

## **Факторы риска для здоровья электрогазосварщиков при использовании различных видов сварки**

ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 4, 2-я Советская ул., Санкт-Петербург, Россия, 191036

**Актуальность.** Сохранение здоровья работающего населения является приоритетным направлением государственной политики. Процесс сварки, применяемый во многих областях промышленности, относится к технологическим процессам с вредными условиями труда. Мониторинг производственной среды, определяющий, в какой степени работающий подвергается воздействию вредных факторов, и способствующий установлению связи заболевания с производственной деятельностью приобретает особую актуальность.

**Цель исследования** — проведение гигиенической оценки воздуха рабочей зоны при различных видах сварки, организации технологического процесса и на основе проведенных исследований выделение факторов риска здоровью сварщиков.

**Материалы и методы.** Гигиенические исследования проводились на базе двух крупных предприятий машиностроения и судостроения Санкт-Петербурга и на более 30 отдельных сварочных участках предприятий Северо-западного региона в 2010–2018 гг.

**Результаты.** Установлено, что условия труда при проведении традиционных видов сварки определяются организацией рабочего места сварщика и видом сварки. Наиболее неблагоприятные условия при формировании воздуха рабочей зоны отмечаются при сварке крупногабаритных металлоконструкций, сварке в изолированных пространствах и резке металла, где существующие технические решения при установке локализирующих систем вытяжной вентиляции недостаточно эффективны. Концентрации марганца в сварочном аэрозоле при его содержании до 20% достигают 1,6–2,9 мг/м<sup>3</sup>, оксида углерода — 32–61 мг/м<sup>3</sup>, диоксида азота — 0,8–1,6 мг/м<sup>3</sup>. Недооцененным фактором в работе сварщика является операция зачистки, сопровождающая большинство процессов сварки. Содержание абразивной пыли достигает 14,6 мг/м<sup>3</sup>. Оценен относительный профессиональный риск здоровью работающих по данным больничных листов в зависимости от возраста и стажа работы.

**Выводы.** Решению вопроса минимизации факторов риска здоровью сварщиков при обеспечении безопасности воздуха рабочей зоны будут способствовать: внедрение передовых вентиляционных технологий, совершенствование сварочного оборудования, спсобов и материалов сварки, расширение применения лазерной сварки, внедрение эффективных средств индивидуальной защиты.

**Ключевые слова:** сварочные работы; виды сварки; условия труда; воздух рабочей зоны

**Для цитирования:** Маркова О.Л., Кирьянова М.Н., Плеханов В.П., Иванова Е.В. Факторы риска для здоровья электрогазосварщиков при использовании различных видов сварки. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60(8). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-8-502-510>

**Для корреспонденции:** Маркова Ольга Леонидовна, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья». E-mail: [olleonmar@mail.ru](mailto:olleonmar@mail.ru)

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Дата поступления: 15.05.2020 / Дата принятия к печати: 02.07.2020 / Дата публикации: 31.08.2020*

Olga L. Markova, Marina N. Kir'yanova, Vladimir P. Plekhanov, Elena V. Ivanova

## **Health risk factors among electric and gas welders using different types of welding**

North-West Public Health Research Center, 4, 2-ya Sovetskaya str., St. Petersburg, Russia, 191036

**Introduction.** Preserving the health of the working population is a priority of state policy. The welding process, which is used in many areas of industry, refers to technological processes with harmful working conditions. Monitoring of the production environment, which determines the extent to which the worker is exposed to harmful factors and helps to establish the connection of a particular disease with production activities, is particularly relevant.

**The aim of the study** is to carry out a hygienic assessment of the air in the working area through the conducted studies, to identify risk factors for the health of welders, considering the peculiarities of forming air environment in various types of welding and the technological process organization.

**Materials and methods.** Hygienic studies were carried out on the basis of two large enterprises of mechanical engineering and shipbuilding in Saint Petersburg and on more than 30 separate welding sites of enterprises in the North-West region in 2010–2018.

**Results.** It is established that working conditions during traditional types of welding are determined by the organization of the welder's workplace and the type of welding. The most unfavorable conditions for the formation of the air environment are characterized by welding of large-sized metal structures, welding in isolated spaces and metal cutting, where existing technical solutions for the installation of localized exhaust ventilation systems are not effective enough. Concentrations of manganese reach 1.6–2.9 mg / m<sup>3</sup>, carbon monoxide–32–61 mg/m<sup>3</sup>, nitrogen dioxide–0.8–1.6 mg/m<sup>3</sup>. An underestimated factor in the welder's work is the stripping operation that accompanies most welding processes. The dust content reaches

15 mg/m<sup>3</sup>. The occupational health risk of employees was assessed based on the indicators of morbidity with temporary disability, depending on their age and work experience.

**Conclusions.** *The implementation of advanced ventilation technologies, improvement of welding equipment, welding methods and materials, expansion of the use of laser welding, and introduction of effective personal protective equipment will help to minimize the risk factors for the health of welders while ensuring the safety of the air environment.*

**Keywords:** *welding operations; types of welding; working conditions; working area air*

**For citation:** Markova O.L., Kir'yanova M.N., Plekhanov V.P., Ivanova E.V. Health risk factors among electric and gas welders using different types of welding. *Med. truda i prom. ekol.* 2020; 60(8). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-8-502-510>

**For correspondence:** Olga L. Markova, senior researcher of North-West Public Health Research Center, Cand. of Sci. (Biol.). E-mail: olleonmar@mail.ru

**Funding.** The study had no funding.

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

**Information about authors:** Markova O.L. 0000-0002-4727-7950, Kir'yanova M.N. 0000-0001-9037-0301, Plekhanov V.P. 0000-0002-8141-7179, Ivanova E.V. 0000-0001-9461-9979

*Received: 15.05.2020 / Accepted: 02.07.2020 / Published: 31.08.2020*

Актуальность. Ведущие отрасли производства, определяющие технологический уровень развития государства — машиностроение, судостроение, горнодобывающая, строительная промышленность, металлургия, сталелитейное производство — связаны с использованием сварочных процессов. По оценке экспертов ВОЗ во всем мире около 11 миллионов рабочих имеют профессию сварщика и около 110 миллионов работающих дополнительно подвергаются воздействию сварочных аэрозолей. Сварка может являться источником паров, газов, ультрафиолетового излучения, электромагнитных полей. Степень и тип воздействия зависят от используемого процесса, сварочного материала, вентиляции и применения средств индивидуальной защиты [1].

