

Шеронова Т.С., магистр,  
студент 3 курса машиностроительного факультета  
Муромского института ВлГУ  
г.Муром, Российская Федерация  
e-mail: [sheronova.tatyana@mail.ru](mailto:sheronova.tatyana@mail.ru)

### **Анализ системы вентиляции сталелитейного цеха**

#### **Аннотация**

Предприятия тяжелого машиностроения могут оказывать вредное воздействие как на жизни и здоровье людей, так и на окружающую среду. Для обеспечения безопасных условий работы на предприятиях создаётся отдел охраны труда и промышленной безопасности.

Одной из задач работы этого отдела является работа с вентиляцией на рабочих местах. Анализируя выбросы в рабочей зоне можно определить необходимые свойства будущей вентиляции, определиться с методами очистки воздуха. Эффективная вентиляция – это один из пунктов, ведущих к безопасным условиям труда на рабочем месте.

Вопросы охраны труда в настоящее время актуальны и выходят на первый план в развитии промышленности.

Целью работы является оценка эффективности действующей системы вентиляции на одном из участков сталелитейного цеха. Актуальность темы вызвана необходимостью соблюдения экологических норм и защитой окружающей среды и рабочих от промышленных выбросов, образующихся в ходе технологического процесса изготовления отливок из стали. Определяются основные вредные и опасные вещества. Описывается имеющаяся вентиляция. Выявляется эффективность очистки системы вентиляции путем расчета. Делаются выводы о пригодности, либо непригодности имеющейся вентиляции.

**Ключевые слова:** промышленная безопасность, сталелитейный цех, вентиляция, зонт, воздухопровод, КМП

#### **Annotation**

Heavy engineering enterprises can have a harmful effect on both the life and health of people and the environment. To ensure safe working conditions at enterprises, a department for labor protection and industrial safety is being created.

One of the tasks of this department is work with ventilation in the workplace. Analyzing emissions in the working area, you can determine the required properties of future ventilation, determine the methods of air purification. Effective ventilation is one of the points leading to a safe working environment in the workplace. Occupational safety issues are currently relevant and come to the fore in the development of industry.

The aim of the work is to evaluate the efficiency of the existing ventilation system at one of the sections of the steel shop. The relevance of the topic is caused by the need to comply with environmental standards and to protect the environment and workers from industrial emissions generated during the technological process of manufacturing steel castings. The main harmful and hazardous substances are determined. The available ventilation is described. The efficiency of cleaning the ventilation system is revealed by calculation. Conclusions are made about the suitability or unsuitability of the existing ventilation.

**Key words: industrial safety, steel shop, ventilation, umbrella, air duct, KMP.**

## **Введение**

Данная работа направлена на обеспечения производственной безопасности на рабочих местах. Цех является сталелитейным – а значит выбросы от технологического процесса представляют угрозу для здоровья рабочих.

Актуальность темы вызвана необходимостью защиты жизни и здоровья рабочих, а так же населения и окружающей среды от воздействия вредных производственных факторов. Целью работы является оценка эффективности степени очистки вентиляции внутри цеха.

Для выполнения этой цели необходимо решить следующие задачи

1. Выявить и проанализировать технологический процесс.
2. Определить профессии с вредными условиями труда и проанализировать значения концентраций выбросов.
3. Оценить эффективность системы вентиляции путем расчета.

## **Технологический процесс изготовления отливок**

На машиностроительном предприятии в сталелитейном цехе происходит процесс изготовления отливок. Применяется литье в разовые песчано-глинистые формы [1]. Технологический процесс изготовления стальных заготовок включает в себя следующие этапы:

- 1) Изготовление модельной оснастки,
- 2) Приготовление формовочных и стержневых смесей,
- 3) Изготовление полуформ и стержней,
- 4) Сушка полуформ и стержней,
- 5) Сборка форм,
- 6) Плавка металла,
- 7) Разливка металла в ковш,
- 8) Заливка форм,
- 9) Выбивка форм (извлечение отливок),
- 10) Очистка отливок,
- 11) Термообработка,
- 12) Заварка дефектов.

