



Научная статья

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ КЛАССИФИКАЦИИ НАПРЯЖЕННОСТИ ТРУДА ДЛЯ ЗАДАЧ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА

И.В. Бухтияров, О.И. Юшкова, М. Ходжиев, А.В. Капустина, А.Ю. Форверц

Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова, Россия, 105275,
г. Москва, проспект Буденного, 31

Представлены результаты обоснования и выбора информативных физиологических показателей для оценки и контроля уровней функционального состояния и класса условий труда с учетом физических и нервно-эмоциональных нагрузок у операторов станков с числовым программным управлением. На основе комплексных физиолого-эргономических исследований и анализа ретроспективных данных показано, что у работников различных профессиональных групп, занятых физическим трудом, в динамике рабочей смены установлено наличие состояния напряжения, которое при большом стаже работы может приводить к перенапряжению нервно-мышечной системы и возникновению профессиональных заболеваний.

Обоснованы и разработаны информативные физиологические критерии, позволяющие оценивать и контролировать уровни функционального состояния и работоспособности, класс условий труда с учетом вида трудовой деятельности. Использован комплекс профессиографических, физиолого-эргономических и клиничко-статистических методов исследования для изучения особенностей формирования функционального состояния организма работников при воздействии производственных факторов с учетом вида труда и нагрузок, что позволило обосновать оценку напряженности труда.

Результаты исследований показали, что при региональных и общих мышечных нагрузках у работников, занятых физическим трудом, наблюдалась высокая взаимосвязь выносливости мышц кисти к статическому усилию (% снижения к концу смены) с классом условий труда. Данный показатель рекомендован для контроля уровня функционального состояния и работоспособности с учетом вида трудовой деятельности и гендерных различий. Требуется накопление научных данных для подтверждения аналогичной зависимости показателя общей физической работоспособности от класса условий труда. Результаты физиологических исследований используются для разработки профилактических мероприятий у работников.

Ключевые слова: физиологические показатели, классификация, напряженность труда, физические и нервно-эмоциональные нагрузки, класс условий труда, функциональное состояние, перенапряжение, профилактика.

В настоящее время для прогнозирования возможных изменений в состоянии здоровья работников недостаточно выявлены особенности формирования перенапряжения функциональных систем организма работников современных форм труда в зависимости от класса напряженности трудового процесса. Потребность в создании классификации факторов трудового процесса (напряженности и тя-

жести труда) с разработкой таблицы критериев показателей возникла давно. Первой попыткой такого рода принято считать публикацию 1970 г. известных физиологов труда А.В. Васильевой, С.И. Горшкова, М.А. Грицевского и др. «Оценка физической тяжести и нервной напряженности труда» в материалах симпозиума «Режимы труда и отдыха, графики сменности в ведущих отраслях промышленности» [1].

© Бухтияров И.В., Юшкова О.И., Ходжиев М., Капустина А.В., Форверц А.Ю., 2021

Бухтияров Игорь Валентинович – член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, директор (e-mail: ivdukhhtiyarov@mail.ru; тел.: 8 (495) 365-02-09; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8317-2718>).

Юшкова Ольга Игоревна – доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории физиологии труда и профилактической эргономики (e-mail: doktorolga@inbox.ru; тел.: 8 (916) 541-20-48; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6704-3537>).

Ходжиев Махмадамин – кандидат медицинских наук, докторант (e-mail: amin.dok59@mail.ru; тел.: 8 (968) 585-12-95; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5116-2486>).

Капустина Ангелина Владимировна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории физиологии труда и профилактической эргономики (e-mail: ft-matuhin@mail.ru; тел.: 8 (903) 542-45-74; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8631-0074>).

Форверц Анна Юрьевна – младший научный сотрудник лаборатории физиологии труда и профилактической эргономики, аспирант (e-mail: agniia.forverts@gmail.com; тел.: 8 (903) 201-17-82; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3485-5221>).

Авторы совершенно справедливо отмечали, что труд в биологическом плане является важной функцией организма и характеризуется определенной физиологической стоимостью. Физиологическая стоимость работы, то есть степень функционального напряжения организма при трудовом процессе, носит в повседневном языке наименование тяжести труда. Более точный подход к научной терминологии указывает, что в данном случае правильнее говорить о физической тяжести и нервной напряженности труда. Это обосновывается следующим образом.

Функциональное напряжение организма при трудовом процессе схематично можно свести к двум сторонам – энергетической и информационной. Первая преобладает в случае преимущественно физического труда, вторая – в основном умственного. Нагрузку на организм при труде, требующем мышечных усилий и соответствующего энергетического обеспечения, физиологи классифицируют как тяжесть труда.

Нагрузку на организм при труде, требующем интенсивной работы мозга по получению и анализу информации, физиологи именуют напряженностью труда.

В дальнейшем критерии дорабатывались и были включены в «Гигиеническую классификацию труда (по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса)» (Москва, 1986)¹. Принцип дифференциации условий и характера труда предусматривал степень отклонения параметров производственной среды и трудового процесса от действующих гигиенических нормативов и влияния на функциональное состояние и здоровье работников. По этим показателям выделялись три класса условий и характера труда.

Разработанные гигиенистами и физиологами труда «Гигиеническая классификация труда» (1986), руководство Р 2.2.013-94², переизданное в 1999 г.³, и ныне действующее Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудо-

вого процесса. Критерии и классификация условий труда»⁴ позволяют оценить напряженность труда по пяти видам нагрузок: интеллектуальная, сенсорная, эмоциональная, монотонная, режим работы. Однако в настоящее время подчеркиваются трудности применения этой методики для количественной оценки, а не только качественного определения интеллектуальной, эмоциональной нагрузки и т.д. при изменении длительности рабочего дня, различной организации технологического цикла, непостоянстве рабочего места.

Изменение характера труда работников современных видов деятельности диктует необходимость обоснования количественных критериев напряженности трудового процесса с введением изменений в нормативные документы (Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» № 426-ФЗ от 28.12.2013 г. и методика ее проведения)⁵.

Напряженность труда в соответствии с Р 2.2.2006-05 определяется для составления санитарно-гигиенической характеристики труда работника при подозрении у него профессионального заболевания (Приказ Минздравсоцразвития № 103 от 10.11.2009 г.)⁶.

Определенные трудности представляет обоснование информативных физиологических показателей, позволяющих оценивать и контролировать уровни функционального состояния и классы условий труда (оптимальный, допустимый, вредный).

