

EDN: <https://elibrary.ru/pvoobv>DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-8-542-551>

УДК 613.64:612.16

© Коллектив авторов, 2024

Устьянцев С.А., Протасова О.С., Кишка О.В., Данилова М.А., Липанова Л.А., Насыбуллина Г.М., Ким А.В., Решетова С.В., Кутлаева Ю.Ю., Анкудинова А.В., Бабилова А.С., Попова О.С., Хачатурова Н.А., Малкова Т.Г., Бем Л.Н.

Пангониометрия — современный метод физиолого-гигиенической оценки тяжести труда по показателю «Рабочая поза»

ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Репина, 3, Екатеринбург, 620014

Введение. Развитие медицины труда обеспечивается в значительной степени её комплексным подходом в изучении системы «Человек–машина–производственная среда», включающим оценку многих факторов, характеризующих производственную систему в формирующем условия труда действии. Однако в понятии «Условия труда» они есть «совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье работника», т. е. трактуются в статике (как совокупность...) и пассивно — без участия работника в формировании условий своего труда. Вероятно, поэтому условия труда исследуются дозовыми экспозициями вещественных факторов, не способствующими выявлению их первичной связи с работающим человеком — связи, формирующей результат фактического взаимодействия факторов вещественных с одушевлённым в конкретное время на данном рабочем месте, выявление которой доступно только эффективным экспозициям вещественных факторов — экспозициям более высокого уровня качества, претендующим и на им соответствующее качество нормирования — комплексное, универсальное, с расширенной шкалой оценки условий труда, и впервые открывающее возможность их идентификации, зависимой от состояния и динамики здоровья работника.

В данном исследовании измерялась и оценивалась эффективная экспозиция одной из самых сложных, в определении и оценке, характеристик фактора тяжести труда — «Рабочая поза». Она оценивалась в сравнении с традиционно определяемыми дозовыми экспозициями рабочей позы в исследуемых трудовых процессах.

Цель исследования — повышение точности гигиенической оценки тяжести труда по показателю «Рабочая поза» с помощью современной методики — пангониометрии.

Материалы и методы. У трех групп работников (2 водителей легковых автомобилей, 10 врачей клинической лабораторной диагностики и 30 дежурных электромонтёров) применялись три различных методики изучения рабочей позы, из которых две широко представлены в нормативно-методической и научной литературе, а третья была разработана авторами и назван пангониометрической. Методика эта заключалась в изготовлении эпюр рабочих поз, являющихся материалом для измерения транспортом пределов колебаний градусов движения различных звеньев локомоторной системы в суставах. Измерялись фактические пределы колебания угловых градусов, определялось превышение ими известных оптимальных пределов в зонах повышенной нагрузки на сустав и время его работы в этих зонах. Статистическая обработка полученного материала проводилась с применением *t*-критерия Стьюдента и коэффициента корреляции Пирсона.

Результаты. Установлено, что производимый по методике пангониометрии показатель эффективной экспозиции форм рабочих поз существенно, на 1–2 класса и степени вредности, уточняют оценку тяжести труда в сравнении с показателем дозовой экспозиции рабочих поз.

Ограничения исследования. Малое количество исследуемых в группе водителей автомобилей — 2 человека.

Заключение. Пангониометрия — метод физиолого-гигиенического и физиолого-клинического комплексного исследования и оценки влияния форм рабочих поз на здоровье в условиях трудового процесса. Метод уточняет гигиеническую оценку тяжести труда по показателю «Рабочая поза» выявлением первичной связи между рабочей нагрузкой на суставы и их рабочим напряжением, материализуя эту важную в диагностическом и профилактическом отношении связь в показателе эффективной экспозиции гониометрического индекса рабочей позы. В показателе, имеющем свойство быть проводником к управлению условиями труда на рабочем месте открытым моделированием элементов не только вещественного фактора, но и взаимодействующего с ним одушевлённого, представленного свойствами организма работника.

Этика. При подготовке статьи авторы руководствовались этическими принципами медицинских исследований, изложенными в Хельсинской декларации всемирной медицинской ассоциации последнего пересмотра.

Ключевые слова: пангониометрия; гониометрический индекс рабочей позы; эффективная экспозиция гониометрического индекса

Для цитирования: Устьянцев С.А., Протасова О.С., Кишка О.В., Данилова М.А., Липанова Л.А., Насыбуллина Г.М., Ким А.В., Решетова С.В., Кутлаева Ю.Ю., Анкудинова А.В., Бабилова А.С., Попова О.С., Хачатурова Н.А., Малкова Т.Г., Бем Л.Н. Пангониометрия — современный метод физиолого-гигиенической оценки тяжести труда по показателю «Рабочая поза». *Мед. труда и пром. экол.* 2024; 64(8): 542–551. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-8-542-551> <https://elibrary.ru/pvoobv>

Для корреспонденции: Устьянцев Сергей Леонидович, e-mail: ustyantsev.c@gmail.com

Участие авторов:

- | | |
|----------------|--|
| Устьянцев С.А. | — разработка методики, дизайн исследования, сбор и обработка данных, написание текста, редактирование; |
| Протасова О.С. | — разработка методики, дизайн исследования, сбор и обработка данных, написание текста, редактирование; |
| Кишка О.В. | — разработка методики, дизайн исследования, сбор и обработка данных, написание текста, редактирование; |
| Данилова М.А. | — сбор, обработка данных, формулировка выводов; |

- Липанова Л.А. — разработка методики, дизайн исследования, сбор и обработка данных, написание текста, редактирование;
 Насыбуллина Г.М. — разработка методики, дизайн исследования, сбор и обработка данных, написание текста, редактирование;
 Ким А.В. — изготовление эпоксидных форм рабочих поз, их описание, гигиеническая оценка, написание текста;
 Решетова С.В. — изготовление эпоксидных форм рабочих поз, их описание, гигиеническая оценка, написание текста;
 Кутлаева Ю.Ю. — сбор, обработка данных, формулировка выводов;
 Анкудинова А.В. — сбор, обработка данных, формулировка выводов;
 Бабикова А.С. — изготовление эпоксидных форм рабочих поз, их описание, гигиеническая оценка, написание текста;
 Попова О.С. — изготовление эпоксидных форм рабочих поз, их описание, гигиеническая оценка, написание текста;
 Хачатурова Н.А. — изготовление эпоксидных форм рабочих поз, их описание, гигиеническая оценка, написание текста;
 Малкова Т.Г. — изготовление эпоксидных форм рабочих поз, их описание, гигиеническая оценка, написание текста;
 Бем Л.Н. — изготовление эпоксидных форм рабочих поз, их описание, гигиеническая оценка, написание текста.
Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Дата поступления: 08.07.2024 / **Дата принятия к печати:** 31.07.2024 / **Дата публикации:** 15.09.2024

