

DOI: 10.34031/2071-7318-2024-10-3-136-145

^{1,*}Таранюк И.В., ¹Слободюк А.П., ²Фоменко Ю.В.¹Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина²Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

*E-mail: taranyukiv@ya.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ УСТАНОВОК ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ МЕТАЛЛОВ

Аннотация. Лазерная резка металла становится все более популярной в различных отраслях промышленности благодаря современным компактным лазерным резакам, которые используются даже на небольших предприятиях. Проблемы, связанные с цехами лазерной резки металла на металлургических и металлообрабатывающих предприятиях, включают в себя угрозу здоровью рабочих за счет вредных выбросов на таких производствах.

В процессе лазерной резки металлических листов происходит термическое воздействие на материал, в результате которого в воздух выделяются вредные вещества, входящие в состав сталей, такие как оксиды азота, марганец, оксид цинка и другие. Эти вещества могут вызывать различные заболевания дыхательных путей, кожи и глаз.

Для снижения уровня загрязнения воздуха на заводах применяются такие технические решения, как установка вытяжных шкафов и систем фильтрации. Однако эффективность этих систем не всегда обеспечивает достаточный уровень поглощения вредных веществ, что требует постоянного контроля и совершенствования.

В проведенной работе для оценки эффективности систем фильтрации и вытяжки предложены расчетные методы определения концентрации вредных веществ и проведен анализ газовых выбросов. Эти методы позволяют определить фактические значения содержания вредных веществ в воздухе, что в свою очередь позволяет сопоставить их с санитарно-эпидемиологическими нормами.

Ключевые слова: предельно допустимая концентрация (ПДК), воздух рабочей зоны, газовый анализ, аспиратор, лазерная резка.

Введение. Металлургические и металлообрабатывающие заводы представляют собой важный сектор промышленности в России, который обеспечивает производство широкого спектра металлических изделий и конструкций. Однако функционирование таких предприятий может оказывать значительное воздействие на окружающую среду и здоровье населения. В связи с этим вопрос об экологической безопасности металлургических и металлообрабатывающих заводов становится всё более актуальным [1].

Во-первых, стоит отметить, что металлургические и металлообрабатывающие заводы имеются в каждой области Российской Федерации. Это обусловлено необходимостью обеспечения потребностей различных отраслей экономики, таких как автомобилестроение, электрификация, строительство и др. в металлических материалах и конструкциях. Однако такое широкое распространение заводов данного типа приводит к тому, что они могут оказывать существенную нагрузку на экологию городов, в которых они расположены. Производство и обработка металлов приводит к выбросам в атмосферу различных вредных веществ, таких как оксиды серы, азота, углерода, тяжёлых металлов. Они могут вызывать заболевания у людей, животных, ухудшение общей экологии воздуха, что в свою очередь негативно сказывается на состоянии окружающей среды [2,

3]. К списку негативного влияния данного процесса можно отнести следующие загрязнения:

- Загрязнения водных ресурсов, таких как сточные воды, в составе которых ввиду производства могут оказаться различные вредные вещества [4]. Сами по себе сточные воды при попадании в иные водные объекты соответственно вызовут их загрязнение. Это может привести к гибели водных организмов, нарушению экологического баланса и ухудшению качества воды [5].

- Воздушные загрязнения: в процессе производства и обработки металлов образуются различного рода легковесные отходы, такие как шлаки, пыль, газы и другие [6]. Эти отходы ввиду своей летучести с легкостью смешиваются с воздушной средой, однако их нейтрализация является сложным процессом, ввиду чего негативное воздействие на воздушную среду оказывается малозаметно и трудноустранимо. Данный вид загрязнения имеет максимально возможный риск перерасти в другой тип и следом заражать как воздушную, так и водную и визуальную среду.

- Шумовое загрязнение. Промышленное производство, особенно металлургическое, сопровождается шумом, который классифицируется как один из вредоносных факторов и так же имеет свои нормируемые значения. Фактор шума может оказывать длительно и накопительное воздействие на организм человека, что впоследствии

может привести к нарушениям сна, снижению работоспособности, нервным срывам и другим немаловажным проблемам.

- Зрительное загрязнение кажется маловажным на первый взгляд фактором, однако если взять во внимание тот факт, что в крупных промышленных городах уровень смога напрямую на график проветривания помещений и выхода населения из дома, можно сказать какой уровень сажи и иных осадков остается на зданиях, заборах и иных сооружениях. Данный факт не только портит картину города, но и привлекает внимание окружающих на проблемы экологического характера. Помимо этого, нельзя не заметить снижение эстетической красоты города в целом, что ведет к снижению уровня счастья населения.

