УДК 658.5.011:669

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ВОЗДУХА ТЕРМИЧЕСКИХ ЦЕХОВ

[1]Дерябина Е.С., [2]Смирнова В.М., [2]Пачурин Г.В., [1]Горшкова Т.А.

[1]ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина», Нижний Новгород, e-mail: katya.deryabina@yandex.ru;

[2]ФБГОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», Нижний Новгород, e-mail: pachuringv@mail.ru

В развитии машиностроительной промышленности значительная роль принадлежит термическим цехам, обеспечивающим высокие механические и физико-химические свойства металла. Во время технологического процесса термообработки в воздух рабочей зоны попадает большое количество вредностей, способных в определенных условиях вызвать отклонения в состоянии здоровья либо стойкие профессиональные заболевания. Важнейшим техническим мероприятием, направленным на защиту работающих, является выбор надежных средств коллективной защиты. Для более эффективного удаления вредностей от шахтных электропечей предлагается замена вытяжного зонта на более эффективный вид локальной вентиляции – кольцевой отсос. Произведен расчет кольцевого отсоса на примере шахтной цементационной электропечи. Показано, что использование местной вытяжной вентиляции у шахтной цементационной электропечи в виде кольцевого отсоса взамен вытяжного зонта обеспечит надежное и технологичное функционирование производственного оборудования, а также создаст условия для безопасного и безвредного обслуживания всех установок и систем персоналом на предприятии.

Ключевые слова: термический цех, шахтные электропечи, воздух рабочей зоны, местная вытяжная вентиляция, кольцевой отсос

EVALUATION OF TECHNICAL MEANS OF PROTECTION OF AIR THERMAL PLANTS

[1]Deryabina E.S., [2]Smirnova V.M., [2]Pachurin G.V., [1]Gorshkova T.A.

[1]Nizhny Novgorod State Pedagogical University K. Minin, Nizhny Novgorod, e-mail: katya.deryabina@yandex.ru;

[2]Nizhny Novgorod State Technical University R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, e-mail: pachuringv@mail.ru

In the engineering industry the development of a significant role is played by thermal workshops, providing high mechanical, physical and chemical properties of the metal. In the process of the technological process of heat treatment in the air of the working area gets a large number of hazards that can under certain circumstances cause variations in health status or proof of occupational diseases. The most important technical measures aimed at protecting workers, is the selection of reliable means of collective protection. For more effective removal of harmful substances from the mine furnaces proposed replacing the hood a more efficient form of local ventilation – suction ring. The calculation of the suction ring on the example of mine carburizing furnace. It is shown that the use of local exhaust ventilation at the mine carburizing furnaces in the form of a ring instead of suction hood will ensure reliable functioning and sophisticated production equipment, as well as create conditions for a safe and friendly service to all units and personnel systems in the enterprise.

Keywords: thermal plant, shaft furnaces, the air of the working area, local exhaust ventilation, suction ring

На протяжении ряда лет на предприятиях различных отраслей экономики остается стабильно высоким уровень загрязнения воздуха рабочей зоны вредными веществами. Вредные вещества в воздухе рабочей зоны, превышающие допустимые нормативные значения, могут вызвать не только отклонения в состоянии здоровья работающих, но и стойкие профессиональные заболевания [5]. Проблема организации эффективных технических средств защиты является весьма актуальной [7], во-первых, в связи с внедрением новых современных технологий [10], во-вторых, с износом имеющегося технологического оборудования [4].

В развитии машиностроительной промышленности значительная роль принадлежит термическим производствам, так как термическая обработка является одной из основных, наиболее важных операций общего технологического цикла обработки, от правильного выполнения которой зависит качество (механические и физико-химические свойства) изготовляемых деталей машин и механизмов, инструмента и другой продукции.

Задачей современного машиностроения является улучшение качества получаемых изделий, повышение их работоспособности, надежности, долговечности [8], которые обеспечивают безопасность при

дальнейшей эксплуатации конкретного изделия [3, 9]. Однако, к сожалению, современное производство продолжает оставаться источником опасных и вредных производственных факторов [2]. Поэтому вопросы снижения их вредного воздействия на работников обрабатывающих предприятий актуальны и требуют постоянного внимания.