Sergey L. Ustyantsev, Oksana S. Protasova, Oksana V. Kishka, Mehriban A. Danilova, Lyudmila L. Lipanova, Galiya M. Nasybullina, Anastasiya V. Kim, Svetlana V. Reshetova, Yulia Yu. Kutlaeva, Anna V. Ankudinova, Anastasia S. Babikova, Olga S. Popova, Nataliya L. Khachaturova, Tatyana G. Malkova, Lyubov N. Bem

Pangoniometry is a modern method of physiological and hygienic assessment of the severity of work according to the indicator "Working posture"

Ural State Medical University, 3, Repina St, Ekaterinburg, 620014

Introduction. The development of occupational health is largely ensured by its comprehensive approach to the study of the "Man-machine-production environment" system, which includes an assessment of many factors characterizing the production system in the action shaping working conditions. However, in the concept of "Working conditions" they are "a set of factors in the working environment and the labor process that influence the performance and health of the employee", that is, they are interpreted statically (as a set...) and passively — without the participation of the employee in shaping the conditions of his work. This is probably why the working conditions are being investigated dose exposures of material factors that do not contribute to the identification of their primary connection with a working person — a connection that forms the result of the actual interaction of material factors with the animate at a certain time in a given workplace, the identification of which is available only to effective exposures of material factors — expositions of a higher level of quality, claiming to have the appropriate quality of rationing — comprehensive, universal, with an expanded scale of assessment of working conditions, and for the first time opens up the possibility of their identification, depending on the state and dynamics of the employee's health. In this study, scientists measured and evaluated the effective exposure of one of the most difficult to determine and evaluate the characteristics of the labor severity factor — the "Working posture". The experts gave an assessment in comparison with the traditionally defined basic exposures of the working position in the studied labor processes.

The study aims to increase the accuracy of the hygienic assessment of the severity of work according to the indicator "Working posture" using a modern technique — pangoniometry.

Materials and methods. In three groups of workers (2 car drivers, 10 doctors of clinical laboratory diagnostics and 30 electricians on duty), specialists applied three different methods of studying the working posture, two of which are widely represented in the normative and methodological and scientific literature, and the third was developed by the authors and was called pangoniometric. This technique consisted in drawing up diagrams of working poses, which are the material for measuring with the help of a protractor the limits of fluctuations in the degrees of motion of various parts of the locomotor system in joints. The researchers also measured the actual limits of fluctuations in angular degrees, determined that they exceeded the known optimal limits in areas of increased stress on the joint and the time of its operation in these areas. The authors have carried out statistical processing of the obtained material using the Student's t-test and the Pearson correlation coefficient.

Results. It was found that the indicator of the effective effect of the forms of working poses obtained by the method of pangoniometry significantly, by 1–2 classes and degrees of harmfulness, clarifies the assessment of the severity of labor in comparison with the indicator of the dose exposure of working poses.

Limitation. There were a small number of car drivers studied — two people.

Conclusion. Pangoniometry is a method of physiological-hygienic and physiological-clinical comprehensive research and assessment of the impact of forms of working postures on health in the labor process. The method clarifies the hygienic assessment of the severity of work according to the indicator "Working posture" by identifying the primary relationship between the load on the joints and their working tension, materializing this important relationship in diagnostic and preventive terms in the indicator of the effective effect of the goniometric index of the working posture. In an indicator that has the property of being a guide to managing working conditions in the workplace by openly modeling elements of not only the material factor, but also the animate interacting with it, represented by the properties of the employee's body.

Ethics. In preparing the article, the authors were guided by the Ethical principles of medical research set out in the Helsinki Declaration of the World Medical Association in the latest edition.

Keywords: pangoniometry; goniometric index of working posture; effective exposure of the goniometric index

For citation: Ustyantsev S.L., Protasova O.S., Kishka O.V., Danilova M.A., Lipanova L.L., Nasybullina G.M., Kim A.V., Reshetova S.V., Kutlaeva Yu.Yu., Ankudinova A.V., Babikova A.S., Popova O.S., Khachaturova N.L., Malkova T.G., Bem L.N. Pangoniometry is a modern method of physiological and hygienic assessment of the severity of labor according to the indicator "Working posture". *Med. truda i prom. ekol.* 2024; 64(8): 542–551. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-8-542-551> <https://elibrary.ru/pvoobv> (in Russian)

For correspondence: Sergey L. Ustyantsev, e-mail: ustyantsev.c@gmail.com

Contribution:

Ustyantsev S.L. — methodology development, research design, data collection and processing, text writing, editing;

- Protasova O.S.* — methodology development, research design, data collection and processing, text writing, editing;
Kishka O.V. — methodology development, research design, data collection and processing, text writing, editing;
Danilova M.A. — data collection, processing, formulation of conclusions;
Lipanova L.L. — methodology development, research design, data collection and processing, text writing, editing;
Nasybullina G.M. — methodology development, research design, data collection and processing, text writing, editing;
Kim A.V. — making diagrams of the forms of working poses, their description, hygienic assessment, writing the text;
Reshetova S.V. — making diagrams of the forms of working poses, their description, hygienic assessment, writing the text;
Kutlaeva Yu.Yu. — data collection, processing, formulation of conclusions;
Ankudinova A.V. — data collection, processing, formulation of conclusions;
Babikova A.S. — making sketches of the forms of working poses, their description, hygienic assessment, writing the text;
Popova O.S. — making diagrams of the forms of working poses, their description, hygienic assessment, writing the text;
Khachaturova N.L. — making diagrams of the forms of working poses, their description, hygienic assessment, writing the text;
Malkova T.G. — making diagrams of the forms of working poses, their description, hygienic assessment, writing the text;
Bem L.N. — making diagrams of the forms of working poses, their description, hygienic assessment, writing the text.

