

УДК 613.6.01/.02/.62/.65

**ОЦЕНКА ФАКТОРОВ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА НА  
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Черникова Е.Ф., Потапова И.А., Скворцова В.А., Жаркова Е.М., Моисеева Е.В.,  
Мельникова А.А., Калачева Е.С., Телюпина В.П.**

ФБУН «Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора,  
Нижний Новгород, Россия

***Аннотация.** Производство стали характеризуется воздействием на работников комплекса профессиональных факторов, в том числе химических веществ, пыли, нагревающего и охлаждающего микроклимата, производственного шума, вибрации и пр. Кроме того, труд рабочих сопряжен с тяжелой физической нагрузкой, повышенной опасностью травматизма, ожогов, наличием ночных смен.*

***Цель** исследования – на основе гигиенической характеристики условий труда дать оценку профессионального риска развития нарушения здоровья у работающих основных профессий металлургического предприятия Нижегородской области для последующей разработки адресных медико-профилактических программ.*

***Результаты** гигиенической оценки условий труда на 55 рабочих местах (РМ) в сталелитейных и металлообрабатывающих цехах предприятия, расположенного в Нижегородской области, показали, что 2/3 РМ характеризовались наличием виброакустического фактора, превышающего ПДУ; на более чем половине оцениваемых РМ отмечена высокая тяжесть труда, на трети – неблагоприятный микроклимат, для работников 7 РМ установлен напряженный труд. Результаты анализа загазованности и запыленности воздуха рабочей зоны (ВРЗ) показали превышения ПДК по взвешенным веществам, диоксиду серы и никелю. Оценка суммарных эффектов однонаправленного действия химических веществ выявила повышенный риск для критических органов и систем более чем на 70% обследованных РМ.*

***Ключевые слова:** металлурги, условия труда, профессиональный риск.*

***Для цитирования:** Черникова Е.Ф., Потапова И.А., Скворцова В.А., Жаркова Е.М., Моисеева Е.В., Мельникова А.А., Калачева Е.С., Телюпина В.П. Оценка факторов профессионального риска на металлургическом предприятии Нижегородской области. Медицина труда и экология человека. 2023;99-117.*

***Для корреспонденции:** Черникова Екатерина Федоровна – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории гигиены и анализа риска с группой физических методов исследования отдела гигиены ФБУН «Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора, e-mail: chernikova\_ef@mail.ru.*

***Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки.*

***Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

***DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10308>*

**ASSESSMENT OF OCCUPATIONAL RISK FACTORS AT A NIZHNY NOVGOROD  
METALLURGICAL ENTERPRISE**

**Chernikova Ye.F., Potapova I.A., Skvortsova V.A., Zharkova Ye.M., Moiseyeva Ye.V.,  
Mel'nikova A.A., Kalacheva Ye.S., Telyupina V.P.**

FBSI “Nizhny Novgorod Research Institute for Hygiene and Occupational Pathology”,  
Rosпотребнадзор, Nizhny Novgorod  
The Russian Health Ministry, Nizhny Novgorod

**Abstract.** *Steel production is characterized by the impact of a complex of occupational factors, including chemicals, dust, heating and cooling microclimate, occupational noise, vibration, etc. on workers. In addition, the workers' work process is connected with heavy physical exertion, increased risk of injury, burns, and night shifts.*

*The study aims to assess the occupational risk of developing health disorders among workers in the main occupations of a metallurgical enterprise in the Nizhny Novgorod region based on the hygienic characteristics of working conditions for the subsequent development of targeted medical and preventive programmes.*

*The results of a hygienic assessment of working conditions at 55 workplaces in the steel and metalworking shops of an enterprise located in the Nizhny Novgorod region showed that 2/3 of the workplaces could be characterized by the presence of a vibro-acoustic factor exceeding the MPL (maximum permissible limit); at more than half of the estimated workplaces, a high severity of labour was noted, in a third - an unfavourable microclimate; it was established that work at 7 workplaces was strained. The results of the analysis of fumes contamination and dust content of workplace air showed excess of MPL for suspended particulate matter, sulfur dioxide and nickel. An assessment of the total effects of the unidirectional action of chemical compounds revealed an increased risk for critical organs and systems in more than 70% of the examined workplaces.*

**Keywords:** *metallurgists, working conditions, occupational risk*

**For citation:** *Chernikova Ye.F., Potapova I.A., Skvortsova V.A., Zharkova Ye.M., Moiseyeva Ye.V., Mel'nikova A.A., Kalacheva Ye.S., Telyupina V.P. Assessment of occupational risk factors at a Nizhny Novgorod metallurgical enterprise. Occupational health and human ecology. 2023:99-117.*

**For correspondence:** *Ekaterina F. Chernikova – CandSc. (Medicine), senior researcher at the laboratory of hygiene and risk analysis with a group of research methods. e-mail: chernikova\_ef@mail.ru*

**Financing:** *the study had no financial support.*

**Conflict of interest:** *the authors declare no conflict of interest.*

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10308>

**Актуальность.** *Металлургическое производство – одна из базовых отраслей промышленности, которая обеспечивает экономическую мощь государства, является незаменимым поставщиком сырья для функционирования стратегически важных отраслей: оборонной, строительной, транспортной, машиностроительной, нефтегазовой и др. [1]. Metallurgical enterprises ensure the population with millions of jobs, often being large-scale objects [1-3]. According to the World Steel Association, in 2020, Russia managed to overtake the USA in terms of steel production and occupy the fourth position in the ranking of industry leaders (after China, India and Japan) [4].*

*По санитарно-гигиеническим условиям производство стали относится к одному из самых тяжелых и вредных. Производственная среда в сталелитейных и металлообрабатывающих цехах характеризуется присутствием в воздухе рабочей зоны (ВРЗ)*

комплекса вредных химических веществ, пыли и высоких уровней физических факторов (нагревающий и охлаждающий микроклимат, производственный шум, вибрация и пр.), а труд рабочих сопряжен с тяжелой физической нагрузкой, повышенной опасностью травматизма, ожогов, наличием ночных смен [3, 5-9].

Основные шихтовые материалы (никель, железо, титан, алюминий и др.), вещества, используемые в производстве сплавов (легирующие материалы и присадки), образуют газоаэрозольный микст в ВРЗ металлургических цехов, характеризующийся, помимо общетоксического действия на организм, такими специфическими эффектами, как раздражающее и/или острое действие (оксиды углерода и азота, серы, формальдегид), аллергенное (дихром триоксид, никель, формальдегид), канцерогенное (свинец, бенз(а)пирен, формальдегид, никель, минеральные масла), репротоксичное (свинец, углерода оксид, марганец, формальдегид) [10-15].

Оптическое излучение технологического металлургического процесса представляет большую опасность для зрения металлургов: видимое и инфракрасное излучение диапазона 0,76-1,4 мкм, попадая на сетчатку глаз, может вызывать развитие ретинопатии, катаракты, артериальной гипертонии и ангиосклероза [16].