Имеющиеся в литературе данные показывают значение физической подготовленности в поддержании высокого уровня рабочих функций в процессе деятельности [2, 3]. Рядом авторов было установлено, что физическая подготовленность, которая определяется по величине общей физической работоспособности (ОФР), взаимосвязана со степенью развития утомления, т.е. с изменением функционального состояния ведущих систем организма работника⁷ [4–6]. У лиц с высоким уровнем ОФР изменения двигательных и вегетативных функций менее выражены по сравнению с таковыми у лиц, имеющих

¹ Гигиеническая классификация труда (по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса) / утв. заместителем главного государственного санитарного врача Министрства здравоохранения СССР А.И. Заиченко 12.08.1986 г. № 4137-86. – М., 1986. – 11 с.

² Р 2.2.013-94. Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса / утв. первым заместителем председателя Госкомсанэпиднадзора РФ 12.07.1994 г. – М., 1994. – 131 с.

³ Р 2.2.755-99. Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса / утв. главным государственным санитарным врачом РФ 23.04.1999 г. – М., 1999. – 140 с.

⁴ Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда // Бюллетень нормативных и методических документов Госсанэпиднадзора. – М., 2005. – 142 с.

⁵ О специальной оценке условий труда: Федеральный закон от 28.12.2013 N 426-ФЗ [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156555/ (дата обращения: 03.03.2020).

⁶ Инструкция по составлению санитарно-гигиенической характеристики условий труда работника при подозрении у него профессионального заболевания: Приказ Минздравсоцразвития № 103 от 10.11.2009 [Электронный ресурс] // StandartGost. – URL: https://standartgost.ru/g/base/1/id0-54468/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D0%B7_103 (дата обращения: 03.03.2020).

⁷ Воздействие факторов трудового процесса / В.В. Матюхин, Э.Ф. Шардакова, О.И. Юшкова, В.В. Елизарова, Е.Г. Ямпольская, А.С. Порошенко, Л.П. Кузьмина // Энциклопедия «Экометрия». Воздействие на организм человека опасных и вредных производственных факторов. – М.: Издательство стандартов, 2004. – Т. 1. – С. 344–441.

низкий уровень ОФР. Л.В. Абольян, В.В. Матюхин с соавт. при изучении особенностей формирования функционального состояния у лиц ряда профессий выявили лучшее функциональное состояние нервно-мышечного аппарата, более совершенные приспособительные реакции и хорошие функциональные возможности сердечно-сосудистой системы у работников с «высоким» уровнем ОФР [7–10]. Предполагается, что показатель ОФР может быть использован наряду с другими физиологическими показателями для оценки уровней функционального состояния и контроля класса условий труда, установленного по эргометрическим характеристикам. Возможно, зависимость между физической подготовленностью и степенью функциональных изменений имеет место в определенном, как правило, среднем диапазоне ОФР. Интересным было проверить правильность этой гипотезы в другом диапазоне ОФР.

Цель работы – на примере современных видов труда обосновать и разработать информативные физиологические критерии, позволяющие оценивать и контролировать уровни функционального состояния и работоспособности, класс условий труда с учетом вида трудовой деятельности.

Материалы и методы. Для решения поставленных в настоящей работе задач был использован комплекс профессиографических, физиолого-эргономических и клиничко-статистических методов исследования с целью изучения особенностей формирования функционального состояния организма работников при воздействии производственных факторов с учетом вида труда и нагрузок, что позволило подойти к обоснованию подходов к оценке напряженности труда.

Обследовались практически здоровые работники профессиональных групп, трудовая деятельность которых связана с физическими (мышечными) и нервно-эмоциональными нагрузками. Профессиографические и физиолого-эргономические исследования проведены на материале пяти профессиональных групп, состоящих из мужчин (операторы роботизированных технологических комплексов (РТК); операторы станков с числовым программным управлением (ЧПУ) на предприятиях машино- и станкостроения; строители-арматурщики; строители-монтажники, представленные трудовыми мигрантами из республик южных регионов; программисты на станках по обработке изделий из камня с ЧПУ), и двух групп женщин, занятых на Московском камнеобрабатывающем предприятии (оператор ЧПУ по обработке изделий из камня, оператор на шлифовальном станке с ЧПУ). Всего обследовано около 200 человек в возрасте $30,3 \pm 1,0$ г., со стажем $4,8 \pm 0,2$ г., работающих в утреннюю смену (три раза в течение рабочего дня).

Профессиографическая характеристика трудовой деятельности проводилась в соответствии с руководством Р 2.2. 2006-05. Для оценки функцио-

нального состояния нервно-мышечной системы проводили динамометрические измерения силы и выносливости мышц рук с последующим расчетом максимальной работоспособности (произведение удерживаемого усилия на длительность удержания). Физическую подготовленность определяли по уровню ОФР с помощью теста PWC 170 и с расчетом максимального потребления кислорода.

Исследования сердечно-сосудистой системы заключались в определении систолического и диастолического артериального давления ($АД_{\max}$, $АД_{\min}$) с последующим расчетом пульсового ($АД_{\text{п}}$) и среднего динамического ($М\mu$) давлений, частоты сердечных сокращений, ударного и минутного объемов сердца ($УО$ и $МО$), общего периферического сопротивления ($ПС$). АД регистрировали с помощью ртутного сфигмоманометра, показатели центральной гемодинамики определяли методом тетраполярной грудной реографии. В начале и в конце работы была использована проба на физическую нагрузку (велозергометр), мощность нагрузки (100 Вт) и умственную (сложение с переключением) нагрузку. Процесс восстановления записывался в течение 5 мин после физической и 3 мин после умственной нагрузок.

Исследование проведено в соответствии с Международным кодексом медицинской этики (1949) и положениями Хельсинкской декларации по доклиническим и клиническим исследованиям на людях и животных, принятой Всемирной медицинской ассоциацией (1964). До начала исследования все обследуемые были ознакомлены с методикой его проведения, сопутствующими рисками и подписали информированное добровольное согласие.

Использовались традиционные методы вариационной статистики: выявление различий между группами по средним значениям (по t -критерию Стьюдента), корреляционный анализ (по Пирсону). Данные обработаны при помощи статистического пакета Statistika 6.0⁸.

Результаты и их обсуждение. Тяжесть труда, обусловленная поддержанием вынужденной рабочей позы, выполнением большого количества глубоких наклонов корпуса, частая повторяемость однообразных движений руками и т.д., усугубляет неблагоприятные физиологические изменения в нервно-мышечной системе и опорно-двигательном аппарате. Это может быть причиной не только снижения работоспособности, но и развития перенапряжения и патологии указанных систем [11–13].