К числу выполняемых операций, способствующих достижению высоких механических и физико-механических свойств металла, относятся: отжиг; цементация; нормализация; азотирование; закалка и различные виды отпуска [6].

В процессе проведения операций по термообработке происходит выделения большого количества вредностей, к числу которых можно отнести: избыточное тепло; пары и газы вредных веществ.

Постоянное воздействие высоких температур окружающего воздуха приводит к нарушению теплового баланса системы «человек – окружающая среда» [5], проявляющегося в накоплении тепла в организме работающего (гипертермии), напряжения различных функциональных систем организма, нарушению состояния здоровья, снижению работоспособности и производительности труда.

Газы и пары вредных веществ, попадая даже в небольших количествах в воздух рабочей зоны, при контакте с организмом работающего, в случае нарушения требований безопасности, могут вызвать производственные травмы, профессиональные отравления и заболевания.

Физиологическое воздействие различных газов и паров зависит от множества факторов, но прежде всего, от их токсичности и концентрации в воздухе производственных помещений, а также от времени пребывания в контакте с ними работающих.

Одной из первоочередных задач улучшения условий труда в горячих цехах является снижение выделения в воздух производственных помещений таких вредностей, как излишки тепла и вредные вещества.

Во-первых, это может быть достигнуто выбором соответствующего производственного оборудования и коммуникаций, не допускающих выделения вредностей в воздух рабочей зоны в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации при нормальном ведении технологического процесса.

Во-вторых, необходимо предусматривать очистку технологических выбросов с целью улавливания, рекуперации и нейтрализации вредных веществ, содержащихся в отходящих газах.

Одним из основных технических средств, предотвращающих попадание вредных веществ в воздух рабочей зоны, являются местные отсосы. Они представляют собой устройства для забора вредных веществ от технологического оборудования или мест их образования [1].

К местным отсосам предъявляются следующие санитарно-гигиенические требования:

1) отсос должен полностью укрывать место образования вредных веществ и иметь минимальный технологический проем (рабочий проем) для обслуживания процессов;

2) отсос должен располагаться в местах, обеспечивающих максимальную производительность труда и безопасность технологических процессов;

3) отсосы должны иметь минимальные аэродинамические сопротивления;

4) удаление вредных веществ должно совпадать с направлением действия сил инерции вредных веществ;

5) отсосы должны изготавливаться индустриальными методами и легко демонтироваться.

Существует следующая классификация местных отсосов:

– полуоткрытые – местные отсосы, укрывающие место образования вредных веществ и имеющие рабочий проем для обслуживания технологического оборудования (вытяжные шкафы, вытяжные камеры);

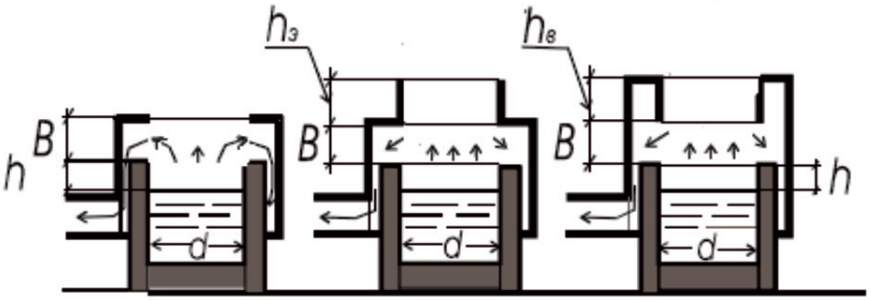
– открытые местные отсосы, расположенные за пределами технологического оборудования и технологической линией (зонты, бортовые отсосы);

– полностью закрытые – местные отсосы, входящие в состав кожуха технологического оборудования.

Основным оборудованием в термических цехах являются камерные и шахтные печи. У камерных печей рациональны местные отсосы в виде зонтов и зонтов-козырьков.

