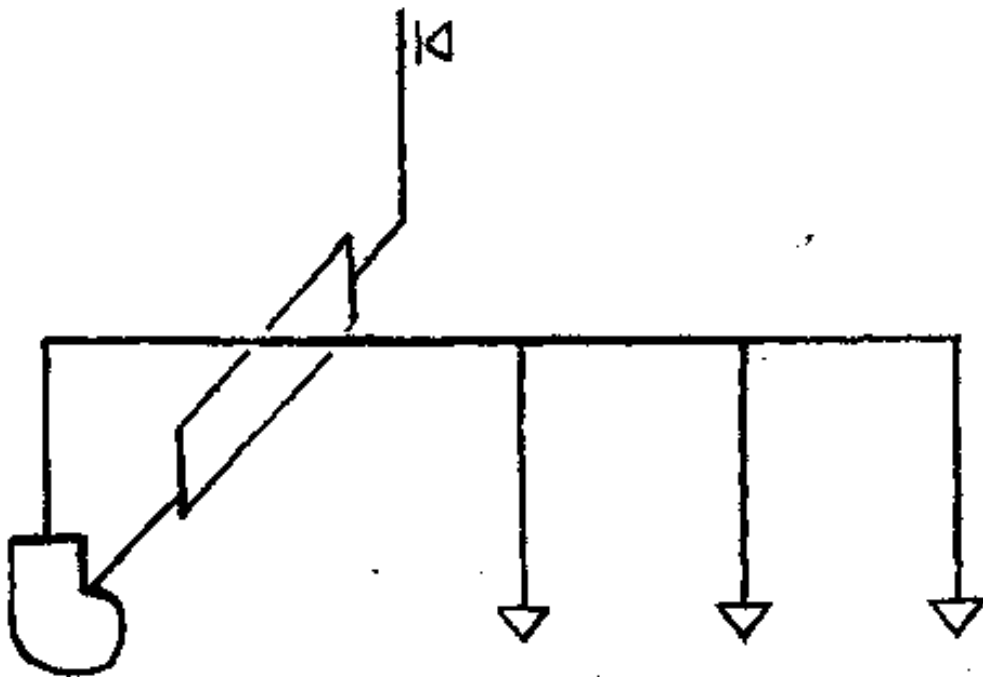


АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ

*Методические указания с примерами расчетов
для студентов 3-6-го курсов специальностей ТГВ, ВиВ
всех форм обучения*



ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Общие понятия	4
2. Аэродинамический расчет системы вентиляции с механическим побуждением	4
<i>Пример 1</i>	7
<i>Пример 2</i>	9
<i>Пример 3</i>	16
<i>Пример 4</i>	22
3. Расчет систем канальной естественной вытяжной вентиляции	24
<i>Пример 5</i>	24
<i>Пример 6</i>	28
4. Расчет систем пневмотранспорта	31
<i>Пример 7</i>	32
Библиографический список	37
Приложение А	37

1. Общие понятия

Аэродинамический расчет систем вентиляции выполняют после определения воздухообменов, решения трассировки воздуховодов и выбора типа каналов, т.е. после конструирования системы. Для проведения аэродинамического расчета вычерчивают аксонометрическую схему системы вентиляции. По планам и разрезам строительной части проекта определяют протяженность отдельных ветвей системы.

Цель аэродинамического расчета зависит от типа задачи: для прямой – это определение размеров сечений всех участков при заданном расходе воздуха через них (на стадии проектирования системы); для обратной – это определение расходов воздуха при заданных размерах сечений всех участков (на стадии эксплуатации системы).

После вычерчивания аксонометрической схемы системы вентиляции ее разделяют на участки. Расчетный участок характеризуется постоянным расходом, сечением и материалом воздуховода. Потери давления на участке зависят от скорости движения воздуха и складываются из потерь на трение и потерь в местных сопротивлениях.

При аэродинамическом расчете системы вентиляции намечается основное расчетное направление – магистраль, представляющая собой цепочку последовательно соединенных участков от начала системы до наиболее удаленного участка. Все остальные участки, не входящие в основное направление, называются ответвлениями. При наличии двух или более таких цепочек, одинаковых по протяженности, за магистральное направление принимается наиболее нагруженная (имеющая больший расход).

Потери давления в системе равны потерям давления по магистрали, состоящим из потерь давления на всех последовательно расположенных участках, составляющих магистраль, и потерь давления в вентиляционном оборудовании (калориферы, фильтры, шумоглушители и пр.).

2. Аэродинамический расчет системы вентиляции с механическим побуждением

Весь расчет состоит из двух этапов: расчета участков основного направления – магистрали и увязки всех остальных участков системы. Он проводится в следующей последовательности:

1. Систему разбивают на отдельные участки и определяют расход воздуха на каждом из них. Расходы определяют суммированием расходов на отдельных ответвлениях, начиная с периферийных участков. Значения расхода и длины каждого участка наносят на аксонометрическую схему.

2. Выявляют наиболее протяженную цепочку последовательно соединенных расчетных участков. Фиксируют оборудование и устройства, в которых происходят потери давления: жалюзийные решетки, калориферы, фильтры, шумоглушители и пр.

3. Участки основного направления нумеруют, начиная с участка,

имеющего меньший расход. Номер, расход и длину каждого участка основного направления заносят в таблицу аэродинамического расчета.

4. Определяют площадь поперечного сечения f_p расчетного участка, м²

$$f_p = \frac{L_p}{3600 \cdot v_p} \quad (1)$$

где L_p - расчетный расход воздуха на участке, м³/ч,

v_p - рекомендуемая скорость движения воздуха на участке, м/с [2, табл. 22.13].

Рекомендуемые скорости определены из экономических соображений. Кроме экономических соображений при определении рекомендуемых скоростей учтены технические требования. Например, для снижения уровня шума скорости в воздуховодах в промышленных зданиях рекомендуется не более 12 м/с, в общественных зданиях – 8 м/с. Воздуховоды загромаждают помещение, поэтому в отдельных частях системы принимают максимально допустимые скорости движения воздуха. Рекомендуется меньшую скорость принимать на концевых участках системы, постепенно увеличивая ее для других участков магистрали. На участке с большим расходом принимается большая скорость.

По величине f_p подбирают стандартные размеры воздуховода или канала так, чтобы фактическая площадь поперечного сечения f_ϕ приблизительно равнялась расчетной площади f_p .

Результатом расчета в этом пункте являются величины диаметра или сечения, $a \times b$, соответствующие принятой площади поперечного сечения. Для прямоугольного воздуховода, кроме того, определяют равновеликий диаметр

$$d_\phi = \frac{2a \times b}{a + b}.$$

Эти величины заносят в расчетную таблицу.

5. Определяют фактическую скорость движения воздуха, м/с. На участке по формуле

$$v_\phi = \frac{L_p}{3600 \cdot f_\phi} \quad (2)$$

Фактическую скорость и вычисленное по ней динамическое давление на участке заносят в расчетную таблицу.

6. Определяют поправочный коэффициент на шероховатость $\beta_{ш}$ по [2, табл. 22.11, 22.12]. а удельные потери на трение R по [2, табл. 22.15].

Удельные потери на трение R , коэффициент $\beta_{ш}$ и потери давления на трение на расчетном участке, равные $R \times \beta_{ш} \times l$, заносят в расчетную таблицу.

7. Для каждого вида местного сопротивления на участке по [2, табл. 22.16-22.43] определяют коэффициент местного сопротивления ξ , для каждого участка составляют ведомость местных сопротивлений, и сумму коэффициентов местных сопротивлений участка $\sum \xi$, вносят в расчетную таблицу.

По $\sum \xi_{уч}$ и динамическому давлению P_ϕ определяют потери давления, Па, в

местных сопротивлений на отдельном участке

$$Z = \sum \xi \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad (3)$$

и вносят в расчетную таблицу.

8. Потери давления на расчетном i -м участке определяют по формуле $(R \times \beta_{ш} \times l + Z)$, и вносят в расчетную таблицу.

9. Общие потери давления в системе определяются выражением

$$\Delta P_n = \sum_{i=1}^n (R \beta_{ш} l + Z) + \Delta P_{об}, \quad (4)$$

где $i = 1, \dots, n$ – номера участков основного (магистрального) направления;

$\Delta P_{об}$ – потери давления в оборудовании и других устройствах вентиляционных систем.

При расчете вентиляционных систем, обслуживающих несколько помещений, в которых поддерживается разное давление, необходимо учитывать избыточное давление или разрежение ($\pm \Delta P_{пом}$), которое определяется при расчете воздушного режима здания, и добавляется к общим потерям давления.

$$\Delta P_n = \sum_{i=1}^n (R \beta_{ш} l + Z) + \Delta P_{об} \pm \Delta P_{пом}, \quad (5)$$

На этом кончается первый этап расчета системы, а значение ΔP_n служит для подбора вентилятора.

10. Увязку всех остальных участков системы проводят, начиная с самых протяженных ответвлений. Методика увязки ответвлений аналогична расчету участков основного направления. Разница состоит лишь в том, что при увязке каждого ответвления известны потери в нем. Для расчета ответвлений применяют способ последовательного подбора. Размеры сечений ответвлений считаются подобранными, если относительная невязка потерь не превышает 10% [3, п. 4.133].

$$[(R \beta_{ш} l + Z)_{отв} - (R \beta_{ш} l + Z)_{п.уч.} / (R \beta_{ш} l + Z)_{п.уч.}] \times 100\% \leq 10\% \quad (6)$$

$(R \beta_{ш} l + Z)_{отв}$ – фактические потери давления в ответвлении, Па;

$(R \beta_{ш} l + Z)_{п.уч.}$ – потери давления в параллельном участке с ответвлением, Па.

Параллельными между собой участками или ветвями называют участки или ветви, которые имеют общую точку от входа (выхода) воздуха соответственно в вытяжных (приточных) системах вентиляции.

Ветвь – это часть вентиляционной системы, представляющая собой цепь последовательно соединенных участков. Ветвь может иметь несколько ответвлений. Потери давления в параллельных ветвях равны.

По конструктивным соображениям и из условий типизации деталей размеры поперечного сечения ответвлений иногда принимаются одинаковыми. При этом для увязки потерь давления отдельных ветвей устанавливают диафрагмы, назначение которых погасить разницу в потерях между

параллельными участками [2, с.232-235]. Диафрагма устанавливается на участке, имеющем меньшую величину потерь давления (диафрагма - дополнительное местное сопротивление, определив ζ которой, определяют и величину потерь давления, создаваемую ею).

Пример 1

Рассчитать круглый стальной воздуховод системы (сети) местной вытяжной вентиляции промышленного здания. Расходы и длины указаны на схеме, рис. 1, коэффициент местного сопротивления отсоса $\xi_{м.о}=1$. Определить производительность L_v и давление вентилятора ΔP_v .

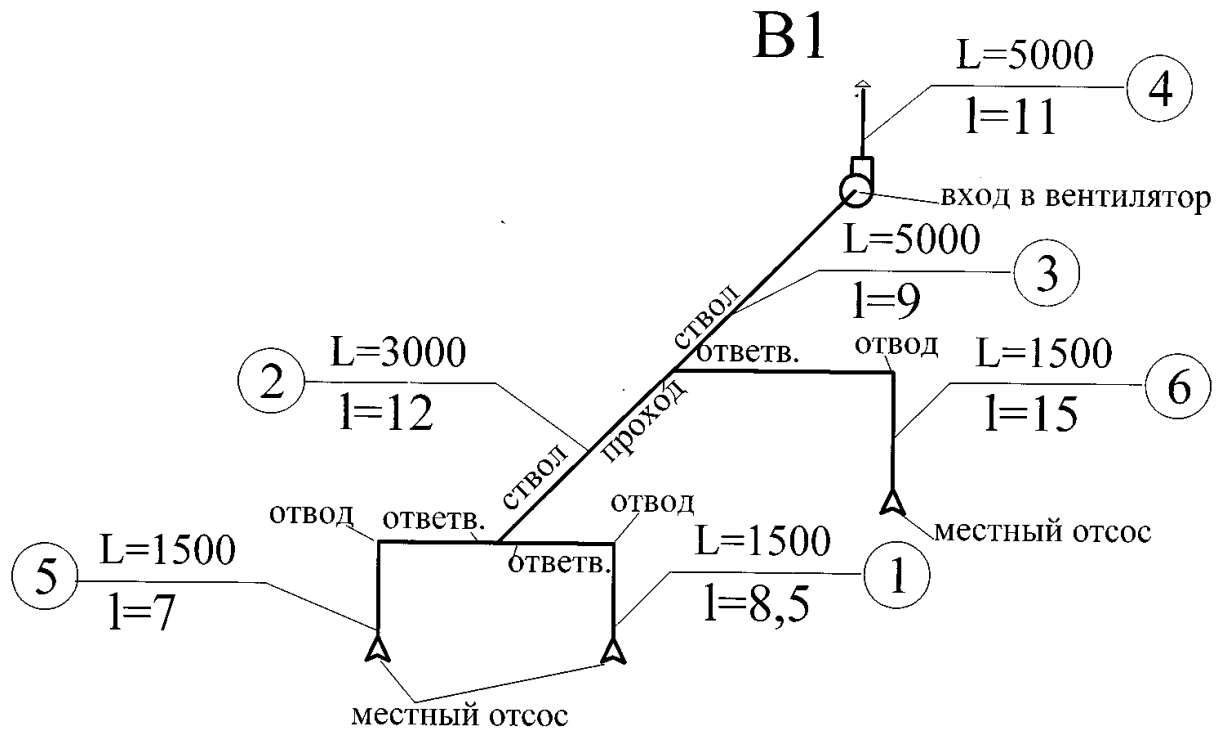


Рис.1. Расчётная схема вытяжной системы вентиляции с механическим побуждением движения воздуха В1

Решение.

Разделяем сеть на участки и записываем в буквенном выражении значения L_v , ΔP_v , и невязок.

$$\begin{aligned} \Delta P_v &= \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4, & L_v &= L_1 + L_5 + L_6, \\ \Delta P_1 &= \Delta P_5, & \Delta P_1 + \Delta P_2 &= \Delta P_6; \end{aligned}$$

Приступаем к заполнению табл. 1. Заносим сначала номера, расходы и длины участков основного направления движения воздуха, а затем параллельных участков, оставляя свободное место для вычисления невязок потерь давления.

