

Влияние эргономических факторов на формирование профессионального риска нарушений здоровья механизаторов сельского хозяйства

ФБУН «Саратовский научно-исследовательский институт сельской гигиены» Роспотребнадзора, ул. Заречная, 1-А, Саратов, Россия, 410022

Введение. Ведущее место в структуре профессиональной заболеваемости механизаторов сельского хозяйства занимают вертеброневрологические заболевания, развитие которых может быть связано с воздействием эргономических факторов трудовой деятельности.

Цель исследования — оценка эргономических факторов условий труда на мобильной сельскохозяйственной технике и выявление их влияния на формирование нарушений здоровья механизаторов сельского хозяйства.

Материалы и методы. Проведены комплексные физиолого-эргономические исследования при эксплуатации тракторов и зерноуборочных комбайнов старых образцов отечественного производства, включавшие оценку организации рабочих мест на соответствие требованиям эргономики и антропометрическим данным работников, временных, статодинамических, биомеханических характеристик рабочих поз и движений, функционального состояния механизаторов (130 человек в возрасте 20–45 лет с профессиональным стажем работы не менее трех лет) в динамике рабочей смены. Антропометрические исследования проведены среди мужчин-механизаторов (663 человек) в возрасте 18–59 лет и со стажем работы в профессии более трех лет.

Результаты. Выявлено несоответствие размерных и пространственно-компоновочных параметров рабочих мест эргономическим требованиям и антропометрическим данным механизаторов, обуславливающее формирование неудобных рабочих поз, повышение физической нагрузки и тяжести трудового процесса. Установлена высокая степень корреляционной зависимости между изменениями показателей нервно-мышечной системы и выраженностью несоответствия эргономических параметров антропометрическим характеристикам механизаторов ($r=0,7$). Результаты исследований позволили определить приоритетные меры по профилактике вертеброневрологических заболеваний у механизаторов сельского хозяйства.

Выводы. Организация рабочих мест на отечественных тракторах и зерноуборочных комбайнах старых образцов не соответствует эргономическим требованиям и антропометрическим данным механизаторов, что является причиной формирования неудобной рабочей позы, увеличения статодинамической физической нагрузки, раннего развития утомления и переутомления в процессе работы, что может явиться причиной развития патологических состояний позвоночника и связочного аппарата. Эргономическое совершенствование рабочих мест является одной из приоритетных мер сохранения здоровья механизаторов сельского хозяйства.

Ключевые слова: механизаторы сельского хозяйства; эргономические факторы; функциональные нарушения; профзаболевания; профилактика

Для цитирования: Новикова Т.А., Данилов А.Н., Спирин В.Ф. Влияние эргономических факторов на формирование профессионального риска нарушений здоровья механизаторов сельского хозяйства. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (7). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-400-405>

Для корреспонденции: Новикова Тамара Анатольевна, рук. отдела медицины труда ФБУН Саратовский НИИСГ Роспотребнадзора, канд. биол. наук, доц. E-mail: NovikovaTA-saratov@yandex.ru.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Tamara A. Novikova, Aleksey N. Danilov, Vladimir F. Spirin

The influence of ergonomic factors on the formation of occupational risk of health disorders of agricultural machine operators

Saratov Research Institute of Rural Hygiene, 1-A, Zarechnaya str., Saratov, Russia, 410022

Introduction. The leading place in the structure of occupational morbidity of agricultural machine operators is occupied by vertebro-neurological diseases, the development of which can be associated with the impact of ergonomic factors of labor activity. **The aim of the study** is to assess the ergonomic factors of working conditions on mobile agricultural machinery and to identify their impact on the formation of health disorders of agricultural machine operators.

Materials and methods. Complex physiological and ergonomic researches at operation of tractors and combine harvesters of old samples of domestic production including an assessment of the organization of workplaces on compliance to requirements of ergonomics and anthropometric data of workers, temporary, statodynamic, biomechanical characteristics of working poses and movements, a functional condition of machine operators (130 people aged 20–45 years with professional experience of work not less than three years) in dynamics of a work shift are carried out. Anthropometric studies were conducted among male machine operators (663 people) aged 18–59 years and with experience in the profession for more than three years.

