

МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ СССР  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
САНИТАРНОЙ ТЕХНИКИ

# КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА

*Сборник 18*

Под редакцией д-ра техн. наук Е. Е. КАРПИСА



ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ  
Москва — 1966

$$\vartheta_z = \frac{N}{z} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{1 - 3 \left( \frac{z}{H} \right)^2}} = \frac{10,9}{3} \cdot \sqrt{\frac{1}{1 - 3 \left( \frac{3}{7,75} \right)^2}} = \\ = 4,42^{\circ}\text{C.}$$

## Выводы

1. Параметры воздушного фонтана могут быть найдены введением поправки к соответствующим параметрам неизотермической струи. Величина поправки зависит от относительного расстояния  $\frac{z}{H}$ , где  $H$  — геометрическая характеристика воздушного фонтана.

2. Сопоставление расчетных формул с результатами экспериментов показало удовлетворительную сходимость. Обработка опытных данных в обобщенных координатах подтвердила определяющее значение характеристик струи и фонтана.

## ЛИТЕРАТУРА

- Шепелев И. А. Вертикальные воздушные фонтаны. НИИ сантехники. «Кондиционирование воздуха». Сб. № 15. Госстройиздат, М., 1963.
- Шепелев И. А., Ратманов М. М. Вертикальные воздушные фонтаны нагретого и охлажденного воздуха. Тезисы научно-технической конференции по теплогазоснабжению и вентиляции. Будивельник, Киев, 1964.
- Ien S. M., Helander L., Kull L. B. Characteristics of Downward Jets from a vertical Discharge unit Heater, Heating, Piping and Air Conditioning v. 25, № 11, 1955.

И. А. ШЕПЕЛЕВ, М. Ю. ИВАНИЦКАЯ

## НАВИВНЫЕ ПЛАСТИМОССОВЫЕ ВОЗДУХОВОДЫ

Проведено аэродинамическое испытание навивного пластмассового воздуховода диаметром 75 мм, изготовленного на станке-автомате итальянской фирмы «Паскуэти».

Цель испытания — определение аэродинамического сопротивления воздуховода.

Профиль ленты, из которой изготавливается воздуховод, представлен на рис. 1. При навивке воздуховода стрелка каждого последующего витка входит в П-образный промежуток предыдущего, образуя замок. Подвижность замка является ценным свойством спирально-навивного воздуховода, обеспечивающим возможность его удлинения, изгиба в произвольной плоскости, а также некоторого изменения диаметра концевых участков. Если два соседних витка сближены, то расстояние между их сходственными точками составляет 6,75 мм. Если витки раздвинуть до предела, то расстояние между сходственными точками увеличится на 1,55 мм. Максимально возможное относительное удлинение воздуховода составляет 23% от длины воздуховода в скатом состоянии. Величина удлинения определяется только профилем ленты и не зависит от диаметра воздуховода.

Величина радиуса поворота зависит от внутреннего диаметра воздуховода  $d$  и толщины ленты  $\delta$ . Если средний радиус поворота трубы обозначить через  $R$ ,

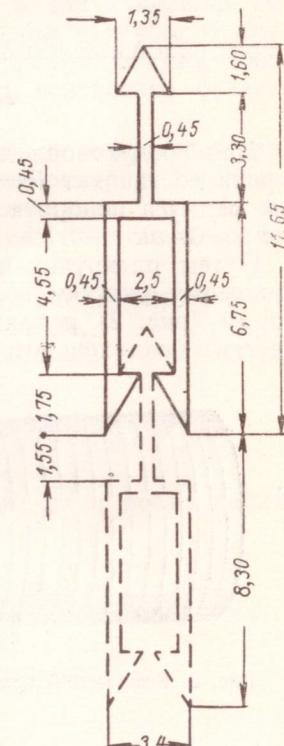


Рис. 1. Поперечное сечение ленты

то наружный и внутренний радиусы составят соответственно:

$$R_h = R + \left( \frac{d}{2} + \delta \right); \quad (1)$$

$$R_b = R - \left( \frac{d}{2} + \delta \right). \quad (2)$$

Разность радиусов поворота равна наружному диаметру трубы, т. е.

$$R_h - R_b = d + 2\delta. \quad (3)$$

Отношение радиусов равно предельному относительному удлинению воздуховода при растяжении:

$$\frac{R_h}{R_b} = 1,23. \quad (4)$$

Решая совместно уравнения (2), (3) и (4), получим расчетное значение среднего минимально возможного радиуса поворота:

$$R = 4,85d + 9,7\delta,$$

а при толщине ленты  $\delta=0,0034$  м

$$R = 4,85d + 0,03 \text{ м.}$$

Для воздуховода диаметром 0,075 м расчетный радиус поворота составляет  $R=0,395$  м. При непосредственном изменении радиуса поворота трубы получен примерно тот же результат  $R \approx 0,4$  м.

Путем раскручивания (или закручивания) витков ленты концевому участку воздуховода можно придать коническую форму (рис. 2) и таким образом осуществить соединение с жестким воздуховодом другого диаметра.

