

## УПРАВЛЕНИЕ КОНВЕКТИВНЫМИ ПОТОКАМИ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ВРЕДНОСТЕЙ ОТ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОГАЗОВЫДЕЛЕНИЙ

*Т.И. Королёва, О.Н. Широкова*

Для решения вопроса вентиляции цехов с теплогазовыделениями необходимо установить, как распределяются потоки воздуха (газа и пыли) в объеме помещения цеха. Натурные исследования микроклимата показывают, что скорость воздуха и поле температур распределяются крайне неравномерно как по всему цеху, так и в рабочей зоне. Основная причина этого – конвективные потоки над источниками теплоты, которые под влиянием других воздушных течений вызывают неорганизованный разнос теплоты и циркуляцию воздуха во всем объеме помещения.

При работе нагретых печей и другого оборудования выделяются теплота и газы в виде конвективных струй. Изучению закономерностей конвективной струи посвящены работы Г.Н. Абрамовича, С.Е. Бутакова, Л. Прандтля, В.М. Эльтермана, В.В. Батурина. На основе работ В.Э. Эльтерманом установлена картина течения струй и с достаточной для практических расчетов точностью выведены расчетные формулы [1].

При рассмотрении тепловой струи, образующейся над горизонтальной нагретой пластиной, заделанной заподлицо с горизонтальной плоскостью, можно выделить четыре зоны (рисунок 1). Зона I – пограничный слой, состоящий из ламинарного подслоя, расположенного непосредственно у нагретой пластины и основного погрешного слоя. Зона II – участок разгона струи. Зона III – переходный участок, на котором поперечные профили скоростей и избыточных температур преобразуются в профили, характерные для основного участка тепловой струи. Зона IV – основной участок тепловой струи.

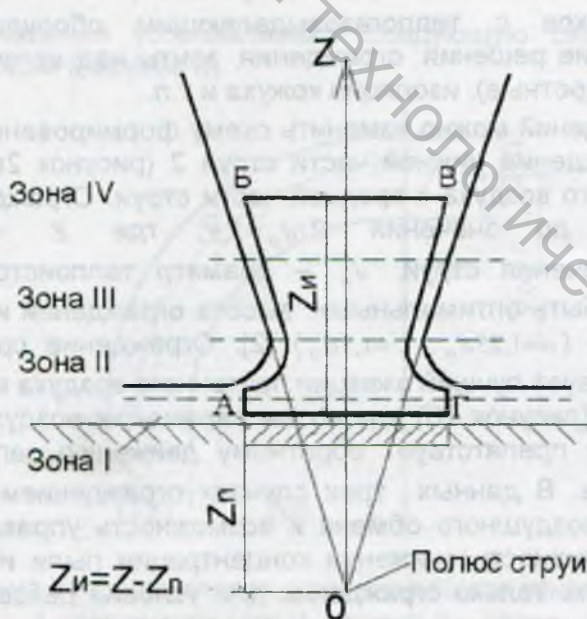


Рисунок 1 – Схема течения воздуха в тепловой струе

В пограничном ламинарном подслое движение происходит вдоль плоскости; вертикальная составляющая скорости очень мала и может быть принята равной нулю. Тепло от нагретой пластинки в этом подслое передается путем теплопроводности, поэтому здесь наблюдается значительный перепад температур. В пределах основного пограничного слоя характер движения неодинаков и зависит

от величины произведений критериев Грасгофа и Прандтля ( $G_r \cdot P_r$ ). Эти критерии являются определяющими для процесса теплоотдачи при свободной конвекции. При значениях  $G_r \cdot P_r$   $5 \cdot 10^2$  ламинарное течение потока воздуха наблюдается в основном в пограничном слое, и на значительном расстоянии от источника тепла тепловая струя тоже ламинарна. По мере увеличения размеров пластины и возрастания разности температур на ее поверхности и в окружающей среде ( $\Delta t_n$ ), т.е. при больших значениях произведений  $G_r \cdot P_r$ , движение в тепловой струе турбулизируется, а при значениях  $G_r \cdot P_r$  порядка  $1 \cdot 10^6$  наблюдается развитое турбулентное движение.

