SPSS Statistics 26 software.

Results. Based on the database of pre-trip medical examinations, specialists have developed a model for the step-by-step geometric construction of nonlinear fluctuations of the cardiovascular system, which allows us to assess and predict the functional state of a person, the degree of disturbance of vegetative balance, and the risks of developing pathology in the cardiovascular system. Based on the parameters of the digital profiles of employees, taking into account gender and age characteristics, new algorithms for assessing the functional state for monitoring the working capacity of employees were introduced into the existing digital information system of the Institute's Medical Information System.

Conclusion. *The researchers have developed a criterion apparatus and a set of methods for assessing the indicators of the functional state of the body (according to the indicators of the cardiovascular system) in conditions of neuro-emotional labor activity, taking into account the influence of factors of tension and severity of the labor process on the health of workers (risks of arterial hypertension) of various gender and age groups in modern conditions. Based on the results of comprehensive studies of workers in neuropsychiatric mental labor, the standards of work intensity were improved, and the authors proposed a new version of the indicator "Work with information load and creative content (% of shift time)".*

Limitations. There are limitations due to the peculiarities of collecting (obtaining) physiological data during pre-trip medical examinations.

Ethics. The study was approved by the local Ethical Committee of Izmerov Research Institute of Occupational Health (protocol No. 1 of February 16, 2022).

Keywords: *criteria; functional state; neuro-emotional labor tension; cardiovascular system indices; disease prognosis model; vegetative balance; digital profiles; performance monitoring*

For citation: Glukhov D.V., Yushkova O.I., Kapustina A.V., Forverts A.Yu. Improvement of criteria and methods for assessing the functional state and factors of the labor process based on a personalized approach. *Med. truda i prom. ekol.* 2025; 65(4): 246–256. <https://elibrary.ru/nhozje> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2025-65-4-246-256> (in Russian)

For correspondence: *Angelina V. Kapustina*, e-mail: ft-matuhin@mail.ru

Contributions:

Glukhov D.V. — concept and design of the study;

Yushkova O.I. — text writing, editing;

Kapustina A.V. — collecting and processing material, text writing;

Forverts A.Yu. — collection and processing of material, editing.

Funding. The study had no funding.

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

Received: 03.04.2025 / Accepted: 04.04.2025 / Published: 08.05.2025

Введение. Технический прогресс привёл к возрастанию роли умственного и нервно-напряженного труда. Ведущим фактором трудового процесса при умственно-напряженном труде являются: степень сложности алгоритма деятельности, ответственности, наличие риска для жизни, длительность сосредоточенного внимания, плотность сигналов и сообщений в единицу времени и др. [1–4].

Особого внимания заслуживает трудовая деятельность с выраженными нервно-эмоциональными нагрузками на организм человека, которые формируют неблагоприятные функциональные состояния. Возросшая интенсивность и напряжённость труда тесно связана с воздействием стресс факторов, как социальных, так и производственных [5–8]. В этих условиях возникают состояния напряжения физиологических систем, увеличение риска развития целого ряда заболеваний, включая патологию сердечно-сосудистой системы, в первую очередь формирование артериальной гипертензии [9–12].

Анализ профессиональных факторов риска позволил установить, что нервно-напряженный труд является этиологическим фактором развития общесоматической патологии, в частности, невротических расстройств, гипертонической болезни, ишемической болезни сердца и т. д. Как можно полагать, формирование невротических нарушений происходит постепенно, через перенапряжение [13–16].

В настоящее время всё большее внимание исследователей привлекает новая модель здравоохранения — так называемая 4П-медицина, медицина будущего. Своё название она получила от четырёх основополагающих

принципов: персонализации, предикции, превентивности и партисипативности [17]. При этом важным в фокусе 4П-медицины является индивидуальный подход к пациенту, предусматривающий доклиническое выявление заболеваний, и разработка комплекса профилактических мер. Для продления трудового долголетия работника 4П-медицина выделяет факторы риска, определяет его предрасположенность к тем или иным болезням [17–19].

Высокие требования к состоянию здоровья работающего населения, в настоящее время, обусловлены интенсификацией труда, модернизацией производства. Наряду с этим, существующая система критериев и методов оценки физиологического состояния работников различных возрастных групп и факторов трудового процесса, требует коррекции и дальнейшего совершенствования, что определяет актуальность проблемы и темы исследования.

Цель исследования — разработать критерии и методы оценки функционального состояния и факторов трудового процесса работников нервно-эмоционального труда с учётом лиц разных возрастных групп для сохранения здоровья и трудового потенциала.

Материалы и методы. Для изучения распределения полученных показателей функционального состояния работников на основе банка данных системы АСПО КАПД-01-СТ и КАПД-02-СТ предрейсового медицинского осмотра был создан Dataset физиологических характеристик, сформированы профессиональные группы: водителей троллейбуса 517 человек и водителей трамвая 692 человека молодого (18–45 лет), среднего (46–60 лет) и пожилого (61–75 лет) возраста с учётом гендерных различий;

машинистов локомотивов ОАО «РЖД» (1151 мужчин, средний возраст $39,88 \pm 10,27$ лет), помощников машинистов (1276 мужчин, средний возраст $39,98 \pm 10,63$ года). Определены пять категорий по возрасту, включающих лиц молодого, среднего и пожилого возраста (20–29, 30–39, 40–49, 50–59, 60–69 лет).

Использованы психофизиологические, профессиографические, математико-статистические методы исследований. На основе хронометражных исследований трудовой деятельности работников проведена гигиеническая оценка напряжённости (НТ) и тяжести (ТТ) трудового процесса в соответствии с ФЗ «О специальной оценке условий труда»¹, Приказом Минздравсоцразвития 817н², Руководством Р 2.2.2006-05 [20]. Дополнительно выполнена балльная оценка показателей факторов трудового процесса в соответствии с патентом «Способ определения функционального напряжения организма человека при умственных и нервно-эмоциональных нагрузках» [21].

Аппаратные комплексы АСПО КАПД-01-СТ и КАПД-02-СТ позволили оценить до 45 параметров на предрейсовом медицинском осмотре и проанализировать показатели гемодинамики и вариабельности сердечного ритма: вариационный размах ($VarX$, мс), амплитуда моды (AMo , %), индекс вегетативного баланса LF/HF, процент пар NN-интервалов $pNN50$, стресс-индекс SI (индекс напряжения Баевского, усл. ед.), индекс системной динамической регуляции (SDR, ед.) и системный индекс T (SIT, ед.).

Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием программного обеспечения IBM SPSS Statistics 26 и Microsoft OfficeExcel 2019.