В процессе плавки, во время загрузки и слива готовой стали в ковши происходит выделение технологических газов. Газы, выделяющиеся из печей, содержат в своем составе оксид углерода, диоксид азота, пыль.

Источники выбросов оборудованы установками очистки газов – коагуляционными мокрыми пылеуловителями КМП-3,2 [2].

Годовой фонд рабочего времени – 251 день. Режим работы оборудования – 8 / 10 часов в день.

Проанализировав параметры выбросов загрязняющих веществ от сталелитейного цеха, можно выявить следующие вещества: пыль неорганическая SiO<sub>2</sub>, азота диоксид, азота оксид, серы диоксид, углерода оксид, метан, марганец и его соединения, аммиак.

### Выбросы вредных веществ на рабочих местах

Рассмотрим основные профессии сталелитейного цеха. Данные по выбросам вредных веществ в воздух рабочей зоны в соответствии с рабочим местом сведем в таблицу 1.

Таблица 1 – вредные вещества на рабочих местах и их концентрации

Наименование рабочего места	Концентрации вредных веществ на рабочем месте, мг/м <sup>3</sup>			
	Пыль (ПДК = 4 мг/м <sup>3</sup> )	Фенол (ПДК = 0,3 мг/м <sup>3</sup> )	Формальдегид (ПДК=0,5 мг/м <sup>3</sup> )	Марганца оксиды (ПДК=0,05мг/м <sup>3</sup> )
Земледел	19,2	0,14	0,25	-
Формовщик	5,6	0,11	0,06	-
Выбивальщик	8,2	-	-	-
Обрубщик	11,6	-	-	-
Заливщик	5,2	-	-	0,22
Стерженщик	4,9	0,05	0,38	-
Сушильщик	6,4	0,1	-	-
Плавильщик	8,5	-	-	0,2

В таблице 1 приведен перечень профессий с вредными веществами на рабочем месте.

Среди них имеется профессия земледел – с максимальным среди других профессий концентрацией пыли на рабочем месте. Концентрация пыли превышает ПДК в 4,8 раз. Необходима очистка воздуха именно по этому параметру.

Земледел работает на смесеприготовительном участке, значит расчет необходимо провести именно по нему.

Смесеприготовительный участок имеет следующие размеры: 45х 25 м х 15м

### **Описание и расчет имеющейся системы вентиляции**

Смесеприготовительный участок включает в себя 2 смесителя мод. АМК-2000Н [3] производительностью 60м<sup>3</sup>/час каждый и системы конвейеров подачи готовой смеси и возврата горелой смеси.

Смесители оснащены местными отсосами. В состав вытяжной вентиляции входят:

- зонт вытяжной «ЗВОК 1500х1500х400 h» из оцинкованной стали толщиной 0,7 мм;
- воздуховод выполнен из нержавеющей стали толщиной – 0,7мм, круглого сечения диаметром 315 мм, монтируется по стене на кронштейнах;
- вентилятор ВР 132-30-8 производительностью 4680-13680 м<sup>3</sup>/час, частота вращения рабочего колеса составляет 1450 об/мин;
- выхлопная труба металлическая высотой 2 м и диаметром 0,315 м.
- коагуляционный мокрый пылеуловитель *КМП-3,2*

Участок оснащен 2 зонтами – по одному зонту надо каждой чашей смесителя. Зонты соединены общим воздуховодом.

Зонт располагается на высоте 0,5 м от уровня чаши смесителя. Угол раскрытия зонта составляет 75<sup>0</sup> для равномерного удаления пыли.

Произведен расчет эффективности зонта [4]. Объем воздуха, проходящего через зонт равен 1,575 м<sup>3</sup>/с = 5670 м<sup>3</sup>/час.

Произведен расчет воздуховода и получены следующие размеры:

Диаметр d=710 мм;

Площадь поперечного сечения F=0,396 м<sup>2</sup>.

Скорость в воздуховоде составила 7,96 м/с.

