

ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ

УДК 697.922.2

ОПТИМАЛЬНОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ ПРИТОЧНЫХ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ И ВЫТЯЖНЫХ ВОЗДУХОВОДОВ ОБЩЕОБМЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

канд. техн. наук, доц. **Т.И. КОРОЛЁВА, О.Н. ШИРОКОВА**
 (Полоцкий государственный университет)

Рассмотрены вопросы совершенствования промышленной вентиляции путем оптимального размещения приточных и вытяжных устройств общеобменных систем. Приведены схемы движения воздуха при применении различных воздухораспределителей и вытяжных устройств, расчетные формулы для определения их оптимального размещения. Обоснована схема подачи приточного воздуха с малой скоростью в рабочую зону через перфорированные полы или перфорированные приколонные воздухоподогреватели. Определены геометрические характеристики для оптимального размещения в помещении вытяжных воздухопроводов и различных воздухораспределителей с целью обеспечения необходимого воздухообмена.

Применение рекомендаций, указанных в работе, и использование приведенных расчетных формул позволит осуществлять проектирование общеобменных систем вентиляции с учетом взаиморасположения приточных и вытяжных устройств для обеспечения требуемых климатических и санитарно-гигиенических условий в рабочей зоне с наименьшими затратами энергии и материалов.

Введение. Вентиляция должна обеспечивать требуемые климатические и санитарно-гигиенические условия, прежде всего в рабочей зоне. Следовательно, сюда необходимо направлять приточный воздух. На практике же чаще всего принимают подачу чистого воздуха в верхнюю зону, где он перегревается и насыщается газопылевыми вредностями и оттуда переносит их затем в рабочую зону. Верхняя раздача приточного воздуха исключает вообще возможность надежного поддержания необходимой чистоты атмосферы в рабочей зоне.

Приток в верхнюю зону оправдан только удобством прокладки воздухопроводов. Чтобы отказаться от такой схемы раздачи воздуха, необходимы новые решения в конструкциях самих помещений, позволяющие не продувать, а затоплять рабочую зону приточным воздухом.

Широко практикуемая струйная раздача приточного воздуха не обеспечивает равномерности вентиляции рабочей зоны. В этом случае образуются как активно и излишне проветриваемые, так и застойные зоны, что не соответствует повышению качества воздушной среды и полноте использования полезных свойств приточного воздуха [1].

Места расположения и конструкции приточных воздухопроводов и воздухораспределителей выбираются в соответствии с технологией производства и компоновкой ее оборудования. Но при любом изменении технологии приходится перестраивать системы транспортирования и раздачи воздуха. Фактически пока не имеется вентиляционных решений, обеспечивающих эффективное проветривание рабочей зоны в условиях предприятий с часто изменяющейся технологией, а ведь гибкая технология будет основой отечественных промышленных предприятий.

Основная часть. Приточный воздух должен поступать непосредственно в рабочую зону и равномерно вентилировать весь ее объем независимо от технологии производства. Только в этом случае возможна любая перекомпоновка технологического оборудования без реконструкции систем приточной вентиляции.

Этим задачам наиболее всего соответствует конструкция помещений с двумя полами: нижним, основным, и верхним, перфорированным [2]. Приточные воздухопроводы должны располагаться между полами и равномерно выпускать чистый воздух непосредственно в подполье. Оттуда он пройдет прямо в рабочую зону через перфорационные отверстия верхнего пола и, непрерывно вытесняя вредные выделения вверх, обеспечит необходимую чистоту ее атмосферы.

Для сокращения объема воздуха выпуск из отверстий должен быть с малой скоростью, которая может быть порядка 0,1...0,15 м/с, т.е. меньше допустимой скорости в рабочей зоне. Кроме того, для подхода людей к оборудованию в необходимых местах на перфорированный пол накладываются металлические листы в виде дорожек. Вообще, с помощью таких накладных листов можно регулировать подачу воздуха по площади пола, направляя больший его объем к рабочим местам и технологическому оборудо-

ванию. Деление подполья на секции с самостоятельными приточными воздуховодами позволяет создать соответствующие микроклимат и чистоту воздуха в требуемых местах при любой компоновке технологического оборудования [3].