На практике выявлено, что у шахтных печей локальный отсос в виде вытяжного зонта мешает ведению технологического процесса (цементации, азотирования) в момент открывания крышки. Заключается это в том, что у большинства цилиндрических печей загрузочное отверстие находится сверху, оно оборудуется телескопической крышкой, что затрудняет использование местного вытяжного зонта.

Целью данной работы является выбор эффективного технического средства защиты в виде местного отсоса, препятствующего попадание в воздух рабочей зоны вредностей, отходящих от печей нитроцементации и азотирования.



а) *б)* *в)*

Рис. 1. Варианты конструкций кольцевых отсосов: а) обычный; б) с экраном; в) с заглублённой щелью

Для более эффективного удаления вредностей, отходящих от шахтных электропечей в процессе ведения технологического процесса, предлагается замена вытяжного зонта на на другой вид локальной вентиляции – кольцевой отсос.

Кольцевой отсос представляет собой кожух, устраиваемый в верхней части шахтной печи, через который удаляется загрязнённый воздух. Конструктивно кольцевой отсос подобен обыкновенному бортовому отсосу, но есть важное отличие. В кольцевом отсосе, в отличие от бортового, нет незащищённых отсосом сторон, и подтекание воздуха в нем происходит со всех сторон по кольцу.

В промышленности применяются виды кольцевых отсосов, схемы конструкций которых представлены на рис. 1.

В работе выполнен расчет кольцевого отсоса на примере шахтной цементационной электропечи термического цеха.

При нитроцементации, в процессе сгорания жидкого карбюризатора, помимо образования избыточного тепла образуются следующие вредные химические вещества:

– углерод оксид;

– углеводороды предельные C_6-C_{10} (по гексану);

– углеводороды предельные C_1-C_5 (по метану);

– алканы $C_{12}C_{19}$;

– натрий гидрокарбонат.

Исходя из конструктивных и технологических соображений, выбираем кольцевой отсос обычного исполнения (рис. 1, а). На рис. 2 представлен вид сверху.

Расчет кольцевого отсоса сводится к определению количества отсасываемого воздуха, которое предотвращает прорыв вредных выделений в рабочее помещение.

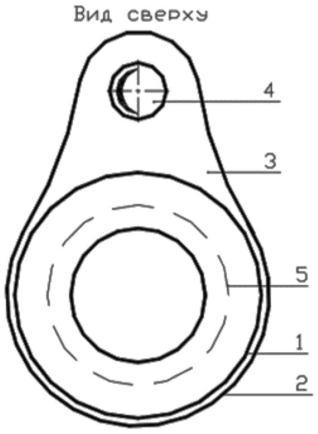


Рис. 2. Кольцевой отсос. Вид сверху: 1 – оголовок; 2 – корпус; 3 – сборный коллектор; 4 – воздуховод, отводящий загрязненный воздух; 5 – цилиндрическая печь

В результате определено количество отсасываемого от печи воздуха с температурой $t_р = 800\,°C$.

Принята кольцевая щель $B = 50$ мм, высота от уровня поверхности изделия равна $h = 200$ мм, высота спектра вредностей $h_{вр} = 100$ мм, диаметр внутренней части печи d=600 мм, полный диаметр печи $D = 1900$ мм.

Количество воздуха, поднимающегося над нагретой ванной, определяется по формуле

$$L_k = 1400\sqrt[3]{Q_k \cdot A^2 \cdot l}\ ,\ \text{м}^3/\text{ч}, \qquad (1)$$

где Q_k – секундный конвективный тепловой поток, определяемый как

$$Q_k = \frac{\alpha_k \cdot A \cdot \Delta t_p}{1000}, \text{ кВт}, \qquad (2)$$

где A – площадь источника вредных выделений. В случае круглого поперечного сечения равен $0{,}7854d^2$;