Вредное воздействие факторов рабочей среды может усугубляться нерациональной организацией трудового процесса, связанной с режимными моментами, нервно-психической нагрузкой, дефицитом времени, темпом и ритмом труда, отсутствием необходимых бытовых условий и пр. [17]. Источниками опасных и вредных производственных факторов могут являться различные недоработки в конструкциях отдельных станков, машин, механизмов, отсутствие или низкая надежность устройств безопасности, блокировок, отсутствие предупредительной сигнализации о возникновении опасных режимов работы с последующей автоматической остановкой оборудования, недостаточный уровень механизации и автоматизации процессов, применение технологий, включающих опасные производственные операции, неправильное размещение используемого оборудования и рабочих мест [18]. Профессиональный стресс, наблюдаемый у металлургов, ученые связывают с круглосуточным режимом работы, высокой интенсивностью труда и разнообразием неблагоприятных характеристик производственной среды, среди которых сами рабочие в первую очередь отмечают шум (66,7%), сжатые сроки выполнения задания (46,5%) и неэффективное руководство (32,4%) [9].

**Цель исследования** – на основе гигиенической характеристики условий труда дать оценку профессионального риска развития нарушения здоровья у работающих основных профессий металлургического предприятия Нижегородской области для последующей разработки адресных медико-профилактических программ.

**Материалы и методы.** Анализ условий труда на предприятии полного производственного цикла проводился на основе гигиенического обследования 55 рабочих мест (РМ) металлургов, расположенных в подготовительных, сталелитейных, обрабатывающих и вспомогательных цехах (всего 11 цехов и 2 участка). Дополнительно изучалась документация по предприятию – перечни РМ по цехам и обслуживаемое оборудование, хронометражные данные, материалы специальной оценки условий труда (СОУТ) за 2020-2021 гг. Измерение уровней действующих факторов рабочей среды и последующая оценка результатов проводились в соответствии с актуальными нормативно-методическими документами. Использовалось поверенное прецизионное гигиеническое

оборудование 1 класса точности, внесенное в Государственный реестр средств измерений РФ. В соответствии с ГОСТ 12.3.027-2004 «Работы литейные. Требования безопасности», «Санитарными правилами для литейного производства» №5183-90 и исходя из основных компонентов шихтовых материалов, легирующих присадок, раскислительных смесей, а также особенностей технологических операций, которые проводятся на металлургическом предприятии полного цикла, в перечень изучаемых веществ вошли: оксид углерода (СО), оксид серы (SO<sub>2</sub>), оксид азота (NO<sub>2</sub>), органические соединения (формальдегид (ФА), бензол, толуол, бенз(а)пирен (БП), смесь углеводородов C<sub>2</sub>–C<sub>10</sub> (УВ), ацетон), металлы (железо, никель, марганец, алюминий, окись цинка и медь), оксид кремния (SiO<sub>2</sub>), сажа, взвешенные вещества (ВВ).

Отбор проб воздуха проводили в зоне дыхания работников с помощью аспиратора ПА-300М-2, последующий анализ – с использованием универсального газоанализатора (СО, органические вещества), атомно-абсорбционных спектрометров с пламенной и электротермической атомизацией (металлы), жидкостного хроматографа (БП), фотометра фотоэлектрического (ФА, SiO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, сажа) и весов лабораторных электронных специального класса точности (ВВ).

Перечень и объем проведенных исследований факторов рабочей среды и трудового процесса на металлургическом заводе приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Объем и методы проведенных гигиенических исследований  
на металлургическом заводе**

Table 1

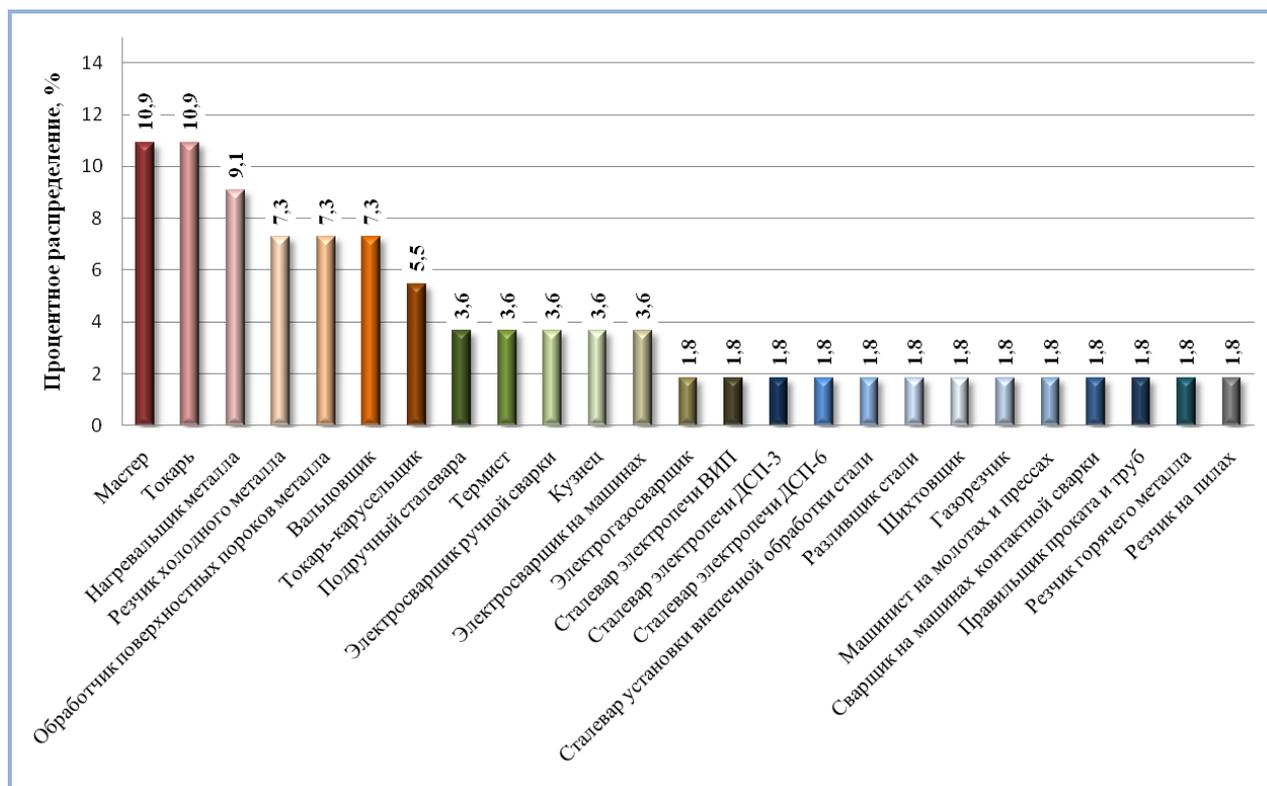
**Scope and methods of hygienic examinations carried out at a metallurgical enterprise**

№ п/п	Наименование исследования	Количество измерений
1	Оценка тяжести и напряженности трудового процесса металлургов (PM-показатели)	1025
2	Измерение уровней шума на PM и в рабочих зонах металлургов	2325
3	Измерение общей вибрации на PM и в рабочих зонах металлургов	3963
4	Измерение вибрации на PM металлургов	432
5	Измерение параметров микроклимата на PM и в рабочих зонах металлургов, включая ИТНС и интенсивность теплового облучения	734
6	Измерение искусственной освещенности на PM и в рабочих зонах металлургов	213
7	Измерение концентрации вредных химических веществ	3886
8	Измерение концентрации взвешенных частиц	216

Статистическая обработка результатов осуществлялась с использованием MS Excel и онлайн-калькулятора Medstatistic.ru.

**Результаты.** Условия труда изучены на постоянных PM металлургов. Структура профессионального состава оцениваемых PM металлургического производства представлена на рисунке 1. На всех PM работали мужчины.