Results. The discrepancy between the size and space-layout parameters of workplaces ergonomic requirements and anthropometric data of machine operators, causing the formation of uncomfortable working positions, increasing physical activity and the severity of the labor process. A high degree of correlation between changes in the parameters

of the neuromuscular system and the severity of the discrepancy between the ergonomic parameters of anthropometric characteristics of machine operators ($r=0,7$). The results of the research allowed to determine the priority measures for the prevention of vertebroneurological diseases in agricultural machine operators.

Conclusions. *The organization of workplaces on domestic tractors and combine harvesters of old samples does not meet the ergonomic requirements and anthropometric data of machine operators, which is the reason for the formation of an uncomfortable working posture, increased statodynamic physical activity, early development of fatigue and fatigue in the process, which can cause the development of pathological conditions of the spine and ligamentous apparatus. Ergonomic improvement of workplaces is one of the priority measures to preserve the health of agricultural machine operators.*

Key words: *agricultural machine operators; ergonomic factors; functional disorders; occupational diseases; prevention*

For citation: Novikova T.A., Danilov A.N., Spirin V.F. The influence of ergonomic factors on the formation of occupational health risk of agricultural machine operators. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 59 (7). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-400-405>

For correspondence: *Tamara A. Novikova*, Head of Department of Occupational Medicine, Saratov Central Research Institute, Cand. of Sci. (Biol.), Assoc. Prof. E-mail: NovikovaTA-saratov@yandex.ru

Funding. The study had no funding.

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

Введение. Профилактика «болезней, связанных с работой» является основным направлением политики Российской Федерации в области охраны здоровья работающего населения [1]. Наиболее остро данная проблема стоит в отношении работников аграрного сектора, среди которых 32,5% занято во вредных условиях труда, приводящих к развитию профессионально обусловленных и профессиональных заболеваний [2,3].

Ведущее место (56,3%) в структуре профессиональной заболеваемости работников аграрного сектора принадлежит механизаторам сельского хозяйства [4]. Согласно имеющимся в литературе данным, механизаторы в процессе трудовой деятельности подвергаются воздействию комплекса вредных факторов производственной среды и трудового процесса, являющихся факторами риска их здоровью. К ведущим из них относятся неблагоприятные микроклиматические условия, шум, общая и локальная вибрация, физические и эмоциональные нагрузки. При этом степень отклонения факторов от гигиенических нормативов в значительной мере зависит от технического состояния используемого машинно-тракторного парка, который в настоящее время на 70% представлен технологически устаревшими и физически изношенными тракторами и самоходными машинами старых образцов [5,6].

Согласно данным каиники профессиональных заболеваний Саратовского НИИ сельской гигиены, в нозологическом спектре накопленной профессиональной заболеваемости механизаторов первые ранговые места занимают вертеброневрологические заболевания (40,2%), в основном представленные пояснично-крестцовой радикулопатией [7,8]. Факторами риска развития данной патологии могут являться длительное выполнение работы в неудобной рабочей позе, динамическая физическая нагрузка, локальное мышечное перенапряжение [9]. В работах отечественных и зарубежных авторов показано, что указанные показатели трудового процесса в значительной мере определяют эргономическими факторами, характеризующимися степенью соответствия конструкций машин и организации рабочих мест размерам тела и психофизиологическим возможностям работающего человека [10–12]. Установление указанного соответствия обеспечивает рациональную рабочую позу, оптимальную физическую нагрузку, адекватную мобилизацию физиологических функций, устойчивую и высокую работоспособность работника без ущерба для его здоровья [13, 14]. Вместе с тем эргономические факторы условий труда механизаторов пока остаются малоизученными, что затрудняет разработку мер по профилактике профессиональной заболеваемости механизаторов

сельского хозяйства и определяет актуальность настоящих исследований.

Цель исследования — оценка эргономических факторов условий труда на мобильной сельскохозяйственной технике и выявление их влияния на формирование нарушений здоровья механизаторов сельского хозяйства.

Материалы и методы. Проведены комплексные исследования эргономических факторов условий труда при эксплуатации тракторов и зерноуборочных комбайнов старых образцов отечественного производства, широко используемых в настоящее время в сельском хозяйстве. В соответствии с принятыми в производственной эргономике принципами и рекомендациями исследования включили оценку пространственной организации рабочих мест, биомеханический анализ рабочих поз и движений, изучение показателей функционального состояния механизаторов [15].