Оценка тяжести труда операторов станков с ЧПУ показала, что такие данные, как физическая динамическая нагрузка (выраженная в единицах внешней механической работы, кг·м), количество стереотипных рабочих движений, не выходят за пределы оптимальных величин. Однако операторы в процессе работы выполняют большое количество

⁸ Халафен А.А. STATISTICA-6. Статистический анализ данных. – 3-е изд. – М.: Бином-Пресс, 2007. – 512 с.

наклонов (более 200 за смену – 3.1 класс), до 80 % рабочего времени смены оператор находится в положении стоя (3.1 класс). Таким образом, в целом можно заключить, что труд оператора на шлифовальном станке с ЧПУ относится к 3-му классу 2-й степени тяжести работы, оператора станков ЧПУ по обработке изделий из камня, оператора станков ЧПУ машино- и станкостроения – к классу 3.1, программиста станков ЧПУ и оператора РТК – к допустимому 2-му классу.

Физиологические исследования включали изучение функционального состояния нервно-мышечной системы как профессионально значимой в обеспечении надежности работы изучаемых групп. Выявлено у работников снижение динамометрических показателей в динамике смены, особенно отчетливо проявляющееся к концу работы (табл. 1). При этом степень изменения показателя выносливости была обусловлена классом условий труда. Так, у операторов РТК показатель выносливости практически не изменялся на протяжении рабочей смены.

У программистов на станках с ЧПУ снижение выносливости составляло 20,4 %, у операторов по обработке изделий из камня на станке с ЧПУ – 26,4 %. С увеличением тяжести и напряженности работы снижение выносливости к концу смены увеличивалось до 31,0–33,0 % ($p \leq 0,05$), что превышает физиологические нормы напряжения организма при физическом труде (при региональных и общих мышечных нагрузках до 20 %) (см. табл. 1). Сила мышц рук в исследуемых группах практически не менялась, и, следовательно, изменения еще одного показателя функционального состояния нервно-мышечной системы – максимальной мышечной работоспособности – практически повторяют изменения выносливости.

Сравнение между собой двух типов оборудования (ЧПУ и РТК) на предприятиях машино- и станко-

строения показало, что при работе на станках с ЧПУ утомление мышц рук выражено больше, чем при обслуживании РТК. Показатели выносливости к статическому усилию и максимальной работоспособности мышц рук у операторов станков с ЧПУ достоверно снижались уже через 4 ч работы на 21,3 % ($p \leq 0,01$) и 21,6 % ($p \leq 0,05$) и к концу смены на 24,1 % ($p \leq 0,01$) и 21,6 % ($p \leq 0,05$) соответственно по сравнению с исходным уровнем. У группы операторов установлена незначительная отрицательная динамика динамометрических показателей, что может быть связано со значительными мышечными нагрузками при переносе деталей вручную, в то время как эту операцию на РТК выполняет робот-манипулятор.

Исследованиями показано, что при физическом труде независимо от характера мышечных нагрузок (региональные, общие) функциональное состояние и, соответственно, степень рабочего напряжения организма работающих находятся в тесной зависимости от величины ведущих факторов трудового процесса (показателей тяжести трудового процесса). При этом чрезмерно большие нагрузки вызывают очень раннее появление признаков утомления нервно-мышечной системы работающих. При большом стаже длительное выполнение подобной работы может приводить к перенапряжению нервно-мышечной системы и нередко к возникновению профессиональных заболеваний, причем с тем большей степенью вероятности, чем выше и интенсивнее в течение смены нагрузки на нервно-мышечный аппарат работающих [14–16]. Это убедительно подтверждено и результатами клинко-функциональных исследований. Установлено, что значительные систематические мышечные нагрузки играют потенциальную роль в развитии профессиональных заболеваний определенной этиологии. Частота распространенности профессиональных заболеваний скелетно-мышечной системы в зависимости от класса тяжести труда представлена на рис. 1.

Таблица 1

Изменение выносливости мышц рук к статическому усилию у обследуемых профессиональных групп в динамике смены, с

Профессиональная группа / класс условий труда по показателям тяжести труда	Показатель	Период исследования		
		начало смены	середина смены	конец смены
Оператор РТК на предприятиях машино- и станкостроения / класс 1	$M \pm m$	18,9 ± 1,1	18,1 ± 1,3	17,2 ± 1,7
	<i>P</i>	–	> 0,05	>0,05
	%	100	95,7	91,0
Программист ЧПУ/ класс 2	$M \pm m$	21,1 ± 1,4	18,3 ± 1,5	16,8 ± 1,4
	<i>P</i>	–	<0,05	<0,05
	%	100	86,7	79,6
Оператор ЧПУ по обработке изделий из камня / класс 3.1	$M \pm m$	20,1 ± 1,1	17,4 ± 1,3	14,8 ± 1,7
	<i>P</i>	–	>0,05	<0,05
	%	100	86,6	73,6
Оператор ЧПУ на предприятиях машино- и станкостроения / класс 3.1	$M \pm m$	19,0 ± 1,7	14,9 ± 1,8	14,4 ± 1,7
	<i>P</i>	–	< 0,05	<0,001
	%	100	78,7	75,9
Оператор на шлифовальном станке с ЧПУ / класс 3.2	$M \pm m$	21,1 ± 1,7	17,2 ± 1,4	13,3 ± 1,6
	<i>P</i>	–	<0,05	<0,01
	%	100	82,0	69,0

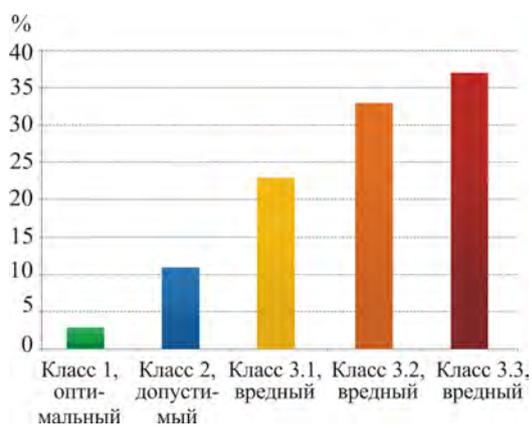


Рис. 1. Распространенность профессиональных заболеваний нервно-мышечной системы и опорно-двигательного аппарата в зависимости от класса тяжести труда, %

Высокий уровень физиологического напряжения нервно-мышечной системы при физическом труде общего характера потенциально значим в развитии болезней спины [17–20]. Установлено, что систематические общие мышечные нагрузки чаще всего вызывают поражение пояснично-крестцового отдела в виде хронической радикулопатии, нередко приводя к снижению профессиональной трудоспособности и социальной дезадаптации работающих.