Схемы притока через перфорированные полы особенно целесообразны для горячих цехов и предприятий легкой промышленности, а также везде, где требуется поддерживать чистоту атмосферы во всем объеме или локальных местах рабочей зоны.

Секции подполья под перфорированными полами можно оборудовать и вытяжной вентиляцией, если необходима вытяжка из нижней зоны (для цехов с выделением пыли, тяжелых газов, паров).

В случае применения приколонных перфорированных воздухоподогревателей, в силу специфичности своей конструкции, их установка производится у каждой колонны, а пристенные воздухоподогреватели располагаются у продольных стен здания в шахматном порядке по отношению к колоннам. На определенном расстоянии от внешней поверхности перфорированного воздухоподогревателя воздушные приточные струйки сливаются в одну большую свободную струю (рис. 1). При слиянии в момент удара струйки о струйку происходит некоторая потеря живой силы, что приводит к уменьшению скорости движения в образовавшейся общей струе.

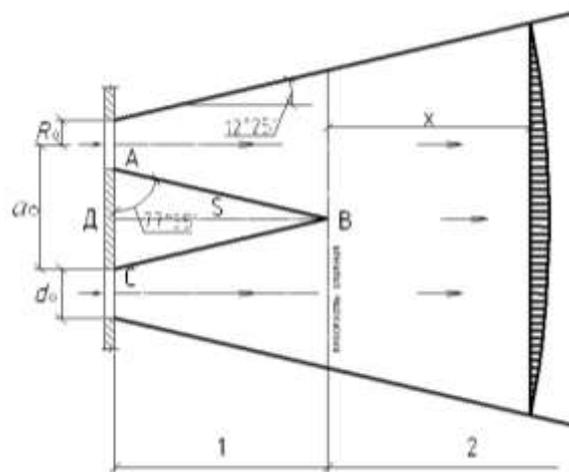


Рис. 1. Структура воздушного потока, создаваемого перфорированным воздухоподогревателем:
1 – участок отдельных струек; 2 – сплошная воздушная струя

Слияние воздушных струек происходит на расстоянии от отверстий, которое можно рассчитывать по формуле:

$$S = \frac{1}{2}(a_0 - 2)R_0 \operatorname{tg}(90^\circ - \alpha), \quad (1)$$

где a_0 – расстояние между центрами отверстий воздухоподогревателя, м; R_0 – радиус отверстия перфорации, м; $\alpha = 12^\circ 25'$ – угол расширения свободной воздушной струи.

Средняя скорость движения воздуха, м/с, на подходе к плоскости слияния струек составит

$$v'_{cp} = 3,2v_0R_0 \frac{\varepsilon}{S}, \quad (2)$$

где v_0 – начальная скорость выхода воздуха из отверстий перфорации, м/с; $\varepsilon = 0,6$ – коэффициент сжатия струи; S – расстояние от выхода воздушных струек из отверстий перфорации до плоскости их слияния, м.

Средняя скорость общей струи после плоскости слияния определяется по формуле:

$$v''_{cp} = 3,2(1 - k)v_0 \frac{R_0}{(S + x)}, \quad (3)$$

где $k = 0,1 \dots 0,2$ – коэффициент взаимоторможения воздушных струек в момент их слияния; x – расстояние от плоскости слияния до данной точки общей струи, м.

Полная дальность образующей струи заканчивается при достижении значения скорости

$$v''_{cp} = 0,2 \text{ м/с.}$$

Из выражения (3) находим

$$S + x = \left(\frac{1}{v''_{cp}} \right) 3,2(1-k)v_0 R_0.$$

Тогда при $v''_{cp} = 0,2 \text{ м/с}$ имеем длину струи

$$l_{стр} = S + x = 16(1-k)v_0 R_0. \quad (4)$$

При ширине помещения цеха от 12 до 24 м эффективно вентилируется рабочая зона помещения с помощью перфорированных воздуховодов или воздухоораздатчиков, располагаемых вдоль длинных стен помещения (рис. 2). При этом отсасывание отработанного воздуха осуществляется через подпольный канал, размещенный вдоль по центру помещения, и через один или два равномерно отсасывающих воздуховодов, находящихся в верхней зоне.

