

# Расчет систем распределения воздуха через перфорированные текстильные воздухопроводы для технологических помещений мясоперерабатывающих предприятий

Н.Д. Малова, МГУПБ, С.А. Морозов, С.М. Бескашнов, группа компаний ТЕРМОКУЛ

Повышение эффективности систем кондиционирования воздуха в технологических помещениях разделки и машинной переработки сырья на мясоперерабатывающих предприятиях является актуальной проблемой в связи с возросшими санитарно-гигиеническими и экологическими требованиями к качеству выпускаемой продукции и со значительным повышением уровня технического оснащения предприятий.

Повышение эффективности систем кондиционирования путем уменьшения энергозатрат связано, в первую очередь, с совершенствованием процессов обработки и распределения воздуха.

Пищевая промышленность в целом, и мясоперерабатывающая промышленность, в частности, предъявляют особые требования к устройству внутренних инженерных систем, в особенности к системам технологического и комфортно-технологического кондиционирования воздуха. Для текстильных воздухопроводов распределительных систем пищевая промышленность является одной из основных областей применения по целому ряду качеств:

- Простота при проведении дезинфекционных работ и очистки воздухопроводов – воздухопроводителей.

- Используется 100% искусственной ткани, чтобы они выдержали в сложной среде: повышенная влажность, пониженные температуры



Рис.1. Колбасный комбинат «Богатырь» (г. Москва)



Рис. 2. Мясокомбинат «Снежана» (г. Москва)

окружающего и подаваемого воздуха.

– Используется воздухопроницаемая ткань, что также означает исключение возможности конденсации воды на трубопроводе.

– Возможность обеспечения равномерного распределения температуры, и, что особо важно при низких температурах в помещениях, необходимо предотвращения сквозняков.

Именно это и послужило причиной для рассмотрения применения на предприятиях мясоперерабатывающей промышленности текстильных воздухопроводов в контексте повышения эффективности систем кондиционирования.

Специалистами группы компаний ТЕРМОКУЛ и Московского государственного университета прикладной биотехнологии (МГУПБ) выполнены исследования тепловлажностных характеристик технологических помещений мясоперерабатывающих предприятий различной мощности с целью определения удельных теплопритоков, энергозатрат и наиболее эффективной системы кондиционирования. Выполнены также исследования применяемых систем воздухораспределения с целью определения системы, способной обеспечить уменьшение энергозатрат при равномерном распределении подаваемого воздуха в рабочей зоне помещений.

Ниже рассмотрены результаты исследований систем распределения воздуха через перфорированные текстильные воздухопроводы, выполненные из непроницаемых материалов [1].

Исследованы текстильные воздухопроводы, имеющие перфорацию в виде круглых отверстий. Рассмотрены варианты изменения перфораций: коэффициент живого сечения 1–10%, то есть  $K_{ж.с} = 0,01-0,1$ ; диаметр отверстий  $d_0 = 3-10$  мм; шаг отверстий по длине воздухопроводов  $t_0 = (2-5) d_0$ . Учитывалось, что рекомендуемая скорость воздуха  $W_{вх}$  на входе в воздухопроводы не должна превышать 8 м/с ( $W_{рек. вх} = 4-8$  м/с).

Выполнен анализ перфорации воздухопроводов, имеющих диаметры  $d_B = 315-630$  мм. Рассмотрены варианты подачи воздуха при размещении воздухопроводов на рекомендуемой отметке (не более 3,5 м от пола помещения) при обеспечении средней скорости воздуха в рабочей зоне  $W_{р.з.} = 0,15$  м/с.