Технологический процесс на предприятии организован в круглосуточном режиме 24/7, в связи с чем применяются два графика сменных работ: «день-ночь-отсыпной-выходной» (2-сменный, 12-часовой, с прямой быстрой ротацией «ДНОВ») и «4-1» (4 последовательно идущих утренних, вечерних и ночных смен через 1 выходной день плюс один «отсыпной»; 3-сменный, 8-часовой, с прямой медленной ротацией). Небольшая доля РМ задействована только в дневном графике «1С» (8-часовой, 1-сменный, с пятидневной рабочей неделей).



**Рис. 1. Профессиональный состав РМ на металлургическом заводе**

**Figure 1. The professional composition of the WP at a metallurgical enterprise**

Труд металлургов характеризуется преобладанием физической нагрузки на опорно-двигательный аппарат над нервно-эмоциональной составляющей [8, 19]. У рабочих, занятых на горячих операциях (кузнецы, вальцовщики, прокатчики, разливщики стали, подручные сталевара), в силу особенностей технологического процесса (чтобы не допускать излишнего остывания раскаленного металла) необходимо проводить манипуляции с заготовками в быстром темпе. Выполнение интенсивных, ритмичных, физически тяжелых операций осуществляется бригадой рабочих, нередко по типу конвейерного труда. Физические нагрузки, связанные с работой ручными инструментами, частым подъемом, удержанием, прижиманием и перемещением грузов, длительной рабочей позой «стоя», а также фиксированной или вынужденной позой, наклонами корпуса более 30°, относятся к вредным (класс условий труда, КУТ 3.1-3.3). РМ с показателями КУТ по тяжести трудового процесса не менее 3.2 приведены в таблице 2.

Таблица 2

## Перечень рабочих мест металлургов с высокой физической нагрузкой

Table 2

## List of workplaces for metallurgists with high physical activity

Наименование профессии	КУТ
Разливщик стали	3.3
Подручный сталевара	3.3
Кузнец на молотах и прессах	3.3
Электросварщик ручной сварки	3.2
Электросварщик на автоматических машинах и полуавтоматических машинах	3.2
Электрогазосварщик	3.2
Газорезчик	3.2
Шихтовщик	3.2
Термист, постоянно занятый у печей на горячих работах	3.2
Сталевар электропечи	3.2
Сталевар установки внепечной обработки стали	3.2
Сварщик на машинах контактной (прессовой) сварки	3.2
Резчик холодного металла	3.2
Резчик на пилах	3.2
Резчик горячего металла	3.2
Правильщик проката и труб, занятый на правке горячего проката	3.2
Обработчик поверхностных пороков металла, занятый на горячем участке работ	3.2
Машинист на молотах, прессах и манипуляторах	3.2
Газорезчик	3.2
Вальцовщик стана горячей прокатки	3.2
Нагревательщик металла	3.2/3.1

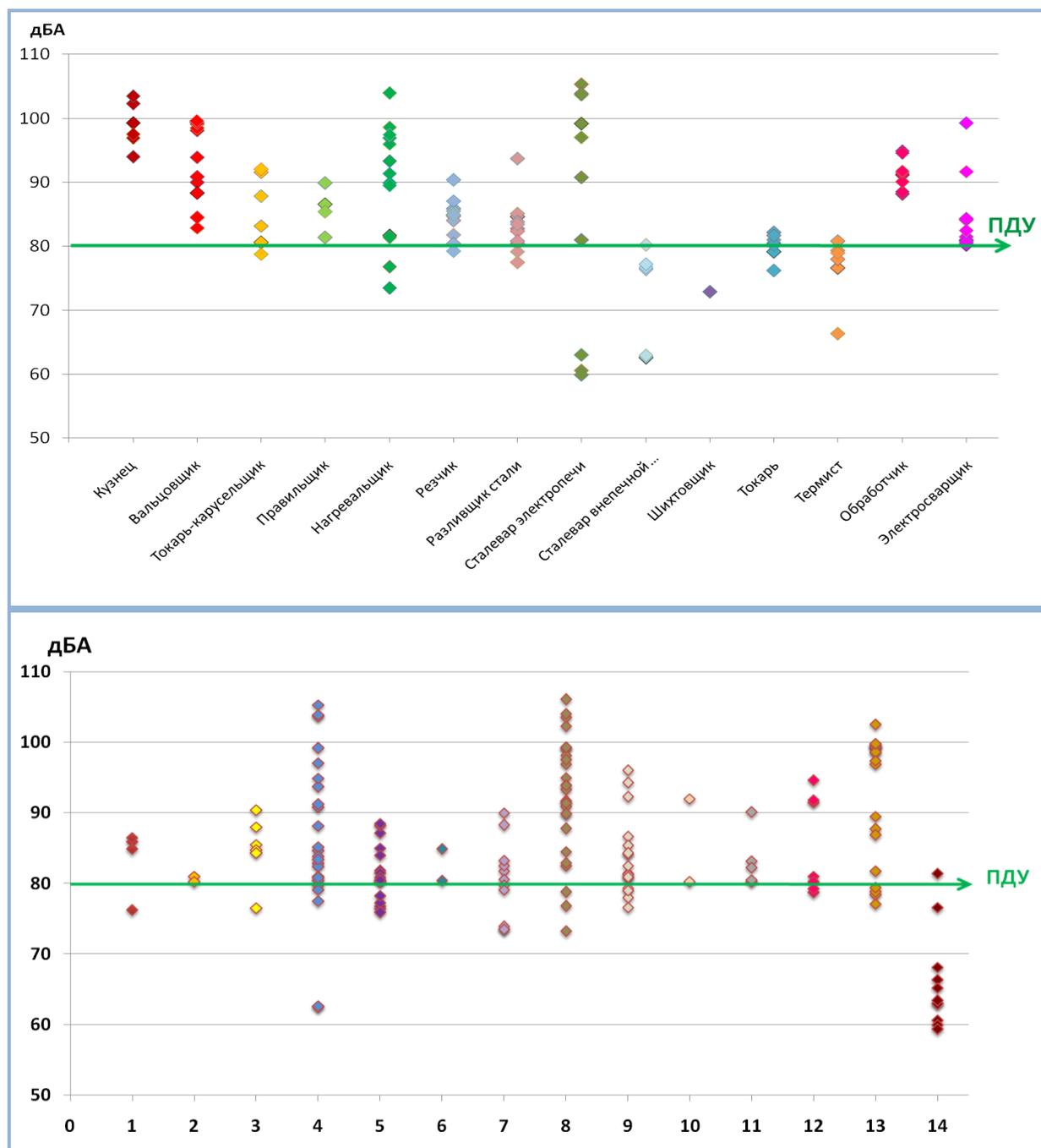
Представленные в таблице 2 РМ составляют 54,5% всех оцениваемых в данной работе РМ. 1,8% РМ соответствовали классу 3.1 по тяжести труда и 43,7% имели допустимые физические нагрузки (это РМ мастеров, занятых на горячих участках работ, токарей, токарей-карусельщиков, большая часть РМ резчиков холодного металла и нагревательщиков металла).