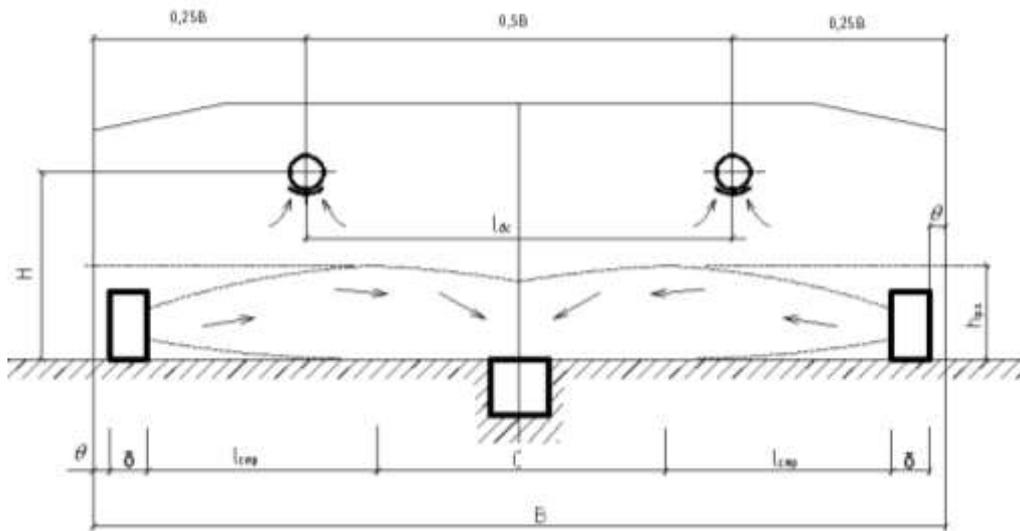


Рис. 2. Схема вентиляции с помощью перфорированных воздухоораздатчиков и вытяжных воздуховодов

При такой компоновке оборудования ширина помещения, м, составит:

$$B = 2(\theta + \delta + l_{стр}) + c, \quad (5)$$

где θ – зазор между наружной стенкой и воздухоораздатчиком или воздуховодом, м; δ – ширина воздухоораздатчика или диаметр воздуховода, м; $l_{стр}$ – дальность воздушной струи, образуемой воздухоораздатчиком или перфорированным воздуховодом, м; $c = 6...8 \text{ м}$ – расстояние движения воздуха по инерции и вследствие всасывающего действия подпольного канала.

Дальность струи подсчитывается по формуле (4).

Общеобменные отсасывающие воздуховоды целесообразно прокладывать от пола на высоте, м:

$$H = h_{п.з.} + 2...4.$$

Расстояние между осями отсасывающих воздуховодов следует принимать:

$$l_{вс} = 0,5B, \quad (6)$$

где B – ширина помещения, м.

При проектировании систем общеобменной вентиляции часто размещение воздуховодов принимают без каких-либо расчетных обоснований, что отрицательно сказывается на эффективности воздухообменов в помещениях.

В больших по площади цехах иногда приходится приточные воздуховоды равномерной раздачи прокладывать параллельно друг к другу (рис. 3).

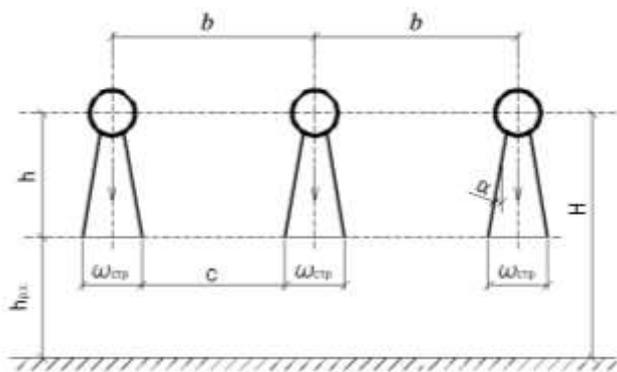


Рис. 3. Схема к определению расстояния между воздуховодами равномерной раздачи вниз через щель

В этом случае необходимое расстояние между их осями, м, может быть определено по формуле:

$$b = 2h \cdot \text{ctg}(90 - \alpha) + c + \delta, \tag{7}$$

где h – расстояние между границей рабочей зоны и выпускным отверстием воздуховода, м; $\alpha = 12^\circ 25'$ – угол расширения свободной турбулентной воздушной струи; $c = 3 \dots 5$ м – расстояние, необходимое для распространения приточного воздуха между рядами воздуховодов; δ – ширина приточной щели в воздуховоде, м; ширина приточной щели принимается величиной постоянной, изменяется только её длина вдоль воздуховода.