Для эргономической оценки были вычерчены схематические эскизы рабочих мест с изображением зон регламентированного стандартами расположения органов управления, зон их фактического расположения и границ моторного пространства механизаторов с антропометрическими данными для 5-го, 50-го и 95-го перцентилей в положении сидя. Числовые значения антропометрических признаков были получены в процессе антропометрических исследований, проведенных в профессиональной группе мужчин-механизаторов сельского хозяйства русской национальности, численностью 663 человека, в возрасте 18–59 лет со стажем работы в профессии не менее трех лет. Для каждого антропометрического признака были вычислены среднее арифметическое значение признака (M), среднее квадратическое отклонение (δ), размах изменчивости признака в пределах 1–99-го и 5–95-го перцентилей, коэффициент асимметрии (γ_1) и коэффициент эксцессов (γ_2).

Временные, статодинамические и биомеханические характеристики рабочих поз и движений (усилия, частота, диапазон, траектория) были исследованы с помощью методов профессиографии, динамометрии и гониометрии [16]. Для оценки гониометрических характеристик были построены эпюры рабочих поз, проведена оценка рабочих углов в суставах, наклона корпуса и головы к вертикали на соответствие оптимальным значениям [15]. Всего проведено 9952 антропометрических, 1149 профессиографических и эргометрических исследований.

Физиологические исследования проведены в динамике рабочей смены в группе условно здоровых механизаторов численностью 130 человек, в возрасте 20–45 лет, со стажем работы в профессии не менее 3 лет. Использованы общепринятые в физиологии труда методы и тесты [17]. С учетом антропометрических данных обследованные бы-

ли разделены на три группы: первая — с длиной тела ниже средней (158,62–165,17 см), вторая — средней (165,18–174,17 см), третья — выше средней (174,18–180,72 см). Для оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы (ССС) регистрировались частота сердечных сокращений (ЧСС), систолическое и диастолическое артериальное давление (САД и ДАД), оценивались расчетные показатели гемодинамики — пульсовое давление (ПА), среднее динамическое давление (СДА), минутный объем крови (МОК), общее периферическое сопротивление сосудов движению крови (ОПС). Для оценки функционального состояния нервно-мышечного аппарата исследовались показатели силы и выносливости мышц кистей рук к статическому усилию и сенсомоторная координация движений. В соответствии с требованиями биомедицинской этики от всех обследованных было получено информированное согласие на участие в исследовании. Всего выполнено 5554 измерения. Статистическая обработка результатов исследований выполнена с применением программных приложений Microsoft Office–2007 (MS Excel–07) и программы Statistica 10.0. Достоверность различий уровней показателей в группах определялась по U критерию Манна-Уитни. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. Установлено, что кабины обследованной техники не полной мере соответствуют предъявляемым к ним требованиям стандартов (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Габаритные параметры кабин, мм Dimensions of the cabin, mm

Параметр	Тракторы	Зерноуборочные комбайны	Допустимое значение
Высота, мм	1400**	1600–1730	*
Ширина, мм	1250	1200–1050**	1250
Глубина, мм	1500	1360–1400**	1500
Объем, м ³	2,63**	2,44–2,87**	3,0
Площадь, м ²	1,8**	1,43–1,68**	1,95

Примечания: * — 1500 для тракторов, 1600 — для зерноуборочных комбайнов; ** — несоответствие регламентированным значениям.

Notes: * — 1500 for tractors, 1600 — for combine harvesters; ** — non-compliance with the regulated values.

Из этих данных следует, что на тракторах занижена высота кабин, на зерноуборочных комбайнах недостаточны их ширина и глубина. Это приводит к снижению площади и объема кабин и уменьшению рабочего пространства, нарушает оптимальность пространственного соотношения элементов рабочего места, способствуя поддержанию неудобной рабочей позы и ограничению рабочих движений.

Согласно эргономическим требованиям, конструкция рабочего сиденья должна обеспечивать удобную рабочую позу, свободное перемещение корпуса и конечностей относительно друг друга, создавать надежную опору позвоночника и костям таза с сохранением естественных изгибов позвоночника. Сиденье должно иметь подлокотники, регулировку подушки по высоте и спинки по высоте и углу наклона. Соблюдение указанных требований создает условия для оптимальной нагрузки на костно-мышечную систему, обеспечивает отсутствие статического напряжения на мышцы спины, нормальное функционирование систем организма и предупреждение раннего развития общего утомления [15].