Для исследования связи гемодинамических показателей в разных половозрастных профессиональных группах был проведён корреляционный анализ по критерию Пирсона. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты. При отнесении работников наземного транспорта, к классам 3.1–3.2, свидетельствующим о высокой степени вредности труда, становится очевидным, что работа этих специалистов сопряжена со значительными нервно-эмоциональными перегрузками. Ответственность за безопасность пассажиров, необходимость быстрой обработки информации и срочности принятия решений способны привести к физиологическим напряжениям, которые, в свою очередь, могут спровоцировать сердечно-сосудистые расстройства.

Согласно анализу данных исследования установлено влияние возраста работника на психовегетативный комплекс. В частности, у водителей трамваев и троллейбусов с возрастом наблюдается значительное снижение показателей психовегетативного комплекса, что свидетельствует о недостаточности вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы.

Проведённое исследование выявило значительные различия в показателях гемодинамики и вариабельности сер-

дечного ритма у женщин и мужчин водителей трамваев в различных возрастных группах ($p < 0,02$), что указывает на важность учёта возрастного фактора при оценке сердечно-сосудистой системы водителей (*табл. 1*).

У женщин-водителей трамвая в трёх возрастных группах выявлены статистически значимые различия показателей гемодинамики и ВСР ($p < 0,02$): частоты сердечных сокращений; систолического, диастолического, пульсового и среднего динамического артериального давления; минутного объёма крови; пульсового сопротивления; ИФИ; индекса SDR.

Дисперсионный анализ гемодинамики и ВСР по критерию Фишера выявил статистически значимые различия у женщин-водителей трамвая трёх возрастных групп в значениях следующих показателей: ЧСС: $F(2, 327) = 5,354$, $p = 0,005$; АДд: $F(2, 327) = 13,865$, $p = 0,000$; АДп: $F(2, 327) = 3,940$, $p = 0,020$.

Частота сердечных сокращений (ЧСС) у водителей 1-й группы была в пределах $86,17 \pm 0,86$, 2-й — $84,81 \pm 0,76$, 3-й — $78,98 \pm 2,33$ уд./мин. Анализ полученных результатов выявил превышение физиологической нормы ($72,0–80,0$ уд./мин) у водителей трамваев молодого и среднего возраста (*табл. 1*).

Уровни АДс у водителей различного возраста находились в пределах физиологической нормы (130 и 140 мм рт. ст. у лиц старшего возраста). Значения АДс составили у лиц 1-й группы — $118,34 \pm 0,89$, 2-й — $123,85 \pm 0,90$, 3-й — $127,27 \pm 2,71$ мм рт. ст. Наблюдались статистически значимые различия у лиц среднего и пожилого возраста по сравнению с водителями молодого возраста ($p < 0,001$).

Значения АДд составили у водителей 1-й группы (18–44 года) — $73,99 \pm 0,64$ мм рт. ст., 2-й группы (45–60 лет) — $78,63 \pm 0,59$ мм рт. ст., 3-й группы (61–75 лет) — $78,29 \pm 1,78$ мм рт. ст. Различия показателей между группами 2-й и 1-й, т. е. среднего и молодого возраста, а также показателей между 3-й и 1-й, пожилого и молодого возраста, статистически значимы, соответственно ($p = 0,000$), ($p = 0,031$). Сопоставление показателей АДд у водителей трамвая женщин с физиологическими нормами напряжения организма работников с учётом гендерных различий при умственном труде выявило соответствие полученных результатов физиологическим нормативным значениям до 85,0 мм рт. ст. [22].

Обращает на себя внимание повышенный уровень среднего динамического артериального давления (АДср.): у лиц 1-й группы $88,78 \pm 0,66$, 2-й — $93,71 \pm 0,66$, 3-й — $94,62 \pm 1,97$ мм рт. ст. относительно физиологических нормативных значений (до 90,5 мм рт. ст. у женщин) [22, 23]. Повышенные значения АДср. у лиц пожилого и среднего возраста указывают на риск формирования артериальной гипертензии. Сравнение АДср. у лиц среднего возраста с лицами молодого возраста позволило выявить статистически достоверные различия показателей ($p = 0,000$), такая же закономерность выявлена при сравнении значений показателя у молодых и пожилых лиц ($p = 0,023$).

Минутный объём крови (МО) оказался выше у лиц молодого возраста по сравнению со средним и пожилым и составил соответственно $4348,01 \pm 70,37$ мл, $3368,56 \pm 50,36$ и $2691,33 \pm 83,16$ мл. Наблюдались статистически значимые различия МО между 1-й и 2-й группой ($p = 0,000$); между 1-ой и 3-й группами ($p = 0,000$).

Периферическое сосудистое сопротивление возрастало в динамике возрастных изменений и составляло $1775,70 \pm 33,16$; $2454,05 \pm 43,20$ и $3214,45 \pm 154,92$ дн·с·см⁻⁵.

¹ Федеральный закон от 28.12.2013 № 426-ФЗ (ред. от 24.07.2023) «О специальной оценке условий труда» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2023).

² Приказ Минтруда России от 21.11.2023 № 817н «Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчёта о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по её заполнению» (Зарегистрировано в Минюсте России 30.11.2023 № 76179).

Таблица 1 / Table 1

Изменения показателей гемодинамики и ВСР у женщин (I) и мужчин (II) водителей трамвая различных возрастных групп
Changes in hemodynamic and HRV parameters in female (I) and male (II) streetcar drivers of different age groups

Показатели / Parameters	Группы / Groups	Группа 18–44 года (n=131), (n=256) M±m / 18–44 age group (n=131), (n=256) M±m	Группа 45–60 лет (n=174), (n=106) M±m / 45–60 age group (n=174), (n=106) M±m	Группа 61–75 лет (n=25), M±m / 61–75 age group (n=25), M±m	p
Возраст, лет / Age, years	I	37,42±0,42	51,63±0,35	63,64±0,58	—
	II	34,21±0,31	50,95±0,43	—	—
ЧСС, уд./мин. / Heart rate, bpm	I	86,18±0,86	84,81±0,76	78,98±2,33	0,005
	II	85,42±0,62	83,68±1,03	—	0,142
АДс, мм рт. ст. / Systolic Blood Pressure, mm Hg	I	118,34±0,90	123,85±0,90	127,27±2,71	0,000
	II	122,31±0,62	126,51±1,25	—	0,003
АДд, мм рт. ст. / Diastolic Blood Pressure, mm Hg	I	74,00±0,64	78,63±0,60	78,29±1,78	0,000
	II	77,68±0,44	83,01±0,74	—	0,000
АДп, мм рт. ст. / Arterial Pulse Pressure, mm Hg	I	44,34±0,67	45,22±0,55	48,96±1,74	0,020
	II	44,62±0,42	43,49±0,75	—	0,165
АДср, мм рт. ст. / Average Dynamic Arterial Pressure, mm Hg	I	88,78±0,66	93,71±0,66	94,62±1,98	0,000
	II	92,56±0,47	97,52±0,87	—	0,000
МО, мл / Minute Blood Volume, ml	I	4348,01±70,37	3368,56±50,36	2691,33±83,16	0,000
	II	4308,86±49,05	3064,55±55,29	—	0,000
ПС, дн·с·см ⁻⁵ / Pulse Pressure, d·s·cm ⁻⁵	I	1775,70±33,16	2454,05±43,20	3214,45±154,92	0,000
	II	1854,33±26,78	2785,63±63,03	—	0,000
SDR, ед. / SDR, units	I	181,22±5,54	256,36±6,66	267,30±19,63	0,000
	II	191,27±4,53	251,12±7,77	—	0,000
ИФИ, баллы / Index of Functional Changes, points	I	2,58±0,03	2,93±0,03	3,03±0,07	0,000
	II	2,53±0,04	2,94±0,03	—	0,000

Статистически значимыми оказались различия ПС между 1-й и 2-й ($p=0,000$); между 1-ой и 3-й группами ($p=0,000$).