Funding. The study had no funding.

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

Received: 08.07.2024 / Accepted: 31.07.2024 / Published: 15.09.2024

Введение. Успешное развитие медицины труда обусловлено в значительной степени её комплексным подходом к изучению системы «Человек–машина–производственная среда» [1–21], предусматривающим оценку многих факторов, характеризующих эту систему в формирующем условия труда действии — в движении системы. Однако понятие условий труда — «совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье работника»¹ трактуется в статике (как совокупность факторов ...) и пассивно — без участия работника в формировании класса условий своего труда. Примерами такого участия могут быть: влияющее на устойчивость гомеостаза на рабочем месте отношение к своему здоровью, своевременное применение традиционных и не ставших традиционными других эффективных средств индивидуальной защиты на рабочих местах, развитие и достижение высоких физических, психо-физиологических и умственных способностей к сопротивлению вредному воздействию факторов трудового процесса и производственной среды, а при отсутствии такового — к сохранению и дальнейшему укреплению здоровья. Вышеуказанное официальное определение основного предмета исследования медицины труда не отражает динамику его факторами формирующей производственной системы с её постоянно изменяющимися во взаимодействии между собой вещественными и одушевлёнными факторами. Поэтому, вероятно, условия труда исследуются дозовыми экспозициями вещественных факторов, не способными выявить первичную физиолого-гигиеническую, клинко-гигиеническую связь факторов вещественных с ними на рабочем месте взаимодействующим организмом работника. Указанное положение не способствует развитию профилактики в медицине и поэтому его корректировка актуальна.

В данном исследовании апробирована вновь разработанная методика изучения, оценки одной из основных и наиболее сложных характеристик фактора тяжести труда — рабочей позы. Посредством неё на примере водителей автомобилей, врачей клинической лабораторной диагностики (КЛД) и ретроспективного анализа результатов исследований других авторов [1, 2] впервые исследуется эффективная экспозиция рабочей позы в сравнении с традиционно определяемыми дозовыми её экспозициями в трудовых процессах.

Цель исследования — повышение точности гигиенической оценки тяжести труда по показателю

¹ ТК РФ Статья 109. Основные понятия.

«Рабочая поза» с помощью современной методики — пангониометрии.

Материалы и методы. Проведены физиолого-гигиенические натурные исследования условий труда 2-х (А и Б) водителей (мужчины 26 и 28 лет, стаж в профессии водителя у обоих по 4 года) легковых автомобилей одной марки, отличающихся (при практически одинаковом росте 175–177 см) формой вынужденной рабочей позы сидя за рулём, и 10 врачей КЛД (женщины в возрасте от 26 до 38 лет, стаж работы в данной врачебной специальности от 3 до 11 лет; $7 \pm 3,6$ года) в поликлиниках г. Екатеринбурга. Также был проведён ретроспективный физиолого-гигиенический анализ влияния рабочей позы на тяжесть труда у дежурных электромонтёров (30 мужчин в возрасте $49 \pm 11,5$ года со стажем труда в данной профессии $13,6 \pm 9,3$ года) на основе ранее накопленных и опубликованных данных других авторов, исследовавших эргономические аспекты деятельности работников в семи электроподстанциях г. Казани [1]. Работники в наших исследованиях, как и в анализируемых нами исследованиях других авторов, не предъявляли жалоб на здоровье.

Вышеуказанные исследования влияния рабочей позы на тяжесть труда проводились с применением трех методик изучения характеристики «Рабочая поза». Первая заключалась в визуально-профессиографическом, инструментально-хронологическом анализе и гигиенической оценке форм рабочих поз по методике Руководства². Вторая — в фото-гониометрическом, инструментально-хронологическом определении внешней нагрузки на опорно-двигательный аппарат по 8-ми гониометрическим индексам (К) — лучезапястном, локтевом, тазобедренном, коленном, голеностопном и отклонения от вертикали шеи, плеча и туловища. Оценивалась внутрисуставная нагрузка по соответствию/несоответствию угловых градусов движения звеньев локомоторной системы (ЗЛС) в суставе их физиолого-эргономическим обоснованным оптимальным пределам [1, 2].

Третья методика в качестве заявки на изобретение была направлена в ФИПС и названа нами пангониометрической. Сущность её заключается в выполнении следующего (по указанной причине не в полной мере нами раскрываемого) правила. Идентифицируют физиолого-гигиеническую (эффективную) нагрузку на исследуемый сустав при труде путём деления фактического колебания

² Руководство Р.2.2.2006-05 по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

углов в суставе на известный для него физиологически оптимальный (либо другой, но клинически допустимый по состоянию здоровья), предел колебаний суставных углов в рабочих позах сидя, стоя. Затем, по найденной от указанного деления величине эффективной экспозиции гониометрического индекса, находят ему соответствующие (расположенные в направлении угнетающего воздействия на организм) А, В, С и D-гониометрические зоны рабочей нагрузки на исследуемый сустав. Причём, каждой из этих зон свойствен определённый набор классов условий труда, из числа которых искомый зависит от длительности работы в ней сустава по отношению к 8-часовому нормативному времени труда (НВТ). Исключение из этого правила определения эффективной экспозиции гониометрического индекса относится к коленному суставу в позе стоя. В этом случае фактическое колебание углов в коленном суставе по отношению к функционально выгодному его положению, равному 180° (то есть величина разницы между нормативными 180° между бедром и голенью и фактическими градусами между ними), делится на 10° , являющихся величиной приближенной к порогу изменения угловых градусов движения в тазобедренном суставе, в определённой степени аналогичного коленному по траектории движения ЗАС и вертикальной направленности внешней нагрузки на него в позе стоя.

Итоговая пангониометрическая оценка тяжести труда по характеристике «Рабочая поза» устанавливалась по наибольшему классу вредности, в случае двух и более гониометрических показателей одинаковой степени вредности итоговая оценка повышалась на одну степень.