На обследованных тракторах (ДТ-75М, ДТ-176С «Волгарь») установлено поддрессоренное рабочее сиденье, регули-

руемое по массе и росту оператора (± 40 мм) и в переднезаднем направлении (± 75 мм), с подвеской параллельного типа и гидравлическим амортизатором для гашения колебаний, с мягкой подушкой и спинкой, регулируемым углом наклона к вертикали от 0 до 20°, имеются подлокотники. Обследованные комбайны (СК-5 «Нива», РСМ-10 «Дон-1500, «Дон-1200») оборудованы амортизированным, регулируемым по высоте (± 40 мм) и в продольном направлении (± 75 мм) сиденьем с мягкой подушкой и спинкой, не регулируемой по углу наклона. Несоответствием рабочих сидений требованиям безопасности является отсутствие на всей обследованной технике профилировки элементов сидений. На комбайнах спинка сидения не имеет регулировки, отсутствуют подлокотники.

Эргономическая оценка позволила выявить несоответствия размеров элементов рабочих сидений антропометрическим данным механизаторов. Из представленных в таблице 2 данных следует, что на всей исследуемой технике размеры подушки и спинки сидений не соответствуют эргономическим требованиям. Это вынуждает механизаторов работать, сместившись на передней поверхности сиденья, что ведет к затруднению использования спинки сиденья в качестве опоры, сдавливанию нижней поверхности бедер, что может приводить к нарушению кровообращения в нижних конечностях. Заниженная высота поверхности сидений на тракторах обуславливает сокращение угла в тазобедренных суставах.

Согласно эргономическим требованиям, органы ручного управления в среднем по регулировкам положению должны быть сгруппированы в моторном пространстве в пределах минимальной и максимальной досягаемости рук механизаторов, составляющих, согласно результатам антропометрических исследований, 438 мм и 737 мм соответственно для 50-го перцентиля. При этом органы ручного управления постоянного пользования должны быть размещены в зоне оптимальной досягаемости рук, расположенной по средней линии от минимальной и максимальной передней досягаемости рук по горизонтали ± 100 мм. Часто используемые органы управления должны располагаться между границами минимальной и максимальной досягаемости моторного пространства. Фактически за пределами оптимальной досягаемости на тракторах расположены рукоятки рычагов постоянного (механизма поворота) и частого пользования (переключения коробки передач); на комбайнах СК-5М — рулевое колесо и рычаги гидросистемы, являющиеся рычагами постоянного пользования.

Органы управления редкого и периодического пользования могут находиться в пределах максимальной передней досягаемости. Их высота над уровнем пола должна быть не менее 360 мм, соответствуя границе нижней досягаемости рук механизаторов для 50-го перцентиля. Однако на обследуемой технике большинство рычагов редкого и периодического пользования находятся за пределами досягаемости рук механизаторов. Педали должны быть расположены в оптимальной зоне действия ног или зоне их досягаемости, составляющей, согласно результатам антропометрических исследований, 730 мм. На исследуемых тракторах и комбайнах педали находятся за пределами этой зоны. Согласно данным биомеханики, максимальное усилие ногой развивается при положении опорной площадки не далее 100 мм от медиальной линии тела, так как движения ноги в этой зоне наиболее эффективны и наименее утомительны [16]. На тракторах педали удалены от указанной линии на 220–280 мм, на комбайнах — на 180–420 мм.

Расположение органов ручного и ножного управления за пределами регламентированного расположения и досягаемости рук и ног вынуждает механизаторов принимать ра-

бочую позу с наклоном корпуса вперед и отклонением рабочих углов в суставах от оптимальных значений (табл. 3).

Поскольку основная сенсорная зона при работе на сельскохозяйственной технике находится вне кабины, существенную роль для формирования рабочей позы механизатора приобретает состояние обзорности. Было установлено, что вертикальные углы обзора через переднюю часть лобового стекла на всех исследуемых тракторах и комбайнах меньше допустимых [9]. Стремясь улучшить обзор, ме-

ханизаторы принимают позу с наклоном корпуса и головы вперед с фиксацией взгляда на низко расположенных объектах наблюдения. Согласно эргономической биомеханике, поза без поддержки для спины неудобна и утомительна, ее поддержание требует включения в работу большого числа мышц в статическом режиме. При позе сидя с наклоном корпуса вперед и фиксацией взгляда на низко расположенных объектах возникают моменты силы тяжести головы относительно шейных позвонков и верхней части тела от-