Вопросам изучения явлений, возникающих во время сварки, которые потенциально могут повлиять на здоровье, безопасность и производственную среду, а также разработке технических руководящих документов для управления процессом посвящена деятельность Международного института сварки (ИМ) [2].

ВОЗ была принята программа «Здоровье работающих: глобальный план действий» [3] в 2007 г. Она явилась частью глобальной концепции ВОЗ «Здоровье для всех» и определила основные направления развития программ на ближайшие годы, предотвращающих ухудшение состояния здоровья работающих, связанное с профессиональной деятельностью.

Обеспечение здоровой и безопасной производственной среды отмечается как стратегическая задача и в РФ [4]. Сохранение здоровья работающего населения является приоритетным направлением государственной политики в области трудовых отношений, охраны труда и обеспечения работодателем здоровых и безопасных условий труда, профилактики профессиональной заболеваемости, поскольку экономический подъем государства связан с трудоспособным населением [5].

Для выполнения поставленных задач необходимым условием является мониторинг производственной среды, определяющий, в какой степени работающий подвергается воздействию вредных факторов, и способствующий установлению связи заболевания с производственной деятельностью.

Анализ литературных данных свидетельствует о широкой вариабельности содержания вредных веществ в зоне дыхания электрогазосварщика при различных сварочных процессах, особенностях организации рабочего места и использовании вспомогательных операций [6–15].

Переходя к оценке риска здоровью сварщиков от воздействия вредных веществ, можно отметить, что в ряде ра-

бот проводилась оценка риска конкретных заболеваний на достаточно больших массивах данных: заболевания легких [16–18], сердечно-сосудистой системы [19,20], неврологические заболевания [21,22], заболевания глаз [23], кожи [24] и т. д.

Периодические медицинские осмотры позволяют выявить такие заболевания только на достаточно больших, исчисляемых десятками тысяч, контингентах работников [25].

Поскольку на отдельных небольших предприятиях такой подход практически невозможен ввиду редкости или полного отсутствия выявления нозологических форм заболеваний, этиологически связанных с работой сварщика, в случаях небольшой выборки (до тысячи работников), целесообразно проводить оценку относительного риска по показателю общей заболеваемости [25]. Данный показатель является достаточно чувствительным и нетрудоемким маркером воздействия производственной среды, поскольку в рамках одного предприятия значительно легче нивелировать влияние экологических, социально-экономических и организационных факторов.

Определение приоритетных факторов риска здоровью электрогазосварщиков является актуальной задачей для профилактики профессиональных и производственно обусловленных заболеваний.

**Цель исследования** — проведение гигиенической оценки воздуха рабочей зоны при различных видах сварки, организации технологического процесса и на основе проведенных исследований выделение факторов риска здоровью сварщиков.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- оценка с гигиенических позиций различных сварочных процессов в сочетании с дополнительными технологическими операциями;
- выявление приоритетных факторов профессионального риска на основе оценки загрязнения воздуха рабочей зоны;
- оценка риска здоровью электрогазосварщиков.

**Материалы и методы.** Гигиенические исследования включали изучение воздуха рабочей зоны при следующих видах сварки: ручная дуговая, полуавтоматическая и автоматизированная. Выполнено 316 проб на содержание химических веществ и аэрозолей. Измерение концентрации металлов проводили атомно-абсорбционным методом в соответствии с утвержденными методическими документами: МУ 4945, МИ-ЭАЛ. 01.2011. Содержание азота диоксида, углерода оксида, гидрофторида, озона определяли с использованием фотометрических методов

и газоанализатора АНТ–3М с селективными электрохимическими датчиками.

Для определения продолжительности выполнения отдельных технологических операций проведены хронометражные исследования в объеме 53 человеко-смен.

Исследование по оценке профессионального риска здоровью проведено по показателям ЗВУТ работников на основании данных отдела кадров о больничных листах. Сравнимые группы были представлены работниками мужского пола с условиями труда, соответствующими характеру профессии. Основную группу составили электросварщики — 245 человек; контрольную группу — электромонтеры и электромеханики — 454 человека. Сравнимые группы не отличались по возрастному составу — 38,4 и 38,9 года соответственно ( $F=0,295$ ,  $p=0,587$ ). К категории «больной» были отнесены работники, имеющие одно и более заболеваний в календарном году, соответственно, к категории «здоровый» относили работников с отсутствием заболеваний за данный период.

Расчет показателя относительного риска (RR) и доверительного интервала (ДИ) был выполнен с помощью программы EpiInfo (<http://www.who.int/chp/steps/resources/EpiInfo/en/>) по 4 возрастным и 4 стажевым группам. В качестве показателя воздействия учитывали информацию об условиях труда, а силу воздействия оценивали по стажу работы. Были сформированы 4 стажевые группы: «до 5 лет», «5–9 лет», «10–14 лет» и «более 15 лет». Для определения достоверности связи воздействие — заболевание использовали критерий соответствия хи-квадрат Пирсона ( $\chi^2$ ) и доверительного интервала (ДИ), точный критерий Фишера (F), за уровень статистической значимости принимали значение  $p \leq 0,05$ .

**Результаты.** Согласно определению экспертов Международного института сварки, сварка — это широкий термин, обозначающий процесс соединения металлов путем коалесценции [26]. Методы сварки обычно классифицируются как дуговая или газовая сварка. Дуговая сварка использует электричество для генерации дуги, тогда как газовая или кислородно-топливная сварка использует для выработки тепла ацетилен или водород [27].