Проведенный анализ хронометражных исследований по РМ показывает, что в период трудовой деятельности активное время (время занятости различными трудовыми операциями) рабочих основных профессий составляет от 60,0 до 95% общей продолжительности смены. При существующем режиме в течение рабочего дня имеется один регламентированный перерыв для приема пищи продолжительностью 30-60 минут. Паузы между отдельными рабочими циклами (5%, реже 10-20%) нельзя относить к полноценному отдыху, так как они чаще всего проводятся в непосредственной близости от рабочих мест в условиях воздействия вредных производственных факторов.

Для работников, занятых на горячих операциях (кузнецы, вальцовщики, прокатчики, разлильщики стали, подручные сталевара), характерно выполнение работ в быстром темпе (с дефицитом времени). Контакт с раскаленными, тяжелыми и громоздкими объектами, подвижными конструкциями (у вальцовщиков это элементы пола с вращательными и подъемными механизмами, требующими удержания равновесия и балансировки между ними в ходе операций; движение крана или погрузчика) представляют опасность травматизма. Дефицит времени, повышенная ответственность за результат труда, возможность возникновения ситуаций, связанных с производственными травмами, ожогами и риском для жизни, являются стресс-факторами, определяющими напряженность трудового процесса. Таким образом, напряженность труда на РМ вальцовщика и кузнеца ковочно-прокатного цеха, правильщика кольцепроката, разлильщика стали и подручного сталевара соответствует классу 3.1. Они составляют 14,5% от всех оцениваемых РМ, на остальных РМ КУТ по напряженности трудового процесса – допустимый.

Процессы получения и обработки металлов сопровождаются шумом, общей и локальной вибрацией. Их источниками является производственное оборудование (прокатные станы, прессы и ковочные молоты, машины типа гильотины для резки холодного металла, сталеплавильные печи, установки электрошлакового переплава, станки для обработки изделий, сварочные аппараты, пилы и пр.), воздуховоды, горелки, цеховой транспорт.

Исследование уровней шума на РМ металлургов показало, что на площадках у работающего оборудования, участкахковки, сварки, резки, токарных, заточных, шлифовальных работ, местах загрузки и выгрузки шихты уровни шума часто были выше гигиенического норматива (ПДУ – 80 дБА) и составили 63,4-106,1 дБА (рис. 2). В периоды смены операций, отдыха в помещении пультовых и постов управления акустический фон соответствовал ПДУ практически во всех точках (59,3-81,4 дБА, средний уровень –  $66,06 \pm 2,11$  дБА).



**Рис. 2. Схематичное изображение общих уровней шума, измеренных на РМ металлургов (в оценке РМ по профессиональным группам и цехам)**

Примечание. Нумерация цехов следующая: 1 – центр контроля и менеджмента качества, участок изготовления образцов; 2 – транспортный участок; 3 – цех подготовки производства; 4 – цех электрометаллургии; 5 – цех спецэлектрометаллургии; 6 – участок централизованной резки; 7 – кольцепрокатный цех; 8 – ковочно-прокатный цех; 9 – прессово-термический цех; 10 – цех механической обработки; 11 – цех кузнечно-прессовый; 12 – цех механической обработки поковок; 13 – сортопрокатный цех; 14 – пультовые, операторские

**Figure 2 - Schematic representation of the general noise levels measured at the RM of metallurgists (in the assessment of WP by professional groups and workshops)**

Note - The numbering of workshops is as follows: 1 - center for quality control and management, sample production site; 2 - transport section; 3 - pre-production shop; 4 - shop of electrometallurgy; 5 - shop of special electrometallurgy; 6 - section of centralized cutting; 7 - ring rolling shop; 8 - forging and rolling shop; 9 - press and heat shop; 10 - machining shop; 11 - shop forging and pressing; 12 - workshop for machining of forgings; 13 - section rolling shop; 14 - Console, camera

Самые высокие уровни шумовой нагрузки были на РМ сталеваров и подручных сталеваров электрометаллургического цеха (у электропечей, операция расплава шихты – 104-105 дБА по общему уровню, 107-109 по максимальному ( $PDU_{\max}$  110 дБА) и 127-132 дБА по пиковому); кузнецов на молотах и прессах, нагревальщиков металла, машинистов на молотах и прессах ковочно-прокатного цеха (на кузнечном участке в процессековки изделий – 102-106 дБА по общему уровню, 108-109 по максимальному и 125-138 дБА по пиковому); резчика горячего металла на пилах сортопрокатного цеха (на участке резки – 100-103 дБА по общему уровню, 106-108 по максимальному и 120-122 дБА по пиковому). По спектральному составу шум на РМ резчика был постоянный, преимущественно среднечастотный. На РМ кузнечного участка – низко-среднечастотный, непостоянный, импульсный. На участке сталеварения – низко-среднечастотный, непостоянный, колеблющийся.

С учетом длительности производственных операций и шумоопасных работ на постоянных РМ металлургов рассчитывались эквивалентные уровни звука за смену ( $L_{\text{ЭКВ}}$ ). Рабочие места, на которых установлена наиболее неблагоприятная акустическая нагрузка, т.е. с превышением предельно допустимого уровня звука по  $L_{\text{ЭКВ}}$  более чем на 15 дБА (КУТ 3.2-3.3), представлены в таблице 4.

Таблица 4

**Рабочие места металлургов с уровнями звука, существенно превышающими ПДУ (более чем на 15 дБА по  $L_{\text{ЭКВ}}$ )**

Table 4

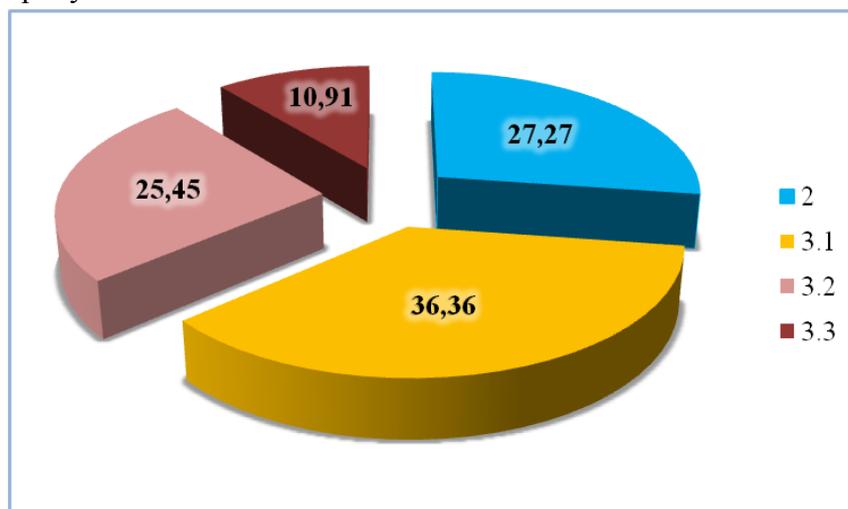
**Workplaces of metallurgists with sound levels significantly exceeding the MPC (by more than 15 dBA in  $L_{\text{eq}}$ )**

Рабочие места	Средний уровень звука (min-max), дБА	Эквивалентный уровень звука, $L_{\text{ЭКВ}}$ , дБА
Машинист на молотах, прессах и манипуляторах	106,1±1,0 (90,1-111,0*)	106,1
Резчик горячего металла	99,8±3,8 (82,8-105,7)	99,8
Подручный сталевара	99,9±0,6 (97,3-108,1)	99,2
Кузнец на молотах и прессах	98,9±1,3 (84,8-109,3)	98,9
Вальцовщик стана горячей прокатки 1	99,3±2,8 (97,6-102,9)	98,8
Вальцовщик стана горячей прокатки 2	96,0±3,2 (85,3-100,4)	96
Нагревальщик металла 1	95,7±1,1 (85,2-104,4)	95,7
Нагревальщик металла 2	95,6±3,4 (88,6-102,8)	95,6
Электросварщик ручной сварки	95,5±1,2 (88,3-101,7)	95,5

Примечание – \* превышение допустимого максимального уровня звука (110 дБА)

Note - \*exceeding the permissible maximum sound level (110 dBA)

Распределение РМ по классам условий труда в зависимости от шумовой экспозиции представлено на рисунке 3.