Рассчитываем параметры циклона-каплеуловителя:

1) диаметр  $D_{ц}$ , циклона-каплеуловителя, м:

$$D_{\text{ц}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{L}{3600 \cdot v_{\text{ц}}}}, \quad (1)$$

где  $L$  – расход воздуха, м<sup>3</sup>/ч;

$v_{\text{ц}}$  – скорость (фиктивная) воздуха в расчете на площадь сечения цилиндрической части циклона;  $v_{\text{ц}} = 4,5 \div 6$  м/с [5].

$$D_{\text{ц}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{11340}{3600 \cdot 4,5}} = 1,13 \cdot 0,79 = 0,94 \text{ м}$$

1) гидравлическое сопротивление циклона  $\Delta\rho_{\text{ц}}$ , Па,

$$\Delta\rho_{\text{ц}} = \frac{\xi_{\text{ц}} \cdot \rho \cdot v_{\text{ц}}^2}{2}, \quad (2)$$

где  $\xi_{\text{ц}}$  – коэффициент местного сопротивления циклона, отнесенный к скорости  $v_{\text{ц}}$  (для пылеулавливателей типа КМП  $\xi_{\text{ц}} = 30$  [5]);

$\rho$  – плотность воздуха,  $\rho = 1,2$  кг/м<sup>3</sup>.

$$\Delta\rho_{\text{ц}} = \frac{30 \cdot 1,2 \cdot 4,5^2}{2} = 367 \text{ Па}$$

д) Из формулы (1.3) находится гидравлическое сопротивление труб Вентури.

$$\Delta p_{\text{тр}} = \Delta p_n - \Delta p_{\text{ц}} = 697 - 367 = 330 \text{ Па}$$

е) Расчет скорости воздуха  $v_{\text{г}}$ , м/с, в горловине трубы Вентури:

$$v_{\text{г}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p_{\text{тр}}}{\rho \cdot \xi_{\text{с}} + \rho_{\text{ж}} \cdot \xi_{\text{ж}} \cdot m}}, \quad (3)$$

где  $\rho$ ,  $\rho_{\text{ж}}$  – плотность воздуха и воды соответственно, кг/м<sup>3</sup>;

$\xi_{\text{с}}$ ,  $\xi_{\text{ж}}$  – коэффициенты гидравлического сопротивления соответственно «сухой» трубы и трубы с подачей жидкости.

При нормальных условиях  $\rho = 1,2$  кг/м<sup>3</sup>,  $\rho_{\text{ж}} = 1000$  кг/м<sup>3</sup>,  $\xi_{\text{с}} = 0,15$ , а  $\xi_{\text{ж}} = 0,63$  определяется по формуле

$$v_{\text{г}} = 3,33 \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_{\text{тр}}}{1 + 0,525 \cdot m^{0,7} \cdot 10^3}} = 3,33 \cdot \sqrt{\frac{660}{5,1}} = 38 \text{ м/с} \quad (4)$$

ж) Определим геометрические размеры трубы Вентури:

1) диаметр горловины  $d_{\text{г}}$  трубы Вентури, м:

$$d_{\text{г}} = 1,88 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{\frac{L}{v_{\text{г}}}}$$

$$d_{\text{г}} = 1,88 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{\frac{11340}{38}} = 0,4 \text{ м} \quad (5)$$

2) длина горловины  $l_{\text{г}}$ , м:

$$l_{\Gamma} = 0,15 \cdot d_{\Gamma} = 0,15 \cdot 0,4 = 0,06 \text{ м} \quad (6)$$

3) диаметр входного отверстия конфузора  $d_{\kappa}$ , м:

$$d_{\kappa} = 1,88 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{\frac{L}{v_{\text{вх}}}} \quad (7)$$

$$d_{\kappa} = 1,88 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{\frac{11340}{15}} = 0,52 \text{ м}$$

где  $v_{\text{вх}}$  - скорость воздуха во входном патрубке, равная 15-20 м/с;