Необходимая высота прокладки воздуховодов:

$$H = h + h_{p.z.}, \tag{8}$$

где $h_{p.z.} = 2$ м – высота рабочей зоны.

Средняя скорость движения струи воздуха, м/с, у верхней границы рабочей зоны составит:

$$v_{cp} = \frac{1,71v_0}{\sqrt{\frac{h-d}{2} B_0}} = \frac{1,71v_0}{\sqrt{2B_0}}, \tag{9}$$

где v_0 – заданная скорость воздуха плоской струи при выходе ее из щели, м/с; d – диаметр воздуховода, м.

Так как скорость струи у верхней границы рабочей зоны принимается равной 0,2 м/с, то при высоте h из выражения (9) находим необходимую начальную скорость плоской струи на выходе из щели:

$$v_0 = 0,16 \sqrt{\frac{2h-d}{2B_0}}. \tag{10}$$

При этом длина плоской струи (высота h) принимается в пределах от 1 до 2 м.

Высота подвески приточного воздуховода, м, при равномерной раздаче воздуха вниз через отверстия (рис. 4) будет определяться по формуле:

$$H = \frac{d\delta}{2} + h + h_{p.z.}, \tag{11}$$

где $d\delta$ – диаметр приточного воздуховода, м; $h_{p.z.} = 2$ м – высота рабочей зоны;

$$h = \left(\left(\frac{a_{cp} - l_{cp}}{2} \right) \cdot \text{tg}(90^\circ - \alpha) \right). \tag{12}$$

Здесь a_{cp} – среднее расстояние между центрами приточных отверстий воздуховода, м; l_{cp} – средняя длина отверстия, м; $\alpha = 12^\circ 25'$ – угол расширения свободной турбулентной воздушной струи.

Окончательно получим с учетом выражения (12):

$$H = \frac{d_6}{2} + \left(\left(\frac{a_{cp} - l_{cp}}{2} \right) \cdot \operatorname{tg}(90^\circ - \alpha) \right) + h_{p.z.} \quad (13)$$

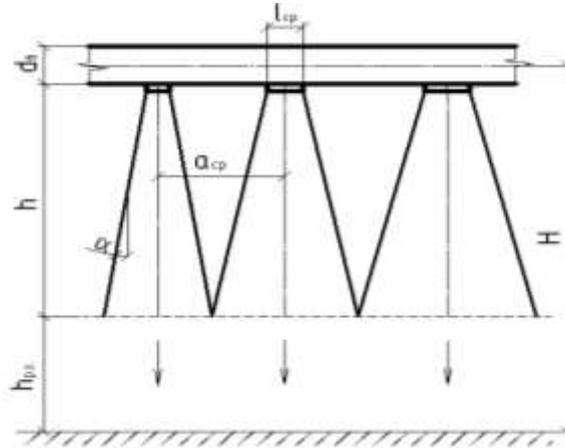


Рис. 4. Схема к определению высоты подвески приточных воздуховодов при равномерной раздаче воздуха через отверстия

При раздаче воздуха наклонными свободными струями из отверстий приточного воздуховода (рис. 5) почти вся рабочая зона заполняется свежим воздухом, что благоприятно сказывается на микроклимате рабочих мест [4].