Как можно заметить, все вышеперечисленные виды загрязнений имеют в большинстве своем негативное влияние в отношении здоровья людей, причем оно может выражаться сразу в ряде заболеваний:

- Заболевания дыхательной системы: вредные выбросы могут вызывать заболевания дыхательной системы, такие как бронхит, пневмония, астма. Так же немал риск и онкологических заболеваний легких, гортани и других органов, обеспечивающих дыхание.

- Поражение сердечно-сосудистой системы. Нередки случаи возникновения сердечных приступов ввиду чрезмерной работы в зоне с повышенной концентрацией вредных веществ. Аналогичная ситуация обстоит с людьми, попавшими под действие выброса этих веществ в обычной городской среде по причине отсутствия защитных средств. Из менее негативных последствий – повышение артериального давления, головные боли ввиду микроразрывов сосудов.

- Истощение нервной системы: шум и другие факторы могут вызывать нарушения сна, снижение работоспособности, раздражительность.

- Ухудшение репродуктивной способности: некоторые вещества могут вызывать снижение способности людей к воспроизводству, вызывая нарушения фертильности, проблемы с зачатием и т.п.

Для борьбы с загрязнениями воздуха рабочей зоны и (или) атмосферы, на предприятиях применяют разного рода технические и конструктивные решения, такие как: вытяжки, системы фильтрации и подачи воздуха и др. [3].

Одно из таких решений - вытяжные шкафы. Это системы, которые удаляют загрязненный воздух из рабочей зоны и заменяют его чистым. Вытяжные установки могут быть установлены над производственным оборудованием или в других местах, где происходит загрязнение воздуха. Они могут быть как стационарными, так и

передвижными.

Системы фильтров - еще одно эффективное решение для борьбы с загрязнением воздуха. Они используются для очистки воздуха от примесей и вредных частиц. Существует несколько типов систем фильтрации, включая механические, электростатические и адсорбционные. Выбор конкретной системы зависит от типа загрязнения и требований к качеству воздуха.

Различные системы подачи воздуха обеспечивают постоянный приток свежего воздуха в рабочую зону. Они могут быть естественными (за счет вентиляции) или принудительными (с помощью вентиляторов). Системы подачи воздуха помогают поддерживать оптимальный уровень кислорода и удалять из воздуха вредные примеси.

Помимо вытяжек, систем фильтрации и подачи воздуха, предприятия могут использовать и другие технические и конструктивные решения для борьбы с загрязнением воздуха. Например, использование герметичного оборудования, изоляция опасных процессов, установка датчиков загрязнения воздуха и многое другое.

Основанием для применения тех или иных решений по защите от вредных выбросов является превышение норм концентрации опасных и вредных веществ, выделяемых при выполнении технологических процессов, в воздухе рабочей зоны.

Лазерная резка металлов в последнее время становится неотъемлемой частью заготовительных участков, механических цехов и производств по всему миру, а новые, более компактные лазерные резаки также можно встретить даже на небольших металлообрабатывающих предприятиях.

Обеспечение безопасных условий работы для персонала цеха лазерной резки оцинкованного листового металла, а также ограничение вредных выбросов в атмосферу является актуальной задачей. При этом первым этапом её решения является определение текущей концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны цеха.

Цели работы:

1. Установить предполагаемое количество и состав вредных выбросов в воздух рабочей зоны установок лазерной резки металлов на металлообрабатывающих предприятиях, используя эмпирические методы (осмотр, наблюдение, опрос).

2. Исследовать воздух рабочей зоны на предмет наличия и концентрации предполагаемых вредных выбросов методом газового анализа (теоретические методы исследования).

3. Оценить соответствие расчетных результатов практическим результатам.

4. Оценить эффективность действующих

вентиляционных систем и соответствие реальных значений концентраций вредных выбросов санитарно-эпидемиологическим нормам для дальнейшего снижения уровня загрязнения воздуха на производстве.

Материалы и методы. Решение поставленной задачи осуществлялось в следующем порядке:

- проводился первичный осмотр производственного помещения и опрос производственного персонала (эмпирический метод исследования);
- выполнялось аналитическое определение концентрации вредных веществ, выделяемых при лазерной резке, с учетом работы вентиляционной системы цеха (теоретические методы исследования);
- осуществлялся непосредственный замер концентрации вредных веществ в цехе (фотометрический метод исследования, газовый анализ).

Осмотр производственного помещения

В соответствии с СП 2.2.1.1312-03 «Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий» механическая вентиляция предусматривается для помещений и отдельных участков, в которых нормируемые микроклиматические параметры и содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не могут быть обеспечены естественной вентиляцией, а также для помещений и зон без естественного провет-

ривания. Так же оборудование, характеризующееся выделением вредных веществ, пыли, тепла, влаги, должно быть оснащено устройствами местной вытяжной вентиляции (отсосами открытого или закрытого типа), встроенными в технологическое оборудование либо максимально приближенными к нему.