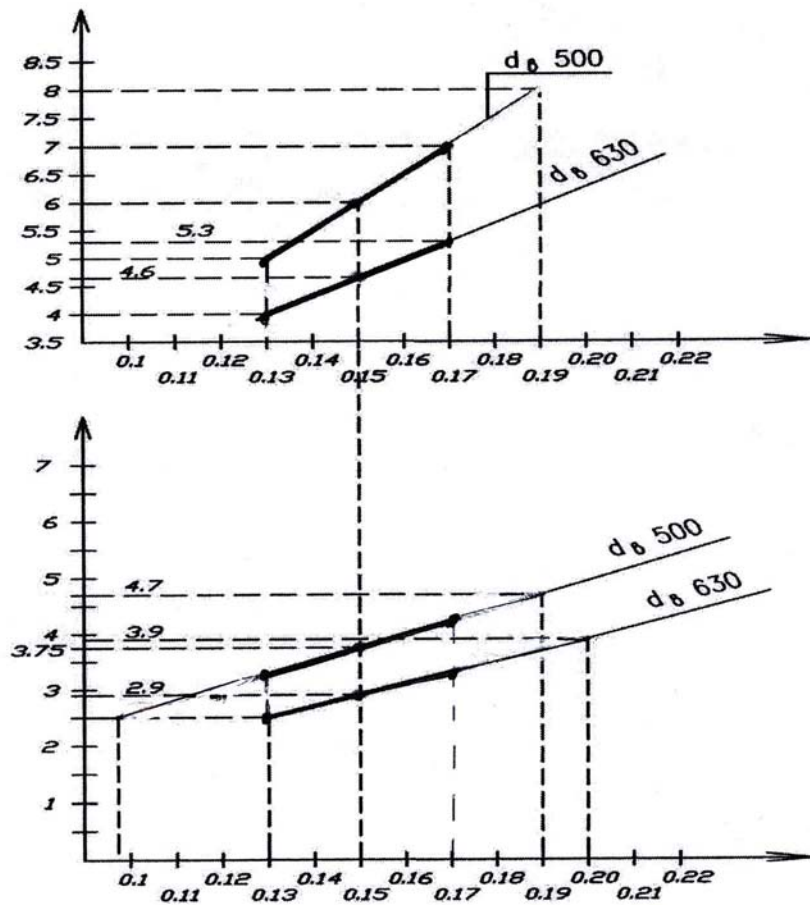
В результате определены параметры перфорированной поверхности текстильных воздухопроводов, обеспечивающих наименьшие энергозатраты при заданной скорости воздуха в рабочей зоне помещений и перфорации всей поверхности воздухопроводов: диаметр отверстий  $d_0 = 5$  мм, коэффициент живого сечения:

- $K_{ж.с} = 0,025$  при  $d_B = 315$  мм;
- $K_{ж.с} = 0,0318$  при  $d_B = 400$  мм;
- $K_{ж.с} = 0,04$  при  $d_B = 500$  мм;
- $K_{ж.с} = 0,05$  при  $d_B = 630$  мм.

При указанных значениях коэффициента живого сечения перфорированных воздухопроводов заданную скорость воздуха в рабочей зоне  $W_{р.з.} = 0,15$  м/с при рекомендуемом диапазоне изменения в пределах 0,13-0,17 м/с можно получить при применении воздухопроводов диаметрами  $d_B = 500$  мм и  $d_B = 630$  мм.

На рисунках приведены зависимости скорости воздуха  $W_{р.з.}$  в рабочей зоне от скорости воздуха  $W_{вх}$  на входе в воздухопроводы и от скорости приточного воздуха  $W_0$  на выходе из отверстий перфорированной поверхности.

На основании полученных результатов определены значения удельного расхода воздуха, подаваемого через 1 м воздухопроводов. Это позволило разработать методику расчета систем распределения воздуха через перфорированные текстильные



Изменение скорости воздуха  $W_{р.з.}$  в рабочей зоне в зависимости от скорости воздуха  $W_{вх}$  на входе в воздухопроводы и скорости приточного воздуха  $W_0$  на выходе из отверстий





Рис. 3. Выставка «Мир Климата – 2005»

воздуховоды предлагаемой конструкции. В общем виде методика расчета является аналогичной методике расчета производственных систем воздухораспределения с использованием других распределительных устройств и отличается в определении расхода воздуха, необходимого для погашения теплоизбытков, и расхода воздуха, необходимого для создания заданной скорости в рабочей зоне помещений.

Определение расхода воздуха  $V\Sigma Q$ , необходимого для удаления избыточных теплопритоков, по общепринятой методике подробно рассмотрено в литературе [2]. Ниже приведена методика определения  $V\Sigma Q$ , на основе удельного расхода воздуха  $V_{\text{уд}}\Sigma Q$  (на  $1\text{ м}^2$  площади рабочей зоны помещений).

Методика учитывает следующие данные:

1) расчетные параметры внутреннего воздуха, соответствующие технологическим нормам: температура  $t_{\text{в}} = 12 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ; относительная влажность  $\Phi_{\text{в}} = 70 \pm 5\%$  [3], [4];

2) значения удельного теплопритока, поступающего в помещения:

$Q_{\text{уд}} = 23\text{--}32 \text{ Вт/м}^3$  при производи-

тельности предприятий  $5\text{--}35 \text{ т/см}$  (значения  $q_{\text{уд}}$  определены авторами при исследовании систем кондиционирования основных технологических помещений мясоперерабатывающих предприятий);

3) значения удельного расхода воздуха в зависимости от удельного теплопритока:

$V_{\text{уд}}\Sigma Q = 53,6 - 70,8 \text{ м}^3/\text{ч}\cdot\text{м}^2$  при удельном теплопритоке  $Q_{\text{уд}} = 23\text{--}32 \text{ Вт/м}^3$ .