В производственных условиях преобладают турбулентные тепловые струи.

В технике вентиляции одним из основных способов обеспечения чистоты воздуха на рабочих местах вблизи источников выделения вредных веществ является создание потока воздуха, направленного от рабочего к источнику выделения вредных веществ или к месту их локализации.

Исследования конвективных потоков при различном размещении тепловых источников показали, что основной приток в конвективную струю происходит вблизи источника, кроме того, воздух присоединяется на всем пути движения струи из окружающего пространства, увеличивая конвективный поток. Дойдя до вытяжного отверстия, струя не успевает полностью раскрыться, претерпевая удар о перекрытия. Часть воздуха вытекает из отверстия, часть возвращается в нижнюю зону помещения.

Поэтому важно управление конвективными потоками с целью их удаления. Характер конвективных потоков воздушной среды цехов определяется размерами источника выделения теплоты и размерами здания. Исследования показали, что чем выше и уже здание, тем меньше влияние на рабочую зону оказывают конвективные струи. Наиболее целесообразным является отношение  $H/d=9+12$ . Данные рекомендации приемлемы к проектируемым цехам.

Для условий цехов с теплогазовыделяющим оборудованием наиболее приемлемы следующие решения: ограждения, зонты над источниками выделений (стационарные и поворотные), изоляция кожуха и т.п.

С помощью ограждений можно изменить схему формирования воздушных струй [2]. Применяют ограждение нижней части струи 2 (рисунок 2а), способствующее подтеканию приточного воздуха к средней части струи. Ограждение нижней части струи эффективно до значения  $Z/d_o=3,5$ , где  $Z$  – расстояние до рассматриваемого сечения струи,  $d_o$  – диаметр теплоисточника 3. Размеры ограждений должны быть оптимальными: высота ограждений и расстояние между ними соответственно ( $a=1,25d_o$ ,  $c=1,5d_o$ ) [2]. Ограждение средней части струи (рисунок 2а) способствует лучшей эжекции приточного воздуха к струе. Ограждение верхней части струи (рисунок 2б) влияет на параметры воздуха в помещении до значения  $Z/d_o=2,5$  и препятствует обратному движению загрязненных потоков воздуха в помещение. В данных трех случаях ограждением струи достигается снижение величины воздушного обмена и возможность управления вентиляцией цеха. Однако эффективность снижения концентрации пыли и газов невелика, и поэтому рекомендовать только ограждение для условий цехов с теплоизбытками нецелесообразно.

Более эффективным и распространенным способом локализации вредных выделений в помещениях с сосредоточенными источниками загрязнений является удаление воздуха с помощью местных отсосов. Применяют следующие конструкции отсосов: зонт, зонт-козырек, боковой отсос.

В [1] приведены уравнения поля концентраций в потоке, набегающем на источник выделения вредностей, что дало возможность разработать научно обоснованный метод расчета необходимых скоростей воздуха в открытых проемах

укрытий типа вытяжного шкафа. Случай, когда направление потока параллельно плоскости выделения вредных веществ, используется для расчета так называемых «сдувок».

Классификацию местных отсосов от теплогазовыделяющего оборудования и их расчет приводит В.Н. Посохин [2].

В тех случаях, когда по конструктивным соображениям соосный отсос нельзя расположить над источником тепловыделений, а также когда необходимо отклонять конвективную струю от источника так, чтобы вредные выделения не попадали в зону дыхания работающего, применяют боковые отсосы.