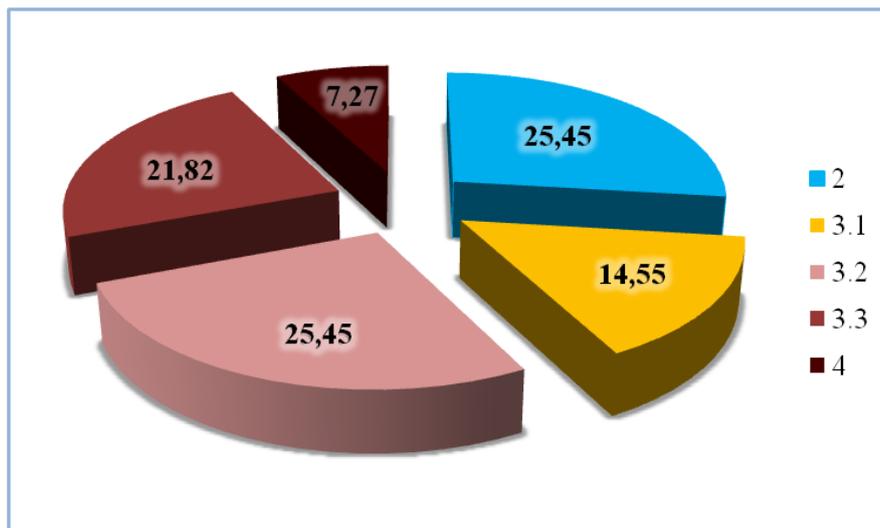


**Рис. 3. Распределение рабочих мест металлургов по классам условий труда в соответствии с шумовой нагрузкой**

**Figure 3. Distribution of jobs for metallurgists by class of working conditions in accordance with the noise load**

Исследование показало, что допустимые уровни производственного шума регистрировались на РМ электросварщика транспортного участка, ряде РМ мастеров, токарей, токарей-карусельщиков, нагревальщиков металла. Большинство обследованных РМ (72,73%) находились в группе профессионального риска здоровью.

Анализ результатов исследования уровней общей вибрации показал, что высокие скорректированные значения виброускорения определялись на кузнечном участке (РМ кузнеца на молотах и прессах - 141-160 дБ, машиниста на молотах и прессах – 134-136 дБ); в прессово-термическом цехе у правильщика проката – 137-144 дБ и вальцовщика – 117-136 дБ; в сортопрокатном цехе у вальцовщика – 120-123 дБ, нагревальщика металла – 111-119 дБ и резчика горячего металла – 128-132 дБ; в цехе подготовки производства у резчика холодного металла – 110-114 дБ; в спецэлектрометаллургическом цехе у подручного сталевара во время операции выбивки ковша – 109-113 дБ (ПДУ<sub>X,Y/Z</sub> 97/100). Рассчитанные с учетом продолжительности воздействия эквивалентные скорректированные уровни виброускорения для 12,7% РМ соответствовали КУТ 3.4-4, а в группе профессионального риска здоровью находились 74,6% РМ (рис. 4).



**Рис. 4. Распределение рабочих мест металлургов по классам условий труда в соответствии с вибрационной нагрузкой (общая технологическая вибрация)**  
**Figure 4. Distribution of workplaces for metallurgists by class of working conditions in accordance with the vibration load (general technological vibration)**

Для девяти РМ, где выполнялись работы с ручным виброинструментом, оценивались уровни локальной вибрации. На четырех РМ – двух обработчиков поверхностных пороков металла, занятых на горячих участках работ, электросварщика, выполняющего операции резки графитовым электродом, и резчика при операции заточки резца на точильно-шлифовальной машине – скорректированные уровни вибрации составили 146, 146, 149 и 153 дБ соответственно, что выше ПДУ (126 дБ) на 20-27 дБ. Отметим, что работа в условиях действия локальной вибрации, превышающей ПДУ на 12 дБ и более, запрещена санитарным законодательством (независимо от ее продолжительности). Рассчитанные с учетом длительности воздействия эквивалентные скорректированные уровни виброускорения соответствовали КУТ 4 (опасный) для РМ обработчиков и электросварщика (5,45% всех РМ) и 3.2 для резчика участка изготовления образцов. Остальные РМ соответствовали допустимым условиям труда.

Микроклимат в ряде производственных цехов был нагревающим как в теплый, так и в холодный период года, а в некоторых цехах – в холодное время года был охлаждающим. Кроме того, на РМ шихтовщика и газорезчика цеха подготовки производства предусмотрено выполнение работ на улице 100% времени смены.

Сталеплавильное производство характеризуется мощными тепловыделениями (в основном за счет инфракрасного излучения – 60-90%), что опасно перегреванием, ожогами и профессионально обусловленными заболеваниями глаз.

Согласно проведенным исследованиям, параметры микроклимата в сталелитейных цехах (категории работ Па-Пб), прессово-термическом цехе (категории работ Пб-Ш) по температуре воздуха и индексу тепловой нагрузки среды (ИТНС) превышают ПДУ для теплого и холодного времени года. Результаты исследования параметров нагревающего микроклимата на РМ металлургов в горячих цехах приведены в таблице 5.

Таблица 5

Фактические уровни параметров нагревающего микроклимата на РМ металлургов, занятых на горячих участках работ

Table 5

Actual levels of parameters of the heating microclimate at the WP of metallurgists in hot work areas

Место измерения параметров нагревающего микроклимата	Параметры микроклимата						
	ИТНС, С°		Облучаемая поверхность тела		Интенсивность теплового облучения, Вт/м <sup>2</sup>		
	ПДУ	Факт. min-max	ПДУ %	Факт. % поверхности	Время, ч	ПДУ	Факт. min-max
Сталевар, подручный сталеваара, разлищик стали цеха электрометаллургии (Пб)	23,9	25,1-31,9	25	100	до 6,4 ч	140	70-200
			25	25-50	до 0,5 ч		2200-2300
Сталевар, подручный сталеваара цеха спецэлектрометаллургии (Пб)	23,9	24,0-27,1	25	100	до 6,4 ч	140	80-300
			25	25-50	до 0,5 ч		1200-2300
Вальцовщик кольцепроката (Пб)	23,9	24,5-26,8	25	100	до 5 ч	140	50-233
			25	>50	до 1 ч		1550-2300
Вальцовщик ковочно-прокатного цеха (Ш)	21,8	21,3-25,8	25	>50	до 4 ч	140	100-130
			25	>50	до 1 ч		1100-2343
Термист прессово-термического цеха (Пб)	23,9	24,9-28,5	25	100	до 6,4 ч	140	23-120
			25	25-50	до 0,5 ч		1005-2420
Термист кузнечно-прессового цеха (Пб)	25,8	22,8-23,2	25	100	до 0,1 ч	140	2153-2310
Прокатчик сортопрокатного цеха (Пб)	23,9	20,0-25,5	25	25-50	до 2 ч	140	100-900
			25	>25	до 0,5 ч		1116-2338

Представленные в таблице 5 РМ, параметры микроклимата на которых не соответствовали ПДУ как по ИТНС, так и по показателям теплового облучения, составили

18,2% всех оцениваемых РМ, КУТ 3.1-3.4. Стоит отметить, что все рабочие горячих цехов оснащены СИЗ тела, рук, ног, головы, лица и глаз.