Анализ показателя вариабельности сердечного ритма (SDR) показал, что их значения находятся в пределах нормальных физиологических уровней. Это свидетельствует о хорошем состоянии адаптивных механизмов работников.

Результаты оценки индекса функциональных изменений (ИФИ) выявили достаточные функциональные возможности системы кровообращения у работников 1-й группы (2,58±0,03 баллов), состояние функционального напряжения у работников 2-й, 3-й группы, соответственно 2,93±0,20, 3,03±0,07 баллов. У женщин водителей трамвая 2-й и 3-й группы величины показателей оценки ИФИ превышают физиологические нормы напряжения организма (до 2,70 баллов) [22, 24]. Выявлены значимые различия индекса ИФИ между различными возрастными группами: 1-й и 2-й группами ($p=0,000$); 1-й и 3-й группами ($p=0,000$).

У мужчин-водителей трамвая 2-х возрастных групп (18–44 и 45–60 лет) наблюдались статистически значимые различия показателей гемодинамики по крите-

рию Стьюдента: АДс ($t(158,426)=-3,011$; $p=0,003$); АДд ($t(360)=-6,375$; $p=0,000$); АДср ($t(360)=5,398$; $p=0,000$); МО ($t(267,171)=16,835$; $p=0,000$); ПС ($t(144,408)=13,599$; $p=0,000$); SDR ($t(360)=-6,927$; $p=0,000$); ИФИ ($t(360)=6,475$; $p=0,000$).

Полученные результаты физиологических исследований гемодинамики, показателя вариабельности сердечного ритма (SDR) свидетельствуют о напряжении и недостаточности вегетативной регуляции у лиц пожилого возраста.

У женщин-водителей троллейбуса возрастных групп 18–44 лет и 45–60 лет анализ результатов физиологических характеристик параметров гемодинамики и вариабельности сердечного ритма выявил незначимые различия показателей ЧСС, АДд, АДс, АДср (табл. 2). Статистически значимо различаются показатели МО, ПС, SDR ($p=0,002$). Величины индекса ИФИ также различны, что соответствует достаточной удовлетворительной адаптации в группе 18–44 лет и состоянию функционального напряжения в группе 45–60 лет ($p=0,000$).

У мужчин-водителей троллейбуса трёх возрастных групп (табл. 2) выявлены значительные различия в более

Изменения показателей гемодинамики и ВСР у женщин (I) и мужчин (II) водителей троллейбуса различных возрастных групп**Changes in hemodynamic and HRV parameters in female (I) and male (II) trolleybus drivers of different age groups**

Показатели / Parameters	Группы / Groups	Группа 18–44 года (n=74), (n=222) M±m / 18–44 age group (n=174), (n=222) M±m	Группа 45–60 лет (n=48), (n=149) M±m / 45–60 age group (n=48), (n=149) M±m	Группа 61–75 лет (n=20), M±m / 61–75 age group (n=20), M±m	p
Возраст, лет / Age, years	I	35,27±0,72	50,63±0,66	—	—
	II	34,99±0,39	51,43±0,39	63,60±0,62	—
ЧСС, уд./мин. / Heart rate, bpm	I	82,68±1,01	84,89±1,43	—	0,200
	II	84,20±0,73	81,50±0,84	79,43±1,62	0,018
АДс, мм рт. ст. / Systolic Blood Pressure, mm Hg	I	117,23±1,32	120,69±1,47	—	0,090
	II	119,69±0,67	122,38±0,79	122,60±2,25	0,027
АДд, мм рт. ст. / Diastolic Blood Pressure, mm Hg	I	74,67±0,96	76,82±0,98	—	0,133
	II	76,77±0,52	80,58±0,52	77,37±1,12	0,000
АДп, мм рт. ст. / Arterial Pulse Pressure, mm Hg	I	42,56±0,90	43,87±1,19	—	0,376
	II	42,91±0,46	41,80±0,50	45,23±2,24	0,064
АДср, мм рт. ст. / Average Dynamic Arterial Pressure, mm Hg	I	88,86±1,00	91,45±1,02	—	0,086
	II	91,08±0,53	94,51±0,58	92,45±1,18	0,000
МО, мл / Minute Blood Volume, ml	I	4164,91±89,50	3440,60±94,21	—	0,000
	II	4168,07±795,34	3009,32±49,95	2614,72±116,64	0,000
ПС, дн·с·см ⁻⁵ / Pulse Pressure, d·s·cm ⁻⁵	I	1825,93±45,85	2318,32±61,09	—	0,000
	II	1893,10±463,47	2766,77±650,80	3093,65±144,09	0,000
SDR, ед. / SDR, units	I	173,62±6,85	225,31±14,18	—	0,002
	II	179,08±66,84	239,57±6,00	238,98±13,63	0,000
ИФИ, баллы / Index of Functional Changes, points	I	2,45±0,04	2,88±0,34	—	0,000
	II	2,58±0,27	2,84±0,02	2,97±0,04	0,000

широком спектре показателей: ЧСС, АДс, АДд, АДср, МО, ПС, ИФИ и SDR ($p=0,027$). Динамика изменений показателей МО и ПС указывает на недостаточную регуляцию кровообращения и риск развития гипертензии у лиц пожилого возраста.

Воздействие факторов напряжённости и тяжести труда приводит к формированию неблагоприятного функционального состояния у лиц пожилого возраста: превышению физиологически нормативных величин артериального давления, возрастанию значений периферического сосудистого сопротивления при снижении минутного объёма крови, повышению индекса функциональных изменений. Результаты исследования, позволяют говорить, что по показателям системы кровообращения (артериального давления среднего, минутного объёма крови, периферического сопротивления) и резкому снижению внутрисистемной связности функций у лиц пожилого возраста формируется неблагоприятное функциональное состояние рабочего напряжения 2-й степени, что указывает на неудовлетворительную регуляцию вегетативных функций.