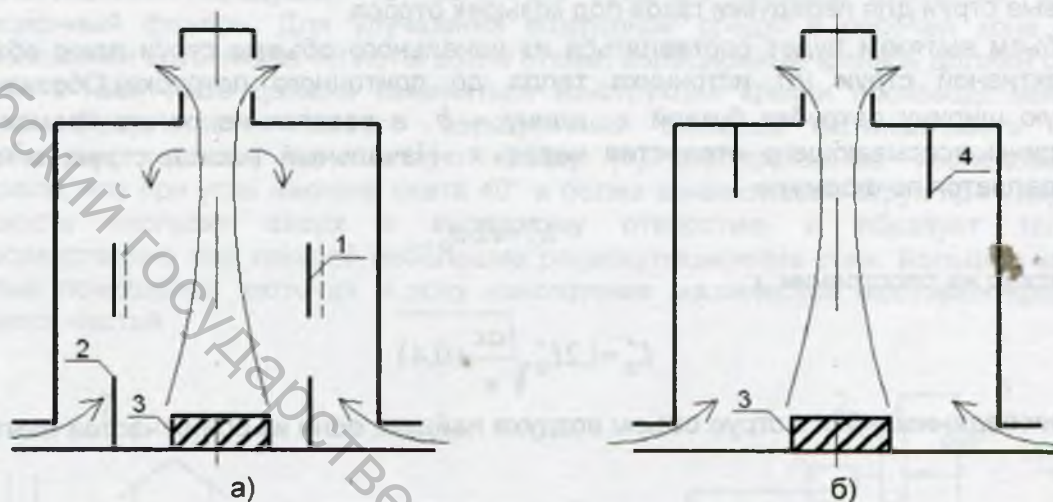


Рисунок 2 – Схема развития конвективной струи в цеху: а) с использованием нижнего и среднего ограждений; б) с использованием верхнего ограждения: 1 – среднее ограждение; 2 – нижнее ограждение; 3 – теплоисточник; 4 – верхнее ограждение

Визуальные наблюдения устанавливают следующую схему взаимодействия струи с боковым отсосом (рисунок 3).

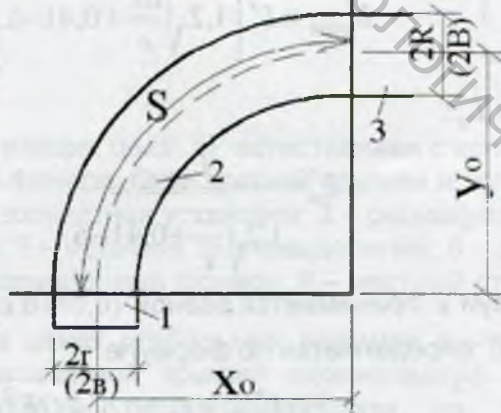


Рисунок 3 – Схема бокового отсоса, улавливающего конвективную струю: 1 – теплоисточник; 2 – струя; 3 – отсос

В режиме предельного улавливания удаленная граница струи замыкается на верхней кромке отсоса, а ближняя входит в плоскость отсоса выше нижней его кромки.

В тех случаях, когда основное назначение струи состоит в сдуве вредных выделений к отсосу и усилении подсосывающего действия последнего за счет эжекции, рассматриваем отсос, активированный приточной струей.

На металлургических предприятиях в литейных цехах при установке электроплавильных печей от них выделяется большое количество высокотемпературных вредных газов. Для их удаления на печах предусматриваются специальные укрытия, периодически открывающиеся для загрузки печи. Однако на ряде предприятий электроплавильные печи старых конструкций не имеют встроенных укрытий; печи загружаются малыми порциями металлического лома, проемы печей все время открыты, непрерывно работают мостовые краны над печами. В этих цехах не представляется возможным укрыть проемы печей стационарными укрытиями, поэтому предлагается устанавливать боковые отсосы, а для более полного улавливания вредностей использовать боковые струи для передувки газов под козырек отсоса.

Объем вытяжки будет состояться из начального объема струи плюс объем конвективной струи (от источника тепла до приточного патрубка). Обозначим полную ширину патрубка буквой  $e$ , длину –  $b$ , а расстояние от его кромок до середины всасывающего отверстия через  $x$ . Начальный расход струи, м<sup>3</sup>/сек, определяется по формуле

$$L'_0 = e b v_0, \quad (1)$$

Расход на расстоянии  $x$

$$L'_x = 1,2 L'_0 \sqrt{\frac{ax}{e} + 0,41}. \quad (2)$$

Присоединившийся к струе объем воздуха найдем, если из обеих частей вычтем по  $L'_0$ :

$$L_x - L_0 = L_0 \left( \sqrt{\frac{ax}{e} + 0,41} - 1 \right) \quad (3)$$

Таким образом, объем конвективной струи должен быть равен или меньше  $L_x - L_0$ , то есть

$$L'_{\text{конв}} = L'_0 \left( 1,2 \sqrt{\frac{ax}{e} + 0,41} - 1 \right) \quad (4)$$

Отсюда определяется  $L'_0$ :

$$L'_0 = \frac{L'_{\text{конв}}}{1,2 \sqrt{\frac{ax}{e} + 0,41} - 1}. \quad (5)$$

Начальная ширина струи  $e$  принимается равной  $(0,01 + 0,015)x$ ;  $a = 0,1 + 0,12$ .