Затем, используя [2, табл. 22.15], по рекомендуемым скоростям [2, табл.

22.13] и расходу воздуха выбираем диаметры, удельные потери, динамическое давление, фактическую скорость движения воздуха и вносим в соответствующие графы табл. 1.

Перемножим графы 3, 6, 7, результат заносим в графу 5. Для получения значений графы 9 составляем ведомость местных сопротивлений, в которой определяем величины коэффициентов всех местных сопротивлений участков.

Перемножив графы 9 и 10, получаем графу 11. Сложив 8^{10} и 11^{10} графы, получаем графу 12^{10} . После заполнения всех граф определяем ΔP_v , L_v и величины невязок потерь давления.

Ведомость местных сопротивлений В1

Участок 1	Участок 2
1. Местный отсос $\xi_{м.о.}=1$ (по условию).	1. Тройник-проход [2.табл. 22.38].
2. Отвод $\xi_{отв}=0,17$ [2, табл. 22.26].	$\frac{L_{o_6}}{L_{c_3}} = \frac{2000}{5000} = 0,4; \quad \frac{f_{o_6}}{f_{c_3}} = \left(\frac{0,315}{0,4} \right)^2 = 0,62$
3. Тройник-ответвление. Данный тройник, представленный на схеме, называют тройниками на слияние (вытяжной) или деление (приточной) потока, или говорят, симметричные тройники. В таких тройниках два ответвления и ствол (нет прохода). Чтобы определить к.м.с. ответвления тройника при расчете другое ответвление условно считают проходом (ответвление уч.5)	$\frac{f_{n_2}}{f_{c_3}} = \left(\frac{0,315}{0,4} \right)^2 = 0,62 \quad \xi_{тр.пр.}=0,41$
$\frac{f_{n_5}}{f_{c_2}} = \left(\frac{0,25}{0,315} \right)^2 = 0,63; \quad \frac{L_{o_1}}{L_{c_2}} = \frac{1500}{3000} = 0,5;$	Участок 3
$\frac{f_{o_1}}{f_{c_2}} = \left(\frac{0,25}{0,315} \right)^2 = 0,63; \quad \xi_{тр.отв.}=1,31$	1. Вход в вентилятор [2, табл. 22.45], такому расходу соответствует вентилятор ВР-86-77 №5, тогда на входе установлен диффузор $D_0=0,5$
$\sum \xi = 2,48$	$n = \left(\frac{D_0}{D_3} \right)^2 = \left(\frac{0,5}{0,4} \right)^2 = 1,56;$
Участок 4	$l = \frac{l}{D_0} = \frac{0,5}{0,5} = 1$
1. Зонт $\xi_{зон}=1,3$, примеч., [2, табл. 22.20].	$\xi=0,4$
2. Выход из вентилятора – пирамидальный диффузор [2, табл. 22.46],	Участок 5
$l = \frac{l}{D_0} = \frac{0,5}{0,35} = 1,42;$	1. Местный отсос $\xi_{м.о.}=1$ (по условию).
$n = \frac{F}{F_0} = \frac{0,4^2 \times 3,13/4}{0,355 \times 0,355} = 1,01; \quad \xi=0,15$	2. Отвод $\xi_{отв}=0,17$ [2, табл. 22.26].
$\sum \xi = 1,45$	3. Тройник-ответвление [2.табл. 2.38].
Участок 6	$\frac{f_{n_1}}{f_{c_2}} = \left(\frac{0,25}{0,315} \right)^2 = 0,63; \quad \frac{L_{o5}}{L_{c_2}} = \frac{1500}{3000} = 0,5;$
1. Местный отсос $\xi_{м.о.}=1$ (по условию).	$\frac{f_{o5}}{f_{c_2}} = \left(\frac{0,25}{0,315} \right)^2 = 0,63; \quad \xi_{тр.отв.}=1,31$
2. Отвод $\xi_{отв}=0,17$ [2, табл. 22.26].	$\sum \xi = 2,48$

3. Тройник-ответвление [2.табл. 2.38] $\frac{f_{n2}}{f_{c3}} = \left(\frac{0,315}{0,4} \right)^2 = 0,62$; $\frac{L_{o6}}{L_{c3}} = \frac{2000}{5000} = 0,4$; $\frac{f_{o6}}{f_{c3}} = \left(\frac{0,25}{0,4} \right)^2 = 0,39$; $\xi_{тр.отв.} = 1,37$
$\sum \xi = 2,54$

Таблица 1 Расчёт воздуховодов системы В1

№ участка	Расход воздуха, L , м³/ч	Длина участка, l , м	Диаметр воздуховода, d , мм	Скорость движения воздуха, v , м/с	Уд. потери на трение, R , Па/м	Поправка на шероховат., $\beta_{ш}$	Потери на трение на участке, $R/\beta_{ш}$, Па	Сумма коэфф. мест. сопротивл. $\sum \xi$	Динамическое давление, $\rho v^2/2$, Па	Потери на местные сопротивления, $Z = \sum \xi \times \rho v^2/2$, Па	Потери давления на участке $R/\beta_{ш} + Z$, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1500	8,5	250	8,5	3,04	1	25,84	2,48	43,3	107,384	133,224
2	3000	12	315	10,85	3,70	1	44,4	0,41	72	29,52	73,92
3	5000	9	400	11	2,8	1	25,2	0,4	72,6	29,04	54,24
4	5000	11	400	11	2,8	1	30,8	1,45	72,6	105,27 $\Delta P_n =$	136,07 397,454
5	1500	7	250	8,5	3,04	1	21,28	2,48	43,3	107,384	128,664
$\Delta P_1 = \Delta P_5$ $\frac{133,224 - 128,664}{128,664} \cdot 100\% = 3,54\% < 10\%$											
6	2000	15	315	7,1	1,67	1	25,05	2,115	29,6	62,604	87,65

$$\Delta P_1 + \Delta P_2 = \Delta P_6$$

Поскольку $\Delta P_6 = 87,65$ Па, что значительно меньше $(\Delta P_1 + \Delta P_2) = 207,144$ Па, а уменьшение диаметра участка 6 приводит к значительному увеличению потерь давления ΔP_6 , то на участке 6 устанавливаем диафрагму.

$$\Delta P_{\text{диафр.}} = (\Delta P_1 + \Delta P_2) - \Delta P_6 = 119,49, \text{ Па.}$$

$\xi_{\text{диафр.}} = \frac{\Delta P_{\text{диафр.}}}{\rho v^2/2} = \frac{119,49}{29,6} = 4,03$ по табл. 22.48 [2] определяем $d_{\text{диафр.}} = 220$ мм на участке 6 сечением 315 мм.

Пример 2

Выполнить аэродинамический расчет приточной системы вентиляции с механическим побуждением движения воздуха, представленной на рис. 2. Величины расходов воздуха L (м³/ч) и длин l (м) участков указаны на схеме. В качестве воздухораспределителя установлены решетки типа РР. Вертикальные каналы выполнены внутри кирпичных стен, горизонтальные - стальные, круглые. Воздухозаборная шахта (участок 7) выполнена из кирпича.

Решение

Давление вентилятора определится:

$$P_v = 1,1 (\Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 + \Delta P_5 + \Delta P_6 + \Delta P_7 + \Delta P_8) + \Delta P_{об}.$$

Коэффициент 1,1 означает 10% -ную добавку на неучтенные потери в сети. В качестве потерь давления в оборудовании следует учесть потери давления в фильтре $\Delta P_{\phi} = 10$ Па и в калорифере $\Delta P_{\text{кал}} = 49,5$ Па. В итоге потери давления в оборудовании приточной камеры (ПК) $\Delta P_{об} = \Delta P_{\phi} + \Delta P_{\text{кал}} = 59,5$ Па. Производительность вентилятора $L_v = 1,15 (L_1 + L_9 + L_{11} + L_{13} + L_{18} + L_{20}) = 1,15 L_8$. Коэффициент 1,15 означает допустимую величину 15% подсосов или утечек в системах вентиляции [3]. Должны выполняться следующие равенства потерь давления параллельных участков:

$$\begin{aligned} \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 &= \Delta P_9 + \Delta P_{10}; & \Delta P_9 + \Delta P_{10} + \Delta P_4 &= \Delta P_{11} + \Delta P_{12}; \\ \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 &= \Delta P_{11} + \Delta P_{12}; & \Delta P_{13} + \Delta P_{14} + \Delta P_{15} &= \Delta P_{18} + \Delta P_{19}; \\ \Delta P_{20} + \Delta P_{21} &= \Delta P_{18} + \Delta P_{19} + \Delta P_{16}; \\ \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 + \Delta P_5 &= \Delta P_{13} + \Delta P_{14} + \Delta P_{15} + \Delta P_{16} + \Delta P_{17}; \end{aligned}$$

Расчет начинаем с наиболее удаленного участка, его и обозначаем за первый. При рекомендуемой скорости механического притока в решетке до 2 м/с определим сечение жалюзийной решетки (участок 1)

$$f_{жр} = 200 / (3600 \times 2) = 0,027 \text{ м}^2.$$

Принимаем жалюзийную решетку РР-3 размером 200х200 мм с площадью живого сечения $f_{жр} = 0,032 \text{ м}^2$ [2, табл. 17.6]. Тогда скорость на участке 1 составит

$$v_1 = 200 / (3600 \times 0,032) = 1,74 \text{ м/с}.$$

Исходя из скорости в канале [2, табл.22.13] до 5 м/с. принимаем скорость $v = 4$ м/с, сечение канала участка 2 определится

$$f_k = 200 / (3600 \times 4) = 0,0138 \text{ м}^2.$$

По [2, табл.22.7] принимаем канал (1/2х1/2) к = (140х140) мм с площадью поперечного сечения $f_k = 0,02 \text{ м}^2$. Тогда скорость в канале участка 2 составит

$$v_2 = 200 / (3600 \times 0,02) = 2,78 \text{ м/с}.$$

По [2, табл.22.15] учитывая значения v_2 и d_2 , выбираем удельные потери на трение, не обращая внимания на расход, а по [2, табл.22.11 и 22.12] находим поправку на шероховатость. Полученные данные вносим в табл. 2. Для участков 3, 4, 5, 6 по расходу и средней рекомендованной скорости по [2, табл.22.15] определяем диаметр, скорость, потери давления на трение, динамическое давление и их величины вносим в табл. 2. Сечение воздухозаборной шахты (участок 7) определится

$$f_{к7} = 1176 / (3600 \times 4) = 0,082 \text{ м}^2.$$

Скорость в шахтах рекомендуется $v_{ш} = 4 \div 6$ м/с. По [2, табл. 22.7] выбираем канал сечением (1 х 1) к = 270х270 мм, тогда

$$v_7 = 1176 / (3600 \times 0,073) = 4,47 \text{ м/с}.$$

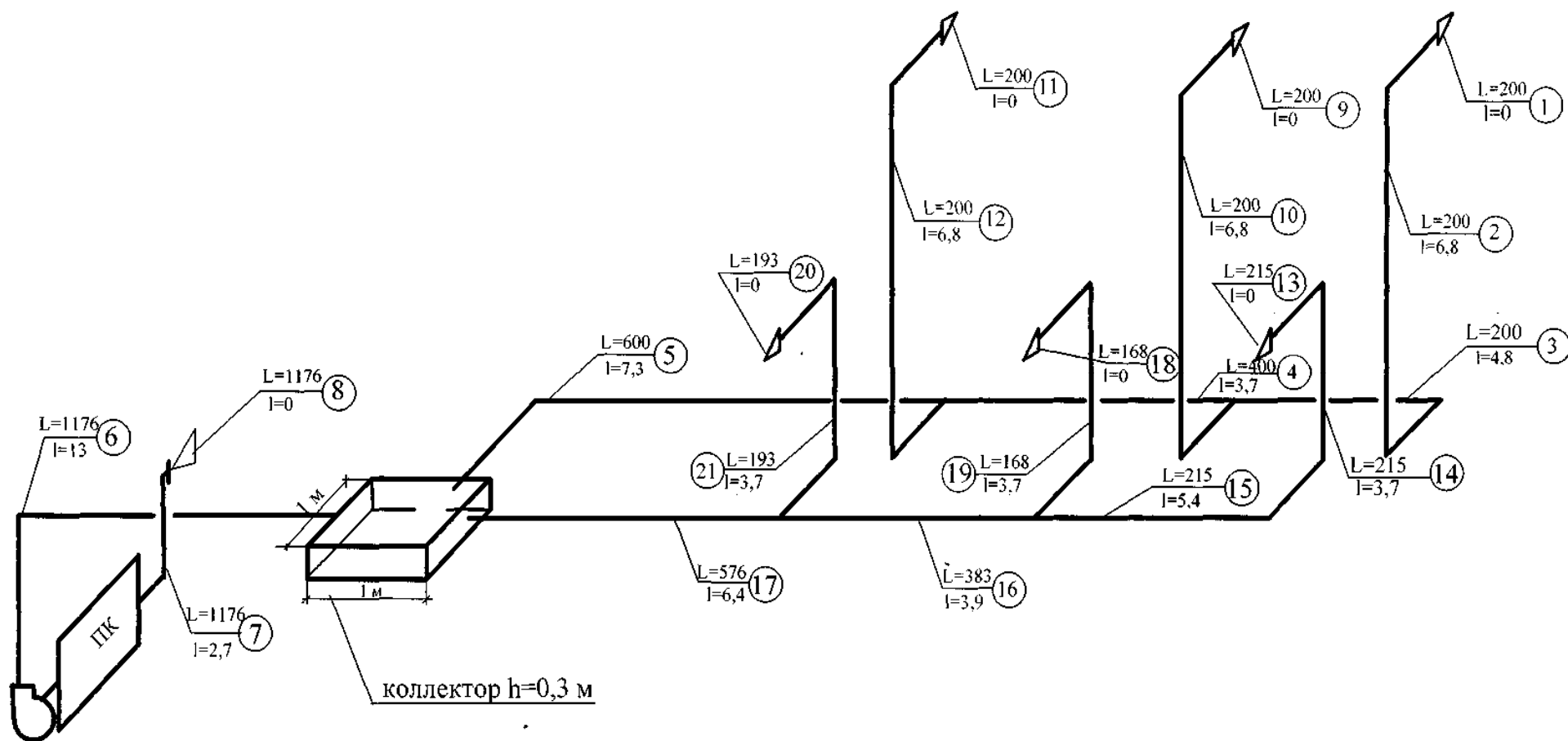


Рис. 2. Расчетная схема приточной системы с механическим побуждением движения воздуха П1

Полученные данные также заносим в табл. 2. Участок 8 - воздухозаборная решетка, площадь живого сечения которой может быть такой же, как и воздухозаборной шахты, т.е. $f_8 = 0,082 \text{ м}^2$. По [4, табл. 11.118] подбираем стандартные решетки СТД-301 с $f_{ж.с} = 0,052 \text{ м}^2$, 2 шт, размером 490х150 мм каждая (общий размер составит 490х300 мм). Скорость будет равна

$$v_8 = 1176 / (3600 \times 0,052 \times 2) = 3,14 \text{ м/с.}$$

Полученные данные заносим в табл. 2. Для определения значений коэффициентов местных сопротивлений на участке необходимо знать размеры сечений соседних участков, поэтому подобным образом заполняем графы 1-10 и 12 табл. 2 для остальных участков; а затем составляем ведомость местных сопротивлений.

