

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-9-21-29

<sup>1,\*</sup>Шаптала В.В., <sup>1</sup>Хукаленко Е.Е., <sup>2</sup>Северин Н.Н., <sup>2</sup>Гусев Ю.М.<sup>1</sup>Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова<sup>2</sup>Белгородский юридический институт МВД России им. И.Д. Путилина

\*E-mail: ShaptalaVadim@yandex.ru

## УСТРОЙСТВА И ПРОЦЕССЫ ВЕНТИЛЯЦИИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЭЛЕКТРОСВАРОЧНЫХ РАБОТ

**Аннотация.** Основным направлением нормализации параметров воздушной среды при выполнении электросварочных работ предлагается рассматривать устройство комплексной системы вентиляции, совмещающей местную вытяжную вентиляцию рабочих мест сварщиков и общеобменную вентиляцию помещений. В статье с применением метода компьютерного моделирования рассчитаны поля подвижности воздуха, его температуры и концентрации вредных примесей и выполнен сравнительный анализ основных типов стационарных устройств местной вытяжной вентиляции электросварочных рабочих мест: вытяжных зонтов, сварочных панелей, а также отсосов с передувом, а также определены условия эффективного использования подъемно-поворотных отсосов. Выявлены факторы влияющие на эффективность их работы и установлены сочетания влияющих факторов, обеспечивающих предельно допустимые концентрации вредных выделений в рабочих зонах сварщиков. Определены условия, при которых общеобменного эффекта местных отсосов достаточно для того, чтобы поддерживать в помещении концентрацию на уровне ПДК. Полученные в статье результаты могут применяться для разработки инженерных методов расчета и оптимизации вентиляционных устройств и систем, а также для анализа конструктивных и проектных решений по устройству вентиляции электросварочных производств.

**Ключевые слова.** Электродуговая сварка, местная вытяжная вентиляция, общеобменная вентиляция, эффективность, компьютерное моделирование.

**Введение.** Электродуговая сварка широко используется в различных отраслях народного хозяйства (машиностроение, производство строительных конструкций, строительные и ремонтно-восстановительные работы). Процесс электродуговой сварки сопровождается рядом вредных факторов (выделение вредных аэрозолей, газов, излучение), а также имеет высокую пожарную опасность. Согласно трудовому кодексу Российской Федерации (ТК РФ Статья 212. Обязанности работодателя по обеспечению безопасных условий и охраны труда) работодатели должны создавать и поддерживать нормальные условия труда, способствующие сохранению здоровья работников. Основным способом поддержания требуемых параметров микроклимата в рабочих зонах сварщиков является организация местной вытяжной вентиляции. Работа местных вытяжных устройств требует значительных энергозатрат. В связи с этим разработка энергосберегающих систем местной вытяжной вентиляции рабочих мест сварщиков является актуальной задачей [1–6, 9, 10].

**Методы и материалы.** Наиболее неблагоприятные условия труда наблюдаются при ручной сварке электродами. При электродуговой сварке имеет место интенсивное выделение ядовитого сварочного аэрозоля и множества токсичных газов. Состав и интенсивность вредных вы-

делений зависят от вида и расхода сварочных материалов (электродной проволоки, флюса), а также мощности электросварочной дуги [4].

Качество воздушной среды в помещениях, в которых ведутся электросварочные работы определяется тепло- и массообменными процессами, которые формируют поля подвижности воздуха, его температуры и концентрации вредных примесей.

Основным, а в ряде случаев и единственным способом нормализации среды в сварочных помещениях является вентиляция: местная вытяжная и общеобменная, которые применяются совместно.

Нормируемыми параметрами рабочей зоны являются температура, подвижность воздуха и концентрация загрязняющих примесей (ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда).

Пример. При расходе за шестичасовую смену 5 кг электродов марки МР-3 и параметрах электрической дуги  $U = 30$  В и ток 600 А интенсивность выделения оксида марганца составляет 0.36 мг/с. При этом предельно допустимая концентрация (ПДК) оксида марганца равна 0.3 мг/м<sup>3</sup>. Таким образом для поддержания средней концентрации оксида марганца на предельно допустимом уровне в помещении, содержащем всего один электросварочный пост необходимая производительность общеобменной вентиляции

составляет  $L = q/C_{\text{пдк}} = 0.36/0.3 = 1.2 \text{ м}^3/\text{с} = 4320 \text{ м}^3/\text{ч}$ . При этом из-за неоднородного распределения концентрации вредных примесей общеобменная вентиляция даже при высоких кратностях воздухообмена не позволяет обеспечить предельно допустимые концентрации примесей в рабочих зонах сварщиков. Эта задача может быть решена только с помощью местных вытяжных устройств. Эффективность вентиляции рабочего места сварщика определяется выполнением двух взаимосвязанных задач: отклонением конвективной струи загрязненного воздуха от зоны дыхания сварщика и ее улавливание отсосом.

Вопросы расчета и организации вентиляции рабочих мест и помещений при выполнении электросварочных работ рассматривались в работах [2–4, 11–13].

При ручной электродуговой сварке могут использоваться следующие основные виды местных вытяжных устройств: подъемно-поворотные и стационарные местные отсосы (вытяжные зонты, сварочные панели, отсосы с передувом).

