

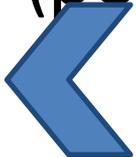
Вентиляция и кондиционирование

**Практическое занятие №6.
Воздуховоды. Расчет параметров
движения газа в воздуховодах.
Построение эпюр**

Основные определения

Воздуховод – (англ. Air duct, нем. Luftleitung) – замкнутый по периметру канал, предназначенный для перемещения воздуха или смеси воздуха с примесями под действием разности давлений на концах канала.

Избыточное давление расходуется на трение воздуха о поверхность стенок воздуховода и на преодоление местных сопротивлений (решеток, поворотов, тройников и т.д.)



- Воздуховоды могут выполняться из металлических и неметаллических материалов. Где это возможно, следует применять воздуховоды неметаллические.
- По способу герметизации металлические воздуховоды подразделяются на фланцевые и сварные; по конструкции - на прямошовные, спирально-замковые, спирально-сварные. Спиральные воздуховоды отличаются от прямошовных большей жесткостью, однако на их изготовление расходуется больше металла.
- Неметаллические воздуховоды изготавливают из синтетических материалов (стеклоткань, винипласт), а также из строительных материалов (бетон, железобетон, керамзитобетон, шлакоалебастр, шлакогипс).
- Наиболее распространены воздуховоды с прямоугольным или круглым поперечным сечением. Прямоугольные воздуховоды удобны по своим габаритам, круглые же более выгодны из-за меньших потерь давления и затрат материалов. Воздуховоды аспирационных установок во избежание отложения механических примесей в углах и засорения применяют только круглого поперечного сечения.



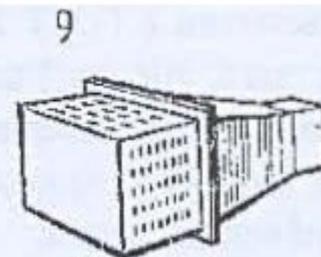
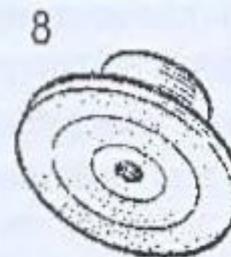
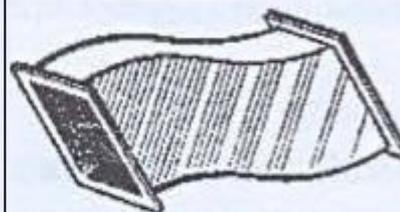
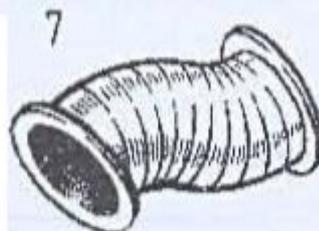
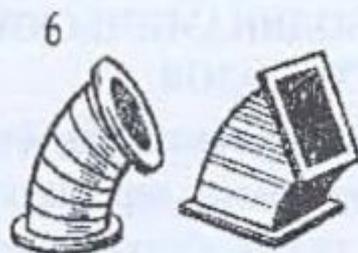
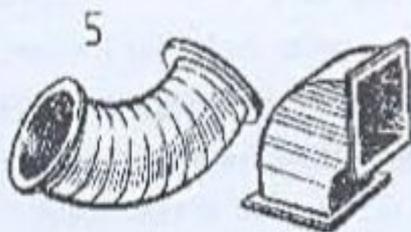
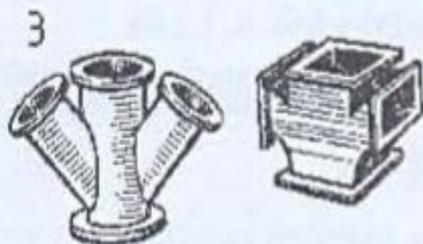
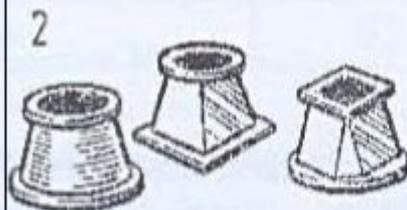
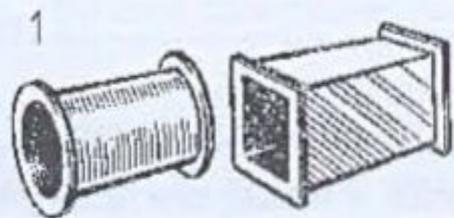