Ведомость местных сопротивлений III

Участок 1, 9, 11, 13, 18, 20	Участок 2, 14
1. Решетка приточная регулируемая РР [2, табл. 17.6], $\zeta_{resh} = 2,2$	1. Два колена 90° [2, табл. 22.23], $\zeta_{кол} = 2 \times 1,2 = 2,4$.
Участок 3	Участок 4
1 Отвод 90° штампованный, круглого сечения при $R/d = 1,5$ [2, табл. 22.26], $\zeta_{отв} = 0,17$. 2. Тройник-проход [2, табл. 22. 37] при $\frac{L_{o10}}{L_{c4}} = \frac{200}{400} = 0,5$; $\frac{f_{n3}}{f_{c4}} = \frac{0,02}{0,0314} = 0,64$; $\zeta_{тр.пр} = 0,4$ $\sum \zeta = 0,57$	1. Тройник-проход [2, табл. 1. 22. 37] при $\frac{L_{o12}}{L_{c5}} = \frac{200}{600} = 0,33$; $\frac{f_{n4}}{f_{c5}} = \frac{0,0314}{0,049} = 0,64$; $\zeta_{тр.пр} = 0,25$
Участок 5	Участок 6
1. Отвод 90°, штампованный, круглого сечения, при $R/d = 1$ [2, табл. 22.26] $\zeta_{отв} = 0,21$ 2. Внезапное изменение поперечного сечения. $F_0 = f_5 = 0,049 \text{ м}^2$, F_I - площадь сечения входа в коллектор -, $1 \times 0,3 = 0,3 \text{ м}^2$ $F_0 / F_I = 0,049 / 0,3 = 0,16$ [2, табл. 22.31]. $\zeta = 0,42$ $\sum \zeta = 0,63$	1. Отвод 90°, штампованный, круглого сечения, при $R/d = 1,5$ [2, табл. 22.26] $\zeta_{отв} = 0,17$ 2. Внезапное изменение поперечного сечения [2, табл. 22.31]. $F_0 = f_c = 0,049 \text{ м}^2$ $F_I = 0,3 \text{ м}^2$ - площадь сечения выхода из коллектора. $F_0 / F_I = 0,049 / 0,3 = 0,16$; $\zeta = 0,71$ 3. Потерями выхода из вентилятора пренебрегаем. $\sum \zeta = 0,88$
Участок 7	Участок 8
1. Два колена 90° [2, табл. 22.23], $\zeta_{кол} = 2 \times 1,2 = 2,4$. 2. Внезапное изменение (расширение) поперечного сечения, $\zeta = 1$, $\sum \zeta = 3,4$	1. Решетка с неподвижными жалюзи, $\zeta = 1,2$ [табл. 6 прил. А].
Участок 10	Участок 12
	1. Два колена 90° [2, табл. 22.23], $\zeta_{кол} = 2 \times 1,2 = 2,4$. 2. Тройник-ответвление [2, табл. 2.37], при

1. Два колена 90° [2, табл. 22.23] $\xi_{кол} = 2 \times 1,2 = 2,4$. 2. Тройник-ответвление [2, табл.2.37], при $\frac{L_{o10}}{L_{c4}} = \frac{200}{400} = 0,5$; $\frac{f_{o10}}{f_{c4}} = \frac{0,02}{0,0314} = 0,64$; $\xi_{mp.o} = 1,45$ $\sum \xi = 3,85$	$\frac{L_{o12}}{L_{c4}} = \frac{200}{600} = 0,33$; $\frac{f_{i2}}{f_{c4}} = \frac{0,02}{0,049} = 0,4$; $\xi_{mp.o} = 1,6$ $\sum \xi = 4$
Участок 15	Участок 16
1. Отвод 90°, штампованный, круглого сечения, при $R/d = 1,5$ [2, табл.22.26] $\xi_{отв} = 0,17$ 2. Тройник-проход [2, табл.1. 22. 37] при $\frac{f_{n15}}{f_{c16}} = \frac{0,02}{0,0314} = 0,64$; $\frac{L_{o19}}{L_{c16}} = \frac{168}{383} = 0,44$; $\xi_{mp.np} = 0,35$ $\sum \xi = 0,52$	1. Тройник-проход [2, табл.1. 22. 37] при $\frac{f_{n16}}{f_{c17}} = \frac{0,0314}{0,049} = 0,64$; $\frac{L_{o21}}{L_{c17}} = \frac{193}{576} = 0,34$; $\xi_{mp.np} = 0,27$ $\sum \xi = 0,27$
Участок 17	Участок 19
1. Внезапное изменение поперечного сечения [2, табл.22.31]. $F_o = f_c = 0,049 \text{ м}^2$ $F_l = 0,3 \text{ м}^2$ - площадь сечения выхода из коллектора. $F_o/F_l = 0,049/0,3 = 0,16$; $\xi = 0,42$	1. Два колена 90° [2, табл.22.23], $\xi_{кол} = 2 \times 1,2 = 2,4$. 2. Тройник-ответвление [2, табл.2.37], при $\frac{L_{o19}}{L_{c16}} = \frac{168}{383} = 0,44$; $\frac{f_{i19}}{f_{c16}} = \frac{0,02}{0,0314} = 0,64$; $\xi_{mp.o} = 1,935$ $\sum \xi = 4,335$
Участок 21	
1. Два колена 90° [2, табл.22.23], $\xi_{кол} = 2 \times 1,2 = 2,4$. 2. Тройник-ответвление [2, табл.2.37], при $\frac{L_{o21}}{L_{c17}} = \frac{193}{576} = 0,34$; $\frac{f_{i21}}{f_{c17}} = \frac{0,02}{0,049} = 0,41$; $\xi_{mp.o} = 1,49$ $\sum \xi = 3,89$	

При подсчете коэффициентов местных сопротивлений пришлось сменить диаметр участка 4 с 160 мм на 200 мм, т.к. при соотношении $\frac{f_n}{f_c}$ отсутствуют справочные данные, и соответственно все пересчитать. Зная коэффициенты местных сопротивлений, определяем значения потерь давления в местных сопротивлениях, Па,

$$Z = \sum \xi (\rho \times v^2 / 2), \text{ Па},$$

и полученные значения заносим в графу 13. Сложив графы 10 и 13, сумму запишем в графу 14.

В процессе подсчета невязок (см. табл.2) и получения нужного значения (до 10 %) пришлось изменить диаметры: участка 3-с 140 мм на 160 мм, участка 5-с 200 мм на 250 мм, пересчитав соответственно R, $(\rho \times v^2 / 2)$. Поэтому предварительные расчеты рекомендуется вести карандашом.

$\Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 + \Delta P_5 = 4,0 + 17,33 + 5,94 + 4,76 + 8,46 = 40,5$ Па – 2 этаж.
 $\Delta P_{13} + \Delta P_{14} + \Delta P_{15} + \Delta P_{16} + \Delta P_{17} = 4,47 + 19,04 + 7,12 + 6,92 + 6,395 = 44,48$ Па – 1 этаж.

Продолжение таблицы 2													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
13	215	0	1PP-3 200×200	0,032	-	1,87	-	-	-	2,2	2,03	4,47	4,47
14	215	3,7	140×140	0,02	140	2,99	0,943	1,77	6,18	2,4	5,36	12,86	19,04
15	215	5,4			160	3,0	0,798	1	4,31	0,52	5,4	2,81	7,12
16	383	3,9			200	3,3	0,753	1	2,94	1,27	6,534	3,99	6,92
17	576	6,4			250	3,3	0,57	1	3,65	0,42	6,536	2,745	6,395 Σ44,48
18	168	0	1PP-3 200×200	0,032	-	1,45	-	-	-	2,2	1,28	2,82	2,82
19	168	3,7	140×140	0,02	140	2,33	0,597	1,69	3,73	4,335	3,26	14,13	17,86
$\Delta P_{13} + \Delta P_{14} + \Delta P_{15} = \Delta P_{18} + \Delta P_{19};$ $4,47 + 19,04 + 7,12 = 2,82 + 17,86;$ $\frac{30,63 - 20,68}{30,63} \cdot 100\% = 32,5\%,$ что больше 10% для увязки ответвлений устанавливаем диафрагму на участке 19.													
20	193	0	1PP-3 200×200	0,032	-	1,68	-	-	-	2,2	1,69	3,73	3,73
21	193	3,7	140×140	0,02	140	2,68	0,789	1,74	5,08	3,8	4,31	16,76	21,84 Σ25,57
$\Delta P_{13} + \Delta P_{14} + \Delta P_{15} + \Delta P_{16} = \Delta P_{20} + \Delta P_{21};$ $4,47 + 19,04 + 7,12 + 6,92 = 37,55;$ $\frac{37,55 - 25,57}{37,55} \cdot 100\% = 31,9\%,$ что больше 10%													

Невязка между ветвями 1-го и 2-го этажей составит:

$$\frac{44,48 - 40,5}{44,48} \cdot 100\% = 8,9\%, < 10\%.$$

Определим размер диафрагмы на участке 19.

$$\xi_{\text{диаф}} = (\Delta P_{13+14+15} - \Delta P_{18+19}) / \rho v_{19}^2 / 2 = (30,63 - 20,68) / 3,26 = 3,05.$$

По $\xi_{\text{диаф}} = 3,05$ из [2, табл. 22.49] и, используя [2, табл. 22.35], выписываем размер диафрагмы 102x102 мм.

Определим размер диафрагмы на участке 21.

$$\xi_{\text{диаф}} = (\Delta P_{13+14+15+16} + \Delta P_{20+21}) / \rho \times v_{21}^2 / 2 = (37,55 - 25,57) / 4,31 = 2,78,$$

устанавливаем диафрагму размером 107x107 мм [2, табл. 22.35].

Давление вентилятора составит

$$P_v = 1,1(4,0 + 17,336 + 5,94 + 4,76 + 8,46 + 30,32 + 9,79 + 7,1) + 59,5 = 155,98 \text{ Па}.$$

$$\text{Производительность вентилятора } L_v = 1,1 \times 1176 = 1293,6 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Пример 3

Выполнить аэродинамический расчет приточной системы вентиляции с механическим побуждением движения воздуха, представленной на рис. 3. Величины расходов воздуха L (м³/ч) и длин l (м) участков указаны на схеме. В качестве воздухораспределителя установлены решетки типа РСГ, характеристики которых приведены в приложении. Вертикальные каналы выполнены прямоугольные из стали, горизонтальные – стальные, круглые. Все горизонтальные воздуховоды на этажах проложены в подшивном потолке. Воздухозаборная шахта (участок 7) выполнена из кирпича и является единым воздухозабором для двух приточных систем вентиляции. Поэтому расход воздуха на участках 6 и 7 различен.

Решение

Давление вентилятора определится:

$$P_v = 1,1 (\Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 + \Delta P_5 + \Delta P_6 + \Delta P_7 + \Delta P_{7a}) + \Delta P_{об}.$$

Коэффициент 1,1 означает 10% -ную добавку на неучтенные потери в сети. В качестве потерь давления в оборудовании следует учесть потери давления в фильтре $\Delta P_{\phi} = 50$ Па и в калорифере $\Delta P_{\text{кал}} = 79$ Па. В итоге потери давления в оборудовании приточной камеры (ПК) $\Delta P_{об} = \Delta P_{\phi} + \Delta P_{\text{кал}} = 129$ Па. Производительность вентилятора $L_v = 1,15 (L_1 + L_8 + L_{10} + L_{12} + L_{15} + L_{23} + L_{26} + L_{21} + L_{17} + L_{34} + L_{28} + L_{32}) = 1,15 L_6$. Коэффициент 1,15 означает допустимую величину 15% подсосов или утечек в системах вентиляции [3]. Должны выполняться следующие равенства потерь давления параллельных участков:

$$\begin{aligned} \Delta P_1 + \Delta P_2 &= \Delta P_8 + \Delta P_9; & \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 &= \Delta P_{11} + \Delta P_{10}; \\ \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 &= \Delta P_{12} + \Delta P_{13} + \Delta P_{14}; & \Delta P_{12} + \Delta P_{13} &= \Delta P_{15} + \Delta P_{16}; \\ \Delta P_{17} + \Delta P_{18} + \Delta P_{19} &= \Delta P_{23} + \Delta P_{24} + \Delta P_{25}; & \Delta P_{23} + \Delta P_{24} &= \Delta P_{26} + \Delta P_{27}; \\ \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 + \Delta P_5 &= \Delta P_{17} + \Delta P_{18} + \Delta P_{19} + \Delta P_{20}; & \Delta P_{17} + \Delta P_{18} &= \Delta P_{21} + \Delta P_{22}; \\ \Delta P_{28} + \Delta P_{29} + \Delta P_{30} + \Delta P_{31} &= \Delta P_{17} + \Delta P_{18} + \Delta P_{19} + \Delta P_{20}; \\ \Delta P_{28} + \Delta P_{29} + \Delta P_{30} &= \Delta P_{32} + \Delta P_{33}; \end{aligned}$$