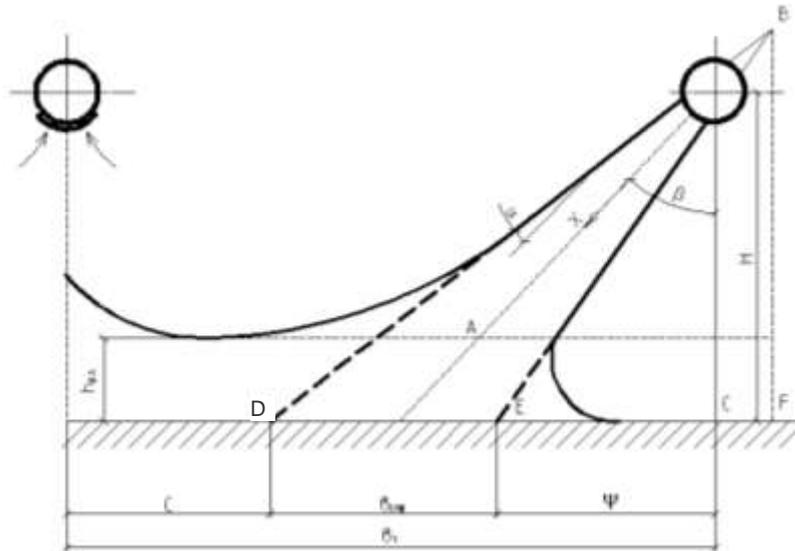


Рис. 5. Схема к определению расстояния между приточным и вытяжным воздуховодами при наклонной равномерной подаче воздуха вниз

У точки *A* дальнобойность заканчивается, и в этом месте скорость воздуха должна быть равной 0,2 м/с. Поэтому длина активной части струи, м, определяется по формуле:

$$X = 3,2v_0 \frac{R_0}{v_{cp}}, \quad (14)$$

или

$$X = 3,2v_0 \frac{R_0}{0,2} = 16v_0 R_0, \quad (15)$$

где v_0 – начальная скорость движения струи, м/с, определяемая по формуле [5]:

$$v_0 = \frac{v_{p.z.} \cdot x}{0,7m\sqrt{F_0}}. \quad (16)$$

Здесь R_0 – эквивалентный радиус прямоугольного отверстия, м; v_{cp} – средняя скорость струи у верхней границы рабочей зоны, м/с; $v_{p.z.} = 0,2$ м/с – скорость движения воздуха в рабочей зоне; x – расстояние от выходного отверстия до рабочего места, м; $m = 6,8$ – опытный коэффициент, характеризующий изменение скорости по оси струи; F_0 – площадь выходного отверстия струй, м².

Тогда высота прокладки приточного воздуховода должна быть, м,

$$H = X \cdot \cos \beta, \quad (17)$$

где β – угол наклона оси струи относительно вертикали, град.

При одинаковой высоте прокладки приточных и вытяжных воздуховодов расстояние между ними, м, составит

$$b_1 = b_{cmp} + \psi + c, \quad (18)$$

где b_{cmp} – ширина струи DE у пола цеха, м; ψ – длина участка EC между границей струи и вертикальной осью приточного воздуховода, м; $c = 3 \dots 5$ м – расстояние, необходимое для распространения приточного воздуха.

Из треугольника DBF находим:

$$DC = kH \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \beta). \quad (19)$$

Так как $DC = b_{cmp} + \psi$, то подстановка этого значения в формулу (18) приводит к следующей расчетной формуле:

$$b_1 = kH \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \beta) + c, \quad (20)$$

где $k = 1,2$ – поправочный коэффициент, зависящий от неравенства: $H < BF$.

Заключение. Применение указанных рекомендаций и использование приведенных расчетных формул позволит осуществлять проектирование общеобменных систем вентиляции с учетом взаиморасположения приточных и вытяжных устройств для обеспечения требуемых климатических и санитарно-гигиенических условий в рабочей зоне с наименьшими затратами энергии и материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Батурин, В.В. Основы промышленной вентиляции / В.В. Батурин. – М.: Стройиздат, 1990. – 448 с.
2. Луговский, С.И. Совершенствование систем промышленной вентиляции / С.И. Луговский, Г.К. Дымчук. – М.: Стройиздат, 1991. – 136 с.
3. Повышение санитарно-гигиенической, экологической и энергетической эффективности систем вентиляции: учеб. пособие по курсу «Вентиляция» / С.И. Луговский [и др.]. – Новополоцк: Изд-во ПГУ, 1994. – 120 с.
4. Сазонов, Э.В. Теоретические основы расчета вентиляции: учеб. пособие / Э.В. Сазонов. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1990. – 208 с.
5. Отопление и вентиляция: учеб. для вузов: в 2-х ч. / В.Н. Богословский [и др.]; под ред. В.Н. Богословского. – М.: Стройиздат, 1976. – Ч.2: Вентиляция. – 432 с.

Поступила 12.10.2007