

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ВИЛЬНЮССКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА им. ГЕДЕМИНАСА
БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (УКРАИНА)
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ г. ЛЕЙРИИ (ПОРТУГАЛИЯ)
АРИЭЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (ИЗРАИЛЬ)
ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ (РОССИЯ)
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (РОССИЯ)

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

Электронный сборник статей
международной научной конференции,
посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета

(Новополоцк, 5-6 апреля 2018 г.)

Под редакцией
канд. техн. наук, доцента А. А. Бакатовича;
канд. техн. наук, доцента Л. М. Парфеновой

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2018

Редакционная коллегия:

А. А. Бакатович (председатель), Л. М. Парфенова (зам. председателя),
А. С. Катульская (отв. секретарь), Е. Д. Лазовский,
Т. И. Королева, В. Е. Овсейчик

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ [Электронный ресурс] : электронный сборник статей международной научной конференции, посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета, Новополоцк, 5–6 апр. 2018 г. / Полоцкий государственный университет ; под ред. А. А. Бакатовича, Л. М. Парфеновой. – Новополоцк, 2018. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Рассмотрены организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса. Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018.

Компьютерный дизайн К. В. Чулковой, В. А. Крупенина.

Технический редактор О. П. Михайлова.

Компьютерная верстка Т. А. Дарьяновой.

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ
ПО СНИЖЕНИЮ ТЕПЛОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА РАБОТАЮЩИХ В ГОРЯЧИХ ЦЕХАХ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ МЕТОДАМИ ЭКРАННО-ШТОРНОЙ АЭРАЦИИ

В.И. Липко, О.Н. Широкова, А.С. Ланезо

Полоцкий государственный университет, Беларусь

email: kafedratgsv@mail.ru

Рассмотрены производственные процессы в литейных цехах, сопровождающиеся выделением в воздух помещений вредных паров, газов, пыли и тепла, которые влияют на самочувствие работающих в результате ухудшения состояния воздушной среды помещений. Основными путями борьбы с выделением вредных веществ являются: совершенствование технологических процессов, создание безотходных производств или малоотходных технологических циклов. Разработана технологическая схема экранно-шторной аэрации, ограничивающая тепловые горизонтальные воздействия на работающих в рабочей зоне и методика проведения исследований по определению эффективности действия с возможностью визуальной и инструментальной фиксации аэродинамических и теплотехнических параметров.

Ключевые слова: местная и общеобменная вентиляция, аэрация, естественная и вынужденная конвекция, моделирование, источник теплоты.

INNOVATIVE SOLUTIONS FOR ENERGY SAVING
TO REDUCE HEAT IMPACTS ON WORKERS IN HOT PLANTS OF INDUSTRIAL ENTERPRISES BY
METHODS OF SCREEN-CURTAIN AERATION

V. Lipko, V. Shyrokava, A. Lapezo

Polotsk State University, Belarus

email: kafedratgsv@mail.ru

Examined production processes in foundries shopfloor, accompanied by the release into the indoor air of harmful vapours, gases, dust and heat, which can affect the health working in the degradation of the air environment of premises. The main ways of combating emissions are: improvement of technological processes, the creation of non-waste or low-waste production technology cycles. Design the technological scheme of the screen-curtain aeration limiting horizontal thermal impact on the working in the working area and methods of research to determine the effectiveness of actions with the possibility of visual and instrumental fixation of the aerodynamic and thermal parameters.

Keywords: local and general ventilation, aeration, natural and forced convection, model analysis, heat source.

Литейное производство характеризуется значительными выделениями в атмосферу помещений вредных веществ (пыли, газов, избыточной влаги и теплоты), что оказывает отрицательное воздействие на здоровье работающих, а также на оборудование и строительные конструкции. Несмотря на совершенствование технологии производства, герметизацию

газо- и пылевыведяющего оборудования, теплоизоляцию и экранирование источников теплоты, часть выделяющихся вредных веществ проникает в производственные помещения.