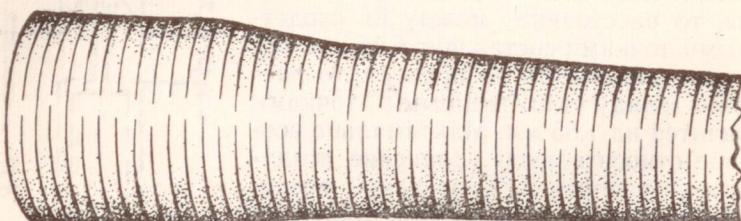


Рис. 2. Конический концевой участок спирально-навивного воздуховода

Аэродинамическое испытание навивного воздуховода проводилось на установке, схематически изображенной на рис. 3. Установка имела следующие элементы: входной коллектор 1

со штуцером для отбора давления воздуха, микроманометр 2, прямой стальной патрубок 3 внутренним диаметром 75 мм, длиной 1,53 м для стабилизации воздушного потока и для при соединения штуцера для отбора давления воздуха, спирально-навивной воздуховод 4 внутренним диаметром 75 мм, длиной в

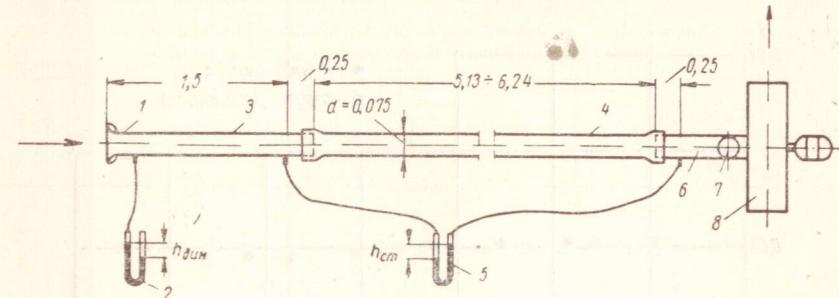


Рис. 3. Схема экспериментальной установки (размеры в м)

сжатом состоянии 5,13 м, микроманометр 5 для измерения сопротивления навивного воздуховода, стальной патрубок 6 диаметром 75 мм со штуцером для отбора давления воздуха, дроссель-клапан 7 для регулирования расхода, вентилятор с электродвигателем 8.

В процессе опыта при различных положениях дроссель-клапана регистрировались показания микроманометров. Скорость воздуха в испытуемом воздуховоде изменялась от 5 до 32 м/сек. Воздуховод был испытан как в сжатом, так и в растянутом состоянии.

Обработка данных измерений заключалась в определении коэффициента трения  $\lambda$  в виде функции числа Re.

Коэффициент трения  $\lambda$  вычислялся по формуле

$$\lambda = \frac{\Delta P_{tp}}{\frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \gamma},$$

где  $\Delta P_{tp}$  — перепад статических давлений до и после навивного воздуховода в кГ/м<sup>2</sup>;

$l$  — длина воздуховода в м;

$d$  — внутренний диаметр воздуховода в м;

$v$  — средняя скорость воздуха в воздуховоде в м/сек;

$\gamma$  — удельный вес воздуха в кГ/см<sup>3</sup>.

Число Рейнольдса подсчитывалось по формуле

$$Re = \frac{vd}{\nu},$$

где  $\nu$  — кинематическая вязкость воздуха в м<sup>2</sup>/сек.

График зависимости коэффициента трения  $\lambda$  от числа Рейнольдса  $Re$  приведен на рис. 4. В пределах значений числа  $Re = 25\ 000 \div 160\ 000$ , коэффициент трения  $\lambda$  практически не изменяется и его среднее значение составляет 0,03 ( $\lg 100 \lambda = -0,477$ ).

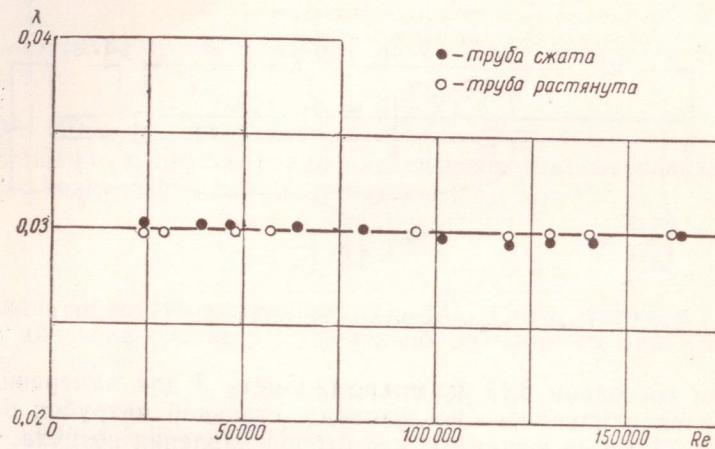


Рис. 4. Зависимость коэффициента трения  $\lambda$  от числа  $Re$

Таким образом, сопротивление трения в условиях эксперимента оказалось подчиненным квадратичному закону. Это обстоятельство дает возможность использовать формулу Никурадзе

$$\lambda = \frac{1}{\left(2 \lg \frac{3,7}{\varepsilon}\right)^2}$$

для определения расчетной величины относительной шероховатости воздуховода  $\varepsilon$ . Она получилась равной  $\varepsilon = 0,0048$ . Расчетная величина абсолютной шероховатости при этом составляет:

$$K = \varepsilon d = 0,0048 \cdot 0,075 = 0,00036 \text{ м, или } K = 0,36 \text{ мм.}$$

Это значение абсолютной шероховатости не зависит от диаметра воздуховода.