Рис. 1. Элементы воздуховодов:

1 – прямые участки; 2 – переходы; 3 – крестовины; 4 – тройники;
5 – отводы; 6 – полуотводы; 7 – утки; 8 – воздухораспределитель
потолочный; 9 – воздухораспределитель пристенный



Потери на трение. Соотношение Вейсбаха

$$\Delta p_l = C_f \frac{\Pi \cdot l}{S} \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2} \text{ Па} \quad (1)$$

Π – периметр сечения воздуховода, м;

C_f – коэффициент сопротивления трения ;

ρ – плотность воздуха, кг / м³;

V – средняя скорость воздушного потока м , с / ;

l – длина воздуховода м, .



- Потери давления на трение в воздуховодах прямоугольного сечения можно определить по формуле (1) или по таблицам и номограммам, составленным для круглых воздуховодов
- Для этого прямоугольное сечение воздуховода заменяют эквивалентным круглым сечением. Эквивалентным диаметром воздуховода прямоугольного сечения является такой диаметр круглого воздуховода, при котором удельные потери давления на трение (на единицу длины воздуховода) в круглом и прямоугольном воздуховодах одинаковы при равенстве скоростей или расходов воздуха.

Для круглого воздуховода имеем:

$$\Pi = r \cdot 2\pi, S = \pi \cdot r^2$$

$$\frac{\Pi}{S} = \frac{4}{d} \boxtimes \Delta p_l = C_f \frac{4 \cdot l}{d} \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2} = \lambda_{\text{тр}} \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2} \text{ Па}$$

где $\lambda_{\text{тр}} = 4C_f$ – коэффициент сопротивления трения для круглых воздуховодов (зависит от режима движения воздуха и шероховатости стенок)

Эквивалентным же, по скорости, диаметром будет:

$$d_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{4S}{\Pi}} \text{ м}^2$$

Для прямоугольного сечения:

$$d_{\text{экв}} = \frac{2ab}{a+b} \text{ размеры сторон сечения воздуховода м}$$



Нормируемые размеры круглых воздуховодов из листовой стали

| Внутренний диаметр, мм | Площадь поперечного сечения, м ² | Периметр, мм | Площадь поверхности 1 пог. м, м ² | Внутренний диаметр, мм | Площадь поперечного сечения, м ² | Периметр, мм | Площадь поверхности 1 пог. м, м ² |
|------------------------|---|--------------|--|------------------------|---|--------------|--|
| 100 | 0,0079 | 311 | 0,314 | 500 | 0,196 | 1570 | 1,57 |
| 125 | 0,0123 | 392 | 0,392 | 560 | 0,246 | 1760 | 1,76 |
| 140 | 0,0154 | 440 | 0,440 | 630 | 0,312 | 1978 | 1,98 |
| 160 | 0,02 | 502 | 0,502 | 710 | 0,396 | 2230 | 2,23 |
| 180 | 0,0255 | 566 | 0,566 | 800 | 0,501 | 2512 | 2,51 |
| 200 | 0,0314 | 623 | 0,628 | 900 | 0,635 | 2830 | 2,83 |
| 225 | 0,04 | 706 | 0,706 | 1000 | 0,785 | 3140 | 3,14 |
| 250 | 0,0049 | 785 | 0,785 | 1120 | 0,985 | 3520 | 3,52 |
| 280 | 0,0615 | 879 | 0,879 | 1250 | 1,23 | 3930 | 3,93 |
| 325 | 0,083 | 1021 | 1,021 | 1400 | 1,54 | 4400 | 4,40 |
| 355 | 0,099 | 1115 | 1,115 | 1600 | 2,01 | 5030 | 5,03 |
| 400 | 0,126 | 1256 | 1,26 | 1800 | 2,54 | 5652 | 5,65 |
| 450 | 0,159 | 1413 | 1,41 | 2000 | 3,14 | 6280 | 6,28 |