Труд, связанный с повреждениями в области поясницы, широко распространен среди строительных работников [21, 22]. Даже в такой высокоразвитой стране, как Финляндия, несмотря на технологические достижения, до 20 % рабочих ежедневно сталкиваются с очень тяжелой физической нагрузкой [15]. Исследованиями состояния здоровья строителей-мигрантов из республик южных регионов показано, что с возрастанием стажа работы увеличивается число заболеваний опорно-двигательного аппарата, что связано с такими видами работ, как поднятие и перемещение тяжестей, работа в вынужденной рабочей позе и др. Распространенность таких заболеваний опорно-двигательного аппарата, как, например, полиостеоартрозы и полиартриты, снижается с увеличением стажа работы с 32,1 до 8,9 % (на 100 осмотренных), а дор-

сопатий – возрастает с 16,8 до 27,0 % при стаже работы 1–3 года, 7 лет и более соответственно. Это может быть обусловлено значительными физическими нагрузками у трудовых мигрантов.

Полученные результаты физиологических исследований позволяют считать достаточно информативным показатель выносливости мышц рук по отношению к статическому усилию для использования в качестве одного из критериев при оценке и контроле функционального состояния и класса условий труда при трудовой деятельности, когда ведущими нагрузками будут характеристики тяжести труда.

В связи с этим в табл. 2 представлено распределение отдельных физиологических показателей по классам (подклассам) условий труда при оценке напряженности трудового процесса при различных видах деятельности.

Изучение информативности другого физиологического показателя – общей физической работоспособности – у операторов станков с ЧПУ и операторов РТК показало, что данные группы имеют достоверные различия в данных ОФР и величинах максимального потребления кислорода. У лиц 1-й группы (операторов станков с ЧПУ) ОФР составляла в среднем $25,19 \pm 1,50$, у лиц 2-й группы (операторы РТК) – $17,99 \pm 0,80$ кг м/мин кг веса ($p \leq 0,01$), достоверные различия между группами в показателях максимального потребления кислорода сохранились ($p \leq 0,01$). Оценка физического состояния работников в соответствии с методическими рекомендациями⁹ позволяла установить уровень физической подготовленности у операторов, обслуживающих станки с ЧПУ, выше среднего (высокий) и ниже среднего (удовлетворительный) – у операторов РТК. Полученные различия, по-видимому, связаны с характером деятельности: более выраженным компонентом физического труда у операторов станков с ЧПУ по сравнению с работниками, обслуживающими РТК.

Результаты физиологических исследований показали, что функциональное состояние сердечно-сосудистой системы не изменялось к концу смены ни в одной из обследованных групп. В то же время результаты проведенных нагрузочных проб позволили выявить разнонаправленный характер сдвигов

Таблица 2

Распределение физиологических показателей у работников физического труда с региональными и общими нагрузками по классам (подклассам) условий труда с учетом гендерных различий

Региональные и общие нагрузки					
Физиологический показатель	Пол	Класс (подкласс) условий труда			
		оптимальный	допустимый	вредный	
		1	2	3.1	3.2
Выносливость мышц кисти к статическому усилию (% снижения к концу смены)	мужчины	$\leq 20,7$	23,8–26,8	26,9–29,9	30,0–33,0
	женщины	$\leq 21,9$	24,3–26,6	26,7–29,0	29,1–31,4

⁹ Методические рекомендации по оценке физиологических норм напряжения организма человека, с учетом гендерных различий, при различных видах трудовой деятельности (умственной, зрительно-напряженной, физической) / утв. 26.02.2015 Научным советом № 45 по мед.экол. проблемам здоровья работающих. – М., 2015.

у операторов различных групп. Анализ кривых УО показал в начале и в конце смены адекватную реакцию на физическую нагрузку у операторов РТК и реакцию с запаздыванием у операторов станков с ЧПУ. Причем в конце рабочего дня у операторов станков с ЧПУ после выполнения физических нагрузок не отмечалось восстановления показателей УО и МО на 3-й и 5-й мин ($p \leq 0,05$) и после умственной нагрузки на 3-й мин. Периферическое сопротивление в ответ на физическую нагрузку снижалось у лиц двух групп, однако восстановление показателя затягивалось у операторов станков с ЧПУ. У работающих на станках с ЧПУ выявлена более выраженная реакция на физическую нагрузку по показателям АД (макс., пульс, M_u). Как видно из данных рис. 2, в начале смены максимальное АД повышалось достоверно в большей степени у операторов станков с ЧПУ по сравнению с операторами РТК ($p \leq 0,05$). На первой минуте восстановления различия между группами существенны ($p \leq 0,05$), не происходит восстановления $A_{D_{\max}}$ на 3-й и 5-й мин после выполнения

тестовой физической нагрузки и на 1-й и 3-й мин после умственной нагрузки в конце смены. Аналогичная динамика наблюдается и по показателям пульсового и среднего динамического давления (см. рис. 2).

Сопоставление полученных показателей МО и ПС с должными величинами свидетельствует, что в регуляции системного давления у операторов двух обследуемых групп преобладает гиперкинетический тип кровообращения¹⁰ [23, 24]. У операторов РТК имело место лучшее соотношение между МО и ПС (адекватное повышение и снижение ПС при физической нагрузке), направленное на оптимальную регуляцию системы кровообращения, в частности на адекватное повышение у них АД. В то же время у лиц другой группы (станки с ЧПУ) было установлено менее выраженное изменение МО и ПС со значительным подъемом АД в ответ на физическую нагрузку, что особенно проявлялось в конце смены. Это свидетельствует о более выраженном напряжении механизмов регуляции кровообращения у операторов станков с ЧПУ. Кроме того, у них более