Методика названа пангониометрической вследствие не только возможности охвата ею рабочей нагрузки одновременно на все основные суставы ЗАС при исследуемой трудовой операции, но и способности к оценке суставной нагрузки не по воздействию на организм, а по влиянию на здоровье. Объединением фактической с нормативной составляющей эргономического, гигиенического, физиологического и клинического элементов, она обретает новое качество, трансформирующее аналогами определяемую дозовую (гигиеническую) экспозицию фактора в эффективную (физиолого-гигиеническую, физиолого-клиническую) в едином показателе вещественного фактора в целом, либо в отдельной его характеристике, как в нашем случае — рабочей позы. Это новое, свойственное ей, качество позволяет исследователю перейти от измерения и оценки группового профессионального риска к измерению и оценке апостериорного — индивидуального профессионального риска (ИПР) здоровью уже на рабочем месте, а не только после дополнительного клинического обследования [3]. Позволяет оценить и другие с ИПР-связанные индивидуальные показатели состояния одушевлённых производительных сил (профессиональное здоровье, презентеизм).

Статистическая обработка полученного материала проводилась с применением *t*-критерия Стьюдента и коэффициента корреляции Пирсона.

Результаты. Профессиографические наблюдения за характером рабочих поз у исследуемых групп работников показали следующее. Водители А и Б в разные дни выполняли один и тот же рейс в течение 3 часов 8-часового НВТ в вынужденных рабочих позах сидя в кабине легкового автомобиля. Однако принимаемые ими формы вынужденных рабочих поз имели существенное отличие. Рабочая поза водителя А характеризовалась повышенным рассто-

янием (40–45 см) между грудной клеткой и серединой рулевого колеса, а у водителя Б это расстояние было равно предлагаемому в инструкции к автомобилю 30–35 см.

Профессиональная деятельность врачей КЛД сопровождалась выполнением ими преимущественно двух рабочих поз: фиксированной в позе сидя на стуле за рабочим столом в процессе наблюдения в окуляры микроскопа без опоры на спинку стула, с наклонёнными вперёд корпусом тела, шеей и головой. Кроме спинки стул имел круглую подножку, расположенную внизу под сиденьем. Сиденье вместе со спинкой имело возможность вращения в горизонтальной плоскости, но эта функция при наблюдении через микроскоп врачом не использовалась. В указанной фиксированной позе врачи КЛД в сумме за трудовую смену пребывают в течение 44% 8-часового НВТ. В остальное время смены рабочие позы у них были свободными и наблюдались при ведении учётно-отчётной документации, выдаче заключений, оказании консультативной помощи, освоении и внедрении в практику новых методов КЛД. Основными стационарно размещёнными на рабочей поверхности столов инструментами врача КЛД служили бинокулярные микроскопы, счётчики лейкоцитарной формулы крови, анализатор газов крови и др.

По данным **таблицы 1** видно, что водитель А имел большую тяжесть труда, равную классу 3.2, по показателю рабочая поза, чем водитель Б (класс 3.1) сидящий, согласно автомобильной инструкции, на рекомендуемом к рулю расстоянии. Указанное различие в тяжести труда было выявлено при помощи предлагаемой методики изучения рабочей позы. Другими двумя методиками различие не выявляется. Методикой гониометрии рабочая поза обоих водителей оценивается классом более чем 1 без дальнейшего уточнения, а методикой по Р 2.2.2006-05 — классом 3.1 и лишь по хронологическому компоненту выполнения вынужденной рабочей позы, составляющему 37% НВТ.

Из данных **таблицы 2** видно, что у врачей КЛД тяжесть труда по показателю «Рабочая поза» соответствует классу 3.2, найденному применением предлагаемой методики, классу 3.1, определённого применением методики Руководства Р.2.2.2006-05, и классу более чем 1 — в случае использования методики гониометрии.

По данным ретроспективного анализа литературы [1] установлено, что дежурные электромонтёры (длительность смены — 12 часов), при вызове на объект, выполняют должностные и рабочие инструкции в положении стоя и сидя. На эту профессиональную работу и на пешее перемещение между объектами труда расходовалось до 4 часов за смену, из них трудовые операции в позе стоя выполнялись 210 мин, а в позе сидя на стуле — 30 мин. Следовательно, по отношению к 8-часовому НВТ, работа выполнялась в позе стоя (учитывается время пешего перемещения между рабочими местами) до 44%, а сидя — до 6%. Выполняемые в указанных рабочих позах трудовые операции (ремонт и регулирование электрических приборов и электрооборудования, испытания электродвигателей, электромонтажные и другие технологические работы) сопровождалась различной величиной отклонения ЗАС от оптимальных гониометрических параметров. Из данных **таблицы 3** видно, что с применением предлагаемой методики тяжесть труда по показателю «Рабочая поза» у дежурных электромонтёров электроподстанций соответствует классу 3.3 на основании найденных высоких величин гониометрических индексов ($K=3,2-3,6$; D-зона внутрисуставной рабочей нагрузки) в локтевых суставах

Таблица 1 / Table 1
Сравнительная гигиеническая оценка тяжести труда по показателю «Рабочая поза» у водителя автомобиля А, управляющего его движением в течение 3 часов за 8-часовую трудовую смену, проведенная по разным методикам
Comparative hygienic assessment of the severity of work according to the indicator "Working posture" for the driver of car А, who controls its movement for 3 hours during an 8-hour work shift, carried out using different methods

Водитель А	Суставы и звенья локомоторной системы (ЗАС): шея (1), плечо (2), туловище (3)											
	лучезапястный			локтевой			тазобедренный			коленный		
	предельные колебания углов, угловые градусы в суставах			предельные колебания углов, угловые градусы в суставах			предельные колебания углов, угловые градусы в суставах			предельные колебания углов, угловые градусы в суставах		
	факт	оптим	откл	факт	оптим	откл	факт	оптим	откл	факт	оптим	откл
Кратность отклонения (К) от оптимума для суставов и от вертикали для ЗАС	155±8	170-190	190-170=20 170-155=15 20+15=35 35/20=1,75 K=1,75	92±5	80-110	отклонения от оптимума нет	105±5	85-100	100-85=15 105-100=5 15+5=20 20/15=1,3 K=1,3	95±5	95-120	отклонения от оптимума нет
Зона и длительность работы сустава, % от НВТ												
Класс условий труда												
Итоговая оценка с применением метода												

Примечания: * — класс условий труда определен по длительности труда в вынужденной рабочей позе сидя (до 50% 8-часового НВТ); р — достоверность различий средних величин (определена при сравнении гониометрических индексов между водителями). Остальные пояснения в тексте.
Note: * — the class of working conditions is determined by the duration of work in a forced working sitting posture (up to 50% of the 8-hour standard working hours; р — the reliability of differences in average values (determined by comparing goniometric indices between drivers). The rest of the explanations are in the text.