Сварочный аэрозоль образуется, когда металлы нагреты выше их температуры плавления, испаряются и кон-

денсируются в пары. Пары состоят из преимущественно мелких твердых частиц с аэродинамическим диаметром менее 1 мкм и представляют собой сложную смесь частиц сварочного материала (проволоки или электрода), основного металла или любых покрытий на основном металле. Они представлены в основном оксидами, силикатами и фторидами металлов. Сварка сопровождается также выделением различных газов, таких как оксиды азота ( $\text{NO}_x$ ), оксид углерода (CO) или озон ( $\text{O}_3$ ) [28].

В мировой практике наиболее распространенными способами дуговой сварки являются металлическая дуга, газометаллическая дуга, дуга с флюсовой сердцевинной, газовая вольфрамовая дуга и подводная дуга. Электрическая контактная сварка используется для точечной или шовной сварки [28–30].

Среди разнообразных видов и способов сварки по объемам ее применения в Российской Федерации особое место занимают способы сварки плавлением — ручная дуговая сварка покрытыми электродами, полуавтоматическая (разновидность ручного процесса) и автоматизированная с использованием проволок сплошного сечения и порошковой проволоки.

Рассмотрение загрязнения воздуха рабочей зоны как фактора риска здоровью сварщиков предполагало оценку временных характеристик сварочного процесса. Распределение сменного времени при выполнении перечисленных видов сварки представлено в таблице 1.

Большую часть времени при автоматической сварке (до 76%) занимает наблюдение за процессом и показаниями приборов. Сварщик контролирует точность движения и вылет электрода, величину зазора в стыке, состояние кромок, надежность защиты сварочной ванны флюсом, равномерность подачи электродной проволоки, качество сварного соединения; периодически производит корректировку параметров режима сварки (силу тока, напряжение, температуру нагрева, скорость вращения детали). На долю вспомогательных операций, выполняемых вручную (загрузка флюса и отбивка шлака), приходится от 4 до 9% рабочего времени (табл. 1).

При ручной сварке и наплавке основную часть рабочего времени занимает процесс сварки-наплавки. Ручная сварка и наплавка требует статических усилий, направленных на

Таблица 1 / Table 1

### Распределение времени выполнения операций при автоматической сварке под флюсом и ручной электродуговой сварке и наплавке

#### Time distribution for automatic submerged welding and manual arc welding and surfacing

Технологическая операция	Среднее время выполнения операции (% продолжительности смены)		Интервал колебаний	
	Автоматическая сварка	Ручная сварка	Автоматическая сварка	Ручная сварка
Оперативное наблюдение	52	–	16–76	–
Сварка	–	36	–	25–49
Смена электрода	–	7	–	5–10
Отбивка шлака	9	11	1–17	8–14
Наладка	14	–	22–34	–
Засыпка флюса	4	–	0,7–6	–
Ручная подварка	0,1	–	0–10	–
Работа с пневмомолотком	3	–	0–19	–
Отвлечения:				
— производственные	13	15	0,8–29	7–23
— паузы в работе	7	31	0–41	22–43

Таблица 2 / Table 2

**Среднесменные концентрации марганца в воздухе рабочей зоны при различных видах сварки и в зависимости от его содержания в сварочных материалах****Average exchange concentrations of manganese in the working area air for various types of welding and depending on its content in welding materials**

Сварочный материал	Число проб	Содержание Mn в сварочном материале, %	Концентрация Mn, мг/м <sup>3</sup>		
			Мин. — Макс.	Среднесменная	Коэффициент корреляции Пирсона
<b>Ручная сварка</b>					
УОНИ 13/45 А	6	0,43	0,033–0,174	0,076	0,83
УОНИ 13/55	19	0,93	0,018–0,599	0,111	
48-ХН-5	34	1,2	0,048–0,422	0,126	
ЭА 981/15	9	2,61	0,073–0,299	0,135	
<b>Полуавтоматическая сварка</b>					
01Х12Н2	2	0,52	0,007–0,012	0,009	0,98
08ГСМТ	9	1,12	0,031–0,589	0,155	
08Г2С	17	1,89	0,044–0,904	0,243	
08Г2С-О	29	1,92	0,162–0,341	0,281	
<b>Автоматическая сварка</b>					
01Х12Н2	7	0,52	0,003–0,004	0,003	0,99
07Х13Н25	8	1,32	0,005–0,022	0,013	
04Х19Н10Г25	10	1,49	0,008–0,013	0,014	

удержание сварочного электродержателя (11908–14670 кгс×с).

Выполнение точных движений при ручной дуговой сварке и непрерывный контроль за зоной сварки требует от сварщика постоянного устойчивого внимания. Это связано с необходимостью длительное время удерживать зону сварки в поле зрения и контролировать одновременно длину дуги, угол наклона электрода, глубину и ширину сварочной ванны, величину зазора, параметры режима сварки. Во многих случаях сварку выполняют в вынужденной позе: сидя на корточках, стоя на коленях, на высоте, согнувшись под углом 90° и лежа, что требует увеличения энергозатрат. Часть работ проводится в полужакрытых емкостях.

С учетом временных характеристик для основных видов сварочных процессов оценивалось содержание в воздушной среде марганца как основного нормируемого компонента в сварочном аэрозоле.

Максимальная «нагрузка» марганца у сварщиков отмечается при полуавтоматической сварке. Это связано с минимальными временными интервалами между циклами сварочного процесса. Причем, при всех видах сварки имело место наличие проб, в которых среднесменные концентрации превышали ПДУ (0,2 мг/м<sup>3</sup>).

Зависимость концентраций марганца в воздухе рабочей зоны от его процентного содержания в наиболее распространенных сварочных материалах приведена в таблице 2.

Как видно из таблицы 2, уровень обнаруженных концентраций марганца в воздухе рабочей зоны коррелирует с его содержанием в сварочных материалах. Наиболее выражена эта зависимость при минимальном и максимальном содержании его в сварочных материалах.