$\alpha_к$ – коэффициент конвективного теплообмена, равный

$$\alpha_k = 2,26\sqrt{\Delta t_p}\ , \text{Вт/(м}^2\,°\text{C)}, \qquad (3)$$

Δt_p – избыточная температура поверхности источника вредностей, равная

$$\Delta t_p = t_p - t_в,\ °\text{C}, \qquad (4)$$

где L – высота расположения рассматриваемого сечения над нагретой поверхностью, определяемая по формуле

$$l = h + h_{вр} + B, \text{ м}. \qquad (5)$$

Избыточная температура поверхности источника вредностей с учетом исходных данных:

$$\Delta t_p = 800 - 18 = 782\,°\text{C}.$$

Тогда

$$\alpha_k = 2,26\sqrt{782} = 63,2\ , \text{Вт/(м}^3\,°\text{C)},$$

$$A = 0,7854 \cdot 0,6^2 = 0,283 \text{ м}^2.$$

Количество теплоты, выделяемой источником, будет равно

$$Q_k = \frac{63,2 \cdot 0,283 \cdot 782}{1000} = 13,99 \text{ кВт},$$

$$l = 0,2 + 0,1 + 0,05 = 0,35 \text{ м}.$$

Подставляя полученные данные в формулу 1, находим количество воздуха, поднимающегося над нагретой печью:

$$L_k = 1400\sqrt[3]{13,99 \cdot 0,283^2 \cdot 0,35} = 1025 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Геометрический параметр кольцевого отсоса:

$$\bar{H} = \frac{h + \frac{B}{2}}{d}, \text{ м}, \qquad (6)$$

$$\bar{H} = \frac{0,2 + \frac{0,05}{2}}{0,6} = 0,38 \text{ м}.$$

По рис. 3 находится L_0/L_k.

$$L_0/L_k = 1,1.$$

Тогда расход воздуха, отсасываемого через кольцевой отсос, равен

$$L_0 = \frac{L_0}{L_k} \cdot L_k \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}, \qquad (7)$$

$$L_0 = 1,1 \cdot 1025 = 1128 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Ввиду того, что температура источника вредностей больше 100 °С, поправку на подвижность воздуха делать не нужно [1].

В итоге, для эффективного удаления вредностей, отходящих от печи нитроцементации, необходимо установить кольцевой отсос обычного типа, имеющий кольцевую щель 0,05 м, относительную высоту 0,38 м и расход воздуха, отсасываемого через кольцевой отсос, равный 1128 м³/ч.

Таким образом, использование местной вытяжной вентиляции у шахтной цементационной электропечи в виде кольцевого отсоса взамен вытяжного зонта обеспечит надежное и технологичное функционирование производственного оборудования, а также создаст условия для безопасного и безвредного обслуживания всех установок и систем персоналом на предприятии.

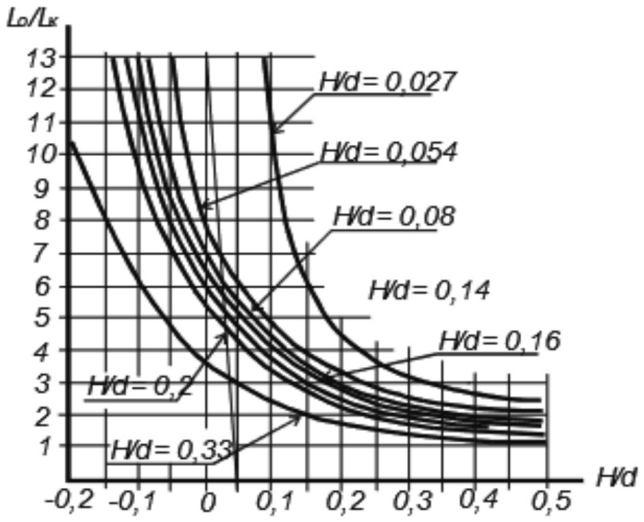


Рис. 3. График зависимости относительного расхода воздуха от отношения расстояния высоты подъема теплового потока к диаметру кольцевого отсоса

Список литературы

1. Кочев А.Г. Вентиляция промышленных зданий и сооружений. – Нижний Новгород: издание ННГАСУ, 2011. – 178 с.