и при отклонении плеча от вертикали в позе стоя, а также длительного (до 44% НВТ) воздействия указанных величин К на организм и влияния их на здоровье. Методикой Р.2.2.2006-05 рабочая поза оценена классом 2 по нахождению трудящегося в рабочей позе стоя (до 60% 8-часового НВТ); гониометрические индексы по этой методике не учитываются. Методикой гониометрии рабочая поза дежурных электромонтеров электроподстанций оценена классом 1 и более чем класс 1.

Корреляционный анализ показал, что коэффициент корреляции между выраженными в баллах классами условий труда по показателю рабочей позы, определенными методом пангониометрии и величинами К равен 0,98 ($p<0,001$). Корреляционная же связь между выраженными в баллах классами условий труда по показателю рабочей позы, определенными двумя другими рассматриваемыми методами, и величинами К либо очень слабая, либо отсутствует.

Обсуждение. Результаты представленных исследований указывают на то, что метод пангониометрии информативнее и мобильнее двух других рассматриваемых методов исследования тяжести труда по показателю «Рабочая поза». Большую информативность можно объяснить тем, что измеряемая методом пангониометрии эффективная экспозиция рабочей позы содержит элементы не только физической нагрузки на сустав (угловые градусы движения ЗАС в суставе, которые составляют дозовую экспозицию индекса К), но и ответного физиологического напряжения в виде либо соответствия угловых рабочих колебаний физиологически оптимальным пределам, либо величины отклонения от них. И чем большую величину и длительность такого отклонения от нормы имеет рабочая поза, тем большим классом вредности она оценивается, и тем значительнее для неё должны быть меры профилактики. Причём, вышеуказанные элементы эффективной экспозиции гониометрического индекса в оценке тяжести труда по показателю «Рабочая поза» дают возможность исследователям разрабатывать индивидуальные профилактические меры в отношении не только производственной нагрузки, но и ответного на неё напряжения. В частности, возникает основание рекомендовать и контролировать усло-

Таблица 2 / Table 2
Сравнительная гигиеническая оценка тяжести труда по показателю «Рабочая поза» у врачей клинической лабораторной диагностики (за трудовую смену), проведённая по разным методам
Comparative hygienic assessment of the severity of work according to the indicator "Working posture" among clinical laboratory diagnostic doctors (per work shift), carried out using different methods

Водитель Б	Суставы и звенья локомоторной системы (ЗАС): шея (1), плечо (2), туловище (3)											
	лучезапястный			локтевой			тазобедренный			коленный		
	пределы колебания углов, угловые градусы в суставах			голеностопный			отклонение ЗАС от вертикали			отклонение ЗАС от вертикали		
	факт	оптим		факт	оптим		факт	оптим		факт	оптим	оптим
Кратность отклонения (К) от оптимума для суставов и от вертикали для ЗАС	144±7	170–190		120±6	80–110		78±4	85–100		90±5	95–120	
	190–170=20 170–144=26 20+26=46 46/20=2,3 K=2,3±0,1			110–80=30 120–110=10 30+10=40 40/30=1,33 K=1,33±0,09	100–85=15 85–78=7 15+7=22 22/15=1,47 K=1,47±0,09		120–95=25 95–90=5 25+5=30 30/25=1,2 K=1,2±0,08	95–85=10 100–95=5 10+5=15 15/10=1,5 K=1,5±0,1		25–10=15 45–25=20 15+20=35 35/15=2,3 K=2,3±0,13	35–15=20 44–35=9 20+9=29 29/20=1,45 K=1,45±0,1	25–15=10 15–4=11 10+11=21 21/10=2,1 K=2,1±0,15
Зона и длительность работы сустава, % от НВТ	C, 44			A, 44			A, 44			C, 44		C, 44
Класс условий труда	3.1			2	2		2	2		3.1	2	3.1
Итоговая оценка с применением метода	пангониометрии (предлагаемого)			пангониометрии			класс 3.2			класс > 1, ?		
	Руководства Р 2.2.2006-05			гониометрии			3.1*					

Примечания: * — класс условий труда определён по длительности труда в фиксированной рабочей позе сидя (до 50% 8-часового НВТ).

Note: * — the class of working conditions is determined by the duration of work in a fixed working sitting position (up to 50% of the 8-hour standard working time).

вия труда работника с теми клинически обоснованными оптимальными для него угловыми движениями ЗАС в суставе, которые рекомендуются результатами ближайшего периодического медосмотра. И поэтому эффективные экспозиции рабочей позы (гониометрического индекса) должны своевременно актуализироваться для выявления их стажевой динамики с возможным нарушением здоровья и с ним связанным ухудшением условий труда.

Более высокая мобильность метода пангониометрии выражается в том, что он информирует исследователя о физической и временной динамике внутрисуставных нагрузок основных ЗАС при труде и поэтому может быть более, чем другие рассматриваемые методы, востребован в обосновании разработки мер профилактики вредных здоровью технологических процессов.

Высокую информативность и мобильность методу пангониометрии придаёт измеряемая им эффективная экспозиция гониометрического индекса К. Формулой этой экспозиции моделируются условия реального взаимодействия между собой вещественных и одушевлённых элементов трудового процесса. В результате этого их взаимодействия формируется, выявляется и может оцениваться в классах и баллах условий труда искомая первичная связь фактора вещественного (формы рабочей позы) с организмом работающего человека и, если это необходимо, — с его клиническими особенностями, способствующая оценке ИПР на рабочем месте [3]. Математически условие для выявления указанной первичной связи в формуле эффективной экспозиции гониометрического индекса обеспечивается величиной отношения фактической физической и временной внутрисуставных нагрузок к их эргономическим, гигиеническим, физиологическим и клиническим обоснованному нормативу.