Гигиеническая оценка сварочного аэрозоля проводилась нами в течение ряда лет на предприятиях машиностроения и судостроения. В таблице 3 представлены данные о состоянии воздушной среды при наиболее часто встречающихся сварочных процессах, сгруппированные с учетом особенностей организации рабочих мест.

Варианты 1 и 4 представляют рабочие места электрогазосварщиков при ручной и полуавтоматической сварке, оборудованные различными системами вентиляции. Можно отметить,

что нарушение гигиенических нормативов отмечается при выполнении сварочных работ на крупногабаритных изделиях, в замкнутых пространствах и газовой резке. Отличительная особенность сварки крупногабаритных металлоконструкций связана с тем, что сварщик производит до 15 подходов для проведения сварочных работ, места сварки расположены на различной высоте (от 0,4 до 2,5 м) по всей длине конструкции [31]. В случае необходимости выполнения сварочных работ в ограниченном пространстве или при газорезке используемых систем вентиляции недостаточно.

Во 2 и 5 вариантах представлены рабочие места сварщиков, не оборудованные вентиляцией. Обращает внимание, что превышение отдельных компонентов твердой и газовой составляющей сварочного аэрозоля наблюдается на всех обследованных рабочих местах. Заслуживает внимания операция зачистки сварных соединений как обязательный этап после выполнения сварочных работ, выполняемый методом механической обработки абразивными материалами. Данная операция существенно увеличивает экспозицию аэрозолей преимущественно фиброгенного действия.

Данные, представленные в варианте 3, характеризуют эффективность установки систем вентиляции на примере одного участка до и после монтажа. Применение системы Push-Pull предотвращает накопление сварочного аэрозоля в верхней зоне помещения, а также снижает фоновую концентрацию вредных веществ в общем объеме производственного помещения.

Вариант 6 представлен рабочими местами операторов роботизированных прокатных модулей, выполняющих плазменную сварку и резку изделий. Стационарные рабочие места оборудованы фильтровентиляционными агрегатами системы Kempter 8000. Оценка состояния воздушной среды проводилась: внутри кабины во время процесса резки металла, у пульта управления и процессах сварки. Можно отметить, что концентрации вредных веществ на рабочих местах операторов плазменной сварки и резки находились значительно ниже предельно допустимых концентраций для воздуха рабочей зоны [32].

В результате проведенных исследований было установлено, что воздушная среда при всех видах сварки за-

**Концентрации химических веществ и аэрозолей в воздухе рабочей зоны при различных сочетаниях видов сварки и организации рабочих мест сварщиков**  
**Concentrations of chemicals and aerosols in the air of the working area during various types of welding and organization of welders' workplaces**

<b>1 вариант — Ручная сварка, рабочие места оборудованы местной вытяжной вентиляцией</b>				
Ручная, электроды УОНИ 13/45	Сварочный пост	Mn 0,07–0,17	2,5–9,2	NO <sub>2</sub> <1; HF<0,1; O <sub>3</sub> <0,04
Ручная, электроды АНО–4/3, УОНИ 13/45	Сварочный пост	Mn 0,01–0,07	4,0–10,0	–
Ручная, электроды УОНИ 13/55	Сварочный пост	Mn 0,02–0,03	2,1–5,0	NO <sub>2</sub> <1; HF < 0,1
Ручная, электроды УОНИ 13/55, ЭА–400	Фильтрационный агрегат системы Kemper со встроенным местным отсосом	Mn 0,021 – 0,042 Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,009–0,013 Ni 0,005–0,009 Cu 0,008 –0,01	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1,5- 2,9	CO<2; NO <sub>2</sub> <1; O <sub>3</sub> <0,04
Ручная, электроды АНО–4, УОНИ 13/55, ЭА–400	Сварочный пост, крупные конструкции	Mn 0,70–0,87	–	–
Ручная сварка внутри металлоконструкции, электроды АНО–4, УОНИ 13/55, ЭА–400	Передвижной агрегат (местный отсос удален от места сварки более, чем на 70–100 см)	Mn 1,60–2,9	–	NO <sub>2</sub> <1–1,6 CO 32–61
Газовая резка «Кристалл», «ESAB» стали 09Г2С, 3, 12МХ, 13ХГМРБ	Сварочный пост крупные конструкции	Mn 0,02–0,04	2,5–3,4	CO <2–2,0 NO <sub>2</sub> 1,7–3,1
<b>2 вариант — Ручная сварка, рабочие места не оборудованы местной вытяжной вентиляцией</b>				
Ручная, Электроды УОНИ 13/55	Производственное помещение	Mn 0,8–1,9	45,2–65	NO <sub>2</sub> <1; CO 15–34 HF<0,1; O <sub>3</sub> <0,04
Ручная, электроды АНО–4, ЭА–400, ЦУ–5, УОНИ 13/55	Производственное помещение	Mn 1,5–2,4	–	–
Ручная, Электроды УОНИ 13/55	Производственное помещение, зачистка поверхностей	Mn 0,18–0,63	4,5–7,8/7,2–14,6	–
<b>3 вариант — Рабочие места до и после установки систем вентиляции</b>				
Ручная, Электроды БДУ (в среде CO <sub>2</sub> )	Производственное помещение,	Mn 0,68–1,59 Cu 0,09–0,18	6,1–50,5	CO 23–35 NO <sub>2</sub> 1,1–1,8
Ручная, Электроды БДУ (в среде CO <sub>2</sub> )	Система местной вытяжной вентиляции PUSH-PULL	Mn 0,23–0,51 Cu 0,02–0,06	4,3 –29,8	CO 5,5–12,6 NO <sub>2</sub> <1
<b>4 вариант — Полуавтоматическая сварка, рабочие места оборудованы местной вытяжной вентиляцией</b>				
п/автоматическая Св. проволока 08Г2С	Сварочный пост	Mn 0,13–0,34	3,2–7,5	NO <sub>2</sub> <1; HF<0,1; O <sub>3</sub> <0,04
п/автоматическая в среде аргона	Сварочный пост	Mn 0,01–0,03	0,8–1,5	O <sub>3</sub> <0,04–0,05
п/автоматическая, аппарат для сварки MIG S8 Speed Pulse в среде газов (аргон, CO <sub>2</sub> ), проволока ОК Aristo Rod 12.50	Сварочный пост + PUSH-PULL, крупные конструкции	Mn 0,24–0,84 Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <0,007–0,063 Ni < 0,005–0,018 Cu < 0,02 –0,04	Fe 0,85–3,9	CO 34–74 NO <sub>2</sub> 1,1–1,8
<b>5 вариант — Полуавтоматическая сварка, рабочие места не оборудованы системами местной вытяжной вентиляции</b>				
п/автоматическая проволока 08Г2С	Производственное помещение	Mn 0,39–0,69	5,6–8,1	NO <sub>2</sub> <1; O <sub>3</sub> <0,04
<b>6 вариант — Плазменная сварка и резка, роботизированный прокатный модуль, рабочие места оборудованы системой вентиляции</b>				