Примечания:

1. За нормируемые размеры допускается принимать наружные размеры поперечного сечения воздуховода, указанные в таблице.
2. Толщину листовой стали для воздуховодов (по которым перемещается воздух с температурой не более 80 °С) диаметром до 200; 225–450; 500–800; 900–1600; 1800–2000 мм, принимать соответственно: 0,5; 0,6; 0,7; 1; 1,4 мм.
3. При перемещении воздуха с температурой более 80 °С, а также воздуха с механическими примесями следует применять листовую сталь толщиной 1,4 мм; при содержании в воздухе абразивной пыли необходимо пользоваться рекомендациями специальных пособий по проектированию.

Нормируемые размеры прямоугольных воздуховодов из листовой стали

| Внутренний размер, мм | Площадь поперечного сечения, м ² | Периметр, мм | Площадь поверхности 1 пог. м, м ² | Внутренний размер, мм | Площадь поперечного сечения, м ² | Периметр, мм | Площадь поверхности 1 пог. м, м ² |
|-----------------------|---|--------------|--|-----------------------|---|--------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 100 × 150 | 0,015 | 500 | 0,5 | 300 × 800* | 0,24 | 2200 | 2,2 |
| 100 × 200 | 0,02 | 600 | 0,6 | 300 × 1000* | 0,3 | 2600 | 2,6 |
| 100 × 250* | 0,025 | 700 | 0,7 | 400 × 400 | 0,16 | 1600 | 1,6 |
| 150 × 150 | 0,0225 | 600 | 0,6 | 400 × 600 | 0,2 | 1800 | 1,8 |
| 150 × 200 | 0,03 | 700 | 0,7 | 400 × 600 | 0,24 | 2000 | 2,0 |
| 150 × 250 | 0,0375 | 800 | 0,8 | 400 × 800 | 0,32 | 2400 | 2,4 |
| 200 × 200 | 0,04 | 800 | 0,8 | 400 × 1000* | 0,4 | 2800 | 2,8 |
| 200 × 250 | 0,05 | 900 | 0,9 | 400 × 1200* | 0,48 | 3200 | 3,2 |
| 200 × 300 | 0,06 | 1000 | 1,0 | 500 × 500 | 0,25 | 2000 | 2,0 |
| 200 × 400 | 0,08 | 1200 | 1,2 | 500 × 600 | 0,3 | 2200 | 2,2 |
| 200 × 500* | 0,1 | 1400 | 1,4 | 500 × 800 | 0,4 | 2600 | 2,6 |
| 250 × 250 | 0,0625 | 1000 | 1,0 | 500 × 1000 | 0,5 | 3000 | 3,0 |
| 250 × 300 | 0,075 | 1100 | 1,1 | 500 × 1200* | 0,6 | 3400 | 3,4 |
| 250 × 400 | 0,1 | 1300 | 1,3 | 500 × 1600* | 0,8 | 4200 | 4,2 |