В целом, применённый в исследованиях физиолого-гигиенический подход к решению гигиенической задачи повышения точности оценки рабочей позы соответствует клинической практике решения лечебной задачи достижения успешности лечения патологии опорно-двигательного аппарата. Единым инструментом для их решения является сравнительная гониометрия функциональной подвижности суставов по отношению к норме, которой в гигиене служит оптимальный предел угловых перемещений ЗАС в суставах при труде, а в клинике — остаточный предел таких перемещений ЗАС при обследовании состояния здоровья [4]. Принципиальное отличие этих задач состоит в том, что решение лечебной задачи направлено на диагностику следствия, а гигиенической — на диагностику причины.

Таблица 3 / Table 3

Ретроспективная сравнительная гигиеническая оценка тяжести труда по показателю «Рабочая поза» у дежурных электромонтеров электроподстанций, проведённая по опубликованным материалам других авторов [2, 3], с применением разных методик
Retrospective comparative hygienic assessment of the severity of work according to the indicator "Working posture" among electricians on duty at electrical substations, carried out based on published materials by other authors [2, 3], using different methods

Наименование суставов и отклонений ЗАС от вертикали		Форма рабочей позы	Угловые градусы в среднем ($M\pm m$)	Оптимальные пределы колебаний M (min/max)	Определение гониометрической зоны (А, В, С, D) рабочей нагрузки на суставы при труде на рабочем месте, длительности внутрисуставной рабочей нагрузки	Класс тяжести труда по показателю «Рабочая поза»		
						с применением методик		
						пан гониометрической	гониометрической	Р 2.2.2006-05
Лучезапястный		сидя	164±11,2	170–190	(170–164+20)/20=1,3; K=1,3; А, 44	2	>1, ?	#
		стоя	162±15,8	170–190	(170–162+20)/20=1,4; K=1,4; А, 6	2	>1, ?	#
Локтевой		сидя	99±28,2	80–110	отклонения от оптимума нет	1	1	#
		стоя	144±26,8	80–100	(144–100+20)/20=3,2; K=3,2; D, 44	3.2	>1, ?	#
Коленный		сидя	82±17,5	95–120	(95–82+25)/25=1,52; K=1,52; В, 6	2	>1, ?	#
		стоя	167±8,7	180	(180–167+0)/10=1,3; K=1,3; А, 44	2	>1, ?	#
Тазобедренный		сидя	82±16,2	85–100	(85–82+15)/15=1,2; K=1,2; А, 6	2	>1, ?	#
		стоя	168±15,7	165–180	отклонения от оптимума нет	1	1	#
Голеностопный		сидя	87±5,3	85–95	отклонения от оптимума нет	1	1	#
		стоя	89±7,8	90–100	(90–89+10)/10=1,1; K=1,1; А, 44	2	>1, ?	#
Отклонение от вертикали	шеи	сидя	25,6±7,5	10–25	(25,6–25+15)/15=1,04; K=1,04; А, 6	2	>1, ?	#
		стоя	22,9±15,1	10–25	отклонения от оптимума нет	1	1	#
	плеча	сидя	24,0±9,6	15–35	отклонения от оптимума нет	1	1	#
		стоя	54,5±37,6	0–15	(54,5–15+15)/15=3,6; K=3,6; D, 44	3.2	>1, ?	#
	туловища	сидя	17,3±7,2	15–25	отклонения от оптимума нет	1	1	#
		стоя	8,1±9,8	0–15	отклонения от оптимума нет	1	1	#
Итоговый:						3.3	>1, ?	2*

Примечание: * — класс условий труда определён по нахождению трудящегося в рабочей позе стоя (до 60% 8-часового НВТ); # — не определяется.
Note: * — the class of working conditions is determined by the presence of the worker in a standing working position (up to 60% of the 8-hour standard working time); # — is not determined.

Эффективная экспозиция гониометрического индекса, измеряемая методом пангониометрии содержит фактические и нормативные эргономические, гигиенические и профпатологические параметры труда, причём во взаимодействии между собой, и поэтому она в большей мере служит взаимно обогащающему развитию эргономики, гигиены, медицины труда и профпатологии, чем экспозиция дозовая.

Выводы:

1. Известная инструментальная гониометрическая

методика изучения форм рабочих поз, могущая трансформировать сложность изучаемого явления в информированность результата его воздействия на организм и влияния на здоровье, не справляется с решением задачи по выявлению первичной связи между нагрузкой и напряжением, поскольку реализует свои возможности в границах лишь 1–2 классов условий труда, поэтому нуждалась в доработке, вариант которой мы представили в настоящей работе.

2. Предлагаемая к внедрению методика пангонометрии при трудовых процессах нуждается в широком использовании, чтобы подтвердить, опровергнуть или ещё более повысить точность этого инструмента для исследования тяжести труда, уточняющего её влияние на здоровье в части рабочей позы и обосновывающего необходимость широкого применения эффективных экспозиций гониометрического индекса рабочей позы и других вещественных факторов в оценке индивидуального профессионального риска на рабочих местах.

3. Полученные в будущем более конкретные результаты дадут основания для пересмотра понятия «Условия труда» податчей его явлением, влияющем на здоровье работника

не совокупностью вещественных факторов производственной среды и трудового процесса в их дозовых экспозициях, а результатом взаимодействия фактора одушевлённого с каждым из этих вещественных факторов в их эффективных экспозициях.

4. Медицина труда нуждается в смене экстенсивной методологии предмета своего исследования, основанной на разработке, применении, нормировании и оценке дозовых экспозиций факторов производственной среды и трудового процесса, на интенсивную методологию, исследовательская, нормативная и оценочная методические базы которой формируются из эффективных экспозиций этих факторов.