Расчет начинаем с наиболее удаленного участка, его и обозначаем за первый. При рекомендуемой скорости механического притока в решетке до 2

м/с по формуле (1) определим сечение жалюзийной решетки (участок 1)

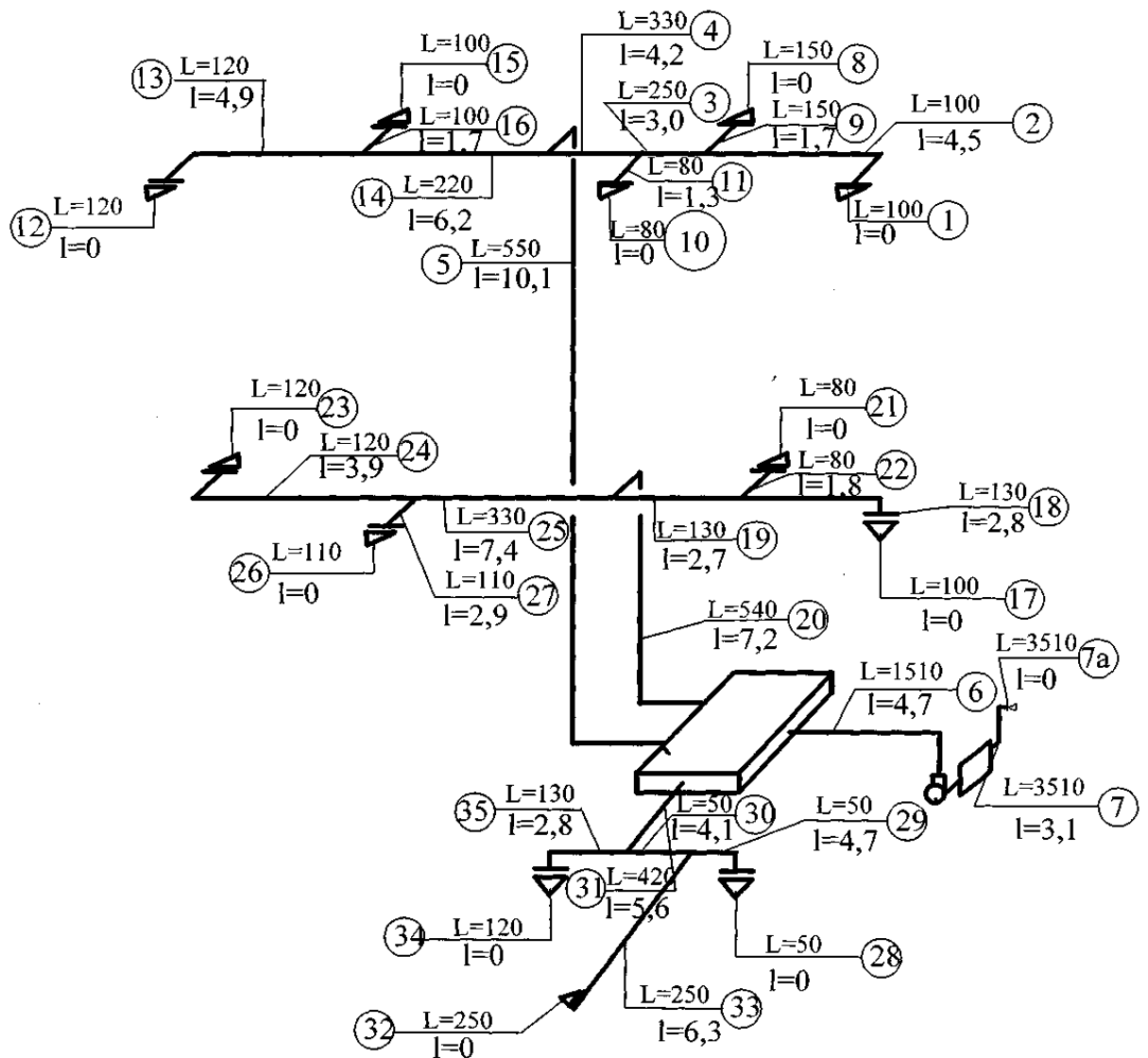


Рис.3 Расчётная схема приточной системы П2

$$f_{жр} = 100/(3600 \times 2) = 0,0138 \text{ м}^2.$$

Принимаем жалюзийную решетку РСГ (приложение А) размером 225x125 мм с площадью живого сечения $f_{жр} = 0,016 \text{ м}^2$. Тогда скорость на участке 1 составит $v=1,74 \text{ м/с}$. Результаты выбора и расчёта вносим в соответствующие графы таблицы №3.

Поскольку горизонтальные воздуховоды круглые стальные, то для расчёта их максимально используем таблицу 22,15[2]. Зная, что рекомендуемые скорости в воздуховодах систем вентиляции гражданских зданий 5-8 м/с [2, табл.22.13] по значению расхода L , выписываем значения d , R , $v_{факт}$, $P_{дин}$ и полученные значения вносим графы 5, 6, 7, 11 таблицы №3. Поправка на шероховатость $\beta_{ш}$ определяется по таблицам [2, табл.22.11, 22.12] и вносится в графу 8. При выборе сечения прямоугольных воздуховодов следует стремиться к тому, чтобы воздуховоды по размерам были квадратными или

близки к ним. После определения сечений воздуховодов всех участков, приступаем к составлению ведомости местных сопротивлений.

Ведомость местных сопротивлений П2

Участок 1, 8, 10, 15, 12, 21, 26, 23, 32	Участок 2,
1. Решетка приточная регулируемая РСГ [2, табл. 17.6], $\zeta_{resh} = 2,2$	1.отвод 90° штампованный, круглого сечения при $R/d = 1,5$ [2,табл.22.26], $\zeta_{отв} = 0,17$. 2. Тройник-проход [2, табл. 22. 37] при $\frac{L_{o9}}{L_{c3}} = \frac{150}{250} = 0,6$; $\frac{f_{n2}}{f_{c3}} = \frac{(0,01)^2}{(0,125)^2} = 0,64$; $\zeta_{тр.пр}=0,59$ $\Sigma \zeta = 0,76$
Участок 3	Участок 4
2 Тройник-проход [2, табл. 22. 37] при $\frac{L_{o11}}{L_{c4}} = \frac{250}{330} = 0,76$; $\frac{f_{n3}}{f_{c4}} = \frac{(0,125)^2}{(0,14)^2} = 0,8$; $\zeta_{тр.пр}=3,05$	1. Тройник-ответвление [2,таб.1. 22. 37] при $\frac{L_{o4}}{L_{c5}} = \frac{330}{550} = 0,6$; $\frac{f_{n4}}{f_{c5}} = \frac{3,14 \cdot 0,14^2 / 4}{0,16 \times 0,16} = 0,6$; $\zeta_{тр.отв}=1$
Участок 5	Участок 6
1. Два колена 90° [2,табл.22.23], $\zeta_{кол} = 2 \times 1,2 = 2,4$. 2. Внезапное изменение поперечного сечения. $F_0 = f_5 = 0,0256 \text{ м}^2$, F_1 - площадь сечения коллектора -, $1 \times 0,3 = 0,3 \text{ м}^2$ $F_0 / F_1 = 0,0256 / 0,3 = 0,085$ [2, табл.22.31]. $\zeta_{внз.сужение}=0,5$ $\Sigma \zeta = 2,9$	1.Отвод 90°, штампованный, круглого сечения, при $R/d = 1,5$ [2, табл.22.26] $\zeta_{отв}=0,17$ 2. Внезапное изменение поперечного сечения [2,табл.22.31] $F_0 = f_6 = 0,28^2 \cdot 3,14 / 4 = 0,0615 \text{ м}^2$ $F_1 = 0,5 \text{ м}^2$ -площадь сечения коллектора. $F_0 / F_1 = 0,0615 / 0,5 = 0,123$; $\zeta_{внз.расш.}=0,75$ 3. Потерями выхода из вентилятора пренебрегаем. $\Sigma \zeta = 0,92$
Участок 7	Участок 9
1. Два колена 90° [2,табл.22.23], $\zeta_{кол} = 2 \times 1,2 = 2,4$. Участок 7а 1.решётка вытяжная $\zeta_{resh} = 1,2$	1. Тройник-ответвление [2, табл.22.37], при $\frac{L_{o9}}{L_{c3}} = \frac{150}{250} = 0,6$; $\frac{f_{i9}}{f_{c3}} = \frac{(0,1)^2}{(0,125)^2} = 0,64$; $\zeta_{тр.о}=1,1$
Участок 11	Участок 13
1. Тройник-ответвление [2, табл.22.37], при $\frac{L_{o11}}{L_{c4}} = \frac{80}{330} = 0,24$; $\frac{f_{o11}}{f_{c4}} = \frac{(0,1)^2}{(0,14)^2} = 0,51$; $\zeta_{тр.о}=4,1$	1.отвод 90° штампованный, круглого сечения при $R/d = 1,5$ [2,табл.22.26], $\zeta_{отв} = 0,17$. 2 Тройник-проход [2, табл. 22. 37] при $\frac{L_{o16}}{L_{c14}} = \frac{100}{220} = 0,45$; $\frac{f_{n13}}{f_{c14}} = \frac{(0,01)^2}{(0,125)^2} = 0,64$; $\zeta_{тр.пр}=0,35$ $\Sigma \zeta = 0,52$
Участок 14	Участок 16
1. Тройник-ответвление [2,таб.1. 22. 37] при $\frac{L_{o14}}{L_{c5}} = \frac{220}{550} = 0,4$; $\frac{f_{n14}}{f_{c5}} = \frac{3,14 \cdot 0,125^2 / 4}{0,16 \times 0,16} = 0,48$; $\zeta_{тр.отв}=1,35$	1. Тройник-ответвление [2, табл.22.37], при $\frac{L_{o16}}{L_{c14}} = \frac{80}{220} = 0,36$; $\frac{f_{o16}}{f_{c14}} = \frac{(0,1)^2}{(0,125)^2} = 0,64$; $\zeta_{тр.о}=3,1$

Полученные значения коэффициентов местных сопротивлений заносим в

графу 10 таблицы 3. Перемножив значения 10-ой и 11-ой граф, получим значение графы 12. Сложив 9-ую и 12-ую графы, получим значение графы 13.

Давление вентилятора составит

$$P_v = 1,1(302,37) + 129 = 141,9 \text{ Па.}$$

$$\text{Производительность вентилятора } L_v = 1,15 \times 1510 = 1736,5 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Таблица 3 Расчет воздухопроводов системы П2

№№ участ- ка	Рас- ход воз- ду-ха, $L, \text{ м}^3/\text{ч}$	Дли- на учас- тка, $l, \text{ м}$	Размер канала, $a \times b,$ мм	Равно- великий диаметр d_p или диаметр участка, $d, \text{ мм}$	Ско- рость дви- жения воз- духа, $v, \text{ м/с}$	Удель- ные потери на трение, $R, \text{ Па/м}$	Поп- равка на шери- ховатость, $\beta_{ш}$	Потери на трение на участке, $Rl\beta_{ш},$ Па	Сумма коэф- фици- ентов местны х сопро- тивл., $\sum \xi$	Дина- мичес- кое давление, $\rho v^2/2$	Потери давления на местные сопро- вления, $Z = \sum \xi \times \rho v^2/2, \text{ Па}$	Потери давления на участке $Rl\beta_{ш} + Z,$ Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	100	0	РСГ 225×125	-	1,74	-	-	-	2,2	1,81	3,98	3,98
2	100	4,5	-	100	3,5	1,38	1	6,21	0,76	7,3	5,55	11,76
3	250	3	-	125	5,7	3,4	1	10,2	3,05	19,5	59,5	69,7
4	330	4,2	-	140	6,0	3,17	1	13,3	1	21,6	21,6	34,9
5	550	10,1	160×160	160	6	2,7	1	27,27	2,9	21,6	62,64	89,91
6	1510	4,7	-	280	6,9	1,8	1	8,46	0,92	28,57	26,28	34,74
7	3510	3,1	400×530	456	4,64	0,529	1	1,64	2,4	12,93	31,03	32,93
7-а	3510	0	4СТД 150×580	-	3,7	-	-	-	1,2	8,2	9,84	9,84
												$\sum 287,76$
8	150	0	РСГ 325×125	-	1,8	-	-	-	2,2	1,95	4,3	4,3
9	150	1,7	-	100	5,4	4	1	6,8	1,1	17,5	19,25	26,05
$\Delta P_1 + \Delta P_2 = \Delta P_8 + \Delta P_9$; вычисляем невязку $\frac{(\Delta P_1 + \Delta P_2) - (\Delta P_8 + \Delta P_9)}{\Delta P_1 + \Delta P_2} = \frac{(3,98 + 11,76) - (4,3 + 26,05)}{3,98 + 11,76} 100\% = -92,8\%$ что больше 10% для выравнивания давлений на участке 2 устанавливаем диафрагму с $\Delta P_{\text{диаф.}} = 14,61 \text{ Па}$. $\xi_{\text{диаф}} = \Delta P_{\text{диаф}} / P_{\text{дин.2уч.}}$; $\xi_{\text{диаф}} = 14,61 / 7,3 = 2$. выбираем по табл. 22.48 [2] диафрагму $d = 77 \text{ мм}$. Тогда потеря в магистрали составит $287,76 + 14,61 = 302,37 \text{ Па}$												

Продолжение таблицы 3												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
10	80	0	РСГ 225×125	-	1,4	-	-	-	2,2	1,2	2,55	2,55
11	80	1,3	-	100	2,7	1,2	1	1,56	4,1	4,37	17,917	19,48
												Σ22,02
$\Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 = \Delta P_8 + \Delta P_9 + \Delta P_{10} + \Delta P_{11}$; вычисляем невязку $\frac{(4,3 + 26,05 + 69,7) - (2,55 + 19,48)}{4,3 + 26,05 + 69,7} \cdot 100\% = 78\%$; $\xi_{\text{диаф}} = \Delta P_{\text{диаф}} / P_{\text{дин.11уч}}$; $\xi_{\text{диаф}} = 78,03/4,37 = 17,85$ выбираем по табл. 22.48 [2] диафрагму d=50 мм												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
12	120	0	РСГ 225×125	-	2,08	-	-	-	2,2	2,6	5,73	5,73
13	120	4,9	-	100	4,5	2,9	1	22,05	0,52	12,15	6,318	28,368
14	220	6,2	-	125	5	2,66	1	16,5	1,35	15	20,25	36,75
												Σ70,85
$\Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 = \Delta P_{12} + \Delta P_{13} + \Delta P_{14}$; $[(134,95 - 70,85)/134,95] \cdot 100\% = 47,85\%$ Устанавливаем на уч.14 диафрагму: $\xi_{\text{диаф}} = 64,1/15 = 4,3$ выбираем по табл. 22.48 [2] диафрагму d=87 мм												
15	100	0	РСГ 225×125	-	1,74	-	-	-	2,2	1,81	3,98	3,98
16	100	1,7	-	100	3,5	1,38	1	2,35	3,1	7,3	22,63	24,98
												Σ28,96
$\Delta P_{12} + \Delta P_{13} = \Delta P_{15} + \Delta P_{16}$; $[34,098 - 28,96]/34,098 \cdot 100\% = 15\%$, Подобным образом рассчитываем все остальные участки, выполняя равенства давлений на соответствующих участках.												