Необходимый расход воздуха:

$$V\Sigma Q = V_{\text{уд}}\Sigma Q \cdot F_{\text{пом}}, (\text{м}^3/\text{ч}) \quad (1)$$

где  $F_{\text{пом}}$  – площадь рабочей зоны помещений,  $\text{м}^2$ ,

Методика определения расхода воздуха  $V^{\omega}$ , необходимого для создания заданной скорости в рабочей зоне, учитывает следующие данные:

1) скорость движения воздуха в рабочей зоне  $W_{\text{р.з.}} = 0,15\text{ м/с} \pm 15\%$  [3], [4];

2) высоту помещений  $h_{\text{пом}} \leq 6 \text{ м}$ ;

3) высоту подвески воздуховодов  $h_{\text{подв}} = 3,2\text{--}3,25 \text{ м}$ ;

4) способ воздухораспределения «сверху-вниз-вверх» при подаче приточного воздуха сверху вниз и удалении отработанного воздуха из верхней зоны помещений;

5) удельный расход воздуха

$V^{\omega}_{\text{уд}} = 440 - 550 \text{ м}^3/\text{ч}\cdot\text{м}$  при производительности предприятий  $5\text{--}35 \text{ т/см}$ .

Необходимый расход воздуха:

$$V^{\omega} = V^{\omega}_{\text{уд}} l_{\text{в}} n_{\text{в}}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (2)$$

где  $V^{\omega}_{\text{уд}}$  – расход воздуха подаваемого через  $1 \text{ м}$  воздуховода (принят с повышающим коэффициентом  $1,05 - 1,07$  для учета потерь воздуха через неплотности в местах соединения секций воздуховодов);

$V^{\omega}_{\text{уд}} = 440 \text{ м}^3/\text{ч}\cdot\text{м}$  – для воздуховодов диаметром  $d_{\text{в}} = 500 \text{ мм}$ ;

$V^{\omega}_{\text{уд}} = 550 \text{ м}^3/\text{ч}\cdot\text{м}$  – для воздуховодов диаметром  $d_{\text{в}} = 630 \text{ мм}$ ;

$l_{\text{в}}$  – длина воздуховода, м;

$n_{\text{в}}$  – количество воздуховодов,

$n_{\text{в}} = V_{\text{р.з.}} / V_{\text{р.з.1}}$ ,

$V_{\text{р.з.}}$  – ширина рабочей зоны помещения, м;

$V_{\text{р.з.1}}$  – ширина приточной струи, создаваемой одним воздуховодом в рабочей зоне помещения, м.

Значения ширины приточных струй, создаваемых перфорированными воздуховодами, зависят от высоты их размещения. При высоте размещения, равной  $3,2 - 3,25 \text{ м}$ , ширина  $V_{\text{р.з.1}}$  находится в пределах:

$4,35 - 4,5 \text{ м}$  – при диаметре воздуховодов  $d_{\text{в}} = 500 \text{ мм}$ ;

$5,2 - 5,4 \text{ м}$  – при диаметре воздуховодов  $d_{\text{в}} = 630 \text{ мм}$ .

При выполнении дальнейших расчетов принимают наибольшее значение необходимого расхода воздуха, определенного по формулам (1) и (2).

По известному значению расхода воздуха определяют потери напора в системе воздухораспределения с учетом удельных потерь напора в перфорированных воздуховодах:

$\Delta P_{\text{уд}} = 3,3 \text{ Па/м}$  – при диаметре воздуховодов  $d_{\text{в}} = 500 \text{ мм}$ ;

$\Delta P_{\text{уд}} = 2,2 \text{ Па/м}$  – при диаметре воздуховодов  $d_{\text{в}} = 630 \text{ мм}$ .

Общие потери напора воздуха в системе определяют с учетом потерь в приточных и вытяжных воздуховодах, а также в кондиционирующей установке. По значениям расхода воздуха и общих потерь напора подбирают вентилятор. Учитывая мощность вентилятора, необходимого для установки в системе воздухораспределения с воздуховодами диаметром  $500$  и  $630 \text{ мм}$ , выполняют выбор системы, характеризующейся меньшим значением энергозатрат на распределение и циркуляцию воздуха.

## Список литературы

1. Каталог на текстильные воздуховоды. PRINODA. s.r.o. Textile air distribution systems., 2004.

2. Малова Н.Д. Системы вентиляции и кондиционирования. Рекомендации по проектированию для предприятий пищевой промышленности. – М., ТЕРМОКУЛ, 2005, с. 304.

3. Санитарные нормы проектирования предприятий мясной промышленности СН–106–86.

4. Санитарные и ветеринарные требования к проектированию предприятий мясной промышленности. – ВСТП, 1992.