В цехе лазерной резки установлены следующие типы вытяжных систем:

- приточно-вытяжная вентиляция общего назначения (рис. 1);
- местная вентиляция лазерного станка с использованием заводских вентиляционных систем (рис. 2 а, б, в).
- местная дополнительная вентиляция станка лазерной резки в купольном исполнении (рис. 3).



Рис. 1. Приточно-вытяжная вентиляция всего помещения цеха

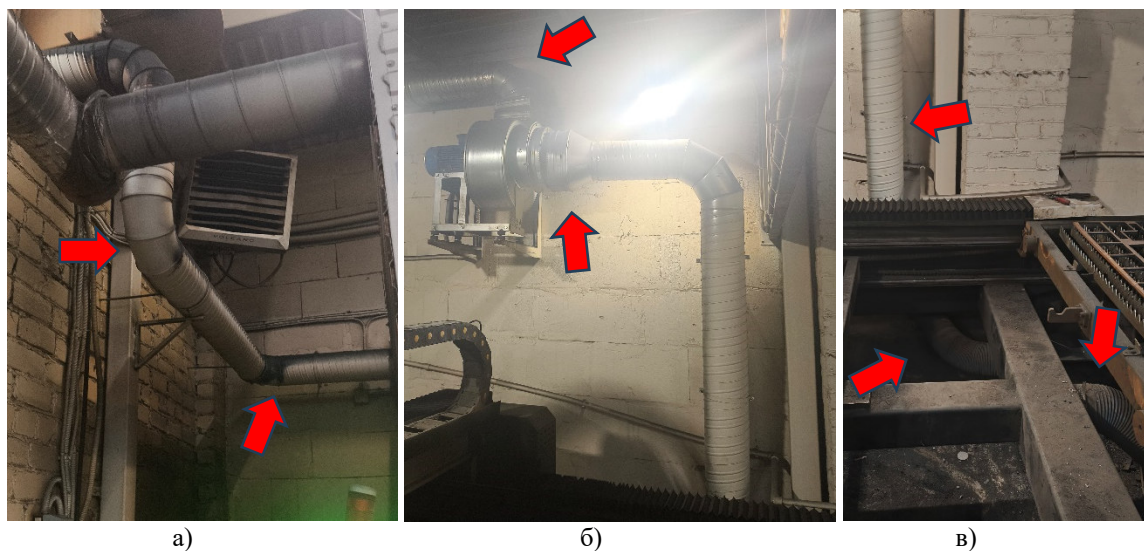


Рис. 2. Местная вентиляция станка лазерной резки (а) магистральные вентиляционные трубы; (б) вытяжной агрегат; (в) заходы вентиляционных труб в технологические вентиляционные выводы станка

Несмотря на их наличие первичный осмотр помещения цеха лазерной резки металла выявил наличие следов осаждения в виде налета белого и желтоватого оттенков [6]. Такой налет был обнаружен на стенах, особенно в зонах примыкания стен к потолку, и верхних частях рам окон,

на вентиляционном куполе как внутри него, так и снаружи. Наибольшее загрязнение регистрируется в местах, удаленных от вентиляционных воздухозаборов [7] и как следствие вокруг них возникают пятна.



Рис. 3. Дополнительная местная вентиляция станка лазерной резки (а) вытяжной агрегат и система вентиляционных труб; (б) самодельное сопло, располагаемое в вентиляционной трубе и самодельный купол параллелепипедальной формы

Также, следы похожего налета обнаружены некоторых частях производственного оборудования и на элементах вентиляционных систем (рис. 4). В результате опроса операторов станков лазерной резки было установлено, что в конце смен с полной загрузкой оборудования, особенно когда осуществляется резка оцинкованной стали, отмечаются жалобы на головные боли и даже случаи тошноты.

Так следы осаджений на стенах, потолке,

окнах, оборудовании, а также жалобы на тошноту и головные боли у работников цеха могут свидетельствовать о наличии в воздухе рабочей зоны производственных установок вредных веществ в концентрациях, близких или превышающих ПДК. Наличие данных осаджений в границах рабочей зоны свидетельствует о распространении осадков по цеху [8]. Следовательно, необходимы дальнейшие исследования для поиска решения проблемы.



Рис. 4. Отложения на строительных конструкциях и оборудовании

Основная часть. Чаще всего в цеху осуществляют лазерную резку оцинкованной стали Ст3. Во время лазерной резки оцинкованных изделий происходит выделение веществ, входящих в состав сварочных аэрозолей [9], таких как оксид цинка, оксид железа, марганец, оксид углерода, медь. Расчет концентрации веществ, выделяемых в воздух рабочей зоны, с учетом работы имеющихся вентиляционных установок произведем по цинку (2 класс опасности) и марганцу (1 класс опасности), как по наиболее опасным по

степени воздействия на организм по классификации ГОСТ 12.1.007-76 «Система стандартов безопасности труда вредные вещества классификация и общие требования безопасности похожие».