Пример 4

Выполнить аэродинамический расчет приточной системы вентиляции заготовительного отделения деревообрабатывающего цеха, представленной на рис. 4. Величины расходов воздуха L (м³/ч) и длин l (м) участков указаны на схеме. В качестве воздухораспределителя используется ВПК-1.00.000.06, имеющий условный диаметр $d_y=500$ мм, расчетную площадь $A_0=0,2$ м², коэффициент местного сопротивления $\xi=1,8$, отнесённый к площади A_0 [2, табл.17.6]. Воздуховоды выполнены из стали круглые.

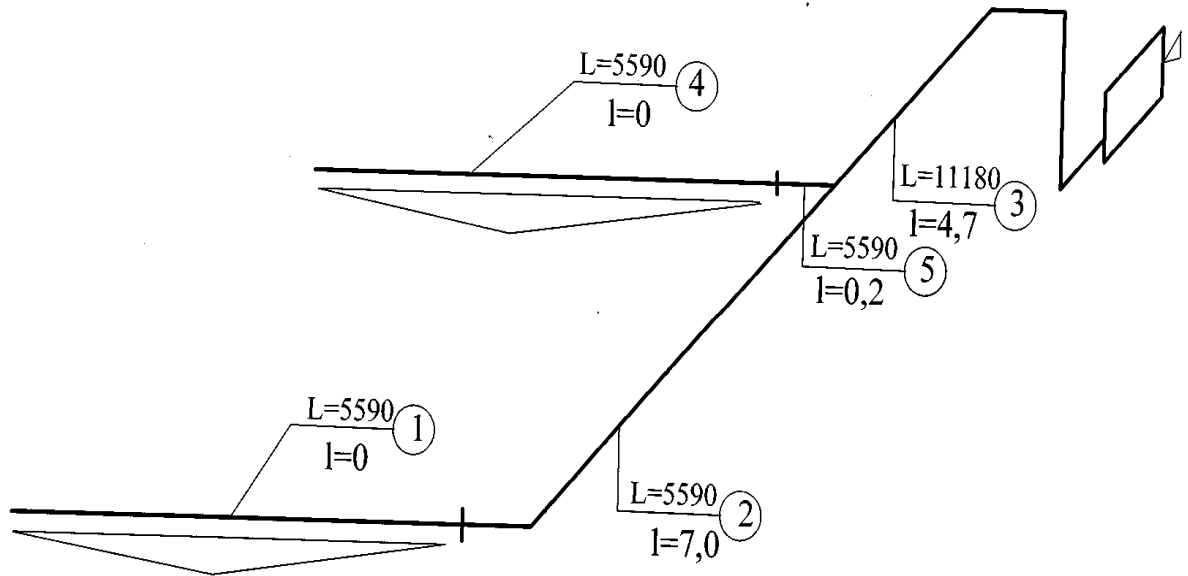


Рис.4. Расчётная схема приточной системы ПЗ

Решение

Давление вентилятора определится:

$$P_v = 1,1 (\Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3) + \Delta P_{об}.$$

Коэффициент 1,1 означает 10% -ную добавку на неучтенные потери в сети. В качестве потерь давления в оборудовании следует учесть потери давления в фильтре $\Delta P_{\phi}=50$ Па, в калорифере $\Delta P_{кал}=368$ Па, в воздухозаборе $\Delta P_{в.з.}=40$ Па. В итоге потери давления в оборудовании приточной камеры (ПК) $\Delta P_{об} = \Delta P_{\phi} + \Delta P_{кал} + \Delta P_{в.з.} = 458$ Па. Производительность вентилятора $L_v = 1,15 (L_1 + L_4) = 1,15 L_3$. Коэффициент 1,15 означает допустимую величину 15% подсосов или утечек в системах вентиляции [3]. Должны выполняться следующие равенства потерь давления параллельных участков:

$$\Delta P_1 + \Delta P_2 = \Delta P_4 + \Delta P_5;$$

Поскольку горизонтальные воздуховоды круглые стальные, то для расчёта их максимально используем таблицу 22,15[2]. Зная, что рекомендуемые скорости в воздуховодах систем вентиляции промышленных зданий 8 - 12 м/с [2, табл.22.13] по значению расхода L , выписываем значения d , R , $v_{факт}$, $P_{дин}$ и

полученные значения вносим графы 4, 5, 6, 10 таблицы №4. Поправка на шероховатость $\beta_{ш}=1$, так как воздуховоды стальные и вносится в графу 8. После определения сечений воздуховодов всех участков, приступаем к составлению ведомости местных сопротивлений.

Ведомость местных сопротивлений ПЗ

Участок 1,4	Участок 2
1. воздухораспределитель ВПК [2, табл. 17.6], $\zeta_{B.P.} = 1,8$	1.отвод 90° штампованный, круглого сечения при $R/d = 1,5$ [2,табл.22.26], $\zeta_{отв} = 0,17$. 2. Тройник-проход [2, табл. 22. 37] при $\frac{L_{o5}}{L_{c3}} = \frac{5590}{11180} = 0,5$; $\frac{f_{n2}}{f_{c3}} = \frac{(0,45)^2}{(0,63)^2} = 0,51$; $\zeta_{тр.пр}=0,36$ $\sum \zeta = 0,53$
Участок 3	Участок 5
1 вход вентилятор $\zeta=0,5$ 2.выход из вентилятора $\zeta=0,1$ 3. отвод 90° штампованный, круглого сечения при $R/d = 1,5$ [2,табл.22.26], $\zeta_{отв} = 0,17$. $\sum \zeta = 0,77$	1. Тройник-ответвление [2,таб.1. 22. 37] при $\frac{L_{o5}}{L_{c3}} = \frac{5590}{11180} = 0,5$; $\frac{f_{i5}}{f_{c3}} = \frac{(0,5)^2}{(0,63)^2} = 0,63$; $\zeta_{тр.отв}=1,4$

Таблица 4

Расчёт воздуховодов системы ПЗ

№ участка	Расход воздуха, L , м³/ч	Длина участка, l , м	Диаметр воздуховода, d , мм	Скорость движения воздуха, v , м/с	Уд. потери на трение, R , Па/м	Поправка на шероховатость, $\beta_{ш}$	Потери на трение на участке, $R/\beta_{ш}$, Па	Сумма коэфф. мест. соп-ротив. $\sum \zeta$	Динамическое давление, $\rho v^2/2$, Па	Потери на местные сопротивления, $Z = \sum \zeta \times \rho v^2/2$, Па	Потери давления на участке, $R/\beta_{ш} + Z$, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	5590	-	500	7,76	-	-	-	1,8	36,1	65	65
2	5590	7	450	9,9	2,02	1	14,14	0,53	58,81	31,17	45,31
3	11180	4,7	630	10,1	1,39	1	6,53	0,77	61,21	47,13	53,66
											$\sum 163,97$
4	5590	-	500	7,76	-	-	-	1,8	36,1	65	65
5	5590	0,2	500	7,9	1,21	1	0,24	1,4	37,45	52,43	52,67
											$\sum 117,67$
$\Delta P_1 + \Delta P_2 = \Delta P_4 + \Delta P_5$					$\frac{110,31 - 117,67}{110,31} \cdot 100\% = -6,67\% < 10\%$						

Давление вентилятора составит:

$$P_v = 1,1 (65 + 45,31 + 53,66) + 458 = 607,1 \text{ Па.}$$

$$\text{Производительность вентилятора } L_v = 1,15 \cdot 11180 = 12857 \text{ м}^3/\text{ч}$$

3. Расчет систем канальной естественной вытяжной вентиляции

В системах с естественным побуждением движения воздуха, в отличие от механических систем вентиляции, сумма потерь давления на участке не должна превышать располагаемого гравитационного давления ΔP , которое определяется по формуле:

$$\Delta P = gh(\rho_n - \rho_v), \text{ Па}, \quad (6)$$

где $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения;

h – для гражданских зданий – вертикальное расстояние от центра оконного проема соответствующего этажа до устья вытяжной шахты, м;

h - для производственных зданий – вертикальное расстояние от центра вытяжного отверстия до устья вытяжной шахты, м;

ρ_n и ρ_v – плотность наружного и внутреннего воздуха, кг/м^3 ,

В гражданских зданиях расчет систем вентиляции ведется для температуры наружного воздуха $+5^\circ \text{С}$, а в производственных – для температуры наружного воздуха по параметрам Б холодного периода года [3, п. 7.1.4]. При этом считается, что оконный проём открыт, обеспечивая беспрепятственное поступление наружного воздуха.

Расчет сети каналов естественной вытяжной вентиляции обычно начинают с ветви, для которой расчетное гравитационное давление имеет наименьшее значение – это каналы из помещений верхнего этажа.

При расчете сети воздуховодов жилых и общественных зданий первоначально производят ориентировочный подбор их сечений, исходя из допустимых скоростей движения воздуха по ним. Для систем с естественным побуждением можно предварительно принимать в каналах верхнего этажа скорость $v = 0,5 \div 0,8 \text{ м/с}$, в каналах нижнего этажа и сборных каналах на чердаке – 1 м/с , в вытяжной шахте – $1 \div 1,5 \text{ м/с}$.

Пример 5

Определить сечения каналов и решеток системы естественной вентиляции, обслуживающей кухни 3-х этажного жилого дома. Из кухонь удаляется по $90 \text{ м}^3/\text{ч}$ воздуха. Расчетная схема представлена на рис. 5. Вертикальные каналы проложены в кирпичных стенах, сборные каналы из двойных шлакобетонных плит – на чердаке. Вытяжная шахта – деревянная, обитая с двух сторон кровельной сталью по войлоку.

Решение

Определяем располагаемое гравитационное давление $\Delta P_{\text{гр}}$ для каналов каждого этажа по формуле (6):

Для 3 этажа

$$\Delta P_{\text{гр}3} = 9,81 \cdot 5 (1,27 - 1,21) = 2,94 \text{ Па};$$

для 2 этажа

$$\Delta P_{\text{гр}2} = 9,81 \cdot 8 (1,27 - 1,21) = 4,71 \text{ Па};$$

для 1 этажа

$$\Delta P_{\text{гр}1} = 9,81 \cdot 11 (1,27 - 1,21) = 6,47 \text{ Па};$$

где $\rho_n = 1,27 \text{ кг/м}^3$ при $t_n = +5^\circ \text{ C}$ $\left(\rho_n = \frac{353}{273+5} \right)$,
 $\rho_6 = 1,21 \text{ кг/м}^3$ при $t_6 = +18^\circ \text{ C}$ $\left(\rho_6 = \frac{353}{273+18} \right)$.

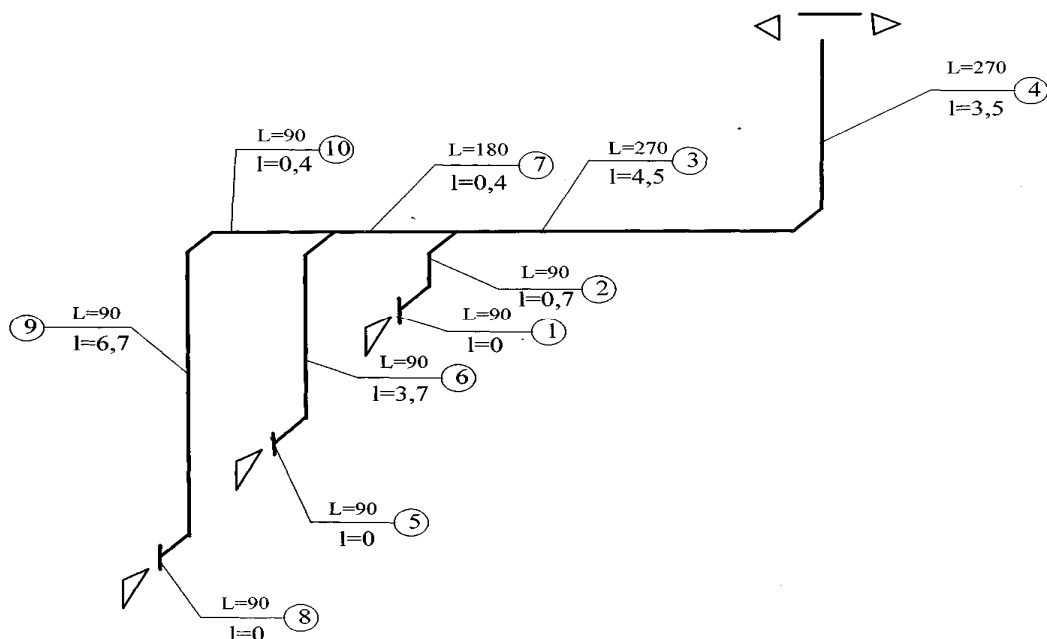


Рис.5. Расчётная схема системы ВЕ1

Расчет начинаем с наиболее неблагоприятно расположенного канала, то есть канала, имеющего наименьшее располагаемое давление, наибольшую нагрузку и протяженность. Таким каналом является канал из кухни 3-го этажа.