В четырёх возрастных группах машинистов и помощников машинистов железнодорожного транспорта выяв-

лены статистически значимые различия в показателях гемодинамики и вариабельности сердечного ритма ($p<0,02$). Эти различия касаются частоты сердечных сокращений, систолического, диастолического, пульсового и среднего динамического артериального давления, а также минутного объёма крови, периферического сосудистого сопротивления. Кроме того, наблюдается изменение таких показателей, как системный индекс SIT, индекс системной динамической регуляции SDR, стресс-индекс, вариационный размах сердечного ритма, временные параметры вариабельности сердечного ритма, амплитуда моды и индекс вегетативного баланса.

По результатам исследований, выявлена корреляционная связь показателей возраста специалистов (изучаемых профессиональных групп) с показателями вариационной пульсометрии, гемодинамики: положительная связь между возрастом и стресс-индексом, амплитудой моды, индексом вегетативной баланса ($r=0,832$; $r=0,796$; $r=0,693$; $p\leq 0,01$). Обнаружена также отрицательная связь между показателями возраста и показателями вариационного размаха и вариабельности сердечного ритма (PNN50). Установлено также увеличение симпатических влияний на регуляцию

сердечного ритма при снижении парасимпатической регуляции у лиц старше 50 лет. Таким образом, анализ профессиональной деятельности работников с высоким уровнем нервно-эмоциональной напряжённости трудового процесса, разделённых по возрастным группам, выявил, что интенсивность и тяжесть труда оказывают негативное воздействие на организм работников и формируют неблагоприятные функциональные состояния. При этом задача научного обоснования информативных физиологических критериев для оценки негативных психофизиологических состояний, здоровья и эффективности работы остаётся важной и актуальной.

Обобщение результатов физиологических исследований позволило выявить высокую информативность расчётных показателей гемодинамики: артериальное давление среднестатистическое (АД_{ср}, мм рт. ст.), артериальное давление пульсовое (АД_п, мм рт. ст.), минутный объём крови (МОК, мл), периферическое сопротивление сосудов (ПС, дн·с·см⁻⁵). В связи с этим были рассчитаны индексы сердечно-сосудистой системы у работников локомотивных бригад (машинистов и помощников машинистов): вегетативный индекс Кердо (ВИК) и индекс Мызникова (ИМ).

Персонализированный анализ вегетативного равновесия у машинистов показал, что у исследуемого 40 лет на протяжении года индекс Кердо был выше нуля, что говорит о симпатическом влиянии ВНС на сердечно-сосудистую систему, у остальных исследуемых более молодого и старшего возраста вегетативный индекс Кердо (ВИК) был меньше нуля, что свидетельствовало о парасимпатическом влиянии ВНС на систему кровообращения. Известно, что при нулевых значениях ВИК наступает вегетативное равновесие в обеспечении процессов жизнедеятельности организма.

Для обоснования информативного расчётного критерия оценки состояния сердечно-сосудистой системы у работников нервно-эмоционального умственного труда использовался индекс Мызникова [25]. В табл. 3 представлены результаты изменений индекса Мызникова, коэффициента соответствия с фактическим значением в виде среднеквадратичных отклонений ($M \pm \sigma$).

Дисперсионный анализ выявил у машинистов статистически значимые различия в значениях показателей индекса Мызникова, коэффициента соответствия (КСим) и показателя изменения индекса Мызникова между всеми возрастными группами ($p=0,000$).

В ходе исследования убедительно показана информативность индекса Мызникова, который зарекомендовал себя как важный критерий донозологической диагностики в рамках мониторинга здоровья и адаптационных резервов организма работников, участвующих в трудовой деятельности с высокими нервно-эмоциональными нагрузками.

По данным проведённых исследований показано, что выбор производных, вычисленных показателей сердечно-сосудистой системы даёт наиболее яркую картину динамических изменений, обнаруживая скрытые сдвиги первичных показателей системы кровообращения. Так, по результатам корреляционного анализа установлена тесная положительная корреляционная связь между сосудистым периферическим сопротивлением и возрастом ($r=0,856$; $p \leq 0,01$). Ниже коэффициент корреляции при отрицательной взаимосвязи с минутным объёмом крови ($r=-0,681$; $p \leq 0,01$). Полученные результаты подтверждают установленную закономерность значительного увеличения периферического сопротивления (ПС) и снижения минутного объёма (МОК) у лиц старших возрастных групп. Величины среднего динамического давления превышают нормативные физиологические значения у лиц пожилого возраста, что указывает на недостаточность вегетативной регуляции функций сердечно-сосудистой системы. Использование индекса Мызникова (ИМ) в рамках математического метода, основанного на вычислении идеальных величин показателей системы кровообращения (ПСК), коэффициента соответствия ПСК к идеальной величине выявил его информативность при оценке функционального состояния работников [25].

Одной из составляющих при формировании индивидуальной стратегии профилактики различных дисфункциональных состояний работника с целью продления профессионального долголетия предложена методика оценки физиологических показателей в динамике за год работы. Это позволяет создавать профиль работника на каждый год его работы и в дальнейшем, анализируя его, можно выявить изменения сердечно-сосудистой системы работника в течение нескольких лет, оценить и прогнозировать функциональное состояние человека, степень нарушения вегетативного баланса, риски развития патологического процесса в сердечно-сосудистой системе.

Для анализа полученных данных была разработана методика оценки сердечно-сосудистой системы исследуемого.

Таблица 3 / Table 3

Изменения показателей индекса Мызникова у машинистов локомотивов (I) и помощников (II) четырёх возрастных групп ($M \pm \sigma$)

Changes in Myznikov index in locomotive drivers (I) and assistants (II) of four age groups ($M \pm \sigma$)

Показатели / Parameters	Группа 20–29 лет ($n=263$) / 20–29 age group ($n=263$)	Группа 30–39 лет ($n=300$) / 30–39 age group ($n=300$)	Группа 40–49 лет ($n=300$) / 40–49 age group ($n=300$)	Группа 50–59 лет ($n=289$) / 50–59 age group ($n=289$)
ИМ, усл. ед. / Myznikov index, с.ч. (I) (II)	119,59±10,54	117,62±2,32	115,56±9,49	113,35±10,97
	120,51±10,49	117,89±10,65	115,25±11,11	114,55±10,5
КСим, % / Myznikov index conformity coefficient, % (I) (II)	106,42±9,06	104,48±8,85	101,69±8,32	98,76±9,22
	107,36±8,73	104,83±9,45	101,56±9,41	99,61±8,77
Изменение ИМ, % / Changes in the Myznikov index (I) (II)	6,42±9,06	4,48±8,85	1,69±8,32	-1,24±9,22
	7,36±8,73	4,83±9,45	1,56±9,41	-0,39±8,77

За основу методики предлагается рассматривать физиологическое состояние работников изучаемых профессиональных групп в качестве динамической системы, характеризуемой состояниями $S(t)$. Каждое состояние динамической системы $S(t+\Delta t)$ определяется её предшествующим состоянием $S(t)$ и характеризуется набором значений параметров x_1, x_2, \dots, x_N , отражающих состояние работника. Эти состояния системы образуют фазовое пространство Q . Изменение состояния динамической системы отражается в виде фазовой траектории.