Произведем расчет концентрации для цинка (Zn) в воздухе рабочей зоны как для одного из компонентов оцинкованной стали.

Объем цинка, выделяемого при лазерной резке оцинкованного металла, рассчитывается по формуле:

$$V_{Zn} = L_{\text{реза}} \cdot S_{\text{реза}} \cdot 2 \cdot h_{\text{слоя}}, \quad (1)$$

где $L_{\text{реза}}$ – длина реза (средняя за час работы), м; $S_{\text{реза}}$ – ширина реза, м; $h_{\text{слоя}}$ – высота слоя цинка, м.

$$V_{Zn} = 100 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 0,02 \cdot 10^{-3} = 0,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Тогда масса выделяемого цинка будет равна произведению плотности цинка на полученный объем:

$$m_{Zn} = 7140 \cdot 0,8 \cdot 10^{-6} = 5,7 \cdot 10^{-3} \text{ кг.}$$

Концентрация выделяемого при лазерной резке цинка будет равна отношению массы к объему рабочей зоны [3]:

$$\mu_{Zn} = \frac{m_{Zn}}{V_{\text{раб.зоны}}}, \quad (2)$$

где $V_{\text{раб.зоны}}$ – объем рабочей зоны, вычисляемый как произведение $V_{\text{хШХГ}}$, м^3 ;

$$\mu_{Zn} = \frac{5,7 \cdot 10^{-3}}{7 \cdot 7 \cdot 3} = 0,03878 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 38,78 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}.$$

Вентиляция, установленная в цеху, обеспечивает производительность $6488 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$, что при объеме помещения цеха 1680 м^3 дает кратность воздухообмена, равную 3,86.

Таким образом, с учетом работы вентиляции будет обеспечиваться концентрация паров цинка, равная:

$$\mu_{Zn2} = \frac{5,7 \cdot 10^{-3}}{\frac{6488}{1680} \cdot (7 \cdot 7 \cdot 3)} = 10,04 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}.$$

Аналогично производим расчет концентрации марганца (Mn). Объем марганца, выделяемого при резке, рассчитаем по формуле:

$$V_{Mn} = L_{\text{реза}} \cdot S_{\text{реза}} \cdot h_{\text{листа}} \cdot \%_{\text{вещ.}}, \quad (3)$$

где $L_{\text{реза}}$ – длина реза (средняя за час работы), м; $S_{\text{реза}}$ – ширина реза, м; $h_{\text{листа}}$ – ширина металлического листа, м; $\%_{\text{вещ.}}$ – процентное содержание исследуемого вещества в металле (доля марганца в Ст3 составляет до 0,5 % [10]).

Принимая $L_{\text{реза}} = 100 \text{ м}$, $S_{\text{реза}} = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, $h_{\text{листа}} = 1 \text{ м}$, получаем

$$V_{Mn} = 100 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 0,05 = 10^{-4} \text{ м}^3.$$

Тогда масса выделяемого марганца будет равна произведению плотности на полученный объем:

$$m_{Mn} = 7470 \cdot 10^{-4} = 0,747 \text{ кг.}$$

Концентрация выделяемого при лазерной резке марганца с учетом вентиляции будет равна:

$$\mu_{Mn2} = \frac{0,747}{\frac{6488}{1680} \cdot (7 \cdot 7 \cdot 3)} = 1300 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}.$$

Сравнивая полученные результаты с нормами ПДК для производственных помещений [9], получаем превышение предельно допустимых концентраций по цинку и марганцу (таблица 1).

Таким образом, получает подтверждение выдвинутая нами гипотеза о том, что существующая система вентиляции не справляется со своевременным удалением вредных веществ из рабочей зоны оборудования лазерной резки, а высокие концентрации таких веществ на рабочем месте оператора могут быть причиной недопомоганий и предпосылками для развития профзаболеваний.

Таблица 1

Сравнение полученных значений с предельно допустимыми

Вещество	ПДК ¹ вещества (м.р. ² /с.с. ³), ($\frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$)	Расчетная концентрация вещества, ($\frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$)
Цинк (Zn)	1,5 / 0,5	10,04
Марганец (Mn)	0,6 / 0,2	1300

В таблице 1 использованы обозначения:

¹ Предельно допустимая концентрация [9].

² Максимальная разовая ПДК.

³ Среднесменная ПДК.

Расчетные значения по очевидным причинам могут отличаться от реальных ввиду факторов, не учтенных в расчетах. Такими факторами, к примеру, являются форма помещения, влияющая на воздушные потоки и завихрения, место установки вентиляционного оборудования, отсутствие в расчетах влияния собственной вентиляции станка лазерной резки и др.

Поэтому для экспериментальной проверки полученных результатов нами принято решение

выполнить непосредственные измерения концентрации вредных веществ [11] в цехе лазерной резки.