При рекомендуемой скорости воздуха $v = 0,8 \text{ м/с}$ определим сечение решетки (участок 1) и канала (участок 2), по которым перемещается $90 \text{ м}^3/\text{ч}$ воздуха:

$$f_p = 90 / (3600 \times 0,8) = 0,0315 \text{ м}^2.$$

Принимаем решетку по табл.4 приложения А размером $250 \times 250 \text{ мм}$ с площадью живого сечения $f_{ж.р} = 0,0361 \text{ м}^2$ и канал по [2, табл.22.7] размером $(1/2 \times 1) \text{ к} = (140 \times 270) \text{ мм}$ и с площадью сечения $f_k = 0,038 \text{ м}^2$. Тогда скорость на участке 1 и 2 составит

$v_{1,2} = 90 / 3600 \times 0,0316 = 0,69 \text{ м/с}$, $v_2 = 90 / 3600 \times 0,0378 = 0,66 \text{ м/с}$. По табл. 6 приложения А коэффициент местного сопротивления вытяжной решетки $\xi = 1,2$. Динамическое давление при скорости $v = 0,69 \text{ м/с}$

$$P_d = \rho \times v^2 / 2 = 1,21 \times 0,69^2 / 2 = 0,288 \text{ Па}.$$

При этом потери давления в решетке составят

$$Z = \xi P_d = 1,2 \times 0,288 = 0,345 \text{ Па}.$$

Результаты расчета заносим в таблицу 3; канал на участке 2 имеет прямоугольное сечение, и. поэтому для определения потерь давления на трение находим равновеликий по трению диаметр канала круглого сечения

$$D_p = 2a \times b / (a + b) = 2 \times 270 \times 140 / (270 + 140) = 184 \text{ мм}.$$

Из [2, табл. 22.15] по равновеликому диаметру $D_p = 184 \text{ мм}$ и скорости $v_2 =$

0,66 м/с находим удельные потери $R=0,05$ Па/м. В кирпичном канале на участке 2, имеющем большую шероховатость, чем стальные воздуховоды, потери на трение, согласно [2,табл.22. 11,22. 12], при $K_s = 4$ и $\beta_{ш} = 1,35$, составят

$$\beta_{ш} Rl = 1,35 \times 0,05 \times 0,7 = 0,047 \text{ Па.}$$

Для подсчета величин коэффициентов местных сопротивлений составляем ведомость местных сопротивлений, предварительно определив размеры сечений остальных участков. Участки 3,7,10 выполнены из шлакобетонных плит.

$$F_3 = 270/(3600 \times 0,8) = 0,093 \text{ м}^2.$$

По [2,табл.22.8] выбираем канал сечением 350х320 мм с $f_{ж.с.}=0,112 \text{ м}^2$ тогда скорость будет равна

$$v_3 = 270/(3600 \times 0,112) = 0,67 \text{ м/с.}$$

Ведомость местных сопротивлений ВЕ1

Участок 1,5,8	Участок 6
1. Решетка, $\xi=1,2$ [табл6, прил. А].	1. Два колена 90° [2, табл. 22.23]; $C=0,9$ при $270/140=1,93$; $\xi_k=2 \times 1,2 \times 0,9=2,16$ 2.Тройник-ответвление [2, табл.22.40] $\frac{f_{n10}}{f_{c7}} = \frac{0,112}{0,112} = 1$; $\frac{L_{o6}}{L_{c7}} = \frac{90}{180} = 0,5$; $\frac{f_{o6}}{f_{c7}} = \frac{0,0378}{0,112} = 0,34$; $\xi_{тр.отв.} = 0,9$ $\sum \xi = 3,26$
Участок 2	Участок 7
1. Два колена под 90° [2, табл. 22.23], $\xi_k=2 \times 1,2 \times 0,9 = 2,16$; $C=0,9$ при $270/140=1,93$. 2. Тройник-ответвление [2, табл. 22.40] $\frac{f_{n7}}{f_{c3}} = \frac{0,112}{0,112} = 1$; $\frac{L_{o2}}{L_{c3}} = \frac{90}{270} = 0,33$; $\frac{f_{o2}}{f_{c3}} = \frac{0,0378}{0,112} = 0,34$; $\xi_{тр.отв.} = 0,47$ $\sum \xi = 2,63$	1.Тройник-проход [2,табл. 22.40] при $\frac{f_7}{f_{c3}} = \frac{0,112}{0,112} = 1$; $\frac{L_{o2}}{L_{c3}} = \frac{90}{270} = 0,33$; $\frac{f_{o2}}{f_{c3}} = \frac{0,0378}{0,112} = 0,34$ $\xi_{тр.пр.} = 0,5$
Участок 3	Участок 9
1. Колено 90° [2,табл.22.23], $\xi_k=1,2 \times 0,99=1,19$; $C=0,99$ при $\frac{320}{350} = 0,91$	1. Два колена 90° [2,табл. 22.23] $C=1,0$ при $140/140$ $\xi_k=2 \times 1,2 \times 1=2,4$.
Участок.4	Участок 10
1. Колено 90° [2,табл.22.23], $\xi_k=1,2$ 2. Зонт [2,табл.22.20] в соответствии с примечанием $\xi_3=1,3$. $\sum \xi = 2,5$	1.Колено 90° [2, табл. 22.23], $\xi_k=1,2 \times 0,99=1,19$, $C=0,99$ при $\frac{320}{350} = 0,91$ 2.Тройник-проход [2, табл. 22.40] при $\frac{f_{n10}}{f_{c7}} = \frac{0,112}{0,112} = 1$; $\frac{L_{o6}}{L_{c7}} = \frac{90}{180} = 0,5$;

	$\frac{f_{o6}}{f_{c7}} = \frac{0,0378}{0,112} = 0,34 ; \xi_{mp. np.} = 1,06 \sum \xi = 2,25$
--	--

Поскольку участки 7,10 имеют малую длину, то принимаем их размер таким же, как для участка 3.

$$D_p = 2 \times 350 \times 320 / (350 + 320) = 334 \text{ мм.}$$

Результаты расчетов $\sum \xi$, P_d , Z участка 2 сводим в табл. 5. На участке 3 канал выложен из двойных шлакобетонных плит с шероховатостью $K_s = 1,5$ мм [2, табл. 22.11], соответственно $\beta_{ш} = 1,18$ [2, табл. 22.12], остальные расчеты потерь давления участка 3 ведутся аналогично расчетам на участке 2.

Вытяжная шахта (участок 4) обшита листовой сталью, поэтому $\beta_{ш} = 1$. Вытяжные шахты выполняются квадратными, со стороной кратной 100, минимальный размер шахты 300×300 мм.

Общие потери давления на тракте от вытяжной решетки кухни 3-го этажа до выхода из шахты $\sum(\beta_{ш} R_l + Z) = 2,701$ Па, а располагаемое гравитационное давление $\Delta P_{гр3} = 2,94$ Па. Определяем невязку:

$$\frac{2,94 - 2,701}{2,94} \cdot 100\% = 8,1\%, \text{ что } < 10\%$$

Переходим к расчету каната из кухни 2-го этажа, для которого гравитационное давление составляет $\Delta P_{гр2} = 4,71$ Па.

На тракте движения воздуха из кухни 2-го этажа до его выхода из шахты, участки 3 и 4 уже рассчитаны, поэтому расчетное давление для участков 5, 6, 7 составит

$$\Delta P_{5+6+7} = \Delta P_{гр2} - \Delta P_{3+4} = 4,71 - (0,454 + 1,168) = 3,088 \text{ Па.}$$

Для удобства ведения расчетов, полученные данные записываем в табл. 5.

Особенностью аэродинамического расчета систем естественной вентиляции в том и заключается, что каждый канал рассчитывается под свое располагаемое гравитационное давление.

Потери давления на участках 6 и 7 определяем аналогично расчетам на участке 2 и 3 и заносим в табл. 3. На участках 6 и 7 потери давления составили $\Delta P_{6+7} = 1,06 + 0,067 = 1,127$ Па. Следовательно, для полной увязки потерь давления в решетке необходимо израсходовать $\Delta P_p = 3,088 - 1,127 = 1,961$ Па. Зная коэффициент местного сопротивления решетки $\xi = 1,2$, определим необходимую скорость в живом сечении и по ней подберем по [5, прил.23] размер решетки:

$$v = 2 \times \Delta P_p / (\xi \times \rho) = 2 \times 1,961 / (1,2 \times 1,21) = 1,64 \text{ м/с,}$$

$$f_p = 90 / (3600 \times 1,64) = 0,0152 \text{ м}^2.$$

Принимаем решетку размером 150×200 мм с площадью живого сечения $f_p = 0,0173 \text{ м}^2$.

$$v_p = 90 / (3600 \times 0,0173) = 1,445 \text{ м/с,}$$

$$Z_p = 1,2(1,445^2 \times 1,21) / 2 = 1,5 \text{ Па,}$$

$$\Delta P_{5+6+7} = 1,5 + 1,06 + 0,067 = 2,627 \text{ Па,}$$

$$\text{Невязка} = \frac{3,088 - 2,63}{3,088} \cdot 100\% = 14,8\% \quad \text{что } > 10\%, \text{ но } < 15\%.$$

15% обычно оценивается точность инженерных расчетов. Поэтому

дальнейших изменений в расчетах производить не будем.

Результаты расчета канала из кухни 1-го этажа: гравитационное давление $\Delta P_{гр.1} = 6,47$ Па, расчетное давление $\Delta P_{8+9+10} = \Delta P_1 - \Delta P_{3+4+7} = 6,47 - (0,454 + 1,168 + 0,067) = 4,781$ Па, приведены в табл. 5. Все последующие расчеты каналов выполняются аналогично.

Пример 6

Определить сечения каналов и решеток системы естественной вентиляции, обслуживающей кухни 3-х этажного жилого дома. Из кухонь удаляется по $90 \text{ м}^3/\text{ч}$ воздуха. Расчетная схема представлена на рис. 6. Вертикальные каналы проложены в кирпичных стенах. Такие системы ещё называют «выведены коренником». Расчёт такой системы аналогичен предыдущему примеру, но проще, т.к. нет сборных каналов. Давление в каждом вертикальном канале сравнивается с располагаемым давлением.

Решение

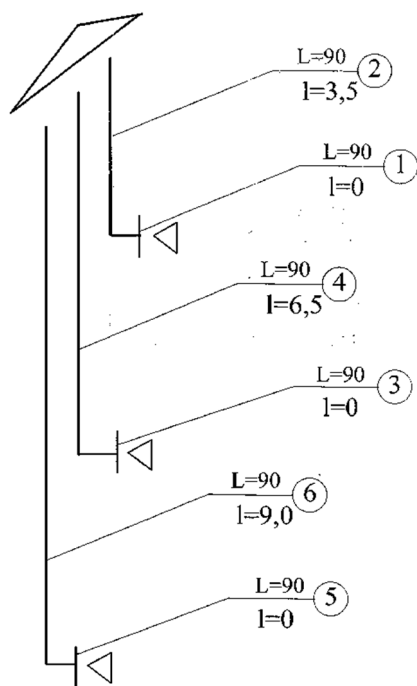


Рис.6. Расчётная схема системы ВЕ2

Определяем располагаемое гравитационное давление $\Delta P_{гр}$ для каналов каждого этажа по формуле (6):

Для 3 этажа

$$\Delta P_{гр3} = 9,81 \cdot 5 (1,27 - 1,21) = 2,94 \text{ Па};$$

для 2 этажа

$$\Delta P_{гр2} = 9,81 \cdot 8 (1,27 - 1,21) = 4,71 \text{ Па};$$

для 1 этажа

$$\Delta P_{гр1} = 9,81 \cdot 11 (1,27 - 1,21) = 6,47 \text{ Па};$$

где $\rho_n = 1,27 \text{ кг/м}^3$ при $t_n = +5^\circ \text{ C}$

$$\left(\rho_i = \frac{353}{273 + 5} \right),$$

$\rho_a = 1,21 \text{ кг/м}^3$ при $t_a = +18^\circ \text{ C}$

$$\left(\rho_a = \frac{353}{273 + 18} \right).$$

Ведомость местных сопротивлений ВЕ1

Участок 1,3,5	Участок 2,4,6
1. Решетка, $\zeta=1,2$ [табл. 6, прил. А].	1. Колено 90° [2,табл.22.23], $\zeta_k=1,2$ 2. Зонт [2,табл.22.20] в соответствии с примечанием $\zeta_3=1,3$.
	$\sum \zeta = 2,5$

Расчёт системы ВЕ2 сведен в таблицу 6.