**Основная часть.** Местная вытяжная вентиляция является эффективной, но достаточно энергоемкой (энергия расходуется на работу побудителей тяги – вентиляторов), однако снижение производительности местных отсосов для уменьшения их энергопотребления приводит к выбиванию части вредных выделений в воздушную

среду помещения, что повышает ее фоновое загрязнение. Основным средством борьбы с фоновым загрязнением сварочных помещений является общеобменная вентиляция, которая может осуществляться с помощью механического или естественного побуждения (аэрации), а также частично в результате работы самих местных отсосов. Таким образом нормализация воздушной среды сварочного цеха может быть достигнута в результате работы комплексной системы вентиляции, состоящей из двух подсистем по примеру комплексных систем обеспыливания производственных помещений [5, 7]. Оптимальным будет такой режим работы комплексной системы вентиляции сварочного помещения, при котором энергозатраты на работу местной вытяжной вентиляции будут минимальными, но достаточными для поддержания ПДК вредных примесей в рабочих зонах, а общеобменный эффект, создаваемый местными вытяжками, дополненный естественным воздухообменом (аэрацией) помещения, будет достаточным для поддержания и фоновой концентрации вредных примесей на уровне ПДК.

Работа отсосов моделировалась в рамках полевой модели, включающей в себя уравнения движения воздуха (уравнения Навье-Стокса), уравнения тепло- и массопереноса для исследования распределений температуры и концентрации вредных примесей [3, 6, 8, 17–22].

$$\begin{aligned} \nabla \cdot U &= 0 \\ \frac{\partial U}{\partial t} + \nabla U \cdot U - \nabla \cdot \left( (v_l - v_t)(\nabla U + \nabla U^T) - \frac{2}{3}(v_l - v_t)\nabla \cdot U \cdot I \right) &= \\ &= -\frac{\nabla p}{\rho_r} - (1 - \beta(T - T_r)) \cdot g \\ \frac{\partial T}{\partial t} + \nabla \cdot (UT) - \nabla \cdot \left( \left( \frac{v_l}{Pr_l} + \frac{v_t}{Pr_t} \right) \nabla T \right) &= \frac{g_T}{\rho C_p} \\ \frac{\partial C}{\partial t} + \nabla \cdot (UC) - \nabla \cdot \left( \left( \frac{v_l}{Sm_l} + \frac{v_t}{Sm_t} \right) \nabla C \right) &= g_C \end{aligned} \quad (1)$$

Уравнения (1) дополняются уравнениями  $k-\varepsilon$  модели турбулентности, а также граничными условиями для вычисляемых величин. Для решения данной системы уравнений использовался гидродинамический пакет Ansys Fluent [18].

Интенсивность теплоступлений от сварочной дуги, расходуемых на нагрев конвективной струи загрязненного воздуха определялась по формуле [4]:

$$g_T = 0.1I \cdot U \text{ Вт/м}^3\text{с} \quad (2)$$

где  $I$  и  $U = 30 \text{ В}$  – сила и напряжение сварочного тока.

Интенсивность выделения оксида марганца считалась постоянной  $g_C = 0.36 \text{ мг/м}^3\text{с}$  и принималась по опытным данным [4].

В процессе моделирования изучались условия, при которых обеспечивалась предельно допустимая концентрация оксида марганца в рабочей зоне, а также условия выноса части загрязненного потока в помещение.

Наиболее универсальными являются подъемно-поворотные перемещаемые вытяжные устройства. Они могут быть использованы при любых видах сварки. Однако при фиксированном расположении подъемно-поворотного отсоса по мере удаления места сварки от воздухоприемной воронки эффективность отсоса снижается. В связи с этим возникает необходимость регулирования производительности с учетом необходимых размеров зоны эффективного улавливания.

Ограниченность зоны эффективного улавливания — удаление порядка 0.4 м., приводит к необходимости многократного перемещения воздухоприемной воронки при работе с протяженными конструкциями, что затрудняет работу сварщика и снижает ее производительность. Поэтому наряду с подъемно-поворотными отсосами широкое распространение получили стационарные отсосы различных конструкций. При использовании вытяжного зонта максимально используется

энергия восходящей конвективной струи над местом сварки. Однако сварочный факел в этом случае может проходить через зону дыхания сварщика. Добиться минимально необходимого отклонения сварочного факела от зоны дыхания (0.3 м) можно путем смещения рабочего стола (рис. 1, а), относительно вытяжного зонта. Еще большего отклонения при умеренных расходах отсасываемого воздуха можно добиться используя сварочные панели (рис. 1 б).

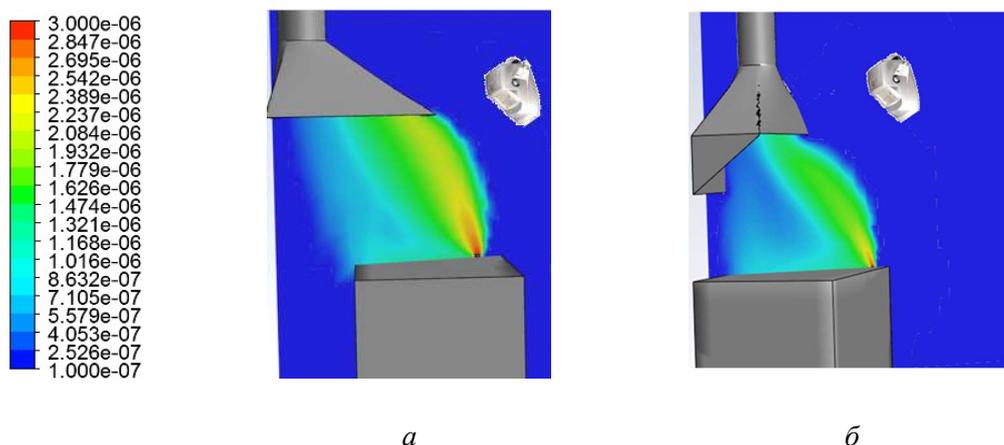


Рис. 1. Поля концентраций вредных выделений при расходе удаляемого воздуха  $V = 0.53 \text{ м}^3/\text{с}$ , мощность сварочной дуги  $W = 18000 \text{ Вт}$ , а — вытяжной зонт; б — сварочная панель.