2. Кузьмин Н.А. Проблема нормирования расходов автомобильных топлив и смазочных материалов в РФ / Н.А. Кузьмин // Автотранспортное предприятие – 2010. – № 8. – С. 20–22.

3. Кузьмин Н.А. Техническая эксплуатация автомобилей: нормирование и управление / Н.А. Кузьмин – М.: ФОРУМ, 2011. – 224 с.

4. Кузьмин Н.А. Теория эксплуатационных свойств автомобилей: учебное пособие / Н.А. Кузьмин, В.И. Песков. – М.: ФОРУМ; НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 256 с.

5. Кузьмин Н.А., Кустиков А.Д, Ясенов В.В. Особенности работы механических коробок передач городских автобусов при эксплуатации на маршрутах с подъемами // Автотранспортное предприятие. – 2014. – № 4. – С. 37–39.

6. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И. Материаловедение. – СПб: Химиздат, 2007. – 784 с.

7. Соснина Е.Н., Маслеева О.В., Крюков Е.В. Сравнительная экологическая оценка установок нетрадиционной энергетики // Теплоэнергетика. – 2015. – № 8. – С. 3–10.

8. Pachurin G.V. Ruggedness of structural material and working life of metal components // Steel in Translation. – 2008. – T. 38. – № 3. – P. 217–220.

9. Pachurin G.V. Life of Plastically Deformed Corrosion-Resistant Steel // Russian Engineering Re-search. – 2012. – Vol. 32. – № 9–10. – P. 661–664.

10. Filippov A.A., Pachurin G.V., Naumov V.I., Kuzmin N.A. Low-Cost Treatment of Rolled Products Used to Make Long High-Strength Bolts // Metallurgist. – 2016. – Vol. 59. – Nos. 9–10. January. – P. 810–815.

References

1. Kochev A.G. Ventiljacija promyshlennyh zdanij i sooruzhenij. Nizhnij Novgorod: izdanie NNGASU, 2011. 178 p.

2. Kuzmin N.A. Problema normirovanija rashodov avtomobilnyh topliv i smazochnyh materialov v RF / N.A. Kuzmin // Avtotransportnoe predprijatie 2010. no. 8. pp. 20–22.

3. Kuzmin N.A. Tehnicheskaja jekspluatacija avtomobilej: normirovanie i upravlenie / N.A. Kuzmin M.: FORUM, 2011. 224 p.

4. Kuzmin N.A. Teorija jekspluatacionnyh svojstv avtomobilej: uchebnoe posobie / N.A. Kuzmin, V.I. Peskov. M.: FORUM; NIC INFRA-M, 2013. 256 p.

5. Kuzmin N.A., Kustikov A.D, Jasenov V.V. Osobennosti raboty mehanicheskih korobok peredach gorodskih avtobusov pri jekspluatacii na marshrutah s podemami // Avtotransportnoe predprijatie. 2014. no. 4. pp. 37–39.

6. Solncev Ju.P., Prjahin E.I. Materialovedenie. SPb: Himizdat, 2007. 784 p.

7. Sosnina E.N., Masleeva O.V., Krjukov E.V. Sravnitelnaja jekologicheskaja ocenka ustanovok netradicionnoj jenergetiki // Teplojenergetika. 2015. no. 8. pp. 3–10.

8. Pachurin G.V. Ruggedness of structural material and working life of metal components // Steel in Translation. 2008. T. 38. no. 3. pp. 217–220.

9. Pachurin G.V. Life of Plastically Deformed Corrosion-Resistant Steel // Russian Engineering Re-search. 2012. Vol. 32. no. 9–10. pp. 661–664.

10. Filippov A.A., Pachurin G.V., Naumov V.I., Kuzmin N.A. Low-Cost Treatment of Rolled Products Used to Make Long High-Strength Bolts // Metallurgist. 2016. Vol. 59. Nos. 9–10. January. pp. 810–815.