DOI: 10.17117/na.2015.12.02.134

<http://ucom.ru/doc/na.2015.12.02.134.pdf>

Поступила (Received): 31.12.2015

**Пастухова Л.Г., Плешков С.Ю.,
Жаровцева О.А., Шаркунова Е.Д.
Численное моделирование вентиляции
цеха чугунного литья**

**Pastukhova L.G., Pleshkov S.Yu., Zharovtseva O.A., Sharkunova E.D.
Numerical simulation of iron casting workshop ventilation**

В статье приводятся результаты численного моделирования вентиляции цеха чугунного литья с целью получения исходных данных для проектирования энергоэффективных систем приточно-вытяжной вентиляции

Ключевые слова: вентиляция, численное моделирование, цехи чугунного литья

The article presents the results of numerical simulation of ventilation of workshop of cast iron for the purpose of obtaining initial data for design of energy efficient systems of ventilation

Key words: ventilation, numerical simulation, workshops of cast iron

Пастухова Лилия Германовна

Кандидат технических наук, доцент
Уральский федеральный университет им. первого
Президента России Б.Н. Ельцина
г. Екатеринбург, ул. Мира, 19

Pastukhova Liliya Germanovna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ural federal university named B.N. Yeltsin
Ekaterinburg, Mira st., 19

Плешков Сергей Юрьевич

Кандидат экономических наук, доцент
Уральский федеральный университет им. первого
Президента России Б.Н. Ельцина
г. Екатеринбург, ул. Мира, 19

Pleshkov Sergey Yuryevich

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
Ural federal university named B.N. Yeltsin
Ekaterinburg, Mira st., 19

Жаровцева Ольга Алексеевна

Магистрант
Уральский федеральный университет им. первого
Президента России Б.Н. Ельцина
г. Екатеринбург, ул. Мира, 19

Zharovtseva Olga Alekseyevna

Master
Ural federal university named B.N. Yeltsin
Ekaterinburg, Mira st., 19

Шаркунова Екатерина Дмитриевна

Магистрант
Уральский федеральный университет им. первого
Президента России Б.Н. Ельцина
г. Екатеринбург, ул. Мира, 19

Sharkunova Ekaterina Dmitrievna

Master
Ural federal university named B.N. Yeltsin
Ekaterinburg, Mira st., 19

К особенностям, усложняющим проектирование энергоэффективных систем отопления и вентиляции цеха по производству чугунного литья в г. Лысьва, относится непропорциональность архитектурного объема (площадь 144х36 мхм при высоте 18 м); наличие теплоступлений от технологического

оборудования (2,5 МВт), многократно превышающих теплотери из помещения цеха (0,4 МВт); высокая неравномерность распределения плотности температурной концентрации (источники тепловыделений сконцентрированы в одной части производственного помещения); наличие нескольких производственных участков, в которых происходит работа различных степеней тяжести; отсутствие технологической возможности использовать локализирующие устройства закрытого типа (укрытия) источников тепловыделений и выделений вредных веществ.

С целью обоснования энергоэффективных проектных решений получены дополнительные данные об аэродинамическом процессе в производственном помещении на основе реализации цифровой модели, описывающей температурный режим, скоростное поле и поле давления в помещении цеха.

Известно, что эффективность общеобменной вентиляции обусловлена в первую очередь сохранением естественной циркуляции в вентилируемом помещении [3 – 6]. На этом основании процесс численного исследования вентиляции производился поэтапно:

1) исследование естественной циркуляции воздуха в помещении цеха с тепловыделяющим технологическим оборудованием;

2) исследование циркуляции воздуха в помещении цеха с тепловыделяющим технологическим оборудованием и работающей системой вытяжной локализирующей вентиляции;

3) исследование циркуляции воздуха в помещении цеха с тепловыделяющим технологическим оборудованием и работающей системами вытяжной локализирующей вентиляции и приточной общеобменной вентиляции.

Задача численного моделирования в модуле CFX системы ANSYS [7], состоит из следующих основных этапов: 1) определение расчетной области; 2) задание режима течения; 3) создание конечно-элементной модели; 4) наложение граничных условий; 5) установка параметров решения; 6) решение задачи; 7) просмотр результатов.