Объем вытяжки, м<sup>3</sup>/час, определяется по формуле

$$L'_{\text{выт}} = L'_0 + 0,65 \sqrt[3]{Q F^2 l} \leq L'_x, \quad (6)$$

где  $Q$  – конвективное тепло, ккал/сек;

$F$  – горизонтальная проекция источника, м<sup>2</sup>;

$l$  – высота рассматриваемого сечения над источником, м.

Исследовались схемы передувки с подачей в конвективную струю приточного воздуха наклонно вниз и наклонно вверх.

Из генератора дыма подавался в модель печи различной конфигурации дым, который отсасывался через отсос. В качестве приточных патрубков использовались два плоских насадка, два круглых насадка и один насадок щелевидный по всей длине площадки печи.

Расположение насадков менялось по площади печи, насадки давали настилающую струю ( $\alpha = 0^\circ$ ); струю под углом  $30^\circ$  и  $45^\circ$  к настилу, а также располагались на некоторой высоте над настилом печи. Менялась высота расположения самого отсоса над уровнем площадки.

Опыты показали, что с помощью приточных струй можно получить передувку вредных газовых выделений под укрытие и полное улавливание их отсосом, и наиболее рациональным является использование плоских и щелевидных насадков, расположенных под углом  $30^\circ$  к плоскости площадки печи.

На рисунке 4а представлена схема движения воздушных потоков с использованием передувки. Неуловленные вредные примеси отводятся через аэрационный фонарь. Для улучшения воздушной среды в рабочей зоне при расположении источников теплоты возле стены, аэрационный фонарь должен быть соосен с ним, либо должна изменяться конструкция крыши производственных зданий. Предлагается вместо аэрационных фонарей устанавливать над источниками теплоты односкатную крышу [4]. Лабораторные исследования показали, что при угле наклона ската  $40^\circ$  и более конвективная струя при ударе о плоскость скользит вверх к вытяжному отверстию и образует только непосредственно под крышей небольшие рециркуляционные токи. Большая часть объема помещения, включая и зону нахождения машинистов мостовых кранов, остается чистой.

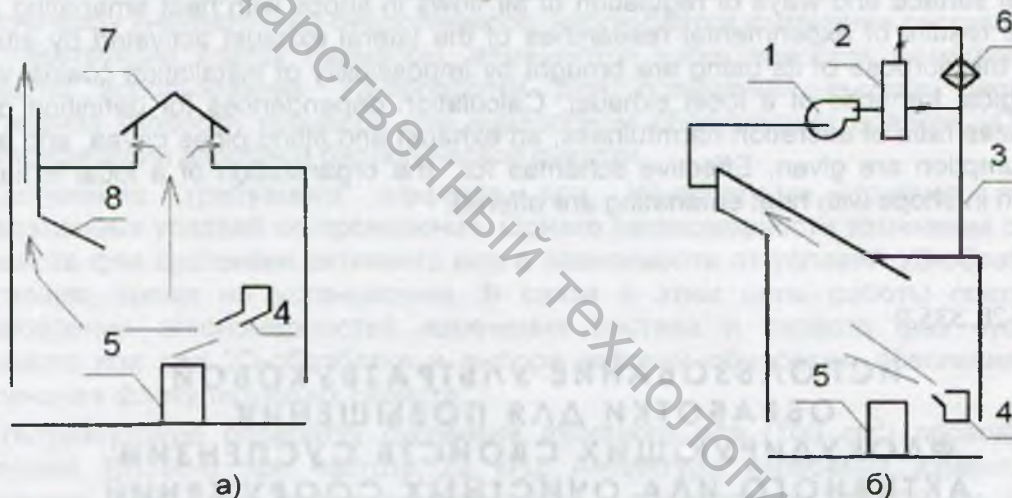


Рисунок 4 – Схемы вентиляции цеха: а) естественная с использованием местного отсоса с передувкой и фонаря; б) со скатной крышей и теплоутилизатором: 1 – вентилятор; 2 – пылегазоочистная установка; 3 – рециркуляционный воздуховод; 4 – приточный насадок; 5 – источник тепловыделений; 6 – рекуператор теплоты; 7 – аэрационный фонарь; 8 – местный отсос