Экспериментальные исследования. Исследования производились по методике, установленной ФР.1.31.2021.39518 [12].

Измерения выполнялись с помощью специализированного комплекта оборудования, включающего: газоанализирующий прибор (аспиратор) Пу-3Э, спектрометр «СФ-2000», аспиратор «ПУ-4Э», спектрометр атомно-абсорбционный

«КВАНТ.Z», измеритель параметров микроклимата «Метеоскоп-М», газоанализатор многокомпонентный «Полар 2» [13], термогигрометр «ИВА-6Н-Д».

Осуществлялся забор проб [14] воздуха рабочей зоны оператора станка лазерной резки.

При этом газозаборные трубки аспиратора (проботборники) располагались на груди оператора станка для анализа непосредственно вдыхаемых выделяющихся при резке веществ (рис. 5).



Рис 5. Расположение газозаборных трубок

Дополнительная информация, необходимая для получения результатов:

- Дополнения, отклонения или исключения из методик выполнения измерений: отсутствуют.

- Исследования и измерения проводились в закрытом производственном помещении при температуре 16 °С и атмосферном давлении (для установления процедуры стадии отбора аналитической пробы по методике анализа промышленных выбросов).

- Сведения о продолжительности воздействия фактора и номинальной продолжительности рабочего дня не представляют собой усред-

ненную картину, а являются результатом измерения в течение 8 часов.

Анализ полученных результатов начинаем с визуальной оценки входного фильтра аспирационной трубки (рис. 6). Как видно на фото, после выполнения замера на фильтре явно видны следы отложений рыжего окраса, что свидетельствует о наличии в воздухе рабочей зоны оператора существенного количества твердых частиц, которые в большинстве своем самостоятельно не разлагаются и могут накапливаться на строительных конструкциях и элементах оборудования [15].

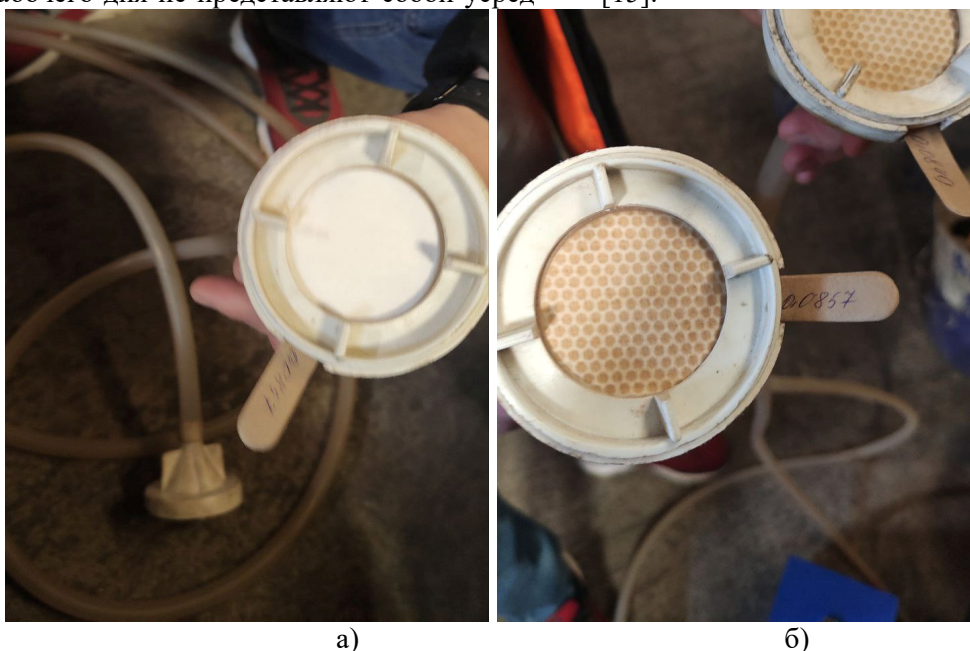


Рис. 6 Входные фильтры аспирационных трубок (а) исходное состояние; б) после замера

Результаты дальнейших исследований, отобранных образцов на измерительном комплексе, дают информацию о содержании в воздухе рабочей зоны всех вредных веществ, зафиксированных прибором (таблица 2).

Анализ полученных данных и их сравнение с нормативами СанПиН 1.2.3685-21 («Гигиенические нормативы и требования к обеспече-

нию безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания») показали превышение ПДК по марганцу (таблица 2): средней сменной на 20% и максимальной разовой концентрации - на 75%. Кроме того, по таким веществам, как оксид углерода, оксид железа и цинк наблюдаются заметные выбросы, в некоторых случаях приближающиеся к границам нормы.