На участке установки индукционных печей и мест розлива металла в кокели завода ОАО «Технолит» были выполнены замеры параметров микроклимата (рис. 1).

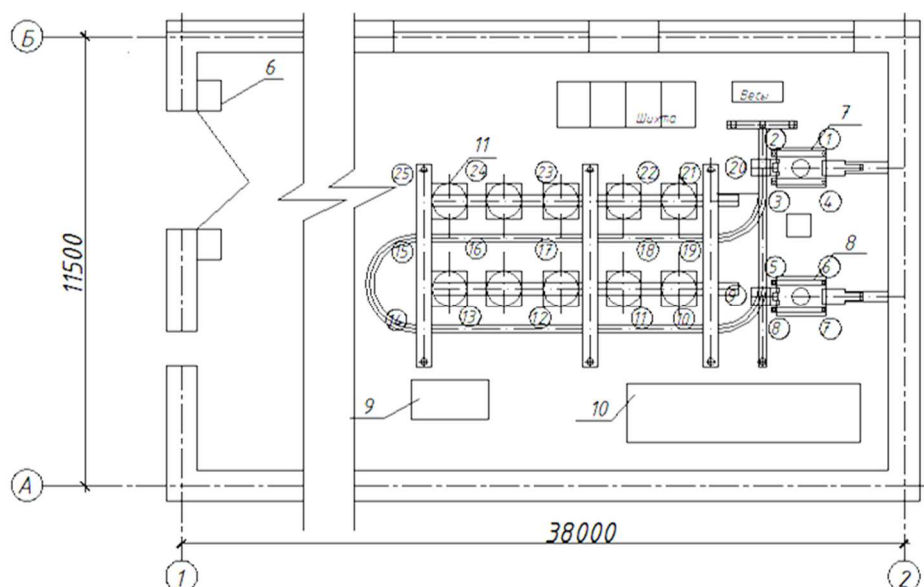


Рисунок 1. – Участок установки индукционных печей и мест розлива металла в кокели завода ОАО «Технолит»

Для измерения температуры и относительной влажности воздушной среды на рассматриваемых участках был использован термогигрометр Testo 605. Погрешность измерения относительной влажности которого составляет $\pm 3\%$, а температуры $\pm 0,5^\circ\text{C}$. С учетом рекомендаций В.А. Минко, число замеров определялось их продолжительностью в пределах 2-2,5 часа [1].

Результаты обследований микроклимата цеха показали, что нередко температура воздуха на рабочих местах превышает нормируемую на 10–15 °С. В этих условиях важнейшими средствами создания в рабочих зонах условий, соответствующих санитарно-гигиеническим нормам, является широкое применение местной вытяжной вентиляции и организация общего воздухообмена помещений. Общеобменная вентиляция литейных цехов организуется совместно с достаточно мощной местной вытяжной вентиляцией. Их рациональное сочетание позволяет поддерживать необходимый состав воздушной среды цеха при меньших расходах вентиляционного воздуха. Кроме того, общеобменная вентиляция литейных цехов применяется для регулирования их теплового режима – ассимиляции и отвода избытков теплоты в летний период и воздушного отопления в холодный период года.

Основными путями борьбы с выделением вредных веществ являются: совершенствование технологических процессов, создание безотходных производств или малоотходных технологических циклов. Для поддержания в производственных помещениях чистоты воздуха и метеорологических условий, удовлетворяющих санитарно-гигиеническим требованиям, устраивается вентиляция. В общем случае процесс аэрации, как один из способов естественной вентиляции производственных помещений с теплоизбытками, зависит от условий внешней аэродинамики здания и теплового режима внутри помещений. Для обеспечения активного воздухообмена при аэрации используется ветровой напор и разность

температур наружного и внутреннего воздуха. Следуем принять к сведению, что метод аэрации для удаления из помещений избытков теплоты будет эффективным только при низких температурах наружного воздуха, а при сближении температур наружного и внутреннего воздуха действие аэрации сводится к нулю, что требует устройства принудительной вентиляции, работающей дополнительно по параллельной схеме.