Плазменная сварка, св. пров. SG3, стали 09Г2С, ХНДП, 10ХЦНД	Фильтрационный агрегат системы Kemper	Mn 0,011- 0,018 Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,007–0,011 Ni 0,008–0,012	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1,7–2,3	CO<2; NO <sub>2</sub> <1; O <sub>3</sub> <0,04
Плазменная резка	Фильтрационный агрегат системы Kemper	Mn 0,031–0,042 Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < 0,007–0,010 Ni < 0,005	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 2,3–3,4	CO<2; NO <sub>2</sub> 1,1–1,7; O <sub>3</sub> <0,04

Таблица 4 / Table 4

### Риск заболевания в группах в зависимости от возраста Risk of disease in groups depending on age

Возрастная, лет	Основная			Контрольная			RR (95% ДИ)
	больные	всего	%	больные	всего	%	
20–29	4	12	33,3	29	79	36,7	0,878 (0,286–2,697)
30–39	29	78	37,2	35	103	33,9	1,082 (0,767–1,525)
40–49	43	87	49,4	39	119	32,7	1,477 (1,079–2,023)
50–59	39	68	57,3	59	153	38,5	1,687 (1,130–2,519)
Всего по группам	115	277	41,5	130	422	30,8	1,348 (1,103–1,646)

Примечание: критерий условной независимости Мантеля-Хенцеля:  $\chi^2=8,4$ ,  $p=0,0037$ .

Note: Mantel-Henzel conditional independence criterion:  $\chi^2=8,4$ ,  $p=0,0037$ .

Таблица 5 / Table 5

### Риск заболевания в группах в зависимости от стажа работы The risk of disease in groups depending on the length of service

Стажевая, лет	Основная			Контрольная			RR (95% ДИ)
	больные	всего	%	больные	всего	%	
до 5	4	14	28,6	29	74	39,2	0,666 (0,227–1,955)
5–9	33	80	41,2	38	111	34,2	1,186 (0,849–1,658)
10–14	33	75	44,0	30	110	27,3	1,521 (1,083–2,137)
15 и более	45	76	59,2	65	159	40,9	1,649 (1,129–2,409)
Всего по группам	115	277	41,5	130	422	30,8	1,348 (1,103–1,646)

Примечание: критерий условной независимости Мантеля-Хенцеля:  $\chi^2=8,4$ ,  $p=0,0037$ .

Note: Mantel-Henzel conditional independence criterion:  $\chi^2=8,4$ ,  $p=0,0037$ .

грязнятся сварочным аэрозолем. Допустимые условия труда сварщиков по химическому фактору достигаются внедрением современных систем вентиляции. Количество ингредиентов СА, поступающих в воздух рабочей зоны, определяется составом и массой расплавленного в единицу времени электродного металла. Различия же в «нагрузках» СА на организм рабочего зависят от условий выполнения сварки, рабочей позы, наличия и эффективности устройств местной вентиляции, продолжительности работы.

Таким образом, сварочное производство характеризуется многообразием условий труда, существенно отличающихся не только в различных отраслях производства, но и на отдельных участках одного и того же предприятия.

Значительная часть предприятий различных отраслей промышленности имеет в своей структуре ремонтно-механические службы и подразделения, где электрогазосвар-

щики заняты сваркой и газовой резкой при ремонте технологического и вспомогательного оборудования. Расчет относительного риска здоровью электросварщиков выполнен на примере ремонтно-механического цеха крупного предприятия (варианты 1 и 2 в таблице 4).

На основании данных предприятия о больничных листах была проанализирована динамика случаев заболеваний по возрасту и стажу за 10 лет наблюдений (таблицы 5 и 6). В таблице 5 представлены данные по оценке риска в зависимости от возраста.

Стратификационный анализ, учитывающий влияние возраста при общей оценке по всем 4 группам, показал, что имеющиеся различия не случайны и статистически достоверны  $RR=1,348$  при 95% ДИ (1,103–1,646),  $\chi^2=8,4$ ,  $p=0,003$ . Величина риска возрастает от  $RR=0,878$  при 95% ДИ (0,286–2,697),  $\chi^2=0,051$ ,  $p=0,82$  в возрастной группе 20–29 лет до  $RR=1,687$  при 95% ДИ (1,130–2,519),  $\chi^2=6,7$ ,  $p=0,009$  при статистически значимой тен-

денции роста относительного риска ( $\chi^2=6,8$ ,  $p=0,009$ ) в основной группе.

В таблице 5 представлены данные по оценке риска в зависимости от стажа работы.

Оценка относительного риска (RR) и критерия  $\chi^2$  составила  $RR=1,348$  при 95 ДИ (1,103–1,646),  $\chi^2=8,4$ ,  $p=0,0037$ , имеющиеся различия не случайны и статистически достоверны. Величина риска повышается от  $RR=0,666$  при 95% ДИ (0,227–1,955),  $\chi^2=0,566$ ,  $p=0,452$  в стажевой группе «до 5» лет до  $RR=1,649$  при 95% ДИ (1,129–2,409),  $\chi^2=6,9$ ,  $p=0,008$  в стажевой группе «15 и более» лет, при статистически незначимой тенденции повышения относительного риска ( $\chi^2=6,9$ ,  $p=0,008$ ) в основной группе.