Дальнейшее смещение стола при использовании вытяжного зонта или снижение высоты расположения сварочной панели приводит к значительному увеличению расхода отсасываемого воздуха, необходимого для обеспечения ПДК в рабочей зоне. Часто применяемым приемом повышения эффективности местных отсосов является использование передувочных устройств [2,

4, 14–16]. Дополнение вертикального отсоса с передувкой позволяет еще более расширить рабочую зону, однако не позволяет уменьшить необходимый расход отсасываемого воздуха, т.к. при его снижении происходит частичное выбивание загрязненной конвективной струи в помещение, это же явление происходит при увеличении интенсивности передувки (рис. 2).

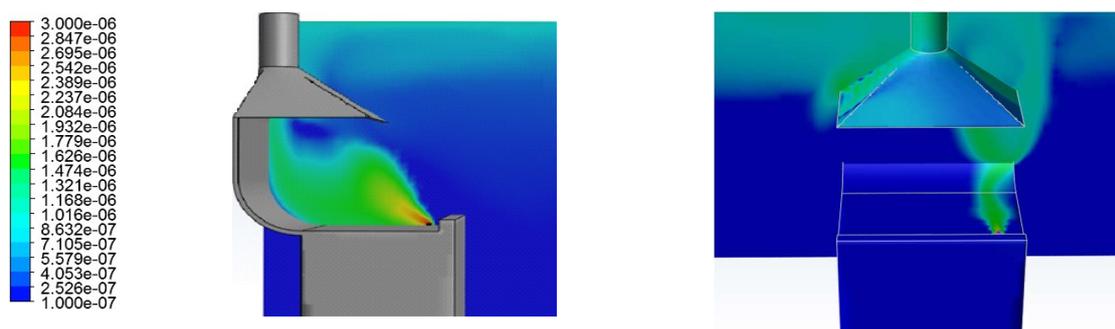


Рис. 2. Поле концентрации вредных примесей при использовании вытяжного зонта с передувкой вдоль поверхности стола

Таким образом, устойчивая работа системы вертикальный отсос – передувка возможна лишь при определенном соотношении расходов отсасываемого и подаваемого передувкой воздуха. Например, для вертикального отсоса с передувкой рис. (2) и приведенных выше условий оптимальное соотношение объемных расходов составляет: расход отсасываемого воздуха: 0.5

$\text{м}^3/\text{с}$ , расход воздуха, подаваемого через передувку: 0.1  $\text{м}^3/\text{с}$ . Если точки сварки расположены близко к плоскости стола, то наибольшую эффективность имеет схема организации местной вытяжной вентиляции с передувкой, приведенной на рис. 3.

Приведенные результаты расчетов получены для условий равномерного подтекания воздуха к отсосу.

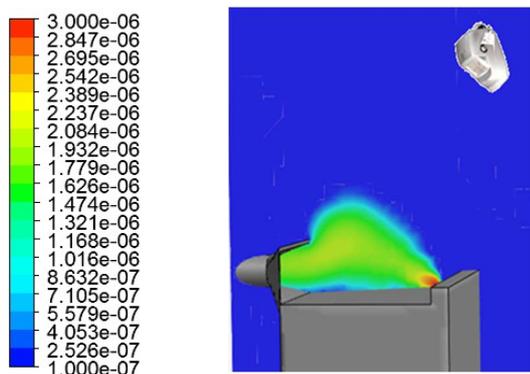


Рис. 3. Распределение концентрации вредных примесей. Производительность бокового отсоса с передувом  $V = 0.3 \text{ м}^3/\text{с}$