В результате определяются параметры составляющих этой системы, в которых они могут изменяться, и которым соответствует характер динамики фазовой траектории динамической системы. Таким образом, при должной степени визуализации, можно сделать следующие выводы: какая часть фазовой траектории динамической системы со значениями параметров x_1, x_2, \dots, x_N критична для данного работника; как быстро меняется положение фазовой траектории исследуемой системы.

В рассматриваемой методике в качестве параметров берутся не сами значения частоты сердечных сокращений (ЧСС), систолического артериального давления (АДс), диастолического артериального давления (АДд), скорости распространения пульсовой волны (ТImp), а их градиент изменений (дельта), учитывается не только его величина, но и его знак.

В процессе исследования фазовой траектории динамической системы с использованием экспериментальных данных производится оценка количества и типов состояний равновесия. Здесь в понятие «равновесие системы» входит следующее: нет одновременно резких изменений в составляющих системы, а именно пульса, систолического и диастолического давления.

В результате определяются параметры составляющих системы, в которых они могут изменяться, и которым со-

ответствует требуемый характер динамики фазовой траектории динамической системы. Таким образом, при должной степени визуализации, можно сделать следующие выводы: какая часть фазовой траектории динамической системы со значениями параметров x_1, x_2, \dots, x_N критична для данного работника.

Представить визуально N -мерную фазовую траекторию, характеризующую состояние работника затруднительно. Одним из возможных вариантов визуализации и анализа динамики N -мерной фазовой траектории является визуализация проекций фазовой траектории на фазовые плоскости $\Delta\text{ЧСС}$ и $\Delta\text{АДс}$, $\Delta\text{ЧСС}$ и $\Delta\text{АДд}$, $\Delta\text{ЧСС}$ и $\Delta\text{ТImp}$. Рассматриваются проекции фазовой траектории на фазовые плоскости, связанные с этими параметрами. В каждой из этих фазовых плоскостей по аналогии определяются типы фазовых траекторий и точек равновесия (т. е. когда изменения показателей состояния сконцентрированы в небольшом объёме) с последующей физиологической интерпретацией для формирования выводов о состоянии работника. Здесь и далее имеется в виду не только значение параметра (ЧСС, АДс, АДд), но и его тенденция к изменению, колебанию в течение некоторого промежутка времени. Чем более стабильна система, тем более плавно происходит изменение параметров ЧСС, АДд, АДс. С этих позиций строится анализ исследуемой системы.

Рассмотрим пример с состоянием системы в течение года для трех параметров ЧСС, АДд, АДс. Для быстрого анализа обработанных материалов рассматриваются результаты обработки 20 измерений, полученных в начале года (точка 1), в середине (точка 2) и в конце года (точка 3). Численное значение каждой точки на графике (Медиана Тьюки) соответствует результатам обработки данных за конкретный период измерений (рис. 1).

Все дальнейшие рассуждения и действия основываются на следующем:

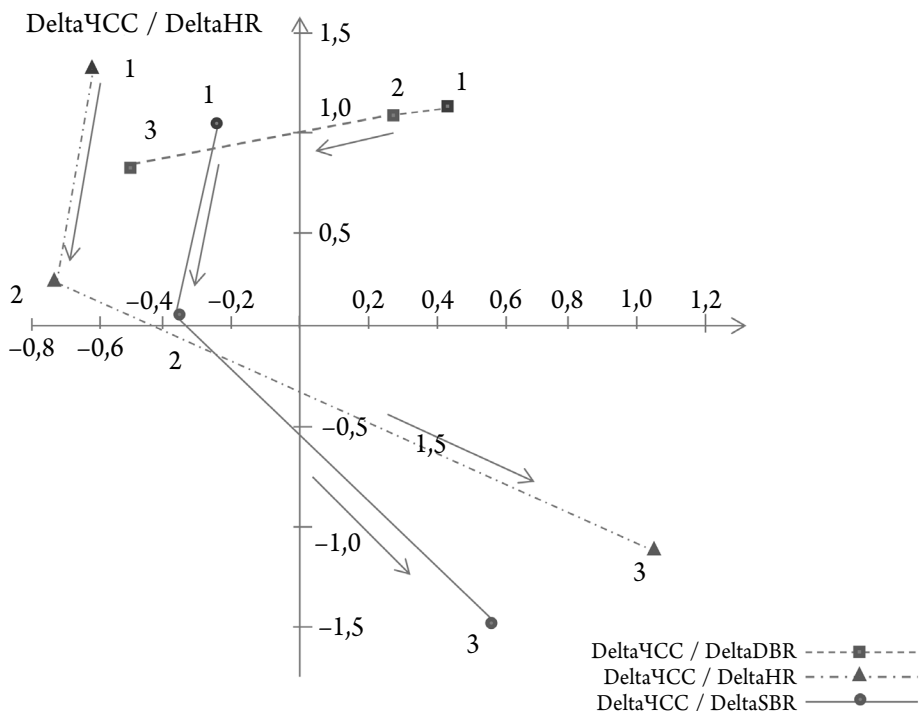


Рис. 1. Псевдофазовый портрет индивидуального профиля для машинистов разных возрастных групп

Fig. 1. Pseudo-phase portrait of individual profile for machinists of different age groups

а) чем не регулярнее значение составляющей физиологического показателя, тем дальше друг от друга располагаются точки, по которым производится построение портрета.

б) чем больше хаотических изменений в составляющих физиологического показателя, тем больше разброс фазовых точек на плоскости, вследствие чего больше периметр и длина контура фазового портрета.

Состояние системы, для которых не подходит определение «равновесие системы», было названо как «Особая точка», т. е. одновременное резкое повышение или снижение показателей DeltaЧСС, DeltaАдс, DeltaАдд (рис. 2).

На рисунке показано распределение этих состояний за целый год. Наличие этих состояний не связано ни с последовательностью замера, ни с возрастом, ни с профессиональной деятельностью. Интерес к этим состояниям определён ещё тем, что параметры исходных данных были получены при предсменном медосмотре перед выходом в рейс, т. е. работник профессионально пригоден и готов к выполнению своих служебных обязанностей.

Для полноценной оценки результатов предложенной методики для индивидуальной стратегии профилактики различных дисфункциональных состояний работника необходима привязка её к медицинской карте работника.

На основании полученных результатов подготовлена база данных для внедрения в существующую цифровую информационную систему параметров цифровых профилей работников с учётом половозрастных характеристик. Проведена апробация разработанных алгоритмов с учётом половозрастных характеристик работников.