Оценка риска заболевания сравниваемых групп показала, что имеются статистически значимые различия по критерию  $\chi^2$  в возрастных и стажевых группах. Выявлена прямая статистически достоверная связь между условиями труда и заболеваемостью электрогазосварщиков.

#### Выводы:

1. Решение проблемы сокращения факторов риска для здоровья работающих сварочного производства на основе проведенных исследований должно включать несколько направлений:

— внедрение эффективных технических решений с применением местных вытяжных устройств, фильтрационных агрегатов в сочетании с вентиляционными системами типа «PUSH-PULL», которые снижают содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны в 1,5–4,3 раза;

— исследование процессов полуавтоматической сварки, где за счет продолжительности сварки отмечаются максимальные среднесменные концентрации марганца.

— снижение вредных и опасных факторов, как за счет совершенствования гигиенических характеристик традиционных способов сварки, так и сварочных материалов (согласно полученным данным, концентрации марганца в воздухе рабочей зоны коррелирует с его содержанием в сварочных материалах; значения коэффициента Пирсона составляют 0,8–0,9%);

— расширение применения современных видов сварочных процессов: плазменная, лазерная, электронно-лучевая сварка, различных способов сварки давлением и др. (при использовании плазменной резки и сварки с элементами роботизированных операций концентрации основных составляющих сварочного аэрозоля находились значительно ниже предельно допустимых концентраций для воздуха рабочей зоны);

2. При оценке риска здоровью электрогазосварщиков, выполненной на примере типичного ремонтного подразделения крупного предприятия, выявлена прямая статистически достоверная связь между условиями труда и заболеваемостью.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Stewart BW, Kleihues P, editors (2003). World cancer report, Lyon: IARC.
2. ИИМ- Annual Report 2018:28 с <http://www.iiwelding.org/>
3. Всемирная организация здравоохранения. Европейский портал информации. Доля трудоспособного населения, в %. [https://gateway.euro.who.int/ru/indicators/hfa\\_30-0210-labour-force-as-of-population](https://gateway.euro.who.int/ru/indicators/hfa_30-0210-labour-force-as-of-population).
4. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2018 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; 2019.
5. Безопасный труд — право каждого человека. Доклад МОТ к Всемирному дню охраны труда. 2009; Субрегиональ-

ное бюро МОТ для стран Восточной Европы и Центральной Азии, 2009.

6. Чашин М.В., Эллинген Д.Г., Чашин В.П., Кабушка Я.С., и др. Оценка экспозиции к соединениям марганца и железа у сварщиков. *Здоровье населения и среда обитания*. 2018; 10(259): 28–31.

7. Ellingsen D.G., Dubeikovskaya L.S., Dahl K., Chashchin M.V., Chashchin V.P., Zibarev E. and Thomassen Y. Air exposure assessment and biological monitoring of manganese and other major welding fume components in welders. *J. Environ. Monit.* 2006; 8: 1078–86

8. Чашин В.П., Ковшов А.А., Ушакова Л.В. Гигиеническая характеристика условий труда электрогазосварщика при использовании аргонодуговой сварки. *Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. 2018: 154–9.

9. Зибарев Е.В., Никонова С.М., Чашин В.П., Шилов В.В., Эллинген Д., Томассен И., Федоров В.Н., Масалова В.И. Особенности диагностики хронической марганцевой интоксикации с помощью нейроповеденческих тестов. *Токсикологический вестник*. 2015, 4: 12–7.

10. Копытенкова О.И., Турсунов З.Ш., Леванчук А.В., Мироненко О.В., Фролова Н.М., Сазонова А.М. Гигиеническая оценка условий труда в отдельных профессиях строительных организаций. *Гигиена и санитария*. 2018; 12(97): 1203–9.

11. Епифанов А.В., Ковязина О.А., Лепунова О.Н., Шалабодов А.Д. Влияние условий труда на показатели кардиореспираторной системы и крови у электросварщиков с различным стажем работы. *Экология человека*. 2018, 3:27–33.

12. Рогозин Д.В. Бульгин Ю.И., Забара О.Д. Исследование химического состава наплавленного металла порошковой проволоки как фактора, влияющего на санитарно-гигиенические условия труда. *Безопасность технических и природных систем*. 2017; 2: 1–10.

13. Гришагин В.М. Сварочный аэрозоль: образование, исследование, локализация, применение Монография; 2013.

14. Дубейковская Л.С., Зибарев Е.В., Чашин М.В. Сварочный аэрозоль как основной неблагоприятный гигиенический фактор сварщиков. *Вестник Санкт-Петербургской государственной медицинской академии им. И.И. Мечникова*. 2005; 1: 87–91.

15. Соколова Л.А., Попова О.Н., Бузинов Р.В., Калинина М.М., Гудков А.Б. Гигиеническая оценка влияния условий труда на заболеваемость с временной утратой трудоспособности работников цеха сборки корпусов металлических судов машиностроительного предприятия. *Экология человека*. 2016; 3: 18–23.