Список литературы

- Амиров Н.Х., Русин М.Р., Краснощекова В.Н., Беляков М.Н., Корнилова Т.В., Гайнутдинова Н.А. Эргономические аспекты профессиональной деятельности работников электростанций. *Казанский медицинский журнал*. 2009; 90(2): 263–266.
- Тутунару М. Гигиеническая оценка рабочих поз у учениц профессиональных школ по специальности швея по показателям гониометрических индексов. В: *Sănătate Publică, Государственное учреждение «Экономика и менеджмент в медицине»*. 2010; 1(32): 42–45.
- Устьянцев С.А. Профессиональный риск индивидуальный. *Российская энциклопедия по медицине труда*. М.: Медицина; 2005: 387–388.
- Нарушение функции суставов. *Медико-социальная экспертиза*. <https://clck.ru/3CkWbk>
- ТК РФ Статья 109. Основные понятия.
- Руководство Р.2.2.2006-05 по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.
- Кудзаева И.Л. Роль эргономики в безопасности труда. В сб. статей XXVIII международной научно-практической конференции «Российская наука в современном мире». М.; 2020: 66–67.
- Елин А.М. Об исследованиях, оказавших решающее влияние на формирование эргономики, как комплексной научной дисциплины. *Безопасность и охрана труда*. 2023; 94(1): 67–75.
- Новикова Т.А., Данилов А.Н. Влияние эргономических факторов на формирование профессионального риска нарушений здоровья механизаторов сельского хозяйства. *Мед. труда и пром. экология*. 2019; 59(7): 400–405.
- Бондарук Е.В., Меркулова А.Г., Калинина С.А. Возможность применения систем захвата движений для решения задач физиологии труда. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60(11): 734–737.
- Баширова А.Р., Чердовских А.М., Ракаева Л.И. Эргэкономика и её требования по организации рабочего места при обеспечении кадровой безопасности. *Аллея науки*. 2023; 81(6): 526–529.
- Овчинников Ю.Д., Чоп Е.О. Эргономическая биомеханика для оборудования рабочего места. *Молодой учёный*. 2014; 8: 393–395.
- Елизарова В.В., Капустина А.В., Юшкова О.И. Эргономика в оценке физических нагрузок и перенапряжения у работников. *Охрана труда и социальное страхование*. 2021; 2: 97–111.
- Шардакова Э.Ф. Всероссийская научно-практическая конференция «Эргономика трудового процесса». *Мед. труда и пром. экология*. 2005; 10: 44–45.
- Мишина Е.А., Федорук А.А. Физиологическая и эргономическая оценка показателей тяжести трудового процесса у рабочих основных профессий свинцового производства. *Мед. труда и экология человека*. 2018; 16(4): 36–43.
- Бухтияров И.В., Матюхин В.В. Физиология труда: теоретические и научно-практические аспекты современности. *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. 2014; 100(10): 1118–1129.
- Синкевич Е.В., Крупа А.В. Гигиеническая оценка условий труда грузчика на предприятии «Беллакт». *Современные проблемы гигиены, радиационной и экологической медицины*. 2023; (13): 200–209.
- Шардакова Э.Ф., Юшкова О.И., Елизарова В.В., Лагутина Г.Н. Физиологическая оценка физических и нервно-психических перегрузок в медицине труда. *Вестник тверского гос. Университета. Серия «Биология и экология»*. 2018; 3: 7–20.
- Нушервони Б.Х. Гигиеническая оценка условий труда водителей пассажирского автотранспорта при работе в условиях большого города. *Вестник Авиценны*. 2022; 1(24): 12–18.
- Гарипова Р.В., Берхеева З.М., Стрижаков Л.А. Вопросы специальной оценки условий труда медицинских работников. *Мед. труда и экология человека*. 2020; 60(10): 645–649.
- Ежелева М.И. Гигиеническая оценка условий труда медработников и риска их заболеваемости. *Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта*. 2020; 17(1): 160–184.

References

- Amirov N.H., Rusin M.R., Krasnoshchekova V.N., Belyakov M.N., Kornilova T.V., Gajnutdinova N.A. Ergonomic aspects of professional activity of power plant workers. *Kazanskij medicinskij zhurnal*. 2009; 90 (2): 263–266 (in Russian).
- Tutunaru M. Hygienic assessment of working positions of female students at vocational schools in the specialty of seamstress according to goniometric indices. In: *Sănătate Publică, Gosudarstvennoe uchrezhdenie «Ekonomika i menedzhment v medicine»*. 2010; 32(1): 42–45 (in Russian).
- Ust'yancev S.L. Professional risk individual. *Russian encyclopedia of occupational medicine*. M.: Meditsina; 2005: 387–388 (in Russian).
- Dysfunction of joints. *Medical and social examination*. <https://clck.ru/3CkWbk>
- Labor Code of the Russian Federation, Article 109. Basic concepts (in Russian).
- Guidelines R.2.2.2006-05 on hygienic assessment of factors of the working environment and work process. Criteria and classification of working conditions (in Russian).
- Kudzaeva I.L. The role of ergonomics in occupational safety. In the collection of articles of the XXVIII international scientific and practical conference "Russian Science in the Modern World". M.; 2020: 66–67 (in Russian).

Дискуссии

8. Elin A.M. On the research that had a decisive influence on the formation of ergonomics as a complex scientific discipline. *Bezopasnost' i ohrana truda*. 2023; 1 (94): 67–75 (in Russian).
9. Novikova T.A., Danilov A.N. The influence of ergonomic factors on the formation of professional risk of health disorders in agricultural machine operators. *Med. truda i prom. ecol*. 2019; 59(7): 400–405 (in Russian).
10. Bondaruk E.V., Merkulova A.G., Kalinina S.A. Possibility of using motion capture systems to solve problems of labor physiology. *Med. truda i prom. ecol*. 2020; 60(11): 734–737 (in Russian).
11. Bashirova A.R., Cherdovskih A.M., Rakaeva L.I. Ergonomics and its requirements for organizing a workplace while ensuring personnel safety. *Alleya nauki*. 2023; 81(6): 526–529 (in Russian).
12. Ergonomic biomechanics for workplace equipment. *Molodoj uchenyj*. 2014; 8: 393–395 (in Russian).
13. Elizarova V.V., Kapustina A.V., Yushkova O.I. Ergonomics in the assessment of physical activity and overstrain in workers. *Ohrana truda i social'noe strahovanie*. 2021; 2: 97–111 (in Russian).
14. Shardakova E.F. All-Russian scientific and practical conference "Ergonomics of the labor process". *Med. truda i prom. ecol*. 2005; 10: 44–45 (in Russian).
15. Mishina E.A., Fedoruk A.A. Physiological and ergonomic assessment of the severity of the work process in workers of the main professions of lead production. *Med. truda i ekologiya cheloveka*. 2018; 16(4): 36–43 (in Russian).
16. Buhtiyarov I.V., Matyuhin V.V. Physiology of labor: theoretical and scientific-practical aspects of modern times. *Rossiyskij fiziologicheskij zhurnal im. I.M. Sechenova*. 2014; 100(10): 1118–1129 (in Russian).
17. Sinkevich E.V., Krupa A.V. Hygienic assessment of working conditions of a loader at the Bellakt enterprise. *Sovremennye problemy gigieny, radiacionnoj i ekologicheskoy mediciny*. 2023; (13): 200–209 (in Russian).
18. Shardakova E.F., Yushkova O.I., Elizarova V.V., Lagutina G.N. Physiological assessment of physical and neuropsychic overloads in occupational medicine. *Vestnik tverskogo gos. Universiteta. Seriya «Biologiya i ehkologiya»*. 2018; 3: 7–20 (in Russian).
19. Nushervoni B.H. Hygienic assessment of working conditions of drivers of passenger vehicles when working in a large city. *Vestnik Avicenny*. 2022; 24(1): 12–18 (in Russian).
20. Garipova R.V., Berheeva Z.M., Strizhakov L.A. Issues of special assessment of working conditions of medical workers. *Med. truda i ekologiya cheloveka*. 2020; 60 (10): 645–649 (in Russian).
21. Ezheleva M.I. Hygienic assessment of working conditions of health workers and the risk of their morbidity. *Zdorov'e cheloveka, teoriya i metodika fizicheskoy kul'tury i sporta*. 2020; 17(1): 160–184 (in Russian).