Продолжение таблицы

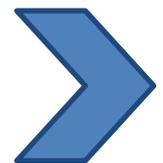
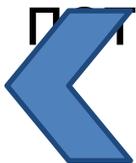
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-------------|-------|------|-----|-------------|------|------|-----|
| 250 × 500 | 0,125 | 1500 | 1,5 | 500 × 2000* | 1,0 | 5000 | 5,0 |
| 250 × 600* | 0,15 | 1700 | 1,7 | 600 × 600 | 0,36 | 2400 | 2,4 |
| 250 × 800* | 0,20 | 2100 | 2,1 | 600 × 800 | 0,48 | 2800 | 2,8 |
| 300 × 300 | 0,09 | 1200 | 1,2 | 600 × 1000 | 0,6 | 3200 | 3,2 |
| 300 × 400 | 0,12 | 1400 | 1,4 | 600 × 1200 | 0,72 | 3600 | 3,6 |
| 300 × 500 | 0,15 | 1600 | 1,6 | 600 × 1600* | 0,96 | 4400 | 4,4 |
| 300 × 600 | 0,18 | 1800 | 1,8 | 600 × 2000* | 1,2 | 5200 | 5,2 |
| 800 × 800 | 0,64 | 3200 | 3,2 | 1000 × 1600 | 1,6 | 5200 | 5,2 |
| 800 × 1000 | 0,8 | 3600 | 3,6 | 1000 × 2000 | 2,0 | 6000 | 6,0 |
| 800 × 1200 | 0,96 | 4000 | 4,0 | 1200 × 1200 | 1,44 | 4800 | 4,8 |
| 800 × 1600 | 1,28 | 4800 | 4,8 | 1200 × 1600 | 1,92 | 5600 | 5,6 |
| 800 × 2000* | 1,6 | 5600 | 5,6 | 1200 × 2000 | 2,4 | 6400 | 6,4 |
| 1000 × 1000 | 1,0 | 4000 | 4,0 | 1600 × 1600 | 2,56 | 6400 | 6,4 |
| 1000 × 1200 | 1,2 | 4400 | 4,4 | 1600 × 2000 | 3,2 | 7200 | 7,2 |

Примечания:

1. См. примечания 1 и 3 к предыдущей таблице.
2. Размеры, отмеченные звездочкой, следует применять только при соответствующем обосновании.
3. Толщину стали для воздуховодов прямоугольного сечения размером от 100 × 150 до 200 × 250; от 200 × 300 до 1000 × 1000 от 1000 × 1200 до 1600 × 2000 мм надлежит принимать равной соответственно 0,5; 0,7; 0,9 мм.

Местные сопротивления

Местные сопротивления возникают в местах поворотов воздуховода, при делении и слиянии потоков, при изменении размеров поперечного сечения воздуховода, при входе в воздуховод и выходе из него, в местах установки регулирующих устройств, т. е. в таких местах воздуховода, где происходят изменения скорости воздушного потока по величине или по направлению. В указанных местах происходит перестройка полей скоростей воздуха в воздуховоде и образование вихревых зон у стенок, что сопровождается потерей энергии потока.



Потери давления в местном сопротивлении
можно определить так:

$$\Delta P_{\text{М}} = \xi \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2},$$

где ξ – коэффициент местного сопротивления
(опр. эксперим.) – *см. п.1.8 Справочника*
– определяет потери давления в
местном сопротивлении в долях
скоростного напора потока