Обоснованы критерии и способы анализа аспектов трудовой деятельности специалистов на основе персонализированного подхода. Проведено совершенствование критериев

и методов оценки факторов трудового процесса (напряжённости и тяжести труда). Предложены и уточнены количественные значения показателя тяжести труда «рабочая поза» по параметру «нахождение в позе сидя (% времени смены)». Введена новая редакция показателя «Работа с информационной нагрузкой и творческим содержанием (% времени смены)» в оценку напряжённости труда.

Разработаны методические рекомендации по профилактике различных дисфункциональных состояний работников для обеспечения профессионального долголетия.

Обсуждение. В рамках проведённых исследований можно отметить, что ранее ведущими физиологами труда и клиницистами Института была обоснована классификация функционального состояния «рабочего напряжения» для работников умственного нервно-эмоционального труда [26]. Наблюдались и выявлялись взаимосвязи между классами условий труда, значениями показателей физиологических функций и результатами физиолого-клинических исследований. В результате этого на основе среднеквадратического градуирования физиологических критериев были обоснованы два подхода к их количественному ранжированию по оценке степени рабочего напряжения и перенапряжения: 1) по величине сдвига в динамике рабочего дня физиологических параметров, 2) по среднесменному уровню показателей, характеризующих вегетативное обеспечение организма [26]. В результате выделены стадии функционального состояния: рабочее напряжение 1 и 2 степени, состояние перенапряжения.

Важно подчеркнуть, что в контексте современных условий трудовой деятельности, которые характеризуются модернизацией и интенсификацией различных трудовых процессов, возникает необходимость в систематическом

накоплении физиологических данных, соответствующих новым методическим подходам. Это включает в себя расчётные показатели гемодинамики, такие как минутный объём (МО) и пульсовое давление (ПД), а также индексы, относящиеся к сердечно-сосудистой системе, включая индекс физической работоспособности (ВИК), а также индекс, разработанный Мызниковым. Важным аспектом является также необходимость привлечения данных клинко-функциональных исследований, которые могут служить основой для обоснования нормативных физиологических показателей, касающихся рабочего напряжения организма.

Для повышения уровня безопасности, сохранения здоровья и продления профессионального долголетия работников необходимо оптимизировать систему физиологических критериев и методов оценки трудового процесса. В результате проведённого анализа данных и геометрического построения нелинейных колебаний сердечно-сосудистой системы, можно оценить и прогнозировать:

- функциональное состояние человека,
- степень нарушения вегетативного баланса,

№ замера / measuring	Особая точка / Special point
12	ОС точка / ОС point
13	ОС точка / ОС point
15	ОС точка / ОС point
16	ОС точка / ОС point
17	ОС точка / ОС point
18	ОС точка / ОС point
19	ОС точка / ОС point
25	ОС точка / ОС point
50	ОС точка / ОС point
67	ОС точка / ОС point
73	ОС точка / ОС point
142	ОС точка / ОС point
158	ОС точка / ОС point
164	ОС точка / ОС point
165	ОС точка / ОС point
166	ОС точка / ОС point
187	ОС точка / ОС point
188	ОС точка / ОС point
190	ОС точка / ОС point

← Начало года /
The beginning of the year

← Середина года /
The middle of the year

← Конец года /
End of the year

Рис. 2. Таблица с номерами исследований и «особыми точками»
Fig. 2. Table with study numbers and "special points"

- риски развития патологического процесса в сердечно-сосудистой системе.

Разработка цифровой информационной системы позволяет проводить индивидуальный анализ функционального состояния и разрабатывать превентивные меры, направленные на продление профессиональной активности, предотвращение сердечно-сосудистых заболеваний и улучшение качества жизни. Внедрение этих мер поможет снизить риски сердечно-сосудистых заболеваний и повысить уровень благополучия, а также безопасность труда работников различных возрастных категорий, подверженных высокому уровню нервно-эмоционального напряжения.

Заключение. Обоснованы критерии и способы анализа аспектов трудовой деятельности специалистов на основе персонализированного подхода. Проведено совершенствование критериев и методов оценки факторов трудового процесса (напряжённости и тяжести труда). Предложены и уточнены количественные значения показателя тяжести труда «рабочая поза» по параметру «нахождение в позе сидя (% времени смены)». Введена новая редакция показателя «Работа с информационной нагрузкой и творческим содержанием (% времени смены)» в оценку напряжённости труда.

На основе базы данных предрейсовых медицинских осмотров ОАО РЖД была разработана модель поэтапного

построения индивидуального псевдофазового портрета (на основе медианы Тьюки). По результатам анализа данных и геометрического построения нелинейных колебаний сердечно-сосудистой системы, можно оценить и прогнозировать функциональное состояние человека, степень нарушения вегетативного баланса, риски развития патологического процесса в сердечно-сосудистой системе.

Воздействие факторов напряжённости и тяжести труда приводит к формированию неблагоприятного функционального состояния у лиц пожилого возраста, к основным последствиям которого относятся: превышение физиологически нормативных величин артериального давления; увеличение значений периферического сосудистого сопротивления при снижении минутного объёма крови; повышение индекса функциональных изменений системы кровообращения.

На основе базы данных предрейсовых медицинских осмотров ОАО РЖД в существующую цифровую информационную систему МИС Института внедрены новые алгоритмы оценки функционального состояния на основе параметров цифровых профилей работников с учётом половозрастных характеристик, которые позволят автоматизировать процесс мониторинга работоспособности сотрудников и повысить оперативность реагирования на изменения в их профессиональной деятельности.