Таблица 2

Результаты исследований (испытаний) и измерений

№ п/п	Определяемый показатель, ед. измерения	Максимальная разовая массовая концентрация вредных веществ	Среднесменная массовая концентрация вредных веществ	Величина ПДК ¹ , (мг/м ³)	Класс опасности
1	Железо в пересчете на оксид железа (III), (мг/м ³)	1,16	0,812	-/6	4
2	Марганец, (мг/м ³)	0,086	0,060	0,05	1
3	Углерода оксид, (мг/м ³)	5	5	20	4
4	Хром, (мг/м ³)	$0,77 \cdot 10^{-3}$	$0,539 \cdot 10^{-3}$	0,03/0,01	1
5	Цинк, (мг/м ³)	$134 \cdot 10^{-3}$	$93,8 \cdot 10^{-3}$	1,5/0,5	2
6	Никель, (мг/м ³)	$0,89 \cdot 10^{-3}$	-	0,05	1
7	Медь, (мг/м ³)	$13 \cdot 10^{-3}$	-	1,0/0,5	2

В таблице 2 использованы обозначения:

¹В числителе – максимальная разовая ПДК, в знаменателе – среднесменная ПДК. Прочерк в числителе значит, что норматив установлен в виде средней сменной ПДК.

По хрому, никелю и меди выбросы имеются, но незначительные, не приближающиеся к границам ПДК. Однако, совокупное воздействие всех этих веществ может быть причиной наблюдающихся недомоганий персонала цеха.

Выводы. Проведенное исследование показало, во время работы оборудования лазерной резки металла в воздухе рабочей зоны в районе расположения оператора станка обнаруживаются вредные вещества в концентрациях, превышающих ПДК, что ранее не было достаточно исследовано для конкретных условий малых и средних предприятий.

Предположение, что этот факт имеет место, было сделано после визуального обследования помещения цеха и технологического оборудования, подтверждено расчетным путем и окончательно доказано путем прямых инструментальных измерений.

Новым результатом нашего исследования является установление, что содержание марганца (вещество первого класса опасности) в воздухе рабочей зоны превышает допустимые нормы как в максимальной разовой массовой концентрации (на 72%), так и по среднесменной массовой концентрации (на 20%).

Кроме того, в ходе исследования впервые в воздухе рабочей зоны были обнаружены хром, никель (вещества первого класса опасности –

чрезвычайно опасные), медь и цинк (вещества второго класса опасности – высоко опасные). И если концентрация хрома, никеля и меди мала (около 1,5...2% от ПДК), то по цинку среднесменная массовая концентрация приближается к 27 % от ПДК, что также не было должным образом учтено в существующих системах фильтрации. Опасность обнаруженных веществ усугубляется тем фактом, что самостоятельно данные вещества не разлагаются и могут накапливаться на строительных конструкциях и элементах оборудования, оказывая чрезвычайно вредное воздействие на окружающую среду и на здоровье человека.

Таким образом установлено, что задача отвода из рабочей зоны оператора и нейтрализации вредных выбросов, образующихся при лазерной резке оцинкованного черного металла актуальна и требует решения как в части модернизации существующих систем борьбы с вредными выбросами, которые работают не эффективно, так и в части новых технических мер.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антонов В.Г. Металлургия и металлообработка. Россия и другие страны СНГ (том 10). Изд-во.: Агентство деловой информации, г. Москва, 2007 г. 368 с.

2. Шицкова А.П., Новиков Ю.В., Климкина Н.В. Охрана окружающей среды от загрязнения предприятиями черной металлургии. Изд-во.: Металлургия, 1982. 70 с.

3. Таранюк И.В., Слободюк А.П. Зона выбросов и концентрация вредных веществ, выделяемых при лазерной резке металлов // VI Международной студенческой научная конференция «Горинские чтения. Инновационные решения для АПК» Т. 1. Майский ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. С. 130–131.

4. Дрешер К., Бёдекер В. Оценка комбинированного воздействия веществ: взаимосвязь между суммированием концентраций и независимым действием // Биометрия. 1995. 718 с.

5. Уоллес Л.А., Пеллиццари Э.Д., Хартвелл Т.Д. Групповое исследование: воздействие токсичных веществ на организм 400 жителей Нью-Джерси, Северной Каролины и Северной Дакоты // Экологические исследования. 1987. №. 2. С. 290–307

6. Бройер Д., Сагунски Г., Хебиш Р. Определение и оценка химического загрязнения воздуха в помещениях на рабочих местах (за исключением работ, связанных с опасными веществами) [Методы мониторинга воздуха, 2015] // Сборник по охране труда и технике безопасности: годовые пороговые значения и классификации для рабочих мест. 2002. №. 1. С. 322–354.

7. Светлакова А.Н. Обзор способов вентиляции сварочного цеха // Наука и общество в условиях глобализации. 2019. №. 1. С. 58–60.