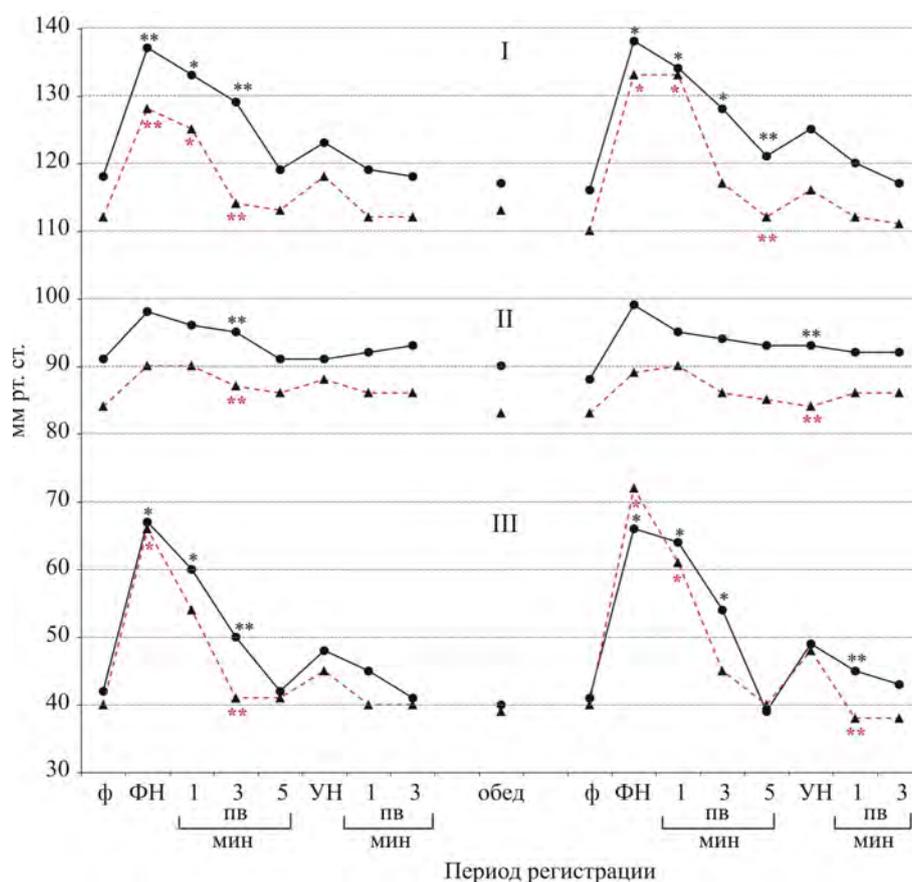


Рис. 2. Изменение показателей максимального (I), среднего динамического (II) и пульсового (III) артериального давления при выполнении тестовых нагрузок у операторов двух профессиональных групп. П р и м е ч а н и я : непрерывная линия с кругами – операторы станков с ЧПУ; пунктирная линия с треугольниками – операторы РТК; * – статистически достоверные различия с фоном; ** – статистически достоверные различия между группами; на оси ординат – показатели артериального давления (мм рт. ст.); на оси абсцисс – периоды регистрации (в минутах – восстановление АД после нагрузок); ф – фоновые измерения; пв – периоды восстановления; ФН – физическая нагрузка; УН – умственная нагрузка

¹⁰ Инструментальные методы исследования сердечно-сосудистой системы: справочник / под ред. Т.С. Виноградовой. – М.: Медицина, 1986. – 415 с.

Вероятность развития случаев производственной патологии (%) в зависимости от степени тяжести трудового процесса и изменения физиологического показателя выносливости

Показатель	Тяжесть трудового процесса				
	класс 1, оптимальный (легкая физическая нагрузка)	класс 2, допустимый (средняя физическая нагрузка)	класс 3, вредный (тяжелый труд)		
			3.1	3.2	3.3
Уровни вероятности, %	0–0,6	6,1–17,0	17,1–28,0	28,1–37,0	Более 37,0
Выносливость мышц кисти к статическому усилию, % снижения к концу смены	Мужчины – менее 20,7	От 20,8 до 23,8	От 23,9 до 26,8	От 26,9 до 29,9	Более 30,0
	Женщины – менее 21,9	От 22,0 до 24,3	От 24,4 до 26,6	От 26,7 до 29,9	Более 31,4

выражено напряжение компенсаторных механизмов, которое нашло отражение в более высоких показателях среднего динамического давления, позднем восстановлении УО, МО, АД (макс., пульс., Му).

Обобщая вышеизложенное, следует отметить, что был установлен высокий уровень физической работоспособности у операторов станков с ЧПУ и более низкий у операторов РТК. В процессе деятельности для операторов станков с ЧПУ характерно выраженное напряжение нервно-мышечной системы, что приводило к ранним признакам (через 4 ч работы) развивающегося утомления мышц рук. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы по данным нагрузочных проб в большей степени изменилось у работников станков с ЧПУ, имеющих отличный (выше среднего) уровень физической подготовленности, что расходуется с общепринятым мнением. Известно, что наибольшее снижение функциональных возможностей основных систем организма отмечается у лиц с низким уровнем физической работоспособности. Для вскрытия физиологических механизмов этого явления, по-видимому, следует обратиться к закономерности, установленной Л.В. Абольяном [7]. В исследовании показано, что зависимость между уровнем физической подготовленности и степенью функциональных изменений ведущих систем организма работающих имеет место в определенном, как правило среднем, диапазоне значений общей физической работоспособности. При «высоком» уровне ОФР, характерном для операторов станков с ЧПУ, эта зависимость, вероятно, нарушается. Потребуются дополнительные исследования для уточнения данной закономерности и научного обоснования возможности включения показателя ОФР в качестве физиологического показателя, позволяющего проводить оценку и контроль функционального состояния и класс условий труда с учетом вида трудовой деятельности.

Результаты исследований показали, что тяжесть труда классифицируется по изменению выносливости мышц рук. Этот показатель выносливости определяется по снижению за смену в % к исходной величине. Распределение физиологических показателей у работников физического труда с региональными и общими нагрузками по классам (подклассам) условий труда (с учетом гендерных различий) позволяет оценить риски нарушений их здоровья. Проведенный расчет зависимости частоты случаев (ретроспектив-

ный анализ 2318 случаев) профессиональных заболеваний от класса тяжести трудового процесса при мышечной нагрузке регионального и общего характера позволил определить уравнение регрессии и представить полученные результаты в табл. 3.

Полученными результатами показано, что чем выше величина снижения выносливости, тем больше профессиональный риск развития указанной патологии. Наибольшая вероятность нарушений здоровья выявляется при вредном 3-м классе 3-й степени и составляет более 37 % при снижении выносливости к концу работы на 30 % у мужчин и на 31,4 % у женщин. В этой связи прогнозирование вероятности развития профессиональной патологии в зависимости от класса тяжести труда можно проводить по величине выносливости мышц кисти к статическому усилию.

Выводы:

1. Установлено при обследовании многих профессиональных групп, выполняющих физическую и нервно-напряженную работу, что факторы трудового процесса нередко превышают допустимые величины для большинства профессий независимо от вида нагрузки. Длительное воздействие неблагоприятных факторов, обуславливающих тяжесть и напряженность трудового процесса, оказывает существенное влияние на функциональное состояние организма работников, особенно на состояние нервно-мышечной системы.