Список литературы

1. Матюхин В.В., Бухтияров И.В., Шардакова Э.Ф. и др. Роль физиологии труда в сохранении работоспособности и здоровья у работников различных видов трудовой деятельности. Достижения и перспективы развития. *Мед. труда и пром. экол.* 2013; 6: 19–24. <https://www.elibrary.ru/qiutwj>
2. Смирнов К.М. *Напряжённость труда. Успехи Физиологических наук.* 1984; 1: 76–99.
3. Сорокин Г.А. Нормирование напряжённости труда по его продолжительности, плотности и темпу. *Мед. труда и пром. экол.* 2001; 10: 28–32.
4. Новожилова А.А., Гергей А.М., Меркулова А.Г. Особенности исследования профессионального утомления в физиологии труда. *Мед. труда и пром. экол.* 2022; 62(4): 238–246 <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-4-238-246>
5. Трифонов В.В. Вегетативная реактивность у лиц с разным типом исходного вегетативного тонуса при умственной нагрузке в условиях стресса. *Современные вопросы биомедицины.* 2023; 7(3): 26–29. https://doi.org/10.24412/2588-0500-2023_07_03_17
6. Акимова Е.В., Каюмова М.М., Бессонова М.И. Психосоциальные факторы риска развития сердечно-сосудистых заболеваний в женских популяциях с позиции исследований тревоги. *Профилактическая медицина.* 2022; 25(7): 100–105. <https://elibrary.ru/fystqz> <https://doi.org/10.17116/profmed202225071100>
7. *Occupational stress and Workers Health.* Book of abstracts XIV conference on occupational Health. China; 1984.
8. Сорокин Г.А., Чистяков Н.Д. Продолжительность производственно обусловленной усталости как критерий оценки рабочей нагрузки и причина хронических заболеваний работающих. *Мед. труда и пром. экол.* 2022; 62(9): 594–600. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-9-594-600>
9. Судаков К.В. Механизмы застойных изменений в лимбико-ретикулярных структурах мозга при эмоциональном стрессе. *Психоземotionalный стресс.* М., РАМН, Региональный международный центр профилактики стресса; 192.
10. Драпкина О.М., Федин А.И., Дорофеева О.А., Медведев В.Э., Карева Е.Н., Джигоева О.Н. и др. Влияние психосоциальных факторов риска на течение и прогноз сердечно-сосудистых заболеваний. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика.* 2022; 21(5): 3280. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2022-3280>
11. Жидкова Е.А., Шлипаков С.В., Гутор Е.М. и др. Распространённость превышения нормативных величин артериального давления у работников локомотивных бригад по результатам многолетней динамики предрейсового медицинского осмотра. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика.* 2022; 21(5): 6–12. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2022-3189>
12. Wu W.T., Tsai S.S., Wang C.C., Lin Y.J., Wu T.N., Shih T.S. et al Professional Driver's Job Stress and 8-year Risk of Cardiovascular Disease: The Taiwan Bus Driver Cohort Study. *Epidemiology.* 2019; 30: 39–47. <https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000001003>
13. Невская Ю.М. Клиническая характеристика невротических расстройств у телефонисток междугородных станций. *Гигиена труда и профзаболевания.* 1996; 2: 30–32.
14. Guest A.J., Clemes S.A., King J.A. et al. Attenuated cardiovascular reactivity is related to higher anxiety and fatigue symptoms in truck drivers. *Psychophysiology.* 2021; 58(9): 13–17. <https://doi.org/10.1111/psyp.13872>
15. Cheung C.K.Y., Tsang S.S.L., Ho O. et al. Cardiovascular risk in bus drivers. *Hong Kong Med J.* 2020; 26(5): 451–456. <https://doi.org/10.12809/hkmj198087>
16. Казидаева Е.Н., Сергунина И.Н., Веневцева Ю.А. Факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний и их динамика у работников локомотивных бригад. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика.* 2018; 17(3): 53–58. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2018-3-53-58> <https://elibrary.ru/xsrool>
17. Миненко И.А., Шахматова С.А. 4П-медицина в санаторно-курортном лечении пациентов, перенесших острое нарушение кровообращения. *Врач скорой помощи.* 2021; 7: 51–60. <https://doi.org/10.33920/med-02-2107-04>
18. Terkola R., Antonanzas F., Postma M. Economic evaluation of personalized medicine: a call for real-world data. *Eur. J. Health Econ.* 2017; 18(9): 1065–1067. <https://doi.org/10.1007/s10198-017-0890-x>
19. Crawley F.P. Personalised Medicine and the Role of Patients in

- Healthcare and Health Research in Europe. *Journal of Health Development*. 2019; 1(30): 33–36.
20. Р 2.2.2006-05. *Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда: руководство*. М.; 2005.
 21. Бухтияров И.В., Матюхин В.В., Юшкова О.И. и др. *Способ определения функционального напряжения организма человека при умственных и нервно-эмоциональных нагрузках*: пат. 2546089 Рос. Федерация: МПК51 А61В 10/00; № 2013152288. <https://elibrary.ru/acnwwf>
 22. Методические рекомендации по оценке физиологических норм напряжения организма человека, с учётом гендерных различий, при различных видах трудовой деятельности (умственной, зрительно-напряженной, физической). Утв. Научным советом № 45 по мед.-экол. проблемам здоровья работающих. М., 2015.
 23. Захарова М.А., Меркулова А.Г., Калинина С.А. Исследование влияния возраста на показатели гемодинамики и вариабельности сердечного ритма женщин-водителей трамва-
 - ев. В кн: *Материалы 17-го Российского Национального Конгресса с международным участием «ПРОФЕССИЯ и ЗДОРОВЬЕ»*, 26-29 сентября 2023 года, г. Нижний Новгород. М.: НКО АМТ, ФГБНУ «НИИ МТ», 2023. <https://doi.org/10.31089/978-5-6042929-1-4-2023-1-185-189>
 24. Оптимизация функционального состояния организма в физкультурно-оздоровительном центре промышленного предприятия: Методические рекомендации. Под ред. Р.М. Баевского. М.; 1988.
 25. Глухов Д.В., Юшкова О.И., Капустина А.В., Форверц А.Ю., Костенко Н.А. Физиологическая оценка функционального состояния работников нервно эмоционального труда различного возраста по результатам предсменного контроля. *Мед. труда и пром. экол.* 2024; 63(6): 378–386. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-6-378-386>
 26. Матюхин В.В., Тарасова Л.А., Юшкова О.И. и др. *Физиологическое обоснование норм напряжения организма при различных видах трудовой деятельности*. Актуальные проблемы медицины труда: сборник трудов НИИ МТ РАМН. М.; 2001.