Наиболее часто применяемые в вентиляционной практике приемы расчета аэрации методами «нейтральной зоны» и «уровня нулевых давлений» в большинстве случаев оказываются неточными из-за неравномерности температур внутри помещений по причине изменяющихся параметров внешних воздействий (ветрового давления, направления ветра, температуры наружного воздуха, разрегулировки площади приточных и вытяжных отверстий, инфильтрации и т.д.) [2-3].

Естественный перепад давлений определяется по формуле

$$\Delta P = h \cdot g \cdot (\rho - \rho_0) = h \cdot g \cdot \rho \cdot \beta \cdot \Delta T, \quad (1)$$

где h – расстояние по вертикали между приточными и вытяжными отверстиями, м;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

ρ, ρ_0 – плотность наружного и внутреннего воздуха соответственно, кг/м³;

$\beta = \frac{1}{T} = \frac{1}{273}$ – температурный коэффициент, °С⁻¹.

ΔT – разность температур внутреннего и наружного воздуха, °С.

При моделировании аэрации применимо следующее критериальное уравнение

$$Eu = \frac{2 \cdot \Delta P}{\rho \cdot \omega^2}, \quad (2)$$

где ΔP – перепад давления в потоке, Па,

$\frac{\rho \cdot \omega^2}{2}$ – кинетическая энергия потока, Па.

После преобразования получим критериальное уравнение Архимеда

$$\frac{\Delta P}{\rho \cdot \omega^2} = \frac{h \cdot g \cdot \rho}{\rho \cdot \omega^2} \cdot \beta \cdot \Delta T = Ar.$$

Таким образом, критерий Архимеда является определяющим при рассмотрении процессов аэрации зданий, так как в его составе величины, входящих в условие однозначности.

Аэрацию следует рассматривать как процесс естественной конвекции, состоящую из двух групп явлений: внешняя и внутренняя естественная конвекция. Под внешней конвекцией подразумевается явление теплоотдачи от нагретой поверхности теплоисточника в окружающую среду, а под внутренней конвекцией следует рассматривать явление теплоотдачи в замкнутом воздушном пространстве через ограничивающие стенки (например, экранно-шторного укрытия) с фиксацией полей температур и скоростей аэродинамики воздушных восходящих конвективных потоков [4].

При больших сосредоточенных восходящих потоках над точечными источниками за счет естественной конвекции математическое моделирование осуществляется с использованием равенства

$$Re^2 = Gr / Ar, \quad (3)$$

где $Re = \frac{\omega \cdot d}{\nu}$ – критерий Рейнольдса;

$Gr = \frac{g \cdot L^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot \Delta T$ – число Грасгофа;

$\beta = \frac{1}{T} = \frac{1}{273 + t_o}$ – температурный коэффициент, °C⁻¹.

L – определяющий характерный линейный размер поверхности теплообмена, м;

$\Delta T = (t_c - t_o)$ – соответственно разность температур поверхности теплообмена и окружающей среды, °C

ν – коэффициент кинематической вязкости, м²/с.

$Ar = 1$ – критерий Архимеда.

Соотношение (3) подтверждает то обстоятельство, что единственным результатом работы подъемной силы является кинетическая энергия восходящего воздушного потока, величина скорости которого определяется по уравнению

$$\frac{\rho \cdot \omega^2}{2} = g \cdot \rho \cdot \beta \cdot \Delta T \cdot Z, \quad (4)$$

из которого следует, что

$$\omega = \sqrt{2g \cdot \beta \cdot \Delta T \cdot Z}.$$

Тогда значение критерия Re примет вид

$$Re = \frac{\omega \cdot d}{\nu} = \sqrt{Gr \cdot \frac{Z}{d}}, \quad (5)$$

где Z – расстояние по высоте от источника, м;

d – диаметр восходящего потока, м.