Сведения об авторах:

Устьянцев Сергей Леонидович	преподаватель, доц. кафедры гигиены и экологии, д-р мед. наук. E-mail: ustyantsev.c@gmail.com https://orcid.org/0000-0001-7278-1975
Протасова Оксана Сергеевна	ассистент кафедры гигиены и экологии. E-mail: gdp43@yandex.ru https://orcid.org/0009-0008-4849-3357
Кишка Оксана Викторовна	преподаватель кафедры гигиены и экологии. E-mail: gdp43@yandex.ru
Данилова Мэхрибан Абилфатовна	ассистент кафедры гигиены и экологии. E-mail: gdp43@yandex.ru https://orcid.org/0000-0002-0666-7426
Липанова Людмила Леонидовна	зав. кафедрой гигиены и экологии, канд. мед. наук, доц. E-mail: gdp43@yandex.ru https://orcid.org/0000-0002-6729-5558
Насыбуллина Галия Максutowна	преподаватель, профессор кафедры гигиены и экологии, д-р мед. наук. E-mail: gdp43@yandex.ru
Ким Анастасия Владимировна	студент 3 курса. E-mail: gdp43yandex.ru
Решетова Светлана Владимировна	преподаватель, доцент кафедры гигиены и экологии, канд. мед. наук. E-mail: gdp43@yandex.ru https://orcid.org/0000-0001-6374-7871
Кутлаева Юлия Юрьевна	преподаватель, доц. каф. гигиены и экологии, канд. мед. наук. E-mail: gdp43@yandex.ru https://orcid.org/0000-0002-7090-3534
Анкудинова Анна Владимировна	доцент кафедры гигиены и экологии, канд. мед. наук. E-mail: gdp43@yandex.ru
Бабикова Анастасия Сергеевна	преподаватель, доцент кафедры гигиены и экологии, канд. мед. наук. E-mail: gdp43@yandex.ru
Попова Ольга Сергеевна	старший преподаватель каф. гигиены и экологии. E-mail: gdp43@yandex.ru
Хачатурова Наталия Леонидовна	старший преподаватель. E-mail: gdp43yandex.ru
Малкова Татьяна Григорьевна	старший преподаватель, канд. мед. наук. E-mail: gdp43@yandex.ru
Бем Любовь Николаевна	ассистент, преподаватель. E-mail: gdp43yandex.ru

About the authors:

Sergey L. Ustyantsev
Lecturer, Associate Professor of the Department of Hygiene and Ecology, Dr. of Sci. (Med.).
E-mail: ustyantsev.c@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-7278-1975>

<i>Oksana S. Protasova</i>	Assistant at the Department of Hygiene and Ecology. E-mail: gdp43@yandex.ru
<i>Oksana V. Kishka</i>	Lecturer at the Department of Hygiene and Ecology. E-mail: gdp43@yandex.ru
<i>Mehriban A. Danilova</i>	Assistant at the Department of Hygiene and Ecology. E-mail: gdp43@yandex.ru
<i>Lyudmila L. Lipanova</i>	Head of the Department of Hygiene and Ecology, Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor. E-mail: gdp43@yandex.ru
<i>Galiya M. Nasybullina</i>	Lecturer, Professor of the Department of Hygiene and Ecology, Dr. of Sci. (Med.). E-mail: gdp43@yandex.ru
<i>Anastasiya V. Kim</i>	3 rd year student. E-mail: gdp43yandex.ru
<i>Svetlana V. Reshetova</i>	Lecturer, Associate Professor of the Department of Hygiene and Ecology, Cand. of Sci. (Med.). E-mail: gdp43@yandex.ru
<i>Yulia Yu. Kutlaeva</i>	Lecturer, Associate Professor, Department of Hygiene and Ecology, Cand. of Sci. (Med.). E-mail: gdp43@yandex.ru
<i>Anna V. Ankudinova</i>	Associate Professor of the Department of Hygiene and Ecology, Cand. of Sci. (Med.). E-mail: gdp43@yandex.ru
<i>Anastasia S. Babikova</i>	Lecturer, Associate Professor of the Department of Hygiene and Ecology, Cand. of Sci. (Med.). E-mail: gdp43@yandex.ru
<i>Olga S. Popova</i>	Senior Lecturer at the Department of Hygiene and Ecology. E-mail: gdp43@yandex.ru
<i>Nataliya L. Khachaturova</i>	Senior Lecturer. E-mail: gdp43yandex.ru
<i>Tatyana G. Malkova</i>	Senior Lecturer, Cand. of Sci. (Med.). E-mail: gdp43@yandex.ru
<i>Lyubov N. Bem</i>	Assistant, Lecturer. E-mail: gdp43yandex.ru