2. Воздействие интенсивных и длительных по времени факторов трудового процесса, превышающих допустимые уровни (3-й класс 1–2-й степени), приводит к развитию перенапряжения у большинства работников, которое проявляется существенными изменениями физиологических показателей с учетом гендерных различий.

3. При региональных и общих мышечных нагрузках у работников физического труда наблюдалась высокая взаимосвязь выносливости мышц кисти к статическому усилию (% снижения к концу смены) с классом условий труда. Это позволило рекомендовать данный показатель для контроля уровня функционального состояния и работоспособности с учетом вида трудовой деятельности и гендерных различий.

4. Повреждения в области поясницы как следствие условий труда (поднятие и перемещение тяжестей, работа в вынужденной рабочей позе и др.)

широко распространено среди строительных работников, в том числе среди строителей-мигрантов из Республик Южных регионов. Со стажем работы число заболеваний опорно-двигательного аппарата возрастает.

5. Установлен высокий уровень физической подготовленности (по показателю ОФР) у операторов станков с ЧПУ и удовлетворительный у операторов РТК. У работников с высоким уровнем ОФР отмечены более высокие функциональные возможности нервно-мышечной системы и выраженное напряжение механизмов регуляции системы кровообращения при выполнении тестовых нагрузок.

6. Требуется дополнительные исследования и анализ полученных данных для выявления зависимости между высоким уровнем физической подготовленности и функциональным состоянием организма, возможности использования показателя ОФР в качестве критерия оценки уровня функционально-

го состояния и класса условий труда с учетом вида трудовой деятельности.

7. Результатами исследований установлена возможность прогнозирования развития профессиональных заболеваний у работников физического труда по физиологическому показателю выносливости мышц кисти к статическому усилию. Чем выше величина снижения выносливости, тем больше вероятность развития указанной патологии. Распределение физиологических показателей у работников физического труда с региональными и общими нагрузками по классам (подклассам) условий труда (с учетом гендерных различий) позволяет оценить риски нарушений здоровья у работников.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Васильева А.В., Горшков С.И., Грицевский М.А. Физиологические и гигиенические вопросы режимов труда и отдыха в промышленности // Режимы труда и отдыха и графики сменности в ведущих отраслях промышленности: материалы симпозиума / под ред. В.В. Кулемина. – М. – Иваново, 1970. – 177 с.
2. Совершенствование критериев оценки перенапряжения и гармонизация стандартов физической работоспособности у работников современных форм труда / В.В. Матюхин, И.В. Бухтияров, О.И. Юшкова, Э.Ф. Шардакова, С.А. Калинина, В.В. Елизарова, Е.Г. Ямпольская, А.С. Порошенко // Актуальные проблемы медицины труда: сборник трудов института / под ред. И.В. Бухтиярова. – М.: Мелга, 2015. – С. 38–90.
3. Методы исследования и фармакологической коррекции физической работоспособности человека / Л.А. Гридин, А.А. Ихалайнен, А.В. Богомолов, А.Л. Ковтун, Ю.А. Кукушкин / под ред. И.Б. Ушакова. – М.: Медицина, 2007. – 104 с.
4. Changes in job strain in relation to changes in physiological state / T. Theorell, A. Perski, T. Akerstedt, F. Sigala, G. Ahlberg-Hultén, J. Svensson, P. Eneroth // Scand. J. Work Environ. Health. – 2013. – Vol. 14, № 3. – P. 189–196. DOI: 10.5271/sjweh.1932
5. Анищенко В.С., Кислицын Ю.Л., Пермяков И.А. Мониторинг резервов физической работоспособности здоровья студентов // Успехи и перспективы физиологии труда в третьем тысячелетии: материалы конференции. – М., 2001. – С. 25–27.
6. Косорогова Н.С., Решетенко И.Н., Булавина М.В. Оценка работоспособности у работников, занятых тяжелым физическим трудом // Профессиональное здоровье и трудовое долголетие: материалы международной научно-практической конференции. – Шахты, 2018. – С. 94–95.
7. Абольян Л.В. Значение уровня общей физической работоспособности в развитии утомления работающих в условиях профессиональной гипокинезии // Гигиена труда и профессиональные заболевания. – 1982. – № 10. – С. 14–18.
8. Роль физиологии труда в сохранении работоспособности и здоровья у работников различных видов трудовой деятельности. Достижения и перспективы развития / В.В. Матюхин, И.В. Бухтияров, О.И. Юшкова, Э.Ф. Шардакова, Е.Г. Ямпольская, В.В. Елизарова, А.С. Порошенко, А.В. Капустина [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2013. – № 6. – С. 19–24.
9. Ямпольская Е.Г., Шардакова Э.Ф., Елизарова В.В. Изучение взаимосвязи уровня общей физической работоспособности и показателей заболеваемости // Психофизиологические аспекты трудовой деятельности: всероссийский сборник научных статей. – Тверь, 2002. – С. 43–49.
10. Факторы риска в развитии функциональных нарушений у работников физического труда / В.В. Матюхин, В.В. Елизарова, Э.Ф. Шардакова, Е.Г. Ямпольская // Медицина труда и промышленная экология. – 2009. – № 6. – С. 1–6.
11. Физиологическая оценка физических и нервно-психических перегрузок в медицине труда / Э.Ф. Шардакова, О.И. Юшкова, В.В. Елизарова, Г.Н. Лагутина // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. – 2018. – № 3. – С. 7–20.
12. Данилов А.Н., Безрукова Г.А., Новикова Т.А. Тяжесть трудового процесса как детерминанта профессионального риска здоровью работников сельского хозяйства // Медицина труда и промышленная экология. – 2017. – № 9. – С. 59.
13. Меркулова А.Г., Калинина С.А., Богданова В.Е. Динамическое исследование нервно-мышечной системы станочников моторостроительного завода // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – Т. 59, № 9. – С. 695–696.
14. Estimating the global burden of low back pain attributable to combined occupational exposures / L. Punnett, A. Prüss-Ustün, D. Imel Nelson, M.A. Fingerhut, J. Leigh, S.W. Tak, S. Phillips // Am. J. Ind. Med. – 2005. – Vol. 48. – P. 459–469. DOI: 10.1002/ajim.20232
15. Bruce P., Bernard M.D. Musculoskeletal disorders and workplace factors: A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity and low back. – U.S. Department of health and human services Public Health Service Centers for Disease Control and Prevention National Institute for Occupational Safety and Health, 1997. – P. 590.
16. Physical risk factors for neck pain / G.A. Ariens, W. Van Mechelen, P.M. Bongers, L.M. Bouter, G. Van der Wal // Scandinavian Journal of Work, Environment & Health. – 2000. – Vol. 26, № 1. – P. 17–19. DOI: 10.5271/sjweh.504
17. Musculoskeletal disorders and the workplace: Low Back and Upper Extremities. National Research Council and the Institute of Medicine. – Washington, 2001. – P. 492. DOI: 10.17226/10032
18. Haakkanen M., Viikari-Juntura E., Martikainen R. Incidence of muscular-skeletal disorders among newly employed manufacturing workers // Scand. J. Work Environ Health. – 2001. – Vol. 27, № 6. – P. 381–387. DOI: 10.5271/sjweh.630