Таблица 2 / Table 2

Соответствие эргономических параметров рабочих мест антропометрическим данным механизаторов
Compliance of ergonomic parameters of workplaces with anthropometric data of machine operators

Параметр рабочего сиденья, мм	Марка техники	Фактическое значение, мм	Определяющий антропометрический признак, мм
Высота поверхности регулируемая	ДТ-75М ДТ-175С СК-5М РСМ-10	400±40* 400±40* 440±40 440±40	390–464 — высота подколенного угла над полом для 5–95-го перцентилей ($\delta=2,84$)
Ширина подушки	ДТ-75М ДТ-175С СК-5М РСМ-10	460* 460* 400* 450*	406+100 — наибольшая ширина таза в положении сидя для 95-го перцентилей ($\delta=2,71$)
Глубина подушки	ДТ-75М ДТ-175С СК-5М РСМ-10	410* 410* 400* 400*	335 — 2/3 значения признака спинки сиденья — подколенный угол для 50-го перцентилей ($\delta=2,84$)
Высота спинки	ДТ-75М ДТ-175С СК-5М РСМ-10	370* 370* 330* 370*	538 — высота нижнего угла лопатки над сиденьем для 95-го перцентилей ($\delta=2,61$)
Граница расположения органов постоянного пользования	ДТ-75М ДТ-175С СК-5М РСМ-10	880* 880* 710* 520	438±100 — спинка сиденья — фаланговая III точки руки, согнутой под углом 90° (минимальная передняя досягаемость) для 50-го перцентилей ($\delta=3,24$)
Граница расположения органов редкого и периодического пользования	ДТ-75М ДТ-175С СК-5М РСМ-10	870* 870* 900* 910*	737±100 — спинка сиденья — фаланговая III точки руки, вытянутой вперед (максимальная передняя досягаемость) для 50-го перцентилей ($\delta=3,24$)
Расположение органов управления над полом	ДТ-75М ДТ-175С СК-5М РСМ-10	270* 270* 190* 240*	360 — высота пальцевой III точки руки, опущенной вниз (нижняя граница досягаемости) для 50-го перцентилей ($\delta=3,12$)
Оптимальная досягаемость ног	ДТ-75М ДТ-175С СК-5М РСМ-10	910* 910* 820* 830*	730 — Спинка сиденья — конечная точка стопы для 50-го перцентилей ($\delta=4,98$)

Примечание. * — несоответствие допустимым значениям

Note. * — discrepancy of the valid values.

Таблица 3 / Table 3

Гониометрические характеристики рабочих поз механизаторов
Goniometric characteristics of working positions of machine operators

Наименование угла	Марка техники				Оптимальное, °
	ДТ-175С	ДТ 75	РСМ-10	СК-5М	
	Значение угла, °				
Наклон корпуса	12,01±1,81* вперед	8,1±4,63* вперед	4,81±2,81* вперед	2,0,8±1,01 * вперед	10 назад
Тазобедренный сустав	78,17±1,48*	68,21±2,07*	70,8±1,94*	86,29±1,72*	85–100
Локтевой сустав	165,41±5,0 *	142,1±4,68*	158,42±4,02*	120,28±4,71	90–145
Коленный сустав	102.94±1.84*	112.4±1.37	118.31±1.37	94.41±1.02*	110–120

Примечание: * — несоответствие оптимальным значениям.

Note: * — discrepancy of the optimal values.

носителем поясничной области. При этом увеличивается нагрузка на мышцы-разгибатели шеи и позвоночника, что приводит к их раннему утомлению, переутомлению и появлению болевых ощущений. Возрастают силы, действующие на пояснично-крестцовое сочленение, нарушается естественная кривизна позвоночника в поясничной части, увеличивается нагрузка на межпозвоночные диски. Чрезмерное увеличение внутридискового давления приводит к преждевременной дегенерации дисков, следствием которой является развитие патологических состояний позвоночника и связочного аппарата [10,16,18]. Хронометражные исследования в производственных условиях показали, что при работе на тракторе механизатор для обзора прицепных орудий через заднее окно кабины был вынужден периодически (до 13 раз за час работы) принимать ассиметричную позу с разворотом корпуса вправо. Такая поза характеризовалась разворотом плечевого пояса (от 5° до 38°), возникновением углов бокового наклона плечевого пояса и таза к горизонтали, появлению компенсаторного сколиоза позвоночника в шейном и грудном отделах.