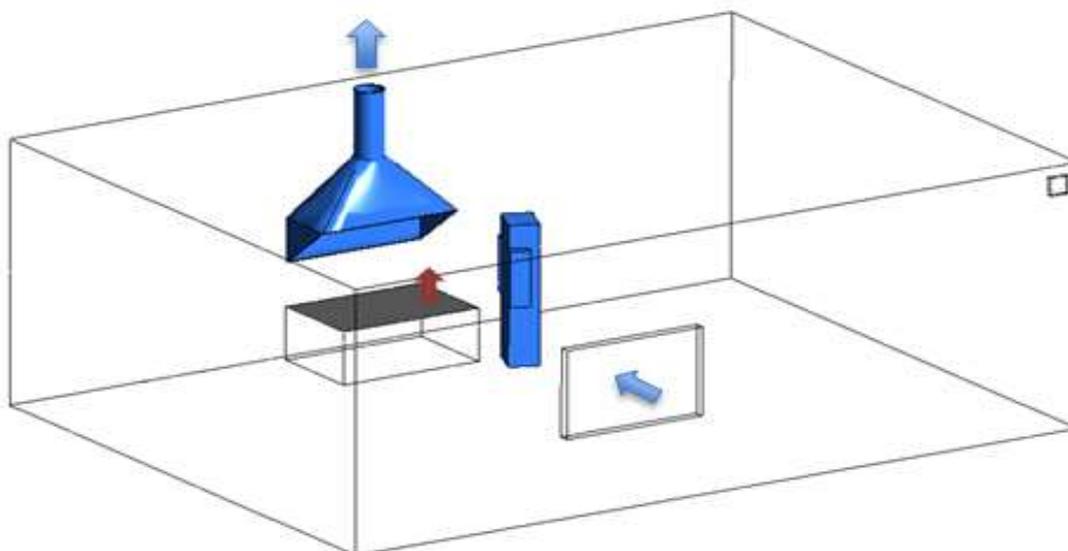


Рис. 4. Схема помещения сварочного цеха

При использовании сварочной панели вынос вредных веществ в помещение усиливается, однако создаваемого местной вытяжкой общеобменного эффекта достаточно для того, чтобы поддерживать в помещении концентрацию на уровне ПДК. Использование бокового отсоса с передувом позволяет расширить рабочую зону. Также установлено, что эффективность горизонтального отсоса менее подвержена влиянию изменения расположения точки сварки в плоскости стола.

Еще одним фактором, влияющим на эффективность отсоса, является производственная необходимость регулирования мощности электрической дуги в связи с изменением вида сварочных работ.

Из полученных результатов следует, что изменение силы сварочного тока меньше влияет на эффективность сварочной панели. Расчеты показали, что при сварке с силой тока дуги  $I = 100 \text{ А}$  в центральной области стола для поддержания ПДК в рабочей зоне достаточно  $V$  до  $0.2 \text{ м}^3/\text{с}$ , а

Нерегулярность течений окружающего воздуха подтекающих к отсосам для компенсации удаляемого воздуха, нестабильность теплофизических процессов сварки, перемещения точки сварки в плоскости стола и другие неопределенные факторы приводят к нарушению условий полного захвата конвективной струи отсосом и рассеиванию части вредных выделений во внутрицеховое пространство (рис. 4, 5).

При выполнении сварочного шва или точечной сварки габаритной конструкции снижение интенсивности всасывающего спектра в периферийных точках стола также приводит к выбиванию вредных веществ в помещение (рис. 5).

при силе тока дуги  $I = 600 \text{ А}$ , до  $0.4 \text{ м}^3/\text{с}$ . Для последнего случая концентрация оксида  $C_{\text{уд}} = g/V = 3.6 \cdot 10^{-7} / 0.4 = 0.9 \text{ мг}/\text{м}^3$ . Для периферийных областей при токе  $I=600 \text{ А}$  необходимый объем воздуха составляет  $0.4 - 0.6 \text{ м}^3/\text{с}$ , а концентрация в отсасываемом воздухе приближается к ПДК. Таким образом, сварочная панель при сварке в периферийной области работает в режиме общеобменной вытяжки, что не является энергосберегающим решением, так как местные вытяжные системы более энергоемки чем общеобменные.

При отклонении влияющих факторов от оптимальных значений условия полного улавливания нарушаются и часть вредных выделений попадает в помещение. При отсутствии общеобменной вентиляции оценить величину выноса вредных примесей в помещение можно по формуле

$$g_{\text{вын}} = C_{\text{ср. в пом.}} \cdot L_{\text{отс}} \quad (3)$$

где  $C_{\text{ср. в пом.}}$  – среднее значение концентрации вредных примесей в помещении,  $L_{\text{отс}}$  – общий расход воздуха, удаляемый всеми отсосами.