Температура воздуха в холодный период года была ниже допустимых значений на 20,0% РМ, расположенных в металлообрабатывающих цехах: цехе подготовки производства (категории работ Пб-III), сортопрокатном цехе (категории работ Па-III), цехе механической обработки и на участке централизованной резки (категория работ Па), КУТ 3.1-3.3. Для работ, проводимых на улице (РМ шихтовщика цеха подготовки производства), климатические нормы (Нижегородская область относится к III климатическому региону и II поясу) температуры холодного периода года соответствуют классу условий труда 3.3.

Результаты исследования параметров искусственного освещения на рабочих поверхностях, требующих визуального контроля проводимых работ, в рабочих помещениях металлургических цехов приведены в таблице 6.

Таблица 6

**Результаты измерения уровней искусственной освещенности и пульсации света на РМ металлургов (разряды зрительных работ – V-VIII)**

Table 6

**The results of measuring the levels of artificial illumination and light pulsation on the WP of metallurgists (categories of visual work - V-VIII)**

Место измерения уровней производственного освещения	Искусственная освещенность, Еи, лк		Коэффициент пульсации, Кп, %	
	ПДУ	Факт. min-max	ПДУ	Факт. min-max
1. Центр контроля и менеджмента качества, участок изготовления образцов	200	784-925	20	0,3-3,2
2. Транспортный участок	200	290-310	20	12-20
3. Цех подготовки производства	200	413-645	20	0,1-0,2
4. Цех электрометаллургии	200	71,3*-996	20	1-10,6
5. Цех спецэлектрометаллургии	200	58*-445	20	0,5-32*
6. Участок централизованной резки	200	95-160*	20	25-35*
7. Кольцепрокатный цех	200	61*-431	20	0,5-38,2*
8. Ковочно-прокатной цех	200	30-151*	20	0,1-26,5*
9. Прессово-термический цех	200	39*-551	20	1,1-25*
10. Цех механической обработки	200	79*-208	20	0,2-2,1
11. Цех кузнечно-прессовый	200	192*-593	20	0,2-35*
12. Цех механической обработки поковок	200	323-495	20	0,2-0,4
13. Сортопрокатной цех	200	88*-398	20	0,1-38

Примечание – \* отмечены значения, не соответствующие ПДУ

Note - \* values are marked that do not correspond to the remote control

Проведенные исследования показали, что уровни освещенности в производственных цехах колеблются от 97 до 871 лк, т.е. отличаются до 9 раз по средним значениям. РМ четырех производственных цехов не соответствуют гигиеническим нормам по уровням освещенности рабочих поверхностей, шести – по коэффициенту пульсации светового потока (на 43,6% РМ КУТ по освещенности 3.1).

Выявленные отклонения параметров световой среды на РМ металлургов свидетельствуют о наличии для рабочих риска производственного травматизма, обусловленного низким качеством обработки визуальной информации вследствие недостаточной освещенности, высокой пульсации и возможного появления стробоскопических эффектов при работах с вращающимся оборудованием. Нерациональное освещение может приводить к более быстрому развитию утомления, появлению чувства сонливости, особенно при работах в темное время суток.

Анализ результатов оценки загрязненности воздушной среды производственных помещений показал, что, как правило, максимальные разовые ( $C_{MP}$ ) и среднесменные ( $C_{CC}$ ) концентрации анализируемых химических веществ и пыли не превышали ПДК для ВРЗ. Исключение составили уровни диоксида серы (36,4% всех РМ), никеля (3,6% всех РМ, причем на одном из них регистрировались повышенные уровни  $SO_2$ ) и взвешенных веществ (5,5% всех РМ).

Содержание  $SO_2$ , обладающего раздражающим действием, на исследуемом металлургическом производстве не соответствовало гигиеническому нормативу в  $24,4 \pm 4,6\%$  проб воздуха. Превышение ПДК<sub>MP</sub> данного вещества от 1,02 до 2,89 раза фиксировалось в ВРЗ спецэлектрометаллургического, ковочно-прокатного, прессово-термического, кузнечно-прессового, сортопрокатного цехов, а также цехов подготовки производства, механической обработки и механической обработки поковок. Условия труда на РМ указанных цехов классифицировались как вредные первой и второй степени.

В кузнечно-прессовом цехе на РМ токаря и цехе механической обработки поковок на РМ обработчика поверхностных пороков металла содержание никеля (аллерген, канцероген) превышало ПДК<sub>MP</sub> в 6,68 и 1,76 раза соответственно (КУТ – 3.3 и 3.2).

Условия труда на РМ сталевара и подручного сталевара в электрометаллургическом цехе классифицировались как вредные первой степени по содержанию твердых частиц пыли – превышение ПДК<sub>CC</sub> 1,1-1,3 раза соответственно (КУТ 3.1). В ряде проб повышенные уровни запыленности воздуха фиксировались в сортопрокатном и ковочно-прокатном цехах.

Ввиду наличия в ВРЗ большого числа поллютантов, способных вызывать патологические изменения в одних и тех же органах и системах, был произведен расчет уровней суммарных эффектов воздействия вредных веществ при однонаправленном характере биологического действия. Это позволило выявить превышение допустимых пределов и критические органы и системы у работников обследуемого металлургического предприятия. Наибольшие риски развития патологии (значение суммы выше единицы) были установлены для органов дыхания, сердечно-сосудистой и кроветворной систем, желудочно-кишечного тракта.

Для рабочих мест, где суммарный эффект биологического действия превышал предельно допустимый порог ( $>1$ ), КУТ определялся как вредный. Исходя из полученных результатов, 71,7% РМ с учетом эффекта суммации по химическому фактору были отнесены к КУТ 3.1-3.2.

Наиболее высокие уровни профессионального риска от воздействия поллютантов ВРЗ были установлены для работников электрометаллургического (сталевар, подручный сталевара, разлищик стали), ковочно-прокатного (электросварщик ручной сварки, вальцовщик стана горячей прокатки, кузнец на молотах и прессах, машинист на молотах и прессах, нагреватель металла), прессово-термического (нагреватель металла, правильщик проката и труб, вальцовщик стана горячей прокатки, термист), кузнечно-прессового (токарь) цехов и цеха механической обработки поковок (обработчик поверхностных пороков металла).

Основной вклад в формирование повышенных рисков патологических изменений оцениваемых органных эффектов для различных РМ вносили диоксид серы, ВВ, никель, марганец. Весовая доля перечисленных веществ в уровне риска зависела от особенностей технологического процесса.

Результаты исследований других авторов также свидетельствуют, что действию ВВ и металлов подвергались работники, осуществляющие подготовку материалов и проб металлов, подготовку ковшей, процесс плавки и легирования, механическую обработку; формальдегида, СО и БП – обслуживающие печей и работающие с раскаленным металлом; бензола – сварщики [11, 14].