Конечно-элементная сетка задана в виде пирамид (для получения более точных расчетов и работы решателя) с максимальным размером 0,5 м и минимальным размером 0,2 м (на основе GridIndependenceStudy [7]). Для подготовки моделирования динамики газов задавался материал данной модели – воздух при 27°C со своими физическими параметрами. Переменная времени отсутствует – используется стационарный режим, поскольку интерес представляет лишь конечный результат. Для упрощения расчетов использована модель несжимаемого газа. Параметры начальных и граничных условий, а именно температуры нагретых поверхностей и массовые расходы локализирующих устройств системы вентиляции; были приближенно измерены и рассчитаны. Такие опции, как турбулентная модель или решение уравнения температуры, перед использованием были активированы. Модель разработана при максимальных тепловыделениях в цех.

Сходимость решения и стабильность анализа обеспечивалась наблюдением за ходом решения и изменением параметров: скорости, давления, температуры, и, при необходимости, параметров турбулентности.

Естественная циркуляция, возникающая вследствие наличия в помещении тел и поверхностей, имеющих температуру, отличную от температуры воздуха и обусловленная выделением большого количества теплоты, является причиной переноса вредных выделений (рис. 1). При этом восходящая струя расширяется, вовлекая в движение дополнительные объемы воздуха. При этом скорость возрастает до 1,36 м/с. Воздух охлаждается у поверхности потолка и стен и ниспадает, возвращаясь к источнику. Расположение теплового источника обуславливает образование трех циркуляционных колец в продольном сечении цеха и 5 колец в поперечном (рис. 2).

Рис. 1. Естественная циркуляция.
Циркуляционные кольца в поперечном сечении

Рис. 2. Естественная циркуляция.
Циркуляционные кольца в продольном сечении

Анализ режима совместной работы источников тепловыделения и локализирующей вытяжной вентиляции обнаружил недостаточность ассимиляции теплоизбытков, наличие конвективной струи у источника тепловыделений, но менее развитой (рис. 3). Количество циркуляционных колец сохранилось, но произошел их сдвиг в сторону расположения локализирующих устройств.

Рис. 3. Работа локализирующей вытяжной вентиляции.
Циркуляция в объеме цеха

**Рис. 4. Работа локализующей вытяжной вентиляции.
Циркуляция в поперечном сечении**

В поперечном сечении (рис. 4) видно, что воздух движется в рабочей зоне из участка приема материала через стержневой участок в часть цеха с источниками тепловыделений (плавильно-заливочное отделение).

Выявленные закономерности легли в основу обоснованных решений по вентиляции: 1) использование аэрофонаря; 2) использование местной приточной вентиляции (душирующих устройств); 3) расположение воздухораспределительных устройств общеобменной приточной вентиляции.

**Рис. 5. Работа локализующей и общеобменной вентиляции.
Циркуляция в объеме цеха**

**Рис. 6. Работа локализующей и общеобменной вентиляции.
Циркуляция в продольном сечении**

На конечном этапе получена модель температурного и скоростного полей, сформированных преимущественно циркуляцией и взаимодействием конвективных и инерционных (приточных) струй (рис. 5). Наблюдается четыре циркуляционных кольца в продольном сечении цеха (рис. 6), два – в поперечном (рис. 7). В качестве расчетно выбран минимальный воздухообмен, обеспечивающий нормируемые параметры воздуха рабочей зоны [1, 2]. Составляющие воздухообмена в приведены в табл. 1.

**Рис. 7. Работа локализирующей и общеобменной вентиляции.
Циркуляция в продольном сечении**

Таблица 1. Воздухообмен в цехе чугунного литья

Период года	Механический приток, м ³ /ч	Естественный приток, м ³ /ч	Механическая вытяжка, м ³ /ч	Естественная вытяжка, м ³ /ч	Локализирующая вытяжка, м ³ /ч
Холодный и переходный	147210	28300	8800	49640	117070
Теплый	147210	106150	8800	127490	117070

В соответствии с рассчитанными объемами воздуха помещений и полученной модели циркуляции воздушных потоков были спроектированы вытяжные и приточные системы вентиляции.

Список используемых источников:

1. ГОСТ 12.01.005. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. М.: Стандартинформ, 2005. 54 с.
2. СанПиН 2.2.4.548. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997. 46 с.
3. СНиП 2.04.05-86. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Госстрой СССР. М.: Стройиздат, 1987. 64 с.
4. Батулин В.В. Основы промышленной вентиляции. М.: Профиздат, 1990. 448 с.
5. В.А. Четков, П.К. Энегель. Вентиляция цехов и предприятий цветной металлургии. М.: Металлургия, 1968. 252 с.
6. В.Л. Писаренко, М.Л. Рогинский. Вентиляция рабочих мест в сварочном производстве. М.: Машиностроение, 1981. 120 с.
7. ANSYS Release 10.0 Documentation. 76 с.