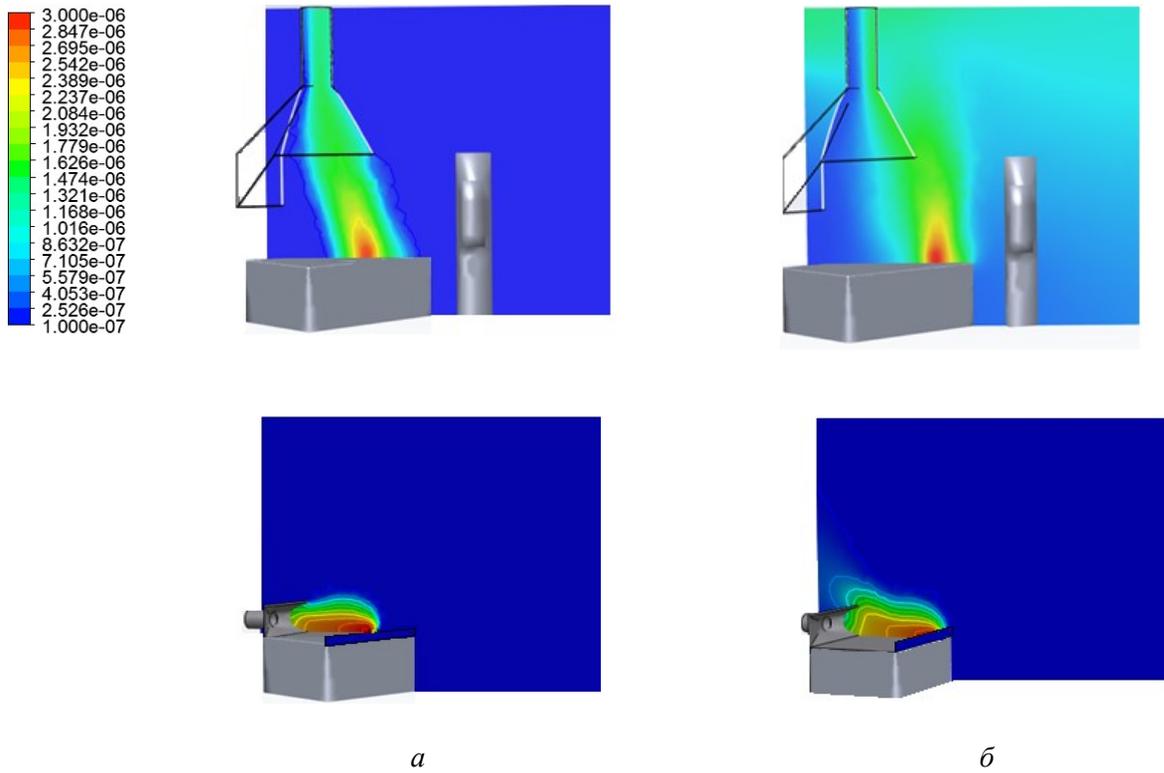


Рис. 5. Изменение распределения концентрации вредных выделений в рабочей зоне сварочного поста в зависимости от положения точки сварки.  $I = 600$  А.  $V = 0.4$  м<sup>3</sup>/с, *a* – центральная зона; *б* – периферийная зона

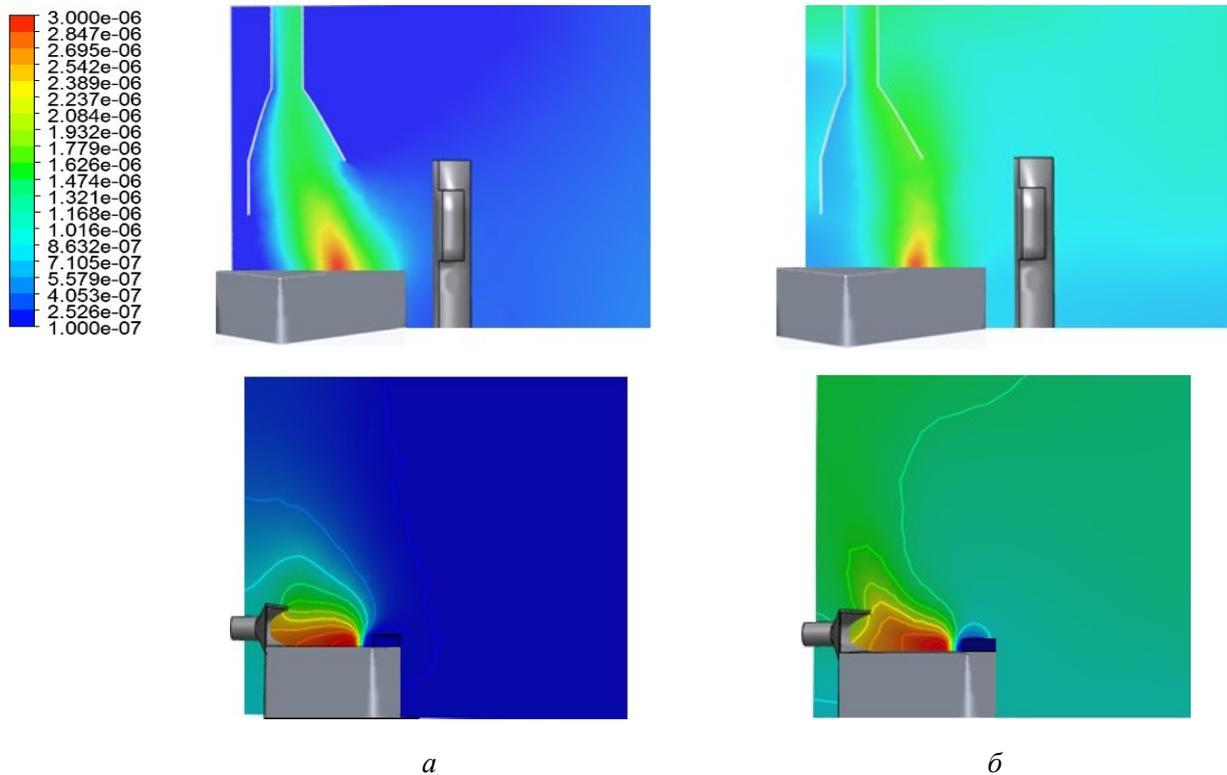


Рис. 6. Изменение распределения концентрации вредных выделений в рабочей зоне сварочного поста в зависимости от силы сварочного тока при сварке в центральной зоне сварочного стола.

Производительность панели  $V = 0.25$  м<sup>3</sup>/с;  
 производительность бокового отсоса  $V = 0.1$  м<sup>3</sup>/с; производительность передувa  
 $v = 0.05$  м<sup>3</sup>/с; *a* –  $I = 100$  А, *б* –  $I = 600$  А

Коэффициент аспирации отсоса можно вычислить по формуле:

$$k_{асп} = (g_{выд} - g_{вын}) / g_{выд} \quad (4)$$

Числитель представляет собой количество вредных выделений, улавливаемых непосредственно от источника выделения. Остальная часть выделений  $g_{вын}$ , пройдя через помещение, возвращается в вытяжные устройства вместе с воздухом, компенсирующим их работу.