При необходимости в цехах стабильных режимов вентиляции целесообразно использовать вместе со скатной крышей механическую вытяжку с системами пылегазоочистки воздуха и теплоутилизатором по схеме (рисунок 4б), предполагающей возврат очищенного воздуха в цех, что приведет к экономии тепловой и энергетической энергии.

Таким образом, для эффективного управления тепловыми потоками в цехах с теплоизбытками рекомендуются следующие мероприятия:

- использовать ограждение конвективной струи;
- при невозможности установки местного отсоса соосно с источником теплоты, применять боковые отсосы простые или активированные сдувом с использованием плоских или щелевидных насадков, расположенных под углом  $30^\circ$  к плоскости площадки печи; использовать односкатную крышу, позволяющую выполнить эффективное улавливание пылегазовых вредностей с последующей

очисткой их в пылегазоуловителях, охлаждением в теплый период года в теплоутилизаторе, и рециркуляцией в помещении.

#### Список использованных источников

1. Эльтерман, В. Н. Вентиляция химических производств / В. Н. Эльтерман. – Москва : Химия, 1980. – 288 с.
2. Посохин, В. Н. Расчет местных отсосов от тепло- и газовыделяющегося оборудования / В. Н. Посохин. – Москва : «Машиностроение», 1984. – 160 с.
3. Батурин, В.В. Основы промышленной вентиляции / В. В. Батурин. – Москва : Профиздат, 1990. – 448 с.
4. Луговский, С. И. Совершенствование систем промышленной вентиляции / С. И. Луговский, Г. К. Дымчук. – Москва : Стройиздат, 1991. – 136.: ил.

*Статья поступила в редакцию 12.12.2009 г.*

#### SUMMARY

The questions of control by convective streams in shops with heat & gas emanating equipment with the purpose of effective removal harmfulness and salvaging of heat are considered in the given work. The laws of distribution of a thermal jet above warmed horizontal surface and ways of regulation of air flows in shops with heat emanating are cited. The results of experimental researches of the lateral exhaust activated by intake jets with the purpose of its using are brought by impossibility of installation coaxial with technological furnaces of a local exhaust. Calculation dependences for definition of a source sizes ratio of excretion harmfulness, an exhaust and fitting pipes сдува, and also air consumption are given. Effective schemas for the organization of a local exhaust ventilation in shops with heat emanating are offered.

УДК 628.335.2

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ФЛОКУЛИРУЮЩИХ СВОЙСТВ СУСПЕНЗИИ АКТИВНОГО ИЛА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ

**В.Н. Марцуль, И.Э. Головнев**

В настоящее время в Беларуси эксплуатируется более 200 сооружений биологической очистки сточных вод, на которых очищается основное количество производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод, отводимых в водные объекты. Контакт сточных вод с активной биомассой в процессе биологической очистки предшествует механической очистка от взвешенных веществ, от эффективности которой зависит пропускная способность очистных сооружений.

Использование известных и хорошо апробированных на практике способов интенсификации и повышения степени очистки от взвешенных веществ с помощью минеральных коагулянтов и синтетических флокулянтов применительно к очистным сооружениям канализации затруднено вследствие больших расходов сточных вод, значительных колебаний концентрации загрязняющих веществ. Одним из перспективных и подходящих к условиям работы очистных сооружений канализации является использование для этих целей биофлокулянтов.

Биофлокулянты получают направленным культивированием определенных штаммов микроорганизмов в виде биомассы клеток или отдельных продуктов метаболизма, физико-химической обработкой клеток микроорганизмов. Больше