Таблица 5 - Расчёт воздухопроводов системы ВЕ1

№ № уча- ст- ка	Рас- ход воз- духа, L , $\text{м}^3/\text{ч}$	Дли- на учас- тка, l , м	Размер канала, $a \times b$, мм	Пло- щадь воз- духо- вода, f , м^2	Ско- рость дви- жения воз- духа, v , м/с	Равно- великий диаметр d_r или диаметр участка, d , мм	Удель- ные потери на тре- ние, R , Па/м	Поп- равка на шеро- хова- тость, $\beta_{\text{ш}}$	Потери на трение на учас- тке, $Rl\beta_{\text{ш}}$, Па	Сумма коэф- фици- ентов мест- ных сопро- тивле- ний, $\sum \xi$	Дина- миче- ское давле- ние, $\rho v^2/2$	Потери давле- ния на мест- ные сопро- вления, $Z = \sum \xi$ $\times \rho v^2/2$, Па	Потери давле- ния на участке $Rl\beta_{\text{ш}} + Z$, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Расчёт канала 3-го этажа. Располагаемое гравитационное давление $\Delta P_{\text{гр.3}} = 2,94$ Па													
1	90	0	1P 250×250	0,0361	0,69	-	-	-	-	1,2	0,288	0,345	0,345
2	90	0,7	140×270	0,0378	0,66	184	0,05	1,35	0,047	2,63	0,261	0,687	0,734
3	270	4,5	350×320	0,112	0,67	334	0,0253	1,18	0,134	1,19	0,269	0,32	0,454
4	270	3,5	300×300	0,09	0,83	300	0,039	1	0,136	2,5	0,413	1,032	1,168
													$\Sigma 2,701$
$\frac{2,94 - 2,701}{2,94} \cdot 100 \% = 8,1 \%,$ <div>Запас давления составит,</div> <div>что меньше 10%</div>													
Расчёт канала 2-го этажа. Располагаемое гравитационное давление $\Delta P_{5+6+7} = \Delta P_{\text{гр}2} - \Delta P_{3+4}$; Па $\Delta P_{\text{гр}2} = 4,71 - (0,454 + 1,168) = 3,088$, Па													
5	90	0	1P 150×200	0,0173	1,444	-	-	-	-	1,2	1,253	1,5	1,5
6	90	3,7	140×270	0,378	0,66	184	0,05	1,35	0,25	3,06	0,261	0,81	1,06
7	180	0,4	350×320	0,112	0,45	334	0,013	1,12	0,006	0,5	0,122	0,064	0,07
													$\Sigma 2,627$
$\frac{3,088 - 2,627}{3,088} \cdot 100\% = 14,8\%$													

Продолжение таблицы 5													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Расчёт канала 1-го этажа. Располагаемое гравитационное давление $\Delta P_{гр8+9+10} = \Delta P_{гр1} - \Delta P_{3+4+7} = 6,47 - (0,454 + 1,168 + 0,067) = 4,81$ Па													
8	90	0	2P150×200	0,0346	0,72	-	-	-	-	1,2	0,311	0,373	0,373
9	90	6,7	140×140	0,0196	1,276	140	0,21	1,52	2,139	2,4	0,977	2,344	4,83
10	90	0,4	350×320	0,112	0,225	334	0,007	1,06	0,003	2,25	0,003	0,007	0,01
													$\Sigma 5,213$
$\frac{4,781 - 5,213}{4,781} \cdot 100\% = -9\%$													
таблица 6 - Расчёт воздуховодов системы ВЕ2													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Расчёт канала 3-го этажа. Располагаемое гравитационное давление $\Delta P_{гр.3} = 2,94$ Па													
1	90	0	1P150×200	0,0173	1,45	-	-	-	-	1,2	1,26	1,52	1,52
2	90	3,5	140×270	0,0378	0,66	184	0,05	1,35	0,24	2,5	0,261	0,65	0,89
													$\Sigma 2,41$
$\frac{2,94 - 2,41}{2,91} \cdot 100\% = 18\%$ то есть данный расчёт укладывается в располагаемое давление													
Расчёт канала 2-го этажа. Располагаемое гравитационное давление $\Delta P_{гр.2} = 4,71$ Па													
3	90	0	2P150×150	0,026	0,96	-	-	-	-	1,2	0,55	0,66	0,66
4	90	6,5	140×140	0,0196	1,276	140	0,21	1,52	2,08	2,5	0,98	2,45	4,53
													$\Sigma 5,19$
$\frac{5,19 - 4,71}{5,19} \cdot 100\% = 9\%$													
Расчёт канала 1-го этажа. Располагаемое гравитационное давление $\Delta P_{гр.1} = 6,47$ Па													
5	90	0	2P150×150	0,026	0,96	-	-	-	-	1,2	0,55	0,66	0,66
6	90	9,5	140×140	0,0196	1,276	140	0,21	1,52	3,032	2,5	0,98	2,45	5,482
													$\Sigma 6,14$
$\frac{6,47 - 6,14}{6,47} \cdot 100\% = 5\%$													

4. Расчет систем пневмотранспорта

Системы аспирации и пневмотранспорта проектируют, как правило, коллекторные. Эти системы надежны в эксплуатации. Коллектор может быть горизонтальным (т.е. проложенным вдоль цеха) или вертикальным. Наибольшее распространение получили кустовые (паукообразные) системы, которые применяют в цехах с небольшой высотой (4 – 6 м). Коллекторы (сборники) закрепляют на кронштейнах к колоннам, стенам, подвешивают к перекрытию, фермам, чтобы они и воздуховоды не мешали движению внутризаводского транспорта. Рассчитываемая схема представлена на рис. 4.

Воздуховоды рассчитывают из условия одновременной работы всех отсосов. При расчете необходимо тщательно увязывать потери давлений в отдельных ответвлениях сети, допуская невязку не более 5%. Увязку чаще всего производят расходами воздуха (увеличивая их). Иногда на вертикальных участках аспирационных систем устанавливают диафрагмы, если удаляется сухая, неслипающаяся и неволокнистая пыль.

Длина ответвлений не должна превышать 20 м. Расчет воздуховодов рекомендуется проводить по методу скоростных (динамических) давлений, при этом потери давления в воздуховодах на трение заменяются эквивалентными потерями давления на местные сопротивления:

$$P_y = (\xi_{\text{зам}} + \sum \xi) \cdot \frac{\rho v^2}{2}, \text{ Па}, \quad (8)$$

где $\sum \xi$ - сумма коэффициентов местных сопротивлений на расчетном участке воздуховода;

$\frac{\rho v^2}{2}$ - динамическое давление, Па.

Приведенный коэффициент трения

$$\xi_{\text{тр}} = \frac{\lambda}{d} \cdot l, \quad (9)$$

где λ - коэффициент сопротивления трения;

d - диаметр воздуховода, мм;

l - длина расчетного участка воздуховода, м.

Значение $\frac{\lambda}{d}$ следует принимать по [2, табл. 22,56], т.е. расчет воздуховодов допускается производить так же, как и воздуховодов общего назначения, принимая при этом скорости движения воздуха не ниже допускаемых для пыли данного вида.

Потери давления на трение для воздуховодов из гибких металлических рукавов при отсутствии данных следует принимать в 2,5 раза больше величин, приведенных в [2, табл. 22.15].

При перемещении воздуха с механическими примесями, ($\mu > 0,01$ кг/кг) потери давления в сети на трение, местные сопротивления и подъем транспортируемых с воздухом примесей P_n следует определять по формуле

$$P_n = 1,1 \sum [P_{yч} (1 + K \cdot \mu)] + \sum l_{\epsilon} \cdot g \cdot \rho \cdot \mu, \text{Па}$$

где K – опытный коэффициент, зависящий от характера транспортируемого материала. Для древесных отходов $K=1,4$ [1];

1,1 – коэффициент на неучтенные потери;

l_{ϵ} – длина вертикального участка воздуховода;

μ – весовая концентрация смеси, равная отношению массы транспортируемого материала к массе чистого воздуха, для кустовых схем – $\mu=0,1$ кг/кг;

ρ – плотность воздуха кг/м³.

Если $\sum(l_{\epsilon} g \rho \mu)$ составляет менее 30 Па, ее можно в расчетах не учитывать.

Пример 7

Рассчитать систему пневмотранспорта деревообрабатывающего производства В2, представленную на рис. 7. Наименование станков записано в графе 3 табл. 4. Нумерация станков проставлена с плана цеха. Зная тип и марку станка, из [1, табл. 9.1] выписываем минимальный объем отсасываемого воздуха L (гр. 5), минимальную скорость движения смеси v (гр. 6), и коэффициент местного сопротивления отсоса ξ в ведомость местных сопротивлений. Длины участков (гр. 7) выписываются с аксонометрической схемы

В соответствии с L_{min} и v_{min} из [2, табл. 22.15] выписываются расчетные L , v , d . Для этого в [2, табл. 22.15] находится значение скорости $v = v_{min}$, и в этой строчке находится значение диаметра воздуховода, в котором расход L близок к L_{min} . Затем по столбцу данного диаметра опускаемся вниз до полного совпадения расхода L с L_{min} . Для данного значения L выписываются фактические скорость v и динамическое давление P_d . По [2, табл. 22.56] выбирают λ/d для участков 1 — 7 и заполняют соответственно графы 8-11. Определяем $\xi_{зам} = (\lambda/d)l$ (гр.12) табл. 4.

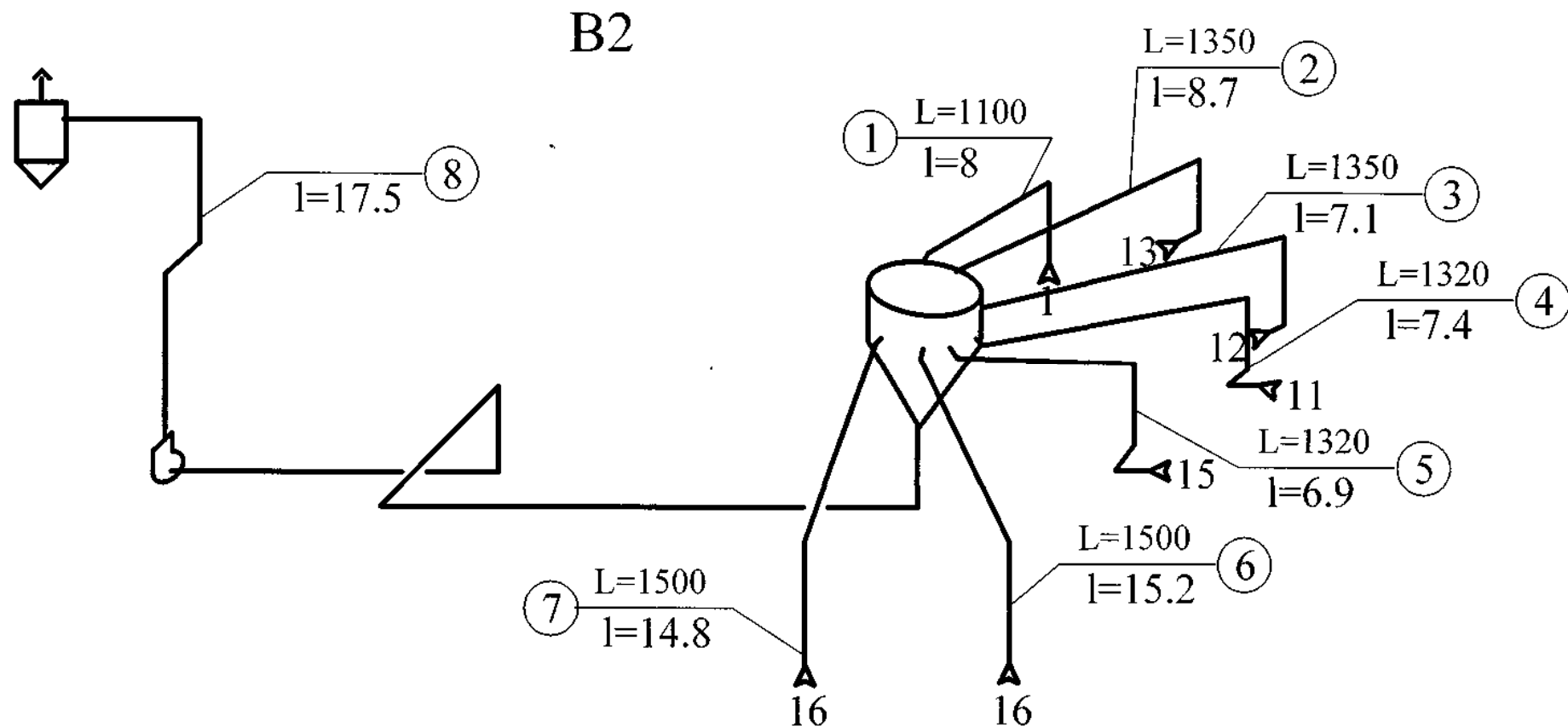


Рис.7. Расчетная схема системы пневмотранспорта

Ведомость местных сопротивлений В2

Участок 1	Участок 2
1. Местный отсос $\zeta_{м.о.}=1$ [1, табл.9.1] 2. Два отвода $130^\circ(60^\circ)$ $\zeta_{отв}=2 \times 0,21=0,42$ [2, табл.22.52] 3. Вход в коллектор (внезапное расширение) $\zeta=1$ [2, табл.22.31]	1. Местный отсос $\zeta_{м.о.}=1,5$ [1, табл.9.1] 2. Отвод 90° [2, табл.22.52] $\zeta_{отв}=0,25$ 3. Два отвода $130^\circ(60^\circ)$ $\zeta_{отв}=2 \times 0,21=0,42$ [2, табл.22.52] 4. Вход в коллектор (внезапное расширение) $\zeta=1$ [2, табл.22.31]
$\sum \zeta=2,42$	$\sum \zeta=3,17$
Участок 3	Участок 4
1. Местный отсос $\zeta_{м.о.}=1,5$ [1, табл.9.1] 2. Отвод 90° [2, табл.22.52] $\zeta_{отв}=0,25$ 3. Два отвода $130^\circ(60^\circ)$ $\zeta_{отв}=2 \times 0,21=0,42$ [2, табл.22.52] 4. Вход в коллектор (внезапное расширение) $\zeta=1$ [2, табл.22.31]	1. Местный отсос $\zeta_{м.о.}=0,8$ [1, табл.9.1] 2. Два отвода 90° [2, табл.22.52] $\zeta_{отв}=2 \times 0,25=0,5$ 3. 2. Два отвода $130^\circ(60^\circ)$ $\zeta_{отв}=2 \times 0,21=0,42$ [2, табл.22.52] 4. Вход в коллектор (внезапное расширение) $\zeta=1$ [2, табл.22.31]
$\sum \zeta=3,17$	$\sum \zeta=2,72$
Участок 5	Участок 6, 7
1. Местный отсос $\zeta_{м.о.}=0,8$ [1, табл.9.1] 2. Два отвода $130^\circ(60^\circ)$ $\zeta_{отв}=2 \times 0,21=0,42$ [2, табл.22.52] 3. Два отвода 90° [2, табл.22.52] $\zeta_{отв}=2 \times 0,25=0,5$ 4. Вход в коллектор (внезапное расширение) $\zeta=1$ [2, табл.22.31]	1. Местный отсос $\zeta_{м.о.}=1,2$ [1, табл.9.1] 2. 2. Два отвода $130^\circ(60^\circ)$ $\zeta_{отв}=2 \times 0,21=0,42$ [2, табл.22.52] 3. Вход в коллектор (внезапное расширение) $\zeta=1$ [2, табл.22.31]
$\sum \zeta=2,72$	$\sum \zeta=2,62$
Участок 8	
1. Сужение в коллекторе, $\zeta=0,1$ 2. Пять отводов 90° [2, табл.22.52] $\zeta=5 \times 0,25=1,25$ 3. Вход в вентилятор, [2, табл.22.45] $\zeta=0,5$ 4. Выход из вентилятора, $\zeta=0,1$ [2, табл.22.47] 5. Утка [2, табл.22.52], $\zeta=0,18 \times 2=0,36$	
$\sum \zeta=2,31$	