Величина  $g_{вын}$  может быть минимизирована двумя способами: путем усовершенствования конструкций отсосов или увеличением производительности местных отсосов, что будет вести к снижению концентрации вредных примесей в удаляемом воздухе  $C_{уд}$ . Поэтому для количественной оценки энергетической эффективности

вытяжного устройства в работах [21, 22] наряду с производительностью местных отсосов и коэффициентом аспирации предлагается коэффициент эффективности:

$$k_{эфф} = \frac{C_{уд}}{C_{пдк}}, \quad (5)$$

а работу местного вытяжного устройства предлагается считать эффективной при  $k_{эфф} > 1$ , т.к. его уменьшение свидетельствует о приближении режима работы местных отсосов к режиму работы общеобменной вытяжки.

На графиках (рис. 7) показана зависимость коэффициента эффективности (5) отсосов от величины сварочного тока при условии сварки в центральной области стола.

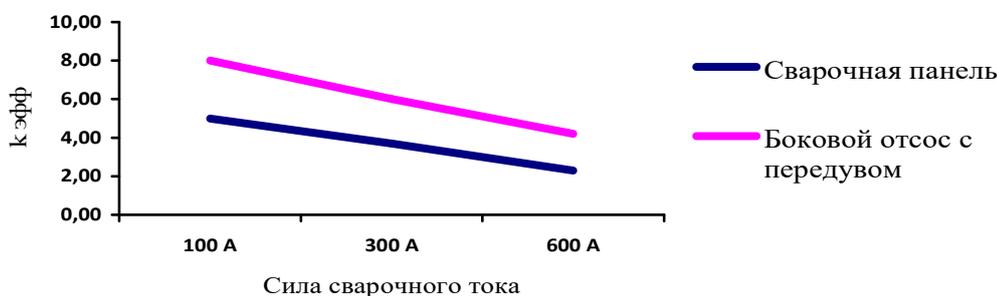


Рис.7.График зависимости коэффициента эффективности отсоса от величины силы тока

**Выводы.** Разработка оптимальных технических решений по организации вентиляции электросварочного производства возможна лишь в рамках предлагаемого комплексного подхода, основанного на рациональном совмещении местной вытяжной вентиляции рабочих мест и общеобменной вентиляции помещений с применением методов математического и компьютерного моделирования.

Для основных типов стационарных отсосов установлена зависимость эффективности улавливания вредностей от следующих влияющих факторов: конструктивные особенности отсосов, расположение точки сварки в плоскости стола, сила сварочного тока. Найдены сочетания влияющих факторов, обеспечивающие предельно допустимые концентрации вредных примесей в рабочей зоне.

Полученные в статье результаты могут применяться для разработки инженерных методов расчета и оптимизации вентиляционных устройств и систем, а также для анализа конструктивных и проектных решений по устройству вентиляции электросварочных производств при их реконструкции и модернизации.

При тесном размещении сварочных постов возможно аэродинамическое взаимодействие

смежных отсосов. Особенности такого взаимодействия, а также его влияние на параметры микроклимата рабочих зон сварщиков планируется изучить в дальнейших исследованиях.

*Источник финансирования.* Исследование выполнено за счет гранта РФФИ (проект 18-79-10025).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А. Энергосбережение в аспирации. М.: Изд-во НИЦ “Регулярная и хаотическая динамика”, 2013. 504 с.
2. Посохин В.Н. Расчет местных отсосов от тепло- и газовыделяющего оборудования. М.: Машиностроение, 1984. 160 с.
3. Месхи Б.Ч., Булыгин Ю.И., Легконогих А.Н., Гайдено А.Л. Математическое и компьютерное моделирование формирования параметров производственной среды в целях проектирования и оптимизации систем вентиляции помещений // Вестник ДГТУ. 2014. №2. С. 46-55.
4. Писаренко В.Л., Рогинский М.Л. Вентиляция рабочих мест в сварочном производстве. М.: Машиностроение, 1981. 120 с.

5. Минко В.А., Логачев И.Н., Логачев К.И., Шаптала В.Г. Обеспыливающая вентиляция. Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. 565 с.
6. Logachev I., Logachev K., Averkova O. Local Exhaust Ventilation: Aerodynamic Processes and Calculations of Dust Emissions. Boca Raton, 2015. 431 p.
7. Шаптала В.Г., Горлов А.С., Северин Н.Н., Гусев Ю.М. Вопросы комплексного обеспыливания производственных помещений предприятий промышленности строительных материалов. Вестник БГТУ. 2019. № 1. С. 81–85.
8. Копин С.В. Компьютерное моделирование параметров приточно-вытяжной вентиляционной системы // Безопасность труда в промышленности. 2020. № 2. С. 7–11.
9. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А., Крюков И.В. Методы снижения энергоемкости систем аспирации // Новые огнеупоры. 2014. №2. С. 51–56.
10. Пухкал В.А., Суханов К.О., Гримитлин А.М. Энергосбережение в системах промышленной вентиляции // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 6. С. 156–162.
11. Гримитлин А.М., Знаменский Р.Б., Крупкин Г.Я., Луканина М.А. Исследование подавления и локализации конвективных потоков от тепловыделяющего технологического оборудования с использованием метода математического моделирования // Инженерные системы. АВОК – Северо-Запад. 2011. № 2. С. 36–40.
12. Гримитлин А.М., Позин Г.М. Вентиляция и отопление судостроительных производств // Инженерно-строительный журнал. 2013. №6. С. 7–11.
13. Grimitlin A.M. Ventilation of electric welding production. World Applied Sciences Journal. 2013. Vol. 23. No. 13. Pp. 50–54.
14. Уляшева В.М., Гримитлин А.М., Черников Н.А. Повышение эффективности способов очистки вентиляционных выбросов на предприятиях строительной индустрии // Вода и экология: проблемы и решения. 2018. № 4. С. 92–98.
15. Овсянников Ю.Г., Гольцов А.Б., Семенов А.С., Логачев К.И., Уваров В.А. Снижение энергопотребления вентиляционных систем через снижение энергопотребления вентиляционных систем через принудительную рециркуляцию // Огнеупоры и техническая керамика. 2017. Т. 57. № 5. С. 557–561.
16. Эльтерман В.М. Вентиляция химических производств. М.: Изд-во Химия, 1980. 288 с.
17. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М.: Наука. 1973. 898 с.
18. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. М.: Энергоатомиздат, 1984. 152 с.
19. Versteeg, H. K., Malasekera. An Introduction to CFD Finite volume method. London: Pearson Education Limited, 2007. 517 p.
20. Позин Г.М. Местная вытяжная вентиляция – самый эффективный способ организации воздухообмена в помещении // Журнал С.О.К. № 10. 2006. С. 106–111.
21. Zhixiang Cao, Yi Wang and Meng Wang. A Comparison of Concentrated Contaminant Removal in Enclosure by Using Mixing Ventilation and Vortex Ventilation. International Conference on Building Energy & Environment. 2018. Pp. 136–145.