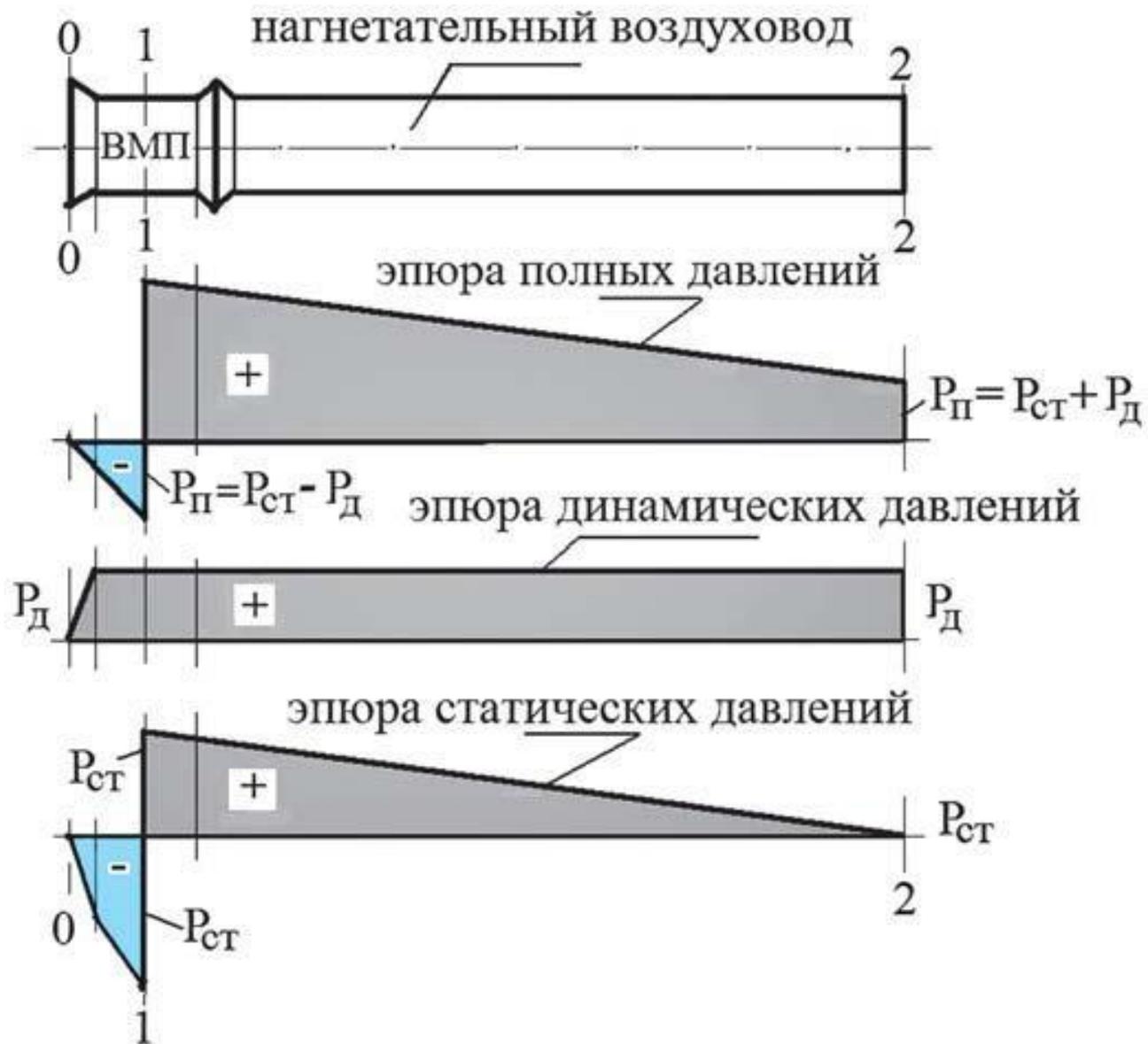
Построение эпюр

P_a – атмосферное давление

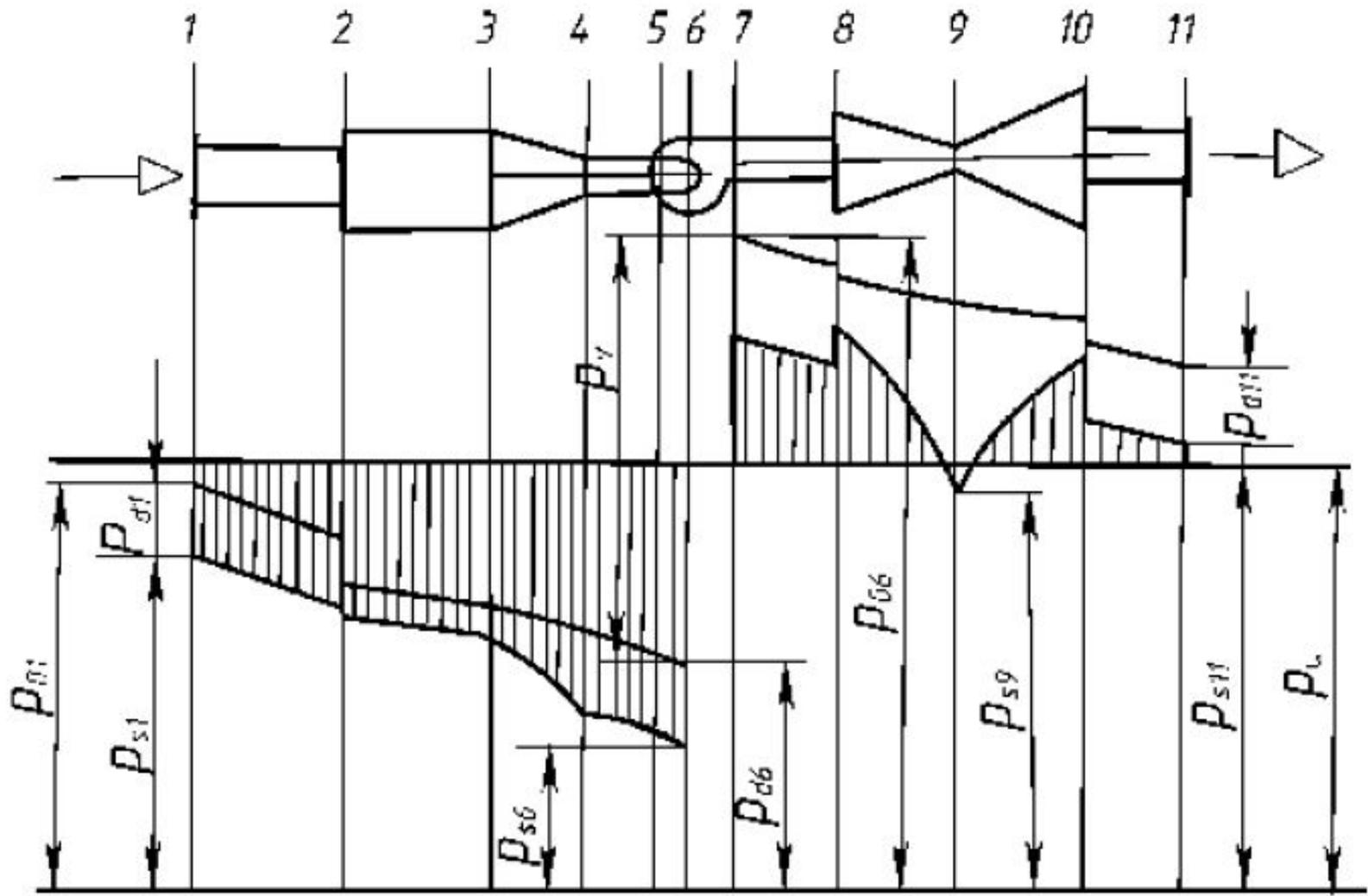
P_s – абсолютное статическое давление

P_d – динамическое давление

P_0 – полное давление в каком-либо сечении







Линия абсолютного нуля давлений

Эюра давлений в воздуховоде переменного сечения

Задача 1

Построить эпюры полных, динамических и статических давлений для простого всасывающе-нагнетательного воздуховода (см. рис.) по следующим данным:

$$Q = 120 \text{ м}^3/\text{ч} \quad 0,2 \text{ м}^3/\text{с}; \quad h = 2 \text{ кг/м}; \quad S_1 = S_2 = S_3, \quad S_4 = 0,04 \text{ м}^2$$

Суммарные потери давления в воздуховоде принять на всасывающей линии $\Delta p_{wbc} = 100$ и на нагнетательной $\Delta p_{wнагн} = 150$ а из них после сечения 3 $\Delta p_{w3-4} = 50$

Рабочие формулы:

$$p_s = p_0 \pm p_d; \quad p_d = \frac{\rho V^2}{2}; \quad V = \frac{Q}{S}$$