8. Фадеев А.Г., Горяев Д.В., Зайцева Н.В., Шур П. З., Редько С. В., Фокин В.А. Вредные вещества в воздухе рабочей зоны горнодобывающего сектора металлургической промышленности как факторы риска для здоровья работников (аналитический обзор) // Анализ риска здоровью. 2024. №. 2. С. 153–161

9. Коржова Е.Н., Степанова Т.В., Лодосамба С., Смагунова, А.Н. Контроль состава сварочных аэрозолей (обзор) // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2015. №. 7. С. 6–18.

10. Адищев П.Г., Тетюшин, К.П., Целищев, А.С., Попова Я.А. Обзор применения изделий из износостойкой стали // Моделирование и развитие процессов ОМД. 2019. №. 4. С. 10–13.

11. Таранюк И.В., Слободюк А.П. Анализ газов, выделяемых при лазерной резке оцинкованных металлов // VI Международная студенческая научная конференция «Горинские чтения. Инновационные решения для АПК» Т. 1. Майский ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. С. 130–131.

12. ФР.1.31.2021.39518 - Методика измерений массовой концентрации кадмия, кобальта, железа, марганца, меди, мышьяка, никеля, свинца, хрома и цинка в атмосферном воздухе и общественных зданий и в воздухе рабочей зоны методом электротермической атомно-абсорбационной спектроскопии, 2021 г. 11 с.

13. ПЛЦК.413411.004-02 РЭ. Газоанализаторы многокомпонентные «Полар-2» Руководство по эксплуатации. 2021 г. 20 с.

14. Родригес П.Э., Шварцбург Л.Э., Артемьева М.С. Методическое проектирование и ввод в эксплуатацию экспериментального стенда для исследования распространения вредных веществ в воздухе рабочих зон при обработке металлов в промышленности // Procedia Engineering. 2017. Т. 206. С. 588–593

15. Сакабе Х. Некоторые размышления о предельных значениях воздействия опасных веществ, находящихся в воздухе // Int'l Lab. Rev. 1978. Т. 117. С. 109–119.

Информация об авторах

Слободюк Алексей Петрович, кандидат технических наук, доцент кафедры технической механики и конструирования машин. E-mail: slobodyuk_ar@bsaa.edu.ru. Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина Россия, 308503, Белгородская область, Белгородский район, п. Майский, ул. Вавилова, д. 1

Таранюк Игорь Викторович, аспирант кафедры технической механики и конструирования машин. E-mail: taranyukiv@yandex.ru. Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина Россия, 308503, Белгородская область, Белгородский район, п. Майский, ул. Вавилова, д. 1

Фоменко Юлия Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры управления судостроительным производством. E-mail: fomenkojv@mail.ru. Санкт-Петербургский государственный морской технический университет. Россия, 190121, г. Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, д. 3

Поступила 30.11.2024 г.

© Таранюк И.В., Слободюк А.П., Фоменко Ю.В., 2025

^{1,*}Taranyuk I.V., ¹Slobodyuk A.P., ²Fomenko Yu.V.
¹Belgorod State Agrarian University named after. V.Y. Gorin
²Sankt-St. Petersburg State Marine Technical University
 *E-mail: taranyukiv@ya.ru

RESEARCH CONCENTRATION OF HARMFUL SUBSTANCES IN THE WORKING AREA AIR OF LASER CUTTING UNITS METALS

Abstract. Laser cutting of metal is becoming increasingly popular in various industries thanks to modern compact laser cutters that are used even in small enterprises. Problems associated with laser metal cutting shops at metallurgical and metalworking enterprises include the threat to workers' health due to harmful emissions from such industries.

During the laser cutting of metal sheets, the material is thermally affected, resulting in the release of harmful substances into the air that are part of the steel, such as nitrogen oxides, manganese, zinc oxide and others. These substances can cause various diseases of the respiratory tract, skin and eyes.

To reduce the level of air pollution in factories, such technical solutions as the installation of fume hoods and filtration systems are used. However, the efficiency of these systems does not always provide a sufficient level of absorption of harmful substances, which requires constant monitoring and improvement. In the work carried out to assess the efficiency of filtration and exhaust systems, calculation methods for determining the concentration of harmful substances are proposed and an analysis of gas emissions is carried out.

These methods allow us to determine the actual values of harmful substances in the air, which in turn allows us to compare them with sanitary and epidemiological standards.

Keywords: maximum permissible concentration (MPC), working area air, gas analysis, aspirator, laser cutting.