Отрицательное влияние нерационального расположения органов управления усугубляется высоким темпом рабочих движений. По результатам хронометражных исследований, при работе на гусеничном тракторе средняя частота манипуляций рычагами за 1 час работы достигала 980, педалями — 495 движений. Фактором, повышающим нагрузку на опорно-двигательный аппарат, явилась чрезмерная траектория хода отдельных рычагов, приводящая к глубоким (более 30 градусов) наклонам вперед с ротацией корпуса. Частота наклонов варьировалась от 100 до 300 за смену, что соответствует тяжелым условиям труда (класс 3.2). Важным фактором, формирующим тяжелые условия труда механизаторов, явились усилия, прилагаемые к органам управления при их переключении, в большинстве случаев превышающие допустимые значения. Длительность поддержания неудобной рабочей позы при выполнении основных видов полевых работ на обследованной технике составила 60–80% фактического рабочего времени, что оценено как вредные условия труда 2 степени (класс 3.2). Общая оценка тяжести трудового процесса механизаторов соответствует вредным условиям труда 3 степени (класс 3.3).

Неблагоприятное влияние неудобной рабочей позы и нерациональных движений при работе на мобильной сельскохозяйственной технике сочетается с воздействием превышающих ПДУ локальной и общей вибрации и микроклиматическим дискомфортом (повышенная температура, влажность и скорость движения воздуха) [5].

Физиологические исследования позволили установить зависимость изменений показателей функционального состояния организма от степени несоответствия организации рабочих мест антропометрическим данным. Более выраженные изменения наблюдались у механизаторов с антропометрическими данными ниже средних, у которых зарегистрировано достоверное увеличение частоты сердечных сокращений (ЧСС) к концу рабочего дня по сравнению с исходными значениями ($p<0,01$) при одновременном снижении артериального давления, минутного объема крови (МОК), периферического сопротивления (ПС) ($p<0,05$) на фоне повышения среднего гемодинамического давления ($p<0,05$), что свидетельствовало о значительном напряжении ЦНС.

Результаты изучения показателей динамометрии также позволили выявить более выраженные их изменения у механизаторов первой группы, у которых снижение силы и выносливости мышц кистей рук достигало 32,8% от ис-

ходного уровня ($p<0,001$), тогда как у механизаторов второй и третьей групп оно составило 14% ($p<0,001$) и 10% ($p<0,001$), соответственно. Исследование процесса сенсомоторной координации, оцениваемого по числу касаний и времени выполнения задания (координационного теста), также подтвердило выявленную зависимость. Замедление скорости двигательной реакции и уменьшение точности переработки информации к концу рабочего дня отмечались у всех обследованных, что могло свидетельствовать об ослаблении процесса возбуждения и состоянии растормаживания в двигательной зоне коры больших полушарий за счет уменьшения силы и степени концентрации нервных процессов. Наиболее ярко признаки утомления проявились у механизаторов с длиной тела ниже средней — число касаний увеличилось к концу рабочей смены на 46,09% ($p<0,001$), время выполнения теста на 28,71% ($p<0,001$), в то время как в группе механизаторов с длиной тела выше средней число касаний увеличилось на 27,50% ($p<0,001$), а время выполнения задания — на 14,1% ($p<0,001$).

Учитывая, что параметры производственной среды при проведении исследований были одинаковыми для всех обследованных, можно сделать вывод об определяющем влиянии эргономических факторов в развитии выявленных функциональных нарушений. Рассчитанный методом непараметрического однофакторного дисперсионного анализа показатель силы влияния (η^2) удаленности органов управления от зон досягаемости рук на показатели функционального состояния нервно-мышечной системы механизаторов (ошибки, время выполнения теста на координацию движений, силу и выносливость мышц кистей рук) колебался от 19% до 47%. Выявлена высокая степень корреляционной зависимости между неблагоприятными функциональными сдвигами нервно-мышечной системы и выраженностью несоответствия эргономических параметров антропометрическим размерам тела механизаторов ($r=0,7$).