References

1. Matyuhin V.V., Buhtiyarov I.V., Shardakova E.F. et al. The role of labor physiology in preserving working capacity and health in workers of various types of labor activity. Achievements and prospects of development. *Med. truda i prom. ekol.* 2013; 6: 19–24 <https://elibrary.ru/qiutwj> (in Russian).
2. Smirnov K.M. Labor intensity. *Uspekhi Fiziologicheskikh nauk.* 1984; 1: 76–99 (in Russian).
3. Sorokin G.A. Standardization of labor intensity by its duration, density and pace. *Med. truda i prom. ekol.* 2001; 10: 28–32 (in Russian)
4. Novozhilova A.A., Geregei A.M., Merkulova A.G. Features of the study of occupational fatigue in labor physiology. *Med. truda i prom. ekol.* 2022; 62(4): 238–246 <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-4-238-246> (in Russian).
5. Trifonov V.V. Autonomic reactivity in individuals with different types of baseline autonomic tone during mental workload under stress. *Sovremennye voprosy biomeditsiny.* 2023; 7(3): 26–29 https://doi.org/10.24412/2588-0500-2023_07_03_17 (in Russian).
6. Akimova E.V., Kayumova M.M., Bessonova M.I. Psychosocial risk factors for the development of cardiovascular diseases in female populations from the perspective of anxiety research. *Russian Journal of Preventive Medicine.* 2022; 25(7): 100–105 <https://elibrary.ru/fystqz> <https://doi.org/10.17116/profmed202225071100> (in Russian).
7. *Occupational stress and Workers Health*. Book of abstracts XIV conference on occupational Health. China; 1984.
8. Sorokin G.A., Chistyakov N.D. Duration of production-related fatigue as a criterion for assessing workload and the cause of chronic diseases in workers. *Med. truda i prom. ekol.* 2022; 62(9): 594–600 <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-9-594-600> (in Russian).
9. Sudakov K.V. Mechanisms of congestive changes in the limbic-reticular structures of the brain during emotional stress. Psychoemotional stress. Moscow, Russian Academy of Medical Sciences, Regional International Center for Stress Prevention; 192.
10. Drapkina O.M., Fedin A.I., Dorofeeva O.A., Medvedev V.E., Kareva E.N., Dzhoieva O.N. et al. Influence of psychosocial risk factors on the course and prognosis of cardiovascular diseases. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika.* 2022; 21(5): 3280 <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2022-3280> (in Russian).
11. Zhidkova E.A., Shlipakov S.V., Gutor E.M. et al. Prevalence of exceeding normative values of blood pressure in workers of locomotive brigades according to the results of multiyear dynamics of pre-trip medical examination. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika.* 2022; 21(5): 6–12 <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2022-3189> (in Russian).
12. Wu W.T., Tsai S.S., Wang C.C., Lin Y.J., Wu T.N., Shih T.S. et al Professional Driver's Job Stress and 8-year Risk of Cardiovascular Disease: The Taiwan Bus Driver Cohort Study. *Epidemiology.* 2019; 30: 39–47. <https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000001003>
13. Nevskaya Yu.M. Clinical characteristics of neurotic disorders in long-distance telephone operators. *Gigiena truda i profzabolevaniya.* 1996; 2: 30–32 (in Russian).
14. Guest A.J., Clemes S.A., King J.A. et al. Attenuated cardiovascular reactivity is related to higher anxiety and fatigue symptoms in truck drivers. *Psychophysiology.* 2021; 58(9): 13–17. <https://doi.org/10.1111/psyp.13872>
15. Cheung C.K.Y., Tsang S.S.L., Ho O. et al. Cardiovascular risk in bus drivers. *Hong Kong Med. J.* 2020; 26(5): 451–456. <https://doi.org/10.12809/hkmj198087>
16. Kazidaeva E.N., Sergunina I.N., Venevceva Yu.L. Risk factors of cardiovascular diseases and their dynamics in locomotive crew workers. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika.* 2018; 17(3): 53–58 <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2018-3-53-58> <https://elibrary.ru/xsrool> (in Russian).
17. Mینenko I.A., Shahmatova S.A. 4P-medicine in sanatorium-resort treatment of patients after acute circulatory failure. *Vrach skoroj pomoshchi.* 2021; 7: 51–60.
18. Terkola R., Antonanzas F., Postma M. Economic evaluation of personalized medicine: a call for real-world data. *Eur. J. Health Econ.* 2017; 18(9): 1065–1067. <https://doi.org/10.1007/s10198-017-0890-x>
19. Crawley F.P. Personalised Medicine and the Role of Patients in Healthcare and Health Research in Europe. *Journal of Health Development.* 2019; 1(30): 33–36.
20. Р 2.2.2006-05. *Guide on Hygienic Assessment of Factors of Working Environment and Work Load. Criteria and Classification of Working Conditions*. М.; 2005 (in Russian).
21. Buhtiyarov I.V., Matyuhin V.V., Yushkova O.I. et al. *Method of determining the functional stress of the human organism under mental and nervous-emotional loads*: пат. 2546089 Рос. Федерация: МПК51 А61В 10/00; №2013152288 <https://elibrary.ru/acnwwf> (in Russian).
22. Methodical recommendations for the assessment of physiological norms of human body tension, taking into account gender differences, at different types of labor activity (mental, visual and physical). Approved by the Scientific Council No. 45 on medical and environmental problems of health of working people. М., 2015 (in Russian).
23. Zakharova M.A., Merkulova A.G., Kalinina S.A. Study of the influence of age on hemodynamic parameters and heart rate variability in female streetcar drivers. In: *Proceedings of the 17th Russian National Congress with international participation*

- "PROFESSION and HEALTH", September 26-29, 2023, Nizhny Novgorod. M.: NKO AMT, Izmerov Research Institute of Occupational Health; 2023 <https://doi.org/10.31089/978-5-6042929-1-4-2023-1-185-189> (in Russian).
24. Optimization of the functional state of the organism in the physical culture and health center of an industrial enterprise: Methodical recommendations. Ed. by R.M. Baevsky. M., 1988 (in Russian).
25. Glukhov D.V., Yushkova O.I., Kapustina A.V., Forverts A.Yu., Kostenko N.A. Physiological assessment of the functional state of workers in neuro-emotional labor of different ages according to the results pre-shift control. *Med. truda i prom. ekol.* 2024; 63(6): 378–386 <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-6-378-386> <https://elibrary.ru/vjpooz> (in Russian).
26. Matyukhin V.V., Tarasova L.A., Yushkova O.I. et al. *Physiological substantiation of the norms of body tension at different types of labor activity. Actual problems of labor medicine: Proceedings of the Research Institute of MT RAMS.* M.; 2001 (in Russian).

Сведения об авторах:

- Глухов Дмитрий Валерьевич зав. лаб. физиологии труда и профилактической эргономики, д-р мед. наук.
E-mail: vmLabor@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5704-0650>
- Юшкова Ольга Игоревна гл. науч. сотр. лаб. физиологии труда и профилактической эргономики, д-р мед. наук, проф.
E-mail: doktorolga@indox.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6704-3537>
- Капустина Ангелина Владимировна ст. науч. сотр. лаб. физиологии труда и профилактической эргономики, канд. биол. наук.
E-mail: ft-matuhin@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8631-0074>
- Форверц Анна Юрьевна мл. науч. сотр. лаб. физиологии труда и профилактической эргономики.
E-mail: a.forverts@irioh.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3485-5221>

About the authors:

- Dmitry V. Glukhov Head of the Laboratory of Physiology of Labor and Preventive Ergonomics, Dr. of Sci. (Med.).
E-mail: vmLabor@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5704-0650>
- Olga I. Yushkova Chief Researcher of the Laboratory of Physiology of Labor and Preventive Ergonomics, Dr. of Sci. (Med.), Professor.
E-mail: doktorolga@indox.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6704-3537>
- Angelina V. Kapustina Senior Researcher of the Laboratory of Physiology of Labor and Preventive Ergonomics, Cand. of Sci. (Biol.).
E-mail: ft-matuhin@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8631-0074>
- Anna Yu. Forverts Junior Researcher, Laboratory of Physiology of Labor and Preventive Ergonomics.
E-mail: a.forverts@irioh.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3485-5221>
-