19. Heliovaara M. Work load and back pain // Scand. J. Work Environ Health. – 1999. – Vol. 25, № 5. – P. 385–386. DOI: 10.5271/sjweh.450
20. Максименко Л.В., Яковенко И.А. Риск развития боли в спине у работающих в стоматологии // Медицина труда и промышленная экология. – 2017. – № 9. – С. 118.
21. Ходжиев М., Шардакова Э.Ф., Елизарова В.В. Оценка функционального состояния трудовых мигрантов, занятых на строительных работах // Медицина труда и промышленная экология. – 2017. – № 9. – С. 207.
22. Комплексная физиолого-гигиеническая оценка труда работников ведущих профессиональных групп при современных технологиях строительства / Л.В. Прокопенко, Э.Ф. Шардакова, Е.Г. Ямпольская, В.В. Елизарова, А.В. Лагутина // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. – 2014. – № 1. – С. 65–74.
23. Ходжиев М. Гемодинамические характеристика и адаптационные возможности организма студентов-первокурсников // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. – 2016. – № 3. – С. 18–27.
24. Цфасман А.З., Алпаев Д.В. Циркадная ритмика артериального давления при измененном суточном ритме жизни. – М.: Репроцентр, 2011. – 144 с.

Физиологические критерии в совершенствовании классификации напряженности труда для задач оценки профессионального риска / И.В. Бухтияров, О.И. Юшкова, М. Ходжиев, А.В. Капустина, А.Ю. Форверц // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 1. – С. 90–99. DOI: 10.21668/health.risk/2021.1.09

UDC 613.644:612.842.5

DOI: 10.21668/health.risk/2021.1.09.eng



Research article

PHYSIOLOGICAL CRITERIA FOR IMPROVING LABOR INTENSITY CLASSIFICATION USED IN OCCUPATIONAL RISKS ASSESSMENT

I.V. Bukhtiyarov, O.I. Yushkova, M. Khodzhiev, A.V. Kapustina, A.Yu. Forverts

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

The paper focuses on results of substantiating and selecting informative physiological criteria that can be used for assessing and controlling functional state and working conditions category taking into account physical and nervous-emotional loads borne by CNC- machinery operators. Basing on complex physiological and ergonomic studies and retrospective data analysis, we showed that workers from various occupational groups who dealt with physical labor had to face certain strain over a working shift. Such strains, given long-term working experience, could result in neuromuscular system overstrain and occupational diseases occurrence.

We substantiated and developed informative physiological criteria that allowed assessing and controlling functional state and working capacity as well as working conditions category taking into account occupational activities.

The present research involved using a set of occupational studies, physiological and ergonomic procedures as well as clinical and statistic ones for examining peculiarities related to functional state of workers' bodies under exposure to occupational factors taking into account specific working tasks and loads. It allowed us to substantiate labor intensity assessment.

Our research results revealed that there was a strong correlation between hand muscles endurance to static exertion (decrease in % by the end of a work shift) and working conditions category given local and overall muscular loads borne by workers. This criterion is recommended for control over functional state and working capacity taking into account occupational peculiarities and gender-related differences. It is necessary to accumulate scientific data for confirming a similar correlation between overall physical working capacity (OPWC) and working conditions category. Results obtained via physiological research were used for developing prevention activities for workers.

Key words: *physiological criteria, classification, labor intensity, physical and nervous and emotional loads, working conditions category, functional state, overstrain, prevention.*

© Bukhtiyarov I.V., Yushkova O.I., Khodzhiev M., Kapustina A.V., Forverts A.Yu., 2021

Igor V. Bukhtiyarov – Doctor of Medical Science, Director, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences (e-mail: ivdukhtiyarov@mail.ru; tel.: +7 (495) 365-02-09; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8317-2718>).

Olga I. Yushkova – Doctor of Medical Science, Professor, Chief researcher at the Laboratory for Labor Physiology and Preventive Ergonomics (e-mail: doktorolga@inbox.ru; tel.: +7 (916) 541-20-48; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6704-3537>).

Makhmadamin Khodzhiev – Candidate of Medical Science, Doctoral student (e-mail: amin.dok59@mail.ru; tel.: +7 (968) 585-12-95; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5116-2486>).

Angelina V. Kapustina – Candidate of Biological Science, Senior researcher at the Laboratory for Labor Physiology and Preventive Ergonomics (e-mail: ft-matuhin@mail.ru; tel.: +7 (903) 542-45-74; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8631-0074>).

Anna Yu. Forverts – Junior researcher at the Laboratory for Labor Physiology and Preventive Ergonomics, post-graduate students (e-mail: agniia.forverts@gmail.com; tel.: +7 (903) 201-17-82; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3485-5221>).