REFERENCES

1. Antonov V.G. Metallurgy and Metalworking. Russia and other CIS countries (volume 10). [Metallurgiya i metalloobrabotka. Rossiya i drugie strany SNG (tom 10).] Izdvo: Business Information Agency, Moscow, 2007. 368 p. (rus).
2. Shitskova A.P., Novikov Yu.V.V., Klimkina N.V. Environmental protection from pollution by ferrous metallurgy enterprises [Ohrana okruzhayushchej sredy ot zagryazneniya predpriyatiami chernoj metallurgii. Izd-vo: Metallurgiya]. Izd-v: Metallurgy. 1982. 70 p. (rus).
3. Taranyuk I.V., Slobodyuk A.P., Emission zone and concentration of harmful substances emitted during laser metal cutting [Zona vybrosov i koncentraciya vrednyh veshchestv, vydelyaemyh pri lazernoj rezke metallov] VI International Student Scientific Conference "Gorin Readings. Innovative solutions for agroindustrial complex" Vol. 1. Mayskiy: FGBOU VO Belgorod GAU, 2024. Pp. 130–131 (rus).
4. Drescher K., Boedeker W. Evaluation of combined effects of substances: the relationship between summation of concentrations and independent effects. Biometrics, 1995. 718 p.
5. Wallace L.A., Pellizzari E.D., Hartwell T.D. The team study: exposure of 400 residents of New Jersey, North Carolina, and North Dakota to toxic substances. Environmental Research. 1987. No. 2. Pp. 290–307.
6. Breuer D., Sagunski H., Hebisch R. Determination and evaluation of chemical contamination of indoor workplace atmospheres (excluding activities involving hazardous substances) [Air Monitoring Methods, 2015] The MAK-Collection for Occupational Health and Safety: Annual Thresholds and Classifications for the Workplace. 2002. Vol. 1. No. 1. Pp. 322–354. (rus)
7. Svetlakova A.N. Review of ventilation methods for welding shop [Overview of welding shop ventilation methods]. Science and society in the context of globalization. 2019. No. 1. Pp. 58–60 (rus).
8. Fadeev A.G.G., Goryaev D.V., Zaitseva N.V., Shur P.Z., Redko S.V., Fokin V.A. Harmful substances in the air of the working zone of the mining sector of the metallurgical industry as risk factors for the health of workers (analytical review) [Vredny'e veshhestva v vozduxe rabochej zony` gornodoby`vayushhego sektora metallurgiche-skoj promy`shlennosti kak faktory` riska dlya zdorov`ya rabotnikov (analiticheskij obzor)]. Analiz riska zdorov`yu. 2024. No. 2. Pp. 153–161. (rus).
9. Korzhova E.N., Stepanova T.V., Lodousamba S., Smagunova, A.N. Control of welding aerosol composition (review) [Control of welding aerosol composition]. Zavodskaya laboratoriya. Diagnostics of materials. 2015. Vol. 81. No. 7. Pp. 6–18 (rus).
10. Adishchev P.G., Tetyushin K.P., Tselishchev A.S., Popova Y.A. Review of the application of wear-resistant steel products [Application overview of wear-resistant steel products]. OMD Process Modeling and Development. 2019. No. 4. Pp. 10–13 (rus).

11. Taranyuk I.V., Slobodyuk A.P. Analysis of gases emitted during laser cutting of galvanized metals [Analiz gazov vydelyaemyh pri lazernoj rezke ocinkovannyh metallov] VI International Student Scientific Conference “Gorin Readings. Innovative solutions for agroindustrial complex” Vol. 1. Mayskiy FGBOU VO Belgorod GAU, 2024. Pp. 130-131 (rus).

12. FR.1.31.2021.39518. Methods of measurement of mass concentration of cadmium, cobalt, iron, manganese, copper, arsenic, nickel, lead, chromium and zinc in atmospheric air and public buildings and in work zone air by electrothermal atomic absorption spectrometry [Measurement procedure of mass concentration of cadmium, cobalt, iron, manganese, copper, arsenic, nickel, lead, chromium and zinc in the atmospheric air and public buildings and in the air of the working zone by electrothermal

atomic absorption spectrometry method]. 2021. 11 p. (rus).

13. PLTSK.413411.004-02 RE. Polar-2 multi-component gas analyzers [Polar-2 multicomponent gas analyzers]. Operation Manual. 2021. 20 p. (rus).

14. Rodriguez P.E., Shvartsburg L.E., Artemieva M.S. Methodical design and commissioning of an experimental stand for the study of the spread of harmful substances in the air of working zones during metal processing in industry [Methodical design and commissioning of an experimental stand to study the spread of harmful substances in the air of working areas during metal processing in industry]. Procedia Engineering. 2017. T. 206. Pp. 588–593.

15. Sakabe H. Some reflections on exposure limits for airborne hazardous substances. Int'l Lab. Rev. 1978. Vol. 117. Pp. 109–119.

Received 30.11.2024

Для цитирования:

Таранюк И.В., Слободюк А.П., Фоменко Ю.В. Исследование концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны установок лазерной резки металлов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2025. № 3. С. 136–145. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-10-3-136-145

For citation:

Taranyuk I.V., Slobodyuk A.P., Fomenko Yu.V. Research concentration of harmful substances in the working area air of laser cutting units metals. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2025. No. 3. Pp. 136–145. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-10-3-136-145