16. Manoj Kumar Honaryar, Ruth M Lunn, Danièle Luce, Wolfgang Ahrens, Andrea 't Mannetje, Johnni Hansen, Liacine Bouaoun, Dana Loomis, Graham Byrnes, Nadia Vilahur, Leslie Stayner, Neela Guha. Welding Fumes and Lung Cancer: A Meta-Analysis of Case-Control and Cohort Studies. *Meta-Analysis Occup Environ Med*. 2019; 76(6): 422–431. DOI: 10.1136/oemed-2018-105447

17. Maria Grazia Riccelli, Matteo Goldoni, Diana Poli, Paola Mozzoni, Delia Cavallo, Massimo Corradi. Welding Fumes, a Risk Factor for Lung Diseases. *Review Int J Environ Res Public Health*. 2020 Apr 8; 17(7): 2552. DOI: 10.3390/ijerph17072552

18. Beate Pesch, Benjamin Kendzia, Hermann Pohlabeln, Wolfgang Ahrens, Heinz-Erich Wichmann, Jack Siemiatycki, Dirk Taeger, Wolfgang Zschiesche, Thomas Behrens, Karl-Heinz Jöckel, Thomas Brüning. Exposure to Welding Fumes, Hexavalent Chromium, or Nickel and Risk of Lung Cancer. *Am J Epidemiol*. 2019; 1 (188(11)): 1984–93. DOI: 10.1093/aje/kwz187

19. Jennifer M Cavallari, Shona C Fang, Ellen A Eisen, Murray A Mittleman, David C Christiani. Environmental and Occupational Particulate Matter Exposures and Ectopic Heart

Beats in Welders. *Occup Environ Med.* 2016; 73(7): 435–41. DOI: 10.1136/oemed-2015-103256

20. Else Ibfelt, Jens Peter Bonde, Johnni Hansen. Exposure to Metal Welding Fume Particles and Risk for Cardiovascular Disease in Denmark: A Prospective Cohort Study. *Occup Environ Med.* 2010; 67(11): 772–7. DOI: 10.1136/oem.2009.051086

21. Robert M Park, Shannon L Berg. Manganese and Neurobehavioral Impairment. A Preliminary Risk Assessment. *Neurotoxicology.* 2018; 64: 159–65. DOI: 10.1016/j.neuro.2017.08.003

22. Lisa A Bailey, Laura E Kerper, Julie E Goodman. Derivation of an Occupational Exposure Level for Manganese in Welding Fumes. *Neurotoxicology.* 2018; 64: 166–76. DOI: 10.1016/j.neuro.2017.06.009

23. Lena S Jönsson, Håkan Tinnerberg, Helene Jacobsson, Ulla Andersson, Anna Axmon, Jørn Nielsen. The Ordinary Work Environment Increases Symptoms From Eyes and Airways in Mild Steel Welders. *Int Arch Occup Environ Health.* 2015; 88(8): 1131–40. DOI: 10.1007/s00420-015-1041-2

24. K N Heltoft, R M Slagor, T Agner, J P Bonde. Metal Arc Welding and the Risk of Skin Cancer. *Int Arch Occup Environ Health.* 2017; 90(8): 873–81. DOI: 10.1007/s00420-017-1248-5. Epub 2017 Aug 1.

25. X Rong 1, J Y Guo, Z Wang. Results Analysis of Occupational Physical Examination for Major Occupational Hazards Exposed Laborer in 2018 in Guangzhou. *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi.* 2020; 38(1): 37–41. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-9391.2020.01.008.

26. *American Welding Society (2010) Standard welding terms and definitions including terms for adhesive bonding, brazing, soldering, thermal cutting and thermal spraying.* ANSI/AWS A3.0M/A3.0:2010. Miami (FL), USA: American Welding Society.

27. ISO (2009). Welding and allied processes — nomenclature of processes and reference numbers International Standard ISO 4063. Fourth edition. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.

28. Iarc monographs on the evaluation of carcinogenic risks. Lyon, France. 2018; v. 118: 310. <http://monographs.iarc.fr/>

29. Dryson E.W., Rogers D.A. Exposure to fumes in typical New Zealand welding operations. *N Z Med.* 1991; 104(918): 365–7. PMID: 1891137

30. Edmé J.L., Shirali P., Mereau M., Sobaszek A. ECRHS II (2017). European Community Respiratory Health Survey. <http://www.ecrhs.org/>

31. Маркова О.Л., Иванова Е.В. Современные решения улучшения качества воздушной среды на рабочих местах электросварщиков. *Мед. труда и пром. экол.* 2015; 2: 5–8.

32. Маркова О.Л. Иванова Е.В. Особенности формирования воздушной среды при процессах плазменной резки металла на роботизированных прокатных модулях. *Мед. труда и пром. экол.* 2017; 9: 123.

## REFERENCES

1. Stewart BW, Kleihues P, editors (2003). World cancer report, Lyon: IARC.

2. IIM- Annual Report 2018:28 с <http://www.iiwelding.org/>

3. World Health Organization. European Information Portal. Percentage of working population. [https://gateway.euro.who.int/ru/indicators/hfa\\_30-0210-labour-force-as-of-population](https://gateway.euro.who.int/ru/indicators/hfa_30-0210-labour-force-as-of-population).

4. On the state of sanitary-epidemiologic wellbeing of Russian Federation population in 2018: State Report. Moscow: Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing; 2019.

5. Safe Labour is the basic human right. ILO Report on the World Day of Safety and Health at Work. 2009; Subregional Office for Eastern Europe and Central Asia; 2009.

6. Chashchin V.P., Ellingsen D.G., Chashchin M.V., Kabushka Ya.S. et al. Manganese and iron exposure assessment in welders. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2018; 10(259): 28–31.

7. Ellingsen D.G., Dubeikovskaya L.S., Dahl K., Chashchin M.V., Chashchin V.P., Zibarev E., Thomassen Y. Air exposure assessment and biological monitoring of manganese and other major welding fume components in welders. *J. Environ. Monit.* 2006; 8: 1078–86.

8. Chashchin V.P., Kovshov A.A., Ushakova L.V. Hygienic characteristics of working conditions of an electric and gas welder using argon arc welding. *Sbornik Nauchnykh Trudov Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem.* 2018: 154–9.

9. Zibarev E.V., Nikonova S.M., Chashchin V.P., Shilov V.V., Ellingsen D., Thomassen Y., Fedorov V.N., Masalova V.I. Peculiarities of diagnosing chronic manganese intoxication using neurobehavioral tests. *Toksikologicheskii Vestnik.* 2015; 4: 12–17.

10. Kopytenkova O.I., Tursunov Z.Sh., Levanchuk A.V., Mironenko O.V., Frolova N.M., Sazonova A.M. Hygienic assessment of working conditions in certain construction organization jobs. *Gigiena i Sanitariya.* 2018; 12(97): 1203–9.