Коэффициенты местного сопротивления поворотов, образованных спирально-навивным воздуховодом, вычислялись по формуле

$$\xi = \frac{\Delta P - \Delta P_{tp}}{\frac{v^2}{2g} \gamma},$$

где  $\Delta P$  — сопротивление изогнутого участка воздуховода в  $\text{kG/cm}^2$ ;

$\Delta P_{tp}$  — сопротивление того же участка в выпрямленном состоянии в  $\text{kG/m}^2$ .

Испытания проводились при минимальном радиусе поворота воздуховода  $R = 0,4 \text{ м}$ , т. е.  $R = 5,35 \text{ d}$ .

Результаты экспериментов сведены в таблицу.

Коэффициенты местных сопротивлений поворотов, образованных спирально-навивным воздуховодом

Характер местного сопротивления	$\zeta = \frac{\Delta P_{M.C.}}{\frac{v^2}{2g} \gamma}$
	0,05
	0,12
	0,09

Установлено, что для определения коэффициентов местного сопротивления отводов при углах поворота, отличных от  $90^\circ$ , можно пользоваться данными справочника И. Е. Идельчика, вводя к ним поправочный множитель 0,9.

Для определения плотности спирально-навивного воздуховода был проведен специальный эксперимент<sup>1</sup>.

Воздух нагнетался вентилятором высокого давления в заглушенный воздуховод. Измерялись расход воздуха  $L$  и статическое давление внутри воздуховода  $H_{\text{ст}}$ . Статическое давление в воздуховоде изменялось от 15 до 200  $\text{kG}/\text{m}^2$ .

Данные эксперимента обрабатывались по формуле

$$L = 3600 \pi dbn \sqrt{\frac{2gH_{\text{ст}}}{\gamma}}, \quad (5)$$

где  $b$  — условный размер щели в  $m$  (искомая величина);

$n$  — число витков.

Условный размер щели оказался не зависящим от давления и составил:

$$b = 1,64 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$$

### Выводы

1. Спирально-навивной пластмассовый воздуховод, изготовленный из профилированной ленты, обеспечивает возможность изменения длины и направления воздуховода при монтаже, а также позволяет несколько изменять диаметры концевых участков.

2. Коэффициент трения  $\lambda$  может быть вычислен по общим гидравлическим формулам исходя из того, что абсолютная шероховатость стенок навивного воздуховода составляет  $K = 0,36 \text{ мм}$ .

3. Коэффициенты местного сопротивления для отводов различных радиусов и углов поворота можно определять по справочнику И. Е. Идельчика с поправочным множителем 0,9.

4. Величина утечки воздуха через неплотности в соединении витков может быть подсчитана по формуле (5) при  $b = 1,64 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ .

<sup>1</sup> Опыт проведен канд. техн. наук А. Л. Алтыновой.

А. Я. КРЕСЛИНЬ

### ВЕРХНЯЯ ГРАНИЦА РАСЧЕТНОГО КЛИМАТА

Необходимые для расчетов кондиционирования воздуха данные о наружном климате удобно показать в  $I-d$ -диаграмме в виде замкнутой области, за пределами которой изображаются практически не наблюдающиеся в данной местности состояния воздуха [2].

Расчетным климатом называем совокупность тех параметров наружного воздуха, при которых система кондиционирования воздуха может выполнять свои функции — поддерживать в рабочей зоне обслуживаемого помещения требуемые температуру и влажность воздуха.

Границы расчетного климата — это линии, ограничивающие в  $I-d$ -диаграмме зону расчетного климата. При параметрах наружного воздуха, изображаемых в  $I-d$ -диаграмме точками, которые находятся выше верхней или ниже нижней границы расчетного климата, система кондиционирования воздуха не может выполнить своей функции и в рабочей зоне обслуживаемого помещения наблюдаются отклонения параметров воздуха от требуемых.

Верхняя граница расчетного климата отсекает от области, изображающей климат местности, часть, в пределах которой параметры наружного воздуха наблюдаются  $t_{\text{л}}^{\text{от}} \text{ }^\circ\text{C}/\text{год}$ .

Очевидно, чем выше расположена верхняя граница расчетного климата, тем меньше будет период нарушения требуемых параметров воздуха, поддерживаемых системой кондиционирования воздуха.

Форма и аналитические выражения для линий, образующих на  $I-d$ -диаграмме верхнюю границу расчетного климата, не установлены.

Известно, что при регулировании системы кондиционирования воздуха по методу точки росы мощность холодильной установки системы достаточна до тех пор, пока энталпия наружного воздуха  $I_{\text{n}}$  не превышает летнюю расчетную  $I_{\text{л}}^{\text{p}}$ . При  $I_{\text{n}} >$