References

1. Vasil'eva A.V., Gorshkov S.I., Gritsevskii M.A. Fiziologicheskie i gigienicheskie voprosy rezhimov truda i otdykha v promyshlennosti [Physiological and hygienic issues related to work and leisure regimes in industry]. *Rezhimy truda i otdykha i grafiki smennosti v vedushchikh otraslyakh promyshlennost: Materialy simpoziuma*. In: V.V. Kulemin ed. Moskva – Ivanovo, 1970, 177 p. (in Russian).
2. Matyukhin V.V., Bukhtiyarov I.V., Yushkova O.I., Shardakova E.F., Kalinina S.A., Elizarova V.V., Yampol'skaya E.G., Poroshenko A.S. Sovershenstvovanie kriteriev otsenki perenapryazheniya i garmonizatsiya standartov fizicheskoi rabotosposobnosti u rabotnikov sovremennykh form truda [Developing criteria for assessing overstrain and harmonizing standards for physical working capacity in workers employed in contemporary working conditions]. *Aktual'nye problemy meditsiny truda: sbornik trudov instituta*. In: I.V. Bukhtiyarov ed. Moscow, OOO «Melga» Publ., 2015, pp. 38–90 (in Russian).
3. Gridin L.A., Ikhalaïnen A.A., Bogomolov A.V., Kovtun A.L., Kukushkin Yu.A. Metody issledovaniya i farmakologicheskoi korrektsii fizicheskoi rabotosposobnosti cheloveka [Research procedures and procedures for pharmacological correction of human working capacity]. In: I.B. Ushakov ed. Moscow, Meditsina Publ., 2007, 104 p. (in Russian).
4. Theorell T., Perski A., Akerstedt T., Sigala F., Ahlberg-Hultén G., Svensson J., Eneroth P. Changes in job strain in relation to changes in physiological state. *Scand. J. Work Environ. Health*, 2013, vol. 14, no. 3, pp. 189–196. DOI: 10.5271/sjweh.1932
5. Anishchenko V.S., Kislytsyn Yu.L., Permyakov I.A. Monitoring rezervov fizicheskoi rabotosposobnosti zdorov'ya studentov [Monitoring over reserves of students' health and its physical working capacity]. *Uspekhi i perspektivy fiziologii truda v tret'em tysyacheletii: materialy konferentsii*. Moscow, 2001, pp. 25–27 (in Russian).
6. Kosorotova N.S., Reshchenko I.N., Bulavina M.V. Otsenka rabotosposobnosti u rabotnikov, zanyatykh tyazhelym fizicheskim trudom. *Professional'noe zdorov'e i trudovoe dolgoletie: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Shakhty, 2018, pp. 94–95 (in Russian).
7. Abol'yan L.V. Znachenie urovnya obshchei fizicheskoi rabotosposobnosti v razvitii utomleniya rabotayushchikh v usloviyakh professional'noi gipokinezii [Importance of overall physical working capacity and developing fatigue among workers under exposure to occupational hypokinesia]. *Gigiya truda i professional'nye zabolevaniya*, 1982, no. 10, pp. 14–18 (in Russian).
8. Matyukhin V.V., Bukhtiyarov I.V., Yushkova O.I., Shardakova E.F., Yampol'skaya E.G., Elizarova V.V., Poroshenko A.S., Kapustina A.V. [et al.]. Labor physiology role in workers of different type labor activity workability and health. Progress and prospects. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2013, no. 6, pp. 19–24 (in Russian).
9. Yampol'skaya E.G., Shardakova E.F., Elizarova V.V. Izuchenie vzaimosvyazi urovnya obshchei fizicheskoi rabotosposobnosti i pokazatelei zabolevaemosti [Examining a correlation between overall physical working capacity and morbidity]. *Psikhoфизиологические аспекты трудовой деятельности: всероссийский сборник научных статей*. Tver', 2002, pp. 43–49 (in Russian).
10. Matyukhin V.V., Elizarova V.V., Shardakova E.F., Yampol'skaya E.G. Risk factors of functional disorders in mental workers. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2009, no. 6, pp. 1–6 (in Russian).
11. Shardakova E.F., Yushkova O.I., Elizarova V.V., Lagutina G.N. Physiological evaluation of physical and nervous-mental overloads in medicine of labor. *Vestnik Tverskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya: Biologiya i ekologiya*, 2018, no. 3, pp. 7–20 (in Russian).
12. Danilov A.N., Bezrukova G.A., Novikova T.A. Work hardiness as a determinant of occupational health risk in agricultural workers. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2017, no. 9, pp. 59 (in Russian).
13. Merkulova A.G., Kalinina S.A., Bogdanova V.E. Dynamic study of the nervous muscular system of machine operator at the engine make. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2019, vol. 59, no. 9, pp. 695–696 (in Russian).
14. Punnett L., Prüss-Ustün A., Imel Nelson D., Fingerhut M.A., Leigh J., Tak S.W., Phillips S. Estimating the global burden of low back pain attributable to combined occupational exposures. *Am. J. Ind. Med.*, 2005, vol. 48, pp. 459–469. DOI: 10.1002/ajim.20232
15. Bruce P., Bernard M.D. Musculoskeletal disorders and workplace factors: A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity and low back. U.S.A.: U.S. Department of health and human services Public Health Service Centers for Disease Control and Prevention National Institute for Occupational Safety and Health Publ., 1997, 590 p.
16. Ariëns G.A., Van Mechelen W., Bongers P.M., Bouter L.M., Van der Wal G. Physical risk factors for neck pain. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 2000, vol. 26, no. 1, pp. 17–19. DOI: 10.5271/sjweh.504
17. Musculoskeletal disorders and the workplace: Low Back and Upper Extremities. National Research Council and the Institute of Medicine. Washington, 2001, pp. 492. DOI: 10.17226/10032
18. Haakkanen M., Viikari-Juntura E., Martikainen R. Incidence of muscular-skeletal disorders among newly employed manufacturing workers. *Scand. J. Work Environ Health*, 2001, vol. 27, no. 6, pp. 381–387. DOI: 10.5271/sjweh.630
19. Heliovaara M. Work load and back pain. *Scand. J. Work Environ Health*, 1999, vol. 25, no. 5, pp. 385–386. DOI: 10.5271/sjweh.450
20. Maksimenko L.V., Yakovenko I.A. Backache risk in dentistry workers. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2017, no. 9, pp. 118 (in Russian).
21. Khodzhiyev M., Shardakova E.F., Elizarova V.V. Assessing functional state of labor migrants engaged into construction works. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2017, no. 9, pp. 207 (in Russian).
22. Prokopenko L.V., Shardakova E.F., Yampol'skaya E.G., Elizarova V.V., Lagutina A.V. Integrated physiological-hygienic evaluation of labor in leading professional groups under modern technologies of constructing activities. *Vestnik Tverskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya: Biologiya i ekologiya*, 2014, no. 1, pp. 65–74 (in Russian).
23. Khodzhiyev M. Cardiovascular features and adaptable opportunities of the first course university students organism. *Vestnik Tverskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya: Biologiya i ekologiya*, 2016, no. 3, pp. 18–27 (in Russian).
24. Tsfasman A.Z., Alpaev D.V. Tsirkadnaya ritmika arterial'nogo davleniya pri izmenennom sutochnom ritme zhizni [Circadian rhythms of blood pressure in case daily rhythms have been changed]. Moscow, Reprintsentr Publ., 2011, 144 p. (in Russian).

Bukhtiyarov I.V., Yushkova O.I., Khodzhiyev M., Kapustina A.V., Forverts A.Yu. Physiological criteria for improving labor intensity classification used in occupational risks assessment. Health Risk Analysis, 2021, no. 1, pp. 90–99. DOI: 10.21668/health.risk/2021.1.09.eng

Получена: 18.01.2021

Принята: 07.02.2021

Опубликована: 30.03.2021