11. Epifanov A.V., Kovyazina O.L., Lepunova O.N., Shalabodov A.D. Effect of working conditions on cardio-respiratory system and blood indicators of electric and gas welders having different employment durations. *Ekologiya Cheloveka.* 2018, 3: 27–33.

12. Rogozin D.V., Bulygin Yu.I., Zabara O.D. Chemical composition study of deposited weld metal of flux-cored wire as a factor affecting sanitary-hygienic working conditions. *Bezopasnost' Tekhnicheskikh i Prirodnikh Sistem.* 2017; 2: 1–10.

13. Grishagin V.M. Monograph. “Welding Aerosol: Generation, Analysis, Localization, Use”; 2013.

14. Dubeikovskaya L.S., Zibarev E.V. Chashchin M.V. Welding aerosol as a major unfavourable hygienic factor in welders. *Vestnik Sankt-Peterburgskoi Gosudarstvennoi Meditsinskoi Akademii im. I.I. Mechnikova.* 2005; 1: 87–91.

15. Sokolova L.A., Popova O.N., Buzunov R.V., Kalinina M.M., Gudkov A.B. Hygienic assessment of working conditions effect on morbidity with temporary disability among workers of metal ship hull assembling shop of machine-engineering enterprise. *Ekologiya Cheloveka.* 2016; 3: 18–23.

16. Manoj Kumar Honaryar, Ruth M Lunn, Danièle Luce, Wolfgang Ahrens, Andrea 't Mannetje, Johnni Hansen, Liacine Bouaoun, Dana Loomis, Graham Byrnes, Nadia Vilahur, Leslie Stayner, Neela Guha. Welding Fumes and Lung Cancer: A Meta-Analysis of Case-Control and Cohort Studies. *Meta-Analysis Occup Environ Med.* 2019; 76(6): 422–431. DOI: 10.1136/oemed-2018-105447

17. Maria Grazia Riccelli, Matteo Goldoni, Diana Poli, Paola Mozzoni, Delia Cavallo, Massimo Corradi. Welding Fumes, a Risk Factor for Lung Diseases. *Review Int J Environ Res Public Health.* 2020 Apr 8; 17(7): 2552. DOI: 10.3390/ijerph17072552

18. Beate Pesch, Benjamin Kendzia, Hermann Pohlbeln, Wolfgang Ahrens, Heinz-Erich Wichmann, Jack Siemiatycki, Dirk Taeger, Wolfgang Zschiesche, Thomas Behrens, Karl-Heinz Jöckel, Thomas Brüning. Exposure to Welding Fumes, Hexavalent Chromium, or Nickel and Risk of Lung Cancer. *Am J Epidemiol.* 2019; 1 (188(11)): 1984–93. DOI: 10.1093/aje/kwz187

19. Jennifer M Cavallari, Shona C Fang, Ellen A Eisen, Murray A Mittleman, David C Christiani. Environmental and Occupational Particulate Matter Exposures and Ectopic Heart Beats in Welders. *Occup Environ Med.* 2016; 73(7): 435–41. DOI: 10.1136/oemed-2015-103256

20. Else Ibfelt, Jens Peter Bonde, Johnni Hansen. Exposure to Metal Welding Fume Particles and Risk for Cardiovascular Dis-

- ease in Denmark: A Prospective Cohort Study. *Occup Environ Med.* 2010; 67(11): 772–7. DOI: 10.1136/oem.2009.051086
21. Robert M Park, Shannon L Berg. Manganese and Neurobehavioral Impairment. A Preliminary Risk Assessment. *Neurotoxicology.* 2018; 64: 159–65. DOI: 10.1016/j.neuro.2017.08.003
22. Lisa A Bailey, Laura E Kerper, Julie E Goodman. Derivation of an Occupational Exposure Level for Manganese in Welding Fumes. *Neurotoxicology.* 2018; 64: 166–76. DOI: 10.1016/j.neuro.2017.06.009
23. Lena S Jönsson, Håkan Tinnerberg, Helene Jacobsson, Ulla Andersson, Anna Axmon, Jørn Nielsen. The Ordinary Work Environment Increases Symptoms From Eyes and Airways in Mild Steel Welders. *Int Arch Occup Environ Health.* 2015; 88(8): 1131–40. DOI: 10.1007/s00420-015-1041-2
24. K N Heltoft, R M Slagor, T Agner, J P Bonde. Metal Arc Welding and the Risk of Skin Cancer. *Int Arch Occup Environ Health.* 2017; 90(8): 873–81. DOI: 10.1007/s00420-017-1248-5.
25. X Rong 1, J Y Guo, Z Wang. Results Analysis of Occupational Physical Examination for Major Occupational Hazards Exposed Laborer in 2018 in Guangzhou. *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi.* 2020; 38(1): 37–41. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-9391.2020.01.008.
26. American Welding Society (2010). *Standard welding terms and definitions including terms for adhesive bonding, brazing, soldering, thermal cutting and thermal spraying.* ANSI/AWS A3.0M/A3.0:2010. Miami (FL), USA: American Welding Society.
27. ISO (2009). *Welding and allied processes — nomenclature of processes and reference numbers International Standard ISO 4063.* Fourth edition. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
28. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks. Lyon, France. 2018; v. 118: 310. <http://monographs.iarc.fr/>
29. Dryson E.W., Rogers D.A. Exposure to fumes in typical New Zealand welding operations. *N Z Med.* 1991; 104(918): 365–7. PMID: 1891137
30. Edmé J.L., Shirali P, Mereau M., Sobaszek A. ECRHS II (2017). European Community Respiratory Health Survey. <http://www.ecrhs.org/>
31. Markova O.L., Ivanova E.V. Current solutions to improve workplace air quality of electric and gas welders. *Med. truda i prom. ekol.* 2015, 2:5–8.
32. Markova O.L., Ivanova E.V. Features of air environment formation in plasma metal cutting processes of robotic rolling modules. *Med. truda i prom. ekol.* 2017; 9: 123.