#### Информация об авторах

**Шаптала Вадим Владимирович**, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий. E-mail: shaptalavadim@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Хукаленко Евгений Евгеньевич**, аспирант. E-mail: jve2008@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Северин Николай Николаевич**, доктор педагогических наук, профессор, нач. кафедры огневой подготовки. E-mail: belui@mvd.ru. Белгородский юридический институт им. И.Д. Путилина. Россия, 308012, Белгород, ул. Горького, д. 31.

**Гусев Юрий Михайлович**, аспирант, зам. нач. кафедры огневой подготовки. E-mail: belui@mvd.ru. Белгородский юридический институт им. И.Д. Путилина. Россия, 308012, Белгород, ул. Горького, д. 31.

---

Поступила 12.05.2020 г.

© Шаптала В.В., Хукаленко Е.Е., Северин Н.Н., Гусев Ю.М., 2020

<sup>1,\*</sup>Shaptala V.V., <sup>1</sup>Khukalenko E.E., <sup>2</sup>Severin N.N., <sup>2</sup>Gusev Yu.M.

<sup>1</sup>Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhova

<sup>2</sup>Belgorod Law Institute of the Ministry of Internal Affairs named after I.D. Putilina

\*E-mail: ShaptalaVadim@yandex.ru

## DEVICES AND VENTILATION PROCESS DURING EXECUTION ELECTRIC WELDING

**Abstract.** The main direction of normalizing the parameters of the air during electric welding is proposed to consider the installation of an integrated ventilation system that combines local exhaust ventilation of welder jobs and general ventilation of rooms. In the article using the computer simulation method, the fields of air mobility, its temperature and concentration of harmful impurities are calculated and a comparative analysis of the main types of stationary devices for local exhaust ventilation of electric welding jobs: exhaust umbrellas, welding panels, and suction blowers, as well as the conditions for effective use of rotary suction pumps. Factors affecting the efficiency of their work are identified and combinations of influencing factors that provide the maximum permissible concentration of harmful emissions in the welders' working areas are established. The conditions are determined under which the general exchange effect of local suction is sufficient to maintain indoor concentration at the MPC level. The results obtained can be used to develop engineering methods for calculating and optimizing ventilation devices and systems, as well as to analyze structural and design solutions for ventilation devices in electric welding plants.