Приоритетными мерами по профилактике профессиональной патологии позвоночника и связочного аппарата у механизаторов сельского хозяйства является эргономическая оптимизация рабочих мест — приведение параметров рабочих мест в соответствие с антропометрическими данными, регулировка сидения по высоте и в переднезаднем направлении с учетом индивидуальных размеров и массы тела работника, улучшение обзорности с рабочего места. В связи с тем, что полностью исключить вредное влияние эргономических факторов на современном этапе невозможно, особое значение приобретают превентивные технические, санитарно-гигиенические и медико-профилактические меры: производственный контроль соблюдения санитарных правил и выполнения санитарно-противоэпидемических мероприятий, рационализация режимов труда и отдыха, соблюдение сроков текущего и капитального ремонтов техники. Важная роль принадлежит проведению периодических медицинских осмотров, лечебно-профилактических и реабилитационных мероприятий.

Выводы:

1. Организация рабочих мест в кабинах тракторов и зерноуборочных комбайнов отечественных марок старых образцов не соответствует эргономическим требованиям: недостаточные размеры кабин, нерациональное рабочее сиденье, неудовлетворительное состояние обзорности, расположение органов управления за пределами досягаемости рук и ног механизаторов.

2. Несоответствие параметров рабочих мест антропометрическим данным механизаторов является при-

чиной формирования неудобной рабочей позы, увеличения статодинамической физической нагрузки, функциональных нарушений, которые могут явиться причинами развития патологических состояний позвоночника и связочного аппарата.

3. Эргономическая оптимизация рабочей позы и сенсомоторной деятельности механизаторов на основе учета антропометрических данных в организации рабочих мест является одной из приоритетных мер по оздоровлению условий труда и профилактике профессиональных заболеваний у механизаторов сельского хозяйства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Материалы заседания правительственной комиссии по вопросам охраны здоровья граждан. *Мед. труда и пром. экол.* 2014; 7: 1–19
2. *Труд и занятость в России.* 2017: Стат.сб. Росстат. Т. 78. М.; 2017. http://www.gks.ru/free_doc/doc_2017/trud_2017.pdf.
3. Попова А.Ю. Проблемы и тенденции профессиональной заболеваемости работников сельского хозяйства Российской Федерации. *Здоровье населения и среда обитания.* 2016; 9: 4–9.
4. Данилов А.Н., Безрукова Г.А., Новикова Т.А. Медико-гигиенические аспекты сохранения трудового потенциала работников сельского хозяйства. В сб.: «Мат. респуб. науч.-практ. конф. с межд.уч. «Здоровье и окр. среда». Минск, РНМБ. 2017; 1: 127–30.
5. Новикова Т.А., Спирин В.Ф., Данилов А.Н. Гигиена труда и профилактика профессиональной заболеваемости механизаторов сельского хозяйства. Саратов: Амirit; 2018.
6. Новикова Т.А., Райкин С.С., Новикова В.С. Субъективная оценка влияния социально-гигиенических факторов на формирование здоровья работников сельского хозяйства. *Мед. труда и пром. экол.* 2017; 9: 141–2.
7. Безрукова Г.А., Новикова Т.А. и др. Заболевания периферической нервной системы, ассоциированные с условиями труда, в профессии тракторист-машинист сельскохозяйственного производства. *Мед. труда и пром. экол.* 2015; 9: 33
8. Мединцев В.А. и др. Эффективность остеопатического лечения механизаторов с профессиональной пояснично-крестцовой радикулопатией. *Мануальная терапия.* 2014; 4 (56): 32–8.
9. Данилов А.Н., Безрукова Г.А., Новикова Т.А. Тяжесть трудового процесса как детерминанта профессионального риска здоровью работников сельского хозяйства. *Мед. труда и пром. экол.* 2017; 9: 59
10. Горшков С.И. *Производственная эргономика.* М.: Медицина; 1979.
11. Casey S.M. Anthropometry of Farm Equipment Operators. *Human Factors Society Bulletin.* 1989; 11: 1–16.
12. Barello A., Fubini E., Salis N. Etude ergonomique des sieges pour personnes agees. *Biometrie Humain et anthropologic.* 2000; 18 (1–2): 1–7.
13. Anderson G.B. *Low Back Pain. Occupational Ergonomics: Work Related Upper Limb and Back Disorders.* Amerikan Industrial Hygiene Association. San Diego Section. San Diego; 1991.
14. Рабцевич А.А., Радкевич М.С. Эргономика и ее значение для оптимизации трудовой деятельности человека. *Молодой ученый.* 2014\$ 5: 306–07. <https://moluch.ru/archive/64/10404/>.
15. *Эргономика: принципы и рекомендации: Методическое руководство.* Изд. 2-е, перераб. М.: ВНИИТЭ; 1981.
16. Аруин А.С., Зациорский В.М. *Эргономическая биомеханика.* М.: Медицина; 1989.
17. Горшков С.И., Золина З.М., Мойкин Ю.В. *Методики исследований в физиологии труда.* М.: Медицина; 1974.
18. Brinckmann P. Pathology of the vertebral column. *Ergonomics.* 1985; 28 (1): 46.3.