2) длина конфузора  $l_{\kappa}$ , м:

$$l_{\kappa} = \frac{d_{\kappa} - d_{\Gamma}}{2 \cdot \text{tg}\left(\frac{\alpha_1}{2}\right)}, \quad (8)$$

где  $\alpha_1$  - угол раскрытия конфузора, равный 25-30° (при необходимости уменьшения длины трубы Вентури угол  $\alpha_1$  может быть увеличен до 60°, но тогда длина горловины должна приниматься  $l_{\Gamma} = 0,3 d_{\kappa}$ );

$$l_{\kappa} = \frac{0,52 - 0,4}{2 \cdot \text{tg}\left(\frac{25}{2}\right)} = \frac{0,12}{0,44} = 0,27 \text{ м}$$

3) диаметр выходного отверстия диффузора  $d_{\delta}$ , м:

$$d_{\delta} = 1,88 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{\frac{L}{v_{\text{вых}}}}, \quad (9)$$

$$d_{\delta} = 1,88 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{\frac{11340}{17}} = 0,48 \text{ м}$$

где  $v_{\text{вых}}$  - скорость выхода воздуха из диффузора, равная 16-18 м/с [5];

4) длина диффузора  $l_{\delta}$ , м:

$$l_{\delta} = \frac{d_{\delta} - d_{\Gamma}}{2 \cdot \text{tg}\left(\frac{\alpha_2}{2}\right)}, \quad (10)$$

$$l_{\delta} = \frac{0,48 - 0,4}{2 \cdot \text{tg}\left(\frac{6}{2}\right)} = 0,8 \text{ м.}$$

где  $\alpha_2$  - угол раскрытия диффузора, равный 6-7° [5];

3) Диаметр сопла для подачи воды  $d_c$ , м:

$$d_c = 1,06 \cdot \sqrt{\frac{G_{\text{в}}}{\sqrt{\rho_{\text{ж}}}}}, \quad (11)$$

где  $G_{\text{в}}$  - расход воды, м<sup>3</sup>/с.

$$d_c = 1,06 \cdot \sqrt{\frac{0,6}{\sqrt{1000}}} = 1,06 \cdot 0,138 = 0,146 \text{ м}$$

После очистки количество пыли сократилось до значения 0,0065 мг/м<sup>3</sup>, что составляет 99,9% от изначального значения.

### **Вывод**

Таким образом, по полученным расчетам стали известны параметры коагуляционного мокрого пылеуловителя и степень очистки, равная 99,9%.

Рассмотренная система вентиляции полностью подходит для очистки воздуха сталелитейного цеха.

### **Список использованных источников:**

1. А.С. Килов, А.В. Попов, В.А. Недыхалов / Производство заготовок. Литье. Серия учебных пособий - книга 3. Проектирование и производство отливок (литых заготовок) [Электронный ресурс]:- URL: <http://window.edu.ru/resource/227/19227/files/metod534.pdf> (Дата обращения: 01.08.2020)
2. Коагуляционные мокрые пылеуловители КМП [Электронный ресурс]:- URL: <https://zavodtm.ru/produkcija/ciklony-i-pyleuloviteli/koagulyacionnye-mokrye-pyleuloviteli-kmp/> (Дата обращения: 01.08.2020)
3. Описание конструкции смесителя типа АМК 2000Н [Электронный ресурс]:- URL: <https://mybiblioteka.su/tom2/3-58105.html> (Дата обращения: 05.08.2020)
4. Вентиляция производственных помещений. Методические указания к выполнению практических расчетов для студентов по направлению 20.03.01 «Техносферная безопасность» (профиль «Безопасность технологических процессов и производств») – Ростов н/ Д: Издательский центр ДГТУ, 2016. – 54 стр. (Дата обращения: 17.08.2020)
5. Очистка выбросов. Расчет и классификация пылеуловителей [Электронный ресурс] - URL: [https://studme.org/260541/ekologiya/ochistka\\_vybrosov](https://studme.org/260541/ekologiya/ochistka_vybrosov) (Дата обращения: 24.08.2020)