Удаление вентиляционного воздуха при аэрации здания осуществляется через специальные аэрационные фонари с вытяжными отверстиями, расположенными выше крыши, или вытяжные шахты. Для количественного регулирования расхода вентиляционного воздуха в приточных и вытяжных отверстиях устанавливаются регулируемые решётки.

При естественной циркуляции воздушных потоков внутри помещений горячих цехов с интенсивными теплоступлениями образуется несколько зон с различными температурами.

Динамические процессы в горячих цехах тесно связаны с тепломассообменом. Суммарные тепловыделения от нагретых поверхностей печей, остывающего и расплавленного металла осуществляются за счёт конвекции и лучеиспускания [5–7].

Для снижения вредного воздействия на работающих высоких температур от нагретых поверхностей активных источников теплоступлений предлагается в горячих цехах применять технологическую схему управляемой экранно-шторной аэрации, ограничивающая зону высоких температур от рабочей зоны помещений так, как это показано на рисунке 2.

Переносные экраны 1, выполненные из листовых материалов, хорошо отражающих лучистую энергию от расплавленного металла или нагретых поверхностей оборудования горячих цехов, например, алюминиевой фольги с жестким каркасом из профильного металла,

создадут экранированную защиту рабочей зоны. Шторы 2 из термостойкого материала, например, из стеклоткани, спускающиеся сверху от конструкции аэрационного фонаря или вытяжной шахты, установленной на крыше, позволяют максимально изолировать рабочую зону от активного воздействия проникающей тепловой радиации от горячих источников, от которых вверх поднимаются конвективные потоки перегретого воздуха.

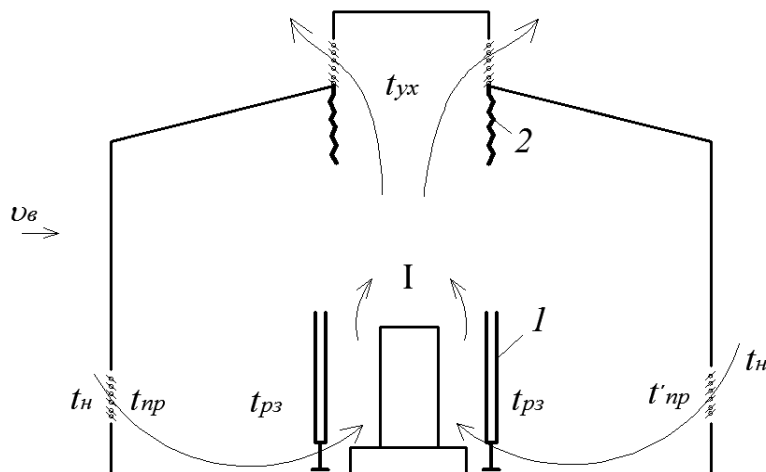


Рисунок 2. – Схема управляемой экранно-шторной аэрации, ограничивающей тепловые горизонтальные воздействия в рабочей зоне с возможностью перемещения избыточной теплоты восходящими вертикальными конвективными потоками I, формирующими циркуляцию внутри здания

Технические решения для борьбы с тепловой радиацией от источника теплоты горячих цехов отличаются от всех известных аналогичных устройств простотой конструктивного исполнения, экономичностью в изготовлении, малой массивностью, мобильностью в эксплуатации, так как их конструкции могут перемещаться по цеху в пространстве по площади и по высоте и при необходимости устанавливаться в любом месте или демонтироваться на некоторое время. Высота экранов 1, а также глубина свесов штор 2 может регулироваться при необходимости для достижения максимального эффекта локализацию тепловых воздушных потоков и вывода избыточной теплоты из рабочей зоны горячих производственных помещений.