Следует отметить, что  $SO_2$  в значительных количествах присутствовал практически на всех производственных участках. Данное химическое соединение, наряду с пылью, является одним из основных загрязнителей воздуха металлургических предприятий, поступаая из руды и шихты, обогащенной сульфидами, при дегазации или раскислении металла и прочих процессах [12, 15, 20]. Вследствие значительной летучести диоксид серы способен распространяться за пределы основных цехов, тем самым обуславливая значительные концентрации на территории всего металлургического завода и за его границами [21]. Так, при исследовании воздуха на открытых площадках на расстоянии 15–1000 м от основных цехов предприятия по производству никеля, меди, кобальта и других цветных металлов было установлено, что максимальные разовые концентрации  $SO_2$  в атмосфере превышали ПДК в 2–5 раз [22].

**Заключение.** Результаты гигиенической оценки условий труда на 55 рабочих местах в сталелитейных и металлообрабатывающих цехах предприятия, расположенного в Нижегородской области, показали, что 2/3 РМ характеризовались наличием вибро-акустического фактора, превышающего ПДУ; на более чем половине оцениваемых РМ отмечена высокая тяжесть труда, на трети – неблагоприятный микроклимат, для работников 7 РМ установлен напряженный труд. Результаты анализа загазованности и запыленности ВРЗ показали превышения ПДК по взвешенным веществам, диоксиду серы и никелю. Оценка суммарных эффектов однонаправленного действия химических веществ выявила повышенный риск для критических органов и систем более чем на 70% обследованных РМ.

Таким образом, все металлурги в той или иной степени находятся в группе риска развития профессиональной либо производственно обусловленной патологии. Для более точного прогноза профессиональной надежности и разработки адресных профилактических мероприятий необходимо провести оценку индивидуальных профессиональных рисков с учетом всего комплекса воздействующих факторов. Также необходимо определить наиболее рациональный режим труда.

Исходя из полученных в ходе данной работы сведений очевидным является необходимость в кратчайшие сроки провести организационные, технические и технологические мероприятия по предотвращению и значимому снижению опасного вибро-акустического и термического воздействия на рабочих, сокращению физически тяжелых работ с помощью механизации и автоматизации рабочих операций, разработки и внедрения более прогрессивных и принципиально новых технологических процессов, технических решений, использования современных эффективных СИЗ, включая промышленные экзоскелеты.

### Список литературы:

1. Олещенко А.М., Кислицына В.В., Суржиков Д.В., Корсакова Т.Г., Мотуз И.Ю. Гигиеническая оценка физических факторов производственной среды на рабочих местах металлургов. Современные научные исследования и инновации. 2014; 1. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2014/01/30815> (дата обращения: 27.02.2023).
2. Масыгутова Л.М., Абдрахманова Е.Р., Бакиров А.Б., Гимранова Г.Г., Ахметшина В.Т., Гизатуллина Л.Г., Габдулвалеева Э.Ф., Волгарева А.Д., Хафизова А.С. Роль условий труда в формировании профессиональной заболеваемости работников металлургического производства. Гигиена и санитария. 2022; 101(1): 47–52.
3. Максимова М.А. Оценка профессиональных рисков для работников литейного цеха ООО «Производственная компания» (г. Иркутск). XXI век. Техносферная безопасность. 2021; 6(1): 75–93. DOI: 10.21285/25QQ-1582-2Q21-1-75-93.
4. Перспективы российской металлургической отрасли. URL: <https://journal.open-broker.ru/research/perspektivy-rossijskoj-metallurgicheskoy-otrasli/> (дата обращения 30.10.2022).
5. Лазаренков А.М. Оценка условий труда работающих в литейных цехах с массовым характером производства. Литье и металлургия 2017; 4(89): 134–137.
6. Чеботарев А.Г., Прохоров В.А. Современные условия труда и профессиональная заболеваемость металлургов. Медицина труда и промышленная экология 2012; 6: 1–7.
7. Шинкарева Т.А., Гедрович А.И., Голофаев А.Н. Исследование вредных факторов литейного производства на различных этапах технологического процесса. Ресурсосберегающие технологии производства и обработки давлением материалов в машиностроении. 2010; 1: 209-215.
8. Zohra D.F., Bouhafs M. Prevailing factors of musculoskeletal disorders in steel foundry workers. DOI: 10.46315/1714-000-010-029. URL: <https://ds.univ-oran2.dz:8443/jspui/handle/123456789/2681> (дата обращения: 09.03.2023).
9. Stoilova I., Georgieva S., Kamburova M., Kostadinova P., A study on stress factors in ferrous metallurgy in Bulgaria and ways of their minimizing and control. European Journal of Public Health 2021; 31(3). DOI: 10.1093/eurpub/ckab165.374.
10. Федорук А.А., Другова О.Г., Кудряшов И.Н., Мартин С.В. Оценка условий труда и состояния здоровья работников основных профессий прокатного цеха. Медицина труда и экология человека. 2018; 4: 70–77.
11. Głownia J. Metallurgy and technology of steel castings. Bentham Science Publishers. 2017; 318.

12. Jia J., Cheng S., Yao S., Xu T., Zhang T., Ma Y., Wang H., Duan W. Emission characteristics and chemical components of size-segregated particulate matter in iron and steel industry. *Atmospheric Environment*. 2018; 182: 115–127. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2018.03.051.
13. Mozaffari S. Effects of occupational exposures on respiratory health in steel factory workers. *Frontiers in Public Health*. 2023; 11: 291. DOI: 10.3389/fpubh.2023.1082874.
14. Reardon A.C. *Metallurgy for the Non-metallurgist*. Asm International. 2011; 1: 514.
15. Smith N.A. *Технология металлов и металлообрабатывающая промышленность. Энциклопедия по безопасности и гигиене труда (в 4 т.)*. 2001; Т.3: 665–718.
16. Stoynovska M., Stoynovska, Stateva D., Toncheva R. Occupational medical examination and eye health prevention among Bulgarian metallurgy workers. *The European Journal of Public Health*. 2015; 25(suppl\_3). DOI: 10.1093/eurpub/ckv176.190.
17. Ермолович Е.В. Инновационные подходы и решения в области охраны труда на металлургических предприятиях. *Проблемы современной науки и образования*. 2016; 7(49): 69–71.
18. Минько В.М., Евдокимова Н.А. О существующих и новых подходах к количественной оценке условий труда в машиностроении. *Известия КГТУ*. 2016; 43: 239–248.
19. Choobineh A. Musculoskeletal symptoms among workers of metal structure manufacturing industry in Shiraz, 2005. *Iranian Journal of Epidemiology*. 2009; 5(3): 35–43.
20. Sarkar S., Mazumder D. Solid waste management in steel industry—challenges and opportunities. *Engineering and Technology International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic, Business and Industrial Engineering*. 2015; 9(3): 984–987.
21. Зуев Д.В., Кашкин В.Б. Анализ выбросов диоксида серы по данным инструмента ОМІ (спутник AURA) для Норильской промышленной зоны. *Оптика атмосферы и океана*. 2013; 26(9): 793–797.
22. Чащин В.П., Сюрин С.А., Гудков А.Б., Попова О.Н., Воронин А.Ю. Воздействие промышленных загрязнений атмосферного воздуха на организм работников, выполняющих трудовые операции на открытом воздухе в условиях холода. *Медицина труда и промышленная экология*. 2014; 9: 20–26.