**Keywords:** Arc welding, local exhaust ventilation, general ventilation, efficiency, computer simulation.

### REFERENCES

1. Logachev I.N., Logachev K.I., Averkova O.A. Energy saving in aspiration [Energoberezhenie v aspiracii]. M: Research Center "Regular and chaotic dynamics". 2013. 504 p. (rus)
2. Posokhin V.N. Calculation of local exhaust from heat and gas equipment [Raschet mestnyh otosov ot teplo- i gazovydelyayushchego oborudovaniya]. M: Mechanical Engineering, 1984. 160 p. (rus)
3. Meskhi B.Ch., Bulygin Yu.I., Light-legged A.N., Gaidenko A.L. Mathematical and computer modeling of the formation of the parameters of the industrial environment in order to design and optimize the ventilation systems of the premises [Matematicheskoe i komp'yuternoe modelirovanie formirovaniya parametrov proizvodstvennoj sredy v celyah proektirovaniya i optimizacii sistem ventilyacii pomeshchenij]. Bulletin of DSTU. 2014. No. 2. Pp. 46–55.
4. Pisarenko V.L., Roginsky M.L. Ventilation of jobs in the welding industry [Ventilyaciya rabochih mest v svarochnom proizvodstve]. M: Mechanical Engineering. 1981. 120 p. (rus)
5. Minko V.A., Logachev I.N., Logachev K.I., Shaptala V.G. Dust ventilation [Obespylivayushchaya ventilyaciya]. Belgorod: izd-vo BSTU. 2010. 565 p. (rus)
6. Ivan Logachev, Konstantin Logachev, Olga Averkova. Local Exhaust Ventilation: Aerodynamic Processes and Calculations of Dust Emissions. Boca Raton: CRC Press. 2015. 431 p.
7. Shaptala V.G., Gorlov A.S., Severin N.N. Issues of complex dust removal of industrial premises of building materials industry enterprises [Voprosy kompleksnogo obespylivaniya proizvodstvennyh pomeshchenij predpriyatij promyshlennosti stroitel'nyh materialov]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 1. Pp. 81–85. (rus)
8. Kopin S.V. Computer simulation of the parameters of the supply and exhaust ventilation system Labor safety in industry [Komp'yuternoe modelirovanie parametrov pritochno-vytyazhnoj ventilyacionnoj sistemy]. 2020. No. 2. Pp. 7–11. (rus)
9. Logachev I.N., Logachev K.I., Averkova O.A., Kryukov I.V. Methods for reducing the energy intensity of aspiration systems [Metody snizheniya energoemkosti sistem aspiracii]. Novye ogneupory. 2014. No. 2. Pp. 51–56. (rus)
10. Pukhkal V.A., Sukhanov K.O., Grimmitlin A.M. Energy saving in industrial ventilation systems. Bulletin of civil engineers [Energoberezhenie v sistemah promyshlennoj ventilyacii]. 2016. No. 6. Pp. 156–162. (rus)
11. Grimmitlin A.M., Znamensky RB, Krupkin G.Ya., Lukanina M.A. The study of suppression and localization of convective flows from fuel technological equipment using the method of mathematical modeling [Issledovanie podavleniya i lokalizacii konvektivnyh potokov ot teplovydelyayushchego tekhnologicheskogo oborudovaniya s ispol'zovaniem metoda matematicheskogo modelirovaniya]. Engineering systems. ABOK - Northwest. 2011. No. 2. Pp. 36–40. (rus)
12. Grimmitlin A.M., Pozin G.M. Ventilation and heating of shipbuilding industries [Ventilyaciya i otoplenie sudostroitel'nyh proizvodstv]. Civil Engineering Journal. 2013. No. 6. Pp. 7–11. (rus)
13. Grimmitlin A.M. Ventilation of electric welding production. World Applied Sciences Journal. 2013. Vol. 23. No. 13. Pp. 50–54.
14. Ulyasheva V.M., Grimmitlin A.M., Chernikov N.A. Improving the efficiency of exhaust emission cleaning methods at the enterprises of the

construction industry [Povyshenie effektivnosti sposobov oчитки ventilyacionnyh vybrosov na predpriyatiyah stroitel'noj industrii]. Water and ecology: problems and solutions. 2018. No. 4. Pp. 92–98. (rus)

15. Ovsyannikov Yu.G., Goltsov A.B., Seminenko A.S., Logachev K.I., Uvarov V.A. Reducing the energy consumption of ventilation systems through reducing the energy consumption of ventilation systems through forced recirculation [Snizhenie energopotrebleniya ventilyacionnyh sistem cherez snizhenie energopotrebleniya ventilyacionnyh sistem cherez prinuditel'nyuyu recirkulyaciyu]. Refractories and technical ceramics. 2017. Vol. 57. No. 5. Pp. 557–561. (rus)

16. Elterman V.M. Ventilation of chemical industries [Ventilyaciya himicheskikh proizvodstv]. M: Chemistry, 1980. 288 p. (rus)

17. Loitsyansky L.G. Mechanics of fluid and gas [Mekhanika zhidkosti i gaza]. M: Science, 1973. 898 p. (rus)

18. Patankar S. Numerical methods for solving heat transfer problems and fluid dynamics [Chislennyye metody resheniya zadach teploobmena i dinamiki zhidkosti]. Moscow: Energoatomizdat, 1984. 152 p. (rus)

19. Versteeg H.K., Malasekera. An Introduction to CFD Finite volume method. London: Pearson Education Limited, 2007. 517 p.

20. Pozin G.M. Local exhaust ventilation is the most effective way of organizing indoor air exchange [Mestnaya vytyazhnaya ventilyaciya — samyj effektivnyj sposob organizacii vozduhoobmena v pomeshchenii]. Journal S.O.K. No. 10. 2006. Pp. 106–111. (rus)

21. Zhixiang Cao, Yi Wang and Meng Wang. A Comparison of Concentrated Contaminant Removal in Enclosure by Using Mixing Ventilation and Vortex Ventilation. International Conference on Building Energy & Environment. 2018. Pp. 136–145.

#### *Information about the authors*

**Shaptala, Vadim V.** PhD. E-mail: shaptalavadim@yandex.ru. Belgorod State Technological University. V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod 46, Kostyukova st.

**Khukalenko, Evgeny E.** Graduate student. E-mail: jve2008@yandex.ru. Belgorod State Technological University. V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod 46, Kostyukova st.

**Severin, Nikolay N.** DSc, Professor. E-mail: belui@mvd.ru. Belgorod Law Institute I.D. Putilina. Russia, 308012, Belgorod 31, Gorky st.

**Gusev, Yuri M.** Graduate student. E-mail: belui@mvd.ru. Belgorod Law Institute I.D. Putilina. Russia, 308012, Belgorod 31, Gorky st.

---

*Received 12.05.2020*

#### **Для цитирования:**

Шаптала В.В., Хукаленко Е.Е., Северин Н.Н., Гусев Ю.М. Устройства и процессы вентиляции при выполнении электросварочных работ // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 9. С. 21–29. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-9-21-29

#### **For citation:**

Shaptala V.V., Khukalenko E.E., Severin N.N., Gusev Yu.M. Devices and ventilation process during execution electric welding. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 9. Pp. 21–29. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-9-21-29