Параметры микроклимата в рабочей зоне фиксировались психрометром и термопреобразователями сопротивления ТС-Б типа Pt 100, подключенными к устройству для измерения и контроля температуры УКТ38-Щ4-ТС.

Система сбора и обработки информации реализовалась в виде двухуровневого программно-аппаратного комплекса. При этом на нижнем уровне сбора информации использовались термопреобразователи сопротивления, объединенные через контролер с помощью последовательного интерфейса RS-232 с компьютером. Программно-аппаратный комплекс верхнего уровня состоит из компьютера и программы. Передача данных на верхний уровень производилась непосредственно по магистралям RS-232. Для наблюдения и архивирования данных использовался пакет программ Owen Process Manager 1.X с отображением результатов.

Обработка данных выполненных экспериментов по оценке эффективности действия экранно-шторной аэрации определится на основании критериальных зависимостей теории подобия аэродинамических и теплообменных процессов с целью оптимизации режимных параметров эксплуатации [8–9].

Тепловое воздействие на работающих от нагретых поверхностей происходит как за счет лучеиспускания, так и конвекции, что вызывает дискомфорт в рабочей зоне. Предлагаемые технические решения для борьбы с тепловой радиацией от источника теплоты литейных цехов, с целью защиты работающих, отличаются от всех известных аналогичных устройств простотой конструктивного исполнения, экономичностью в изготовлении, малой массивностью, мобильностью в эксплуатации, так как их конструкции могут перемещаться по цеху в пространстве по площади и по высоте и при необходимости устанавливаться в любом месте или демонтироваться на некоторое время.

ЛИТЕРАТУРА

1. Минко, В.А. Обеспыливание в литейных цехах машиностроительных предприятий / В.А. Минко, М.И. Кулешов, Л.В. Плотникова и др. – М. : Машиностроение, 1987. – 224 с.
2. Рысин, С.А. Вентиляционные установки машиностроительных заводов : справ. / С.А. Рысин. – М. : Машиздат, 1964. – 704 с.
3. Внутренние санитарно-технические устройства. В 2 ч. / под ред. И.Г. Староверова. – М. : Стройиздат, 1978. – 510 с.
4. Королёва, Т.И. Управление конвективными потоками для удаления вредностей от источников теплогазовыделений / Т.И. Королёва, О.Н. Широкова // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2010. – № 1(18). – С. 119–124.
5. Королёва, Т.И. Моделирование свободных конвективных потоков от линейных источников теплоты/ Т.И. Королёва, О.Н. Широкова // Новое в технике и технологии в текстильной и легкой промышленности : материалы докладов Междунар. науч.-техн. конф. / Витеб. гос. технол. ун-т. – Витебск, 2015. – С. 277–278.
6. Липко, В.И. Методические разработки к расчету управляемой аэрации цехов с теплоизбытками для нормализации микроклимата / В.И. Липко, О.Н. Широкова // Материалы докладов 49 Международной научно-практической конференции преподавателей и студентов. В 2 т. / Витеб. гос. технол. ун-т. – Витебск, 2016. – С. 315–317.
7. Липко, В.И. Основы теории аэростатики, аэродинамики, тепломассообменных процессов и методики расчета аэрации цехов с теплоизбытками / В.И. Липко, О.Н. Широкова // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. / БрГТУ. – Брест, 2016. – С. 290–297.
8. Липко, В.И. Экспериментальный стенд и методика исследования эффективности действия экранно-шторной аэрации от теплового воздействия точечного теплоисточника / В.И. Липко, О.Н. Широкова // Материалы докладов 50 Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвященной Году науки. В 2 т. / Витеб. гос. технол. ун-т. – Витебск, 2017. – С. 322–324.
9. Липко, В.И. Моделирование аэрации производственных цехов с точечными источниками тепловыделений / В.И. Липко, О.Н. Широкова // Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности : материалы докладов Междунар. науч.-техн. конф., посвященной Году науки / Витеб. гос. технол. ун-т. – Витебск, 2017. – С. 223–226.