### References:

1. Oleshchenko A.M., Kislitsyna V.V., Surzhikov D.V., Korsakova T.G., Motuz I.Y. *Gigienicheskaya otsenka fizicheskikh faktorov proizvodstvennoy sredy na rabochih mestah metallurgov*. [Hygienic assessment of the physical factors of production environment at the workplaces of metallurgists]. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii*. [Modern scientific research and innovation]. 2014; 1. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2014/01/30815>. (In Russ)
2. Masyagutova L.M., Abdrakhmanova E.R., Bakirov A.B., Gimranova G.G., Akhmetshina V.T., Gizatullina L.G., Gabdulvaleeva E.F., Volgareva A.D., Khafizova A.S. *Rol' usloviy truda v formirovaniy professional'noy zaboлеваemosti rabotnikov metallurgicheskogo proizvodstva*. [The role of working conditions in the formation of occupational morbidity of workers in metallurgical production. *Gigiena i sanitariya*. [Hygiene and sanitation]. 2022; 101(1): 47–52. (In Russ)
3. Maksimova M.A. *Otsenka professional'nyh riskov dlya rabotnikov liteinogo tseha OOO "Proizvodstvennaya kompaniya" (g.Irkutsk). XXI vek*. [Assessment of professional risks for

- employees of the foundry of the "Production company" LLC (Irkutsk). XXI century]. *Tehnosfernaja bezopasnost'*. [Tekhnospere safety]. 2021; 6(1): 75–93. DOI: 10.21285/25QQ-1582-2Q21-1-75-93. (In Russ)
4. *Perspektivy Rossiiskoy metallurgicheskoy promyshlennosti*. [Prospects of the Russian metallurgical industry]. URL: <https://journal.open-broker.ru/research/perspektivy-rossijskoj-metallurgicheskoy-otrasli/> (access date 30.10.2022). (In Russ)
  5. Lazarenkov A.M. *Otsenka usloviy truda rabotayutshih v liteynyh tsehah s massovym karakterom proizvodstva*. [Assessment of working conditions in foundries with the mass production]. *Lit'e i metallurgija*. [Casting and metallurgy]. 2017; 4(89): 134–137. (In Russ)
  6. Tchebotaryov A.G., Prokhorov V.A. *Sovremennye usloviya truda i professional'naya zaboлеваemost' metallurgov*. [Contemporary work conditions and occupational morbidity in metallurgists]. *Medicina truda i promyshlennaja jekologija*. [Occupational health and industrial ecology]. 2012; 6: 1–7. (In Russ)
  7. Shinkareva T.A., Gedrovich A.I., Golofaev A.N. *Issledovanie vrednyh faktorov liteinogo proizvodstva na razlichnyh etapah tehnologicheskogo protsessa*. [Investigation of harmful factors of foundry production at various stages of the technological process]. *Resursosberegajushhie tehnologii proizvodstva i obrabotki davleniem materialov v mashinostroenii*. [Resource-saving technologies for the production and processing of materials by pressure in mechanical engineering]. 2010; 1: 209-215. (In Russ)
  8. Zohra D.F., Bouhafis M. Prevailing factors of musculoskeletal disorders in steel foundry workers. DOI: 10.46315/1714-000-010-029. URL: <https://ds.univ-oran2.dz:8443/jspui/handle/123456789/2681> (date of application 09.03.2023).
  9. Stoilova I., Georgieva S., Kamburova M., Kostadinova P., A study on stress factors in ferrous metallurgy in Bulgaria and ways of their minimizing and control. *European Journal of Public Health*. 2021; 31(3). DOI: 10.1093/eurpub/ckab165.374.
  10. Fedoruk A.A., Drugova O.G., Kudryashov I.N., Martin S.V. *Otsenka usloviy truda i sostoyaniya zdorov'ya rabotnikov osnovnyh professiy prokatnogo tseha*. [Assessment of working conditions and status of health of workers of the main professions of rolling production]. *Medicina truda i jekologija cheloveka*. [Occupational health and human ecology]. 2018; 4: 70–77. (In Russ)
  11. Głównia J. *Metallurgy and technology of steel castings*. Bentham Science Publishers; 2017. 318 p.
  12. Jia J., Cheng S., Yao S., Xu T., Zhang T., Ma Y., Wang H., Duan W. Emission characteristics and chemical components of size-segregated particulate matter in iron and steel industry. *Atmospheric Environment*. 2018; 182: 115–127. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2018.03.051.
  13. Mozaffari S. Effects of occupational exposures on respiratory health in steel factory workers. *Frontiers in Public Health*. 2023; 11: 291. DOI: 10.3389/fpubh.2023.1082874.
  14. Reardon A.C. *Metallurgy for the Non-metallurgist*. Asm International; 2011. 514 p.
  15. Smith N.A. *Metal technology and metalworking industry*. *Encyclopedia of Occupational Safety and Health* (in 4 volumes) 2001; T.3: 665–718.
  16. Stoynovska M., Stoynovska, Stateva D., Toncheva R. Occupational medical examination and eye health prevention among Bulgarian metallurgy workers. *The European Journal of Public Health*. 2015; 25(suppl\_3). DOI: 10.1093/eurpub/ckv176.190.

17. Ermolovich E.V. *Innovatsionnye podhody I resheniya v oblasti ohrany truda na metallurgicheskikh predpriyatiyah*. [Innovative approaches and solutions in the field of occupational safety in the iron and steel enterprises. *Problemy sovremennoj nauki i obrazovaniya*. [Problems of modern science and education]. 2016; 7(49): 69–71. (In Russ)
18. Minko V.M., Evdokimova N.A. *O sutshestvuyuschih i novyh podhodah k kolichestvennoy otsenke usloviy truda v mashinostroenii*. [On existing and new approaches to quantitative assessment of working conditions in mechanical engineering]. *Izvestiya KGTU*. [KSTU news]. 2016; 43: 239–248. (In Russ)
19. Choobineh A. Musculoskeletal symptoms among workers of metal structure manufacturing industry in Shiraz, 2005. *Iranian Journal of Epidemiology*. 2009; 5(3): 35–43.
20. Sarkar S., Mazumder D. Solid waste management in steel industry-challenges and opportunities. *Engineering and Technology International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic, Business and Industrial Engineering*. 2015; 9(3): 984–987.
21. Zuev D.V., Kashkin V.B. *Analiz vybrosov dioksida sery po dannym instrumenta OMI (sputnik AURA) dlya Noril'skoy promyshlennoy zony*. [Analysis of sulfur dioxide emissions above Norilsk industrial area using AURA satellite data]. *Optika atmosfery i okeana*. [Optics of atmosphere and ocean]. 2013; 26(9): 793–797. (In Russ)
22. Shachchin V.P., Siurin S.A., Goudkov A.B., Popova O.N., Voronin A.Yu. *Vozdeistvie promyshlennykh zagryazneniy atmosfernogo vozduha na organism rabotnikov vypolnyayushchikh trudovye operatsii na otkrytom vozduhe v usloviyah holoda*. [Influence of industrial pollution of ambient air on health of workers engaged into open air activities in cold conditions]. *Medicina truda i promyshlennaya jekologiya*. [Occupational health and industrial ecology]. 2014; 9: 20–26. (In Russ).

Поступила/Received: 28.03.2023

Принята в печать/Accepted: 11.05.2023