19. Шеппер Ж. *Физиология труда (эргономика).* М.: Медицина; 1973.

REFERENCES

1. Materials of the meeting of the government commission on the protection of public health. *Med. truda i prom. ecol.* 2014; (7): 1–19 (in Russian).
2. *Labor and employment in Russia.* 2017: Stat.sb. Rosstat. T. 78. M., 2017. URL: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2017/trud_2017.pdf (in Russian).
3. Popova A.Yu. Problems and trends in occupational morbidity of agricultural workers in the Russian Federation. *Zdorov'ye naseleniya i sreda obitaniya.* 2016; (9): 4–9 (in Russian).
4. Danilov A.N., Bezrukova G.A. et al. Medical and hygienic aspects of preserving the labor potential of agricultural workers. *Sb. mat. respub. nauch.-prakt. konf. s mezhd. Uch. Zdorov'ye i okruzhayushchaya sreda.* Minsk: RNMB, 2017; 1: 127–30 (in Russian).
5. Novikova T.A., Spirin V.F., Danilov A.N. *Occupational health and prevention of occupational morbidity among agricultural machine operators.* Saratov: Amirit; 2018 (in Russian).
6. Novikova T.A., Raykin S.S., Novikova V.S. Subjective assessment of the impact of socio-hygienic factors on the formation of the health of agricultural workers. *Med. truda i prom. ecol.* 2017; (9): 141–2 (in Russian).
7. Bezrukova G.A., Novikova T.A. et al. Peripheral nervous system diseases associated with working conditions in the profession of an operator-driver of agricultural production. *Med. truda i prom. ecol.* 2015; (9): 33 (in Russian).
8. Medentsov V.A. et al. The effectiveness of osteopathic treatment of mechanization with professional lumbosacral radiculopathy. *Manual'naya terapiya.* 2014; 4 (56): 32–8 (in Russian).
9. Danilov A.N., Bezrukova G.A., Novikova T.A. The severity of the work process as a determinant of occupational risk to the health of agricultural workers. *Med. truda i prom. ecol.* 2017; (9): 59 (in Russian).
10. Gorshkov S.I. *Industrial ergonomics.* M.: Meditsina; 1979 (in Russian).
11. Casey S.M. Anthropometry of Farm Equipment Operators. *Human Factors Society Bulletin.* 1989; 11: 1–16.
12. Barello A., Fubini E., Salis N. Etude ergonomique des sieges pour personnes agees. *Biometrie Humain et anthropologic.* 2000; 18 (1–2): 1–7.
13. Anderson G.B. *Low Back Pain. Occupational Ergonomics: Work Related Upper Limb and Back Disorders.* Amerikan Industrial Hygiene Association. San Diego Section. San Diego; 1991.
14. Rabtsevich A. A., Radkevich M. S. Ergonomics and its importance for the optimization of human labor. *Molodoy uchenyy.* 2014; (5): 306–7. <https://moluch.ru/archive/64/10404/>.
15. *Ergonomics: principles and recommendations: Methodical manual.* zd. 2-e, pererab. M.: VNIITE; 1981 (in Russian).
16. Aruin A.S., Zatsiorskiy V.M. *Ergonomic biomechanics.* M.: Meditsina; 1989 (in Russian).
17. Gorshkov S.I., Zolina Z.M., Moykin Yu.V. *Research techniques in the physiology of labor.* M.: Meditsina; 1974 (in Russian).
18. Brinckmann P. Pathology of the vertebral column. *Ergonomics.* 1985; 28 (1): 46.3.
19. Sherrer Z.H. *Physiology of Labor (ergonomics).* M.: Meditsina; 1973 (in Russian).

Дата поступления / Received: 12.04.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 28.06.2019

Дата публикации / Published: 24.07.2019