Затем составляется ведомость местных сопротивлений, и сумма коэффициентов $\sum \zeta$, на участке проставляется в гр. 13. Производя дальнейшие, вычисления, заполняем графы 14,15,16. Проанализировав значения потерь давления в графе 16, заметим, что они изменяются от 646,6 Па до 853 Па, а в процентах это изменение составит:

$$\text{участок № 1 } \frac{853 - 811}{853} \cdot 100\% = 4,9\%,$$

$$\text{участок № 3 } \frac{853 - 818}{853} \cdot 100\% = 4,1\%,$$

$$\text{участок № 4 } \frac{853 - 695,7}{853} \cdot 100\% = 18,4\%, \text{ что } > 5\%,$$

$$\text{участок № 5 } \frac{853 - 685,5}{853} \cdot 100\% = 19,6\%, \text{ что } > 5\%,$$

$$\text{участок № 6 } \frac{853 - 652,6}{853} \cdot 100\% = 23,4\%, \text{ что } > 5\%,$$

$$\text{участок № 7 } \frac{853 - 646,6}{853} \cdot 100\% = 24\%, \text{ что } > 5\%,$$

Если уменьшать потери на участке 2, то для этого надо увеличить диаметр участка, что приведет к уменьшению минимальной скорости v_{min} , что недопустимо. Для увеличения сопротивления участков 4-7 можно было бы уменьшить диаметр, но скорость тогда возрастет более 20 м/с. Расчет участков 1 - 3 оставляем без изменений. На участках 4 и 5 определяем расход воздуха L и потери давления на участке $P_{уч}$, исходя из максимального значения скорости 20 м/с [2, табл. 22.15].

Если потери полного давления на участках расходятся между собой более чем на 5%, то увеличивают количество воздуха до значения, определяемого следующим образом:

а) делением расчетного значения потерь давления (в нашем примере 811-853 Па) на сумму $\xi_{зам} + \sum \xi$, графы 14 получают новое динамическое давление, которое вносят в графу 15 верхней строчкой $811 / 3,982 = 204$ Па;

б) по [2, табл. 22.15] находят расчетную скорость воздуха, соответствующую полученному динамическому давлению ($204 \text{ Па} \rightarrow 18,4 \text{ м/с}$), и записывают в графу 9. Поскольку согласно табл. 22.15 предельная максимальная скорость $v = 20 \text{ м/с}$, то таковая и принимается в расчете;

в) по диаметру воздухопровода 180 мм (графа 10) и новой расчетной скорости $v = 18,4 \text{ м/с}$ (графа 9) находят необходимое количество воздуха, которое записывают верхней строчкой в графу 8 ($1445 \text{ м}^3/\text{ч}$), и новое значение полных потерь давления $P = 240 \times 3,482 = 836 \text{ Па}$.

Расход воздуха участка 8 определяют путем суммирования расходов воздуха участков 1 – 7 с учетом внесенных изменений и вычисляют потери описанным выше способом, выбирая диаметр участка из условия, что скорость движения воздуха должна быть больше максимальной из минимальных. Потери давления в сети без учета перемещения взвешенных веществ определяются

$$P_c = 853 + 836 = 1689 \text{ Па.}$$

С учётом перемещения взвешенных веществ

$$P_n = 1,1 \cdot 1689 (1 + 1,4 \cdot 0,1) = 2118 \text{ Па.}$$

Таблица 7 Расчет системы пневмотранспорта В2

№ Уч-ка	№ Стан-ка	Наименование станка	Марка станка	Заданные величины			Принятые величины				$\xi_{зам} = (\lambda/d) l$	$\sum \xi$	$\xi_{зам} + \sum \xi$	$P_{дин} = \rho v^2/2$	$P_n = P_{дин} \times (\xi_{зам} + \sum \xi)$
				L_{min} м³/ч	v_{min} м/с	l , м	Расчет. L , м³/ч	Расчет. v , м/с	d , мм	λ/d					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	1	Напольный отсос		1100	18	8	1100	20	140	0,12	0,96	2,42	3,38	240	811,2
2	13	Станок фрезерный одношпиндельный с механической подачей	ФС-1	1350	18	8,7	1350	18,7	160	0,103	0,896	3,17	4,066	209,8	853
3	12	То же	ФС-1	1350	18	7,1	1350	18,7	160	0,103	0,731	3,17	3,901	209,8	818
4	11	Станок фуговальный с ручной подачей	СФ-6	1320	18	7,4	1445 1320	20 18,25	160	0,103	0,762	2,72	3,482	240 199,8	836 695,7
5	15	То же	СФ-6	1320	18	6,9	1445 1320	20 18,25	160	0,103	0,711	2,72	3,431	240 199,8	836 685,5
6	16	Станок шлифовальный ленточный с ручным перемещением стола и утюжк	ШЛПС-5П	1500	16	15,2	1600 1500	18,3 16,45	180	0,092	1,398	2,62	4,0182	202 162,4	811 652,6
7	16	То же	ШЛПС-5П	1500	16	14,8	1600 1500	18,4 16,45	180	0,092	1,362	2,62	3,982	204 162,4	811 646,6
8						17,5	9911	21,9	400	0,34	0,595	2,31	2,905	287,8	836

Библиографический список

1. Внутренние санитарно-технические устройства: Справочник проектировщика. Ч 3: Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 1/Под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. 4-е изд. М. : Стройиздат, 1992.310с.
2. Тоже. Кн. 2 .416с.
3. Отопление, вентиляция и кондиционирование [Текст]: СНиП 41-01-2003: утв. Госстроем России: введ. в действие 26.06.2003. - М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004. – 56 с.
4. Внутренние санитарно-технические устройства: Справочник проектировщика. Ч. 2: Вентиляция и кондиционирование воздуха / Под ред. И.Г. Староверова. 3-е изд. М.: Стройиздат, 1978. 510 с.
5. Вентиляция учебн. для вузов по спец. «Теплогазоснабжение и вентиляция» / П.Н.Каменев, Е.И.Тертичник.; МАСВ, 2008 – 624с

Приложение А

ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНЫЕ ВЕНТИЛЯЦИОННЫЕ РЕШЕТКИ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Предназначены для оборудования систем вентиляции, воздушного отопления и кондиционирования воздуха в зданиях, помещениях и сооружениях различного назначения. Исполнение решеток учитывает повышенные требования к внешнему виду. Изготовлены решетки из листовой оцинкованной стали.

Предусмотренное регулирующее устройство обеспечивает возможность регулирования расхода приточного воздуха и изменения направления и скорости воздушного потока.

Регулирование расхода воздуха и изменение наклона лопаток регулятора направления осуществляется с помощью ключа.

Имеют пожаробезопасное исполнение за счет применения негорючих лакокрасочных материалов широкой цветовой гаммы.

Возможен выпуск решеток любых типоразмеров, по специальному заказу.

Выпускается несколько типов вентиляционных решеток:

А) - решетки с вертикальными или (и) горизонтальными жалюзями;

Б) - решетки с вертикальными или горизонтальными жалюзями и блоком регулировки;

В) - решетки с вертикальными и горизонтальными жалюзями и блоком регулировки.

Приточно-вытяжные решетки с горизонтальными пластинами для регулирования диапазона действия и направления воздушного потока. Пластины каплеобразной формы настраиваются поштучно. Возможна установка блока регулирования объема воздуха.

Основной цвет - белый. Покраска в любой цвет по желанию заказчика.

Приточно-вытяжные решетки с вертикальными пластинами для регулирования диапазона действия и направления воздушного потока. Пластины каплеобразной формы настраиваются поштучно. Возможна установка блока регулирования объема воздуха.

Основной цвет - белый. Покраска в любой цвет по желанию заказчика.

Приточно-вытяжные решетки с вертикальными и горизонтальными пластинами для регулирования диапазона действия и направления воздушного потока. Пластины каплеобразной формы настраиваются поштучно. Возможна установка блока регулирования объема воздуха.

Основной цвет - белый. Покраска в любой цвет по желанию заказчика.

Крепление решеток осуществляется:

1. при помощи болтов (видимое крепление) без монтажной рамы или с монтажной рамой;
2. на зажиме защелки (невидимое крепление) без монтажной рамы.

Таблица 1 - Площадь живого сечения решеток (м²)

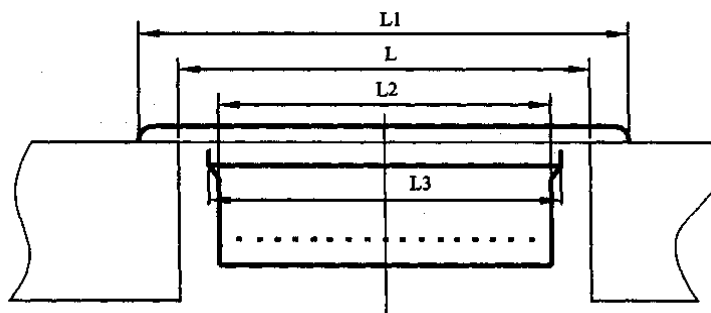
Длина, мм	Высота, мм				
	75	125	225	325	425
РС-Г					
225	0,0075	0,0160	0,0328	0,0496	0,0665
325	0,0109	0,0231	0,0474	0,0717	0,0961
425	0,0145	0,0307	0,0630	0,0953	0,1277
525	0,0181	0,0383	0,0786	0,1189	0,1593
625	0,0217	0,0459	0,0942	0,1425	0,1909
825	0,0289	0,0611	0,1254	0,1897	0,2541
1025	0,0361	0,0763	0,1566	0,2369	0,3171
1225	0,0433	0,0915	0,1878	0,2841	0,3805
РС-В					
225	0,0088	0,0170	0,0333	0,0497	0,0659
325	0,0127	0,0245	0,0481	0,0717	0,0953
425	0,0171	0,0329	0,0645	0,0961	0,1277
525	0,0214	0,0412	0,0808	0,1204	0,1600
625	0,0257	0,0495	0,0971	0,1447	0,1923
825	0,343	0,0661	0,1297	0,1933	0,2569
1025	0,0430	0,0828	0,1624	0,2420	0,3216
1225	0,0516	0,0994	0,1950	0,2906	0,3862
РС-ВГ					
225	0,0070	0,0150	0,0294	0,0437	0,0581
325	0,0100	0,0224	0,0393	0,0586	0,0778
425	0,0155	0,0268	0,523	0,0778	0,1033
525	0,0175	0,0334	0,0652	0,0970	0,1288
625	0,0209	0,0400	0,0781	0,1162	0,1544
825	0,0279	0,0532	0,1039	0,1547	0,2054
1025	0,0348	0,0664	0,1298	0,1931	0,2564
1225	0,0417	0,0797	0,1556	0,2315	0,3075

Таблица 2 -

Масса стальных вентиляционных решёток

Размер, L × H, мм	Масса, кг					
	Горизон- тальные жалюзи	Вертикаль- ные жалюзи	Горизон- тальные и вертикаль- ные жалюзи	Горизон- тальные и блок регу- лировки	Вертикаль- ные и блок регу- лировки	Горизон- тальные и верти- кальные жалюзи и блок регулиру- ровки
225×75	0,6	0,7	1,0	1,3	1,5	1,5
325×75	0,8	0,9	1,3	1,6	1,8	2,1
425×75	1,0	1,2	1,6	2,0	2,3	2,6
525×75	1,3	1,5	2,0	2,4	2,8	3,2
625×75	1,5	1,7	2,4	3,0	3,5	3,8
825×75	1,9	2,2	3,1	3,8	4,4	5,1
1025×75	2,2	2,5	3,5	4,4	5,1	5,9
1225×75	2,7	3,1	4,0	5,1	5,9	6,9
225×125	0,8	0,9	1,3	1,8	2,1	2,0
325×125	1,1	1,3	1,6	2,1	2,4	2,6
425×125	1,3	1,5	2,1	2,7	3,1	3,3
525×125	1,6	1,8	2,7	3,3	3,8	4,2
625×125	1,9	2,2	3,0	3,7	4,3	4,7
825×125	2,3	2,7	3,7	4,7	5,4	6,2
1025×125	2,8	3,2	4,3	5,5	6,3	7,3
1225×125	3,3	3,8	5,0	6,5	7,5	8,4
225×225	1,2	1,4	1,9	2,5	2,9	2,8
325×225	1,4	1,6	2,2	2,8	3,2	3,5
425×225	1,6	1,8	2,7	3,4	3,9	4,4
525×225	2,0	2,3	3,1	3,9	4,5	5,1
625×225	2,3	2,7	3,7	4,7	5,4	6,0
825×225	2,9	3,3	4,5	5,9	6,8	7,9
1025×225	3,6	4,1	5,3	7,0	8,1	9,4
1225×225	4,2	4,8	6,0	9,1	10,5	10,7
325×325	1,7	2,0	3,0	3,9	4,5	5,0
425×325	1,9	2,2	3,3	4,2	4,8	5,4
525×325	2,2	2,5	3,9	5,1	5,9	6,4
625×325	2,8	3,2	4,8	7,0	8,1	7,7
825×325	3,5	4,0	5,8	7,6	8,7	9,9
1025×325	4,4	5,1	7,0	9,3	10,7	12,0
1225×325	5,3	6,1	8,2	11,0	12,7	14,0
625×425	3,9	4,5	6,5	8,3	9,6	10,2
825×425	5,2	6,0	8,1	10,4	12,0	12,8
1025×425	6,1	7,0	9,4	12,5	14,4	15,2
1225×425	6,7	7,7	10,4	14,2	16,3	16,8

ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ



Размеры строительного проёма, мм		Размеры решётки, мм				Внутренние размеры блока регулировки, мм	
длина	ширина	наружные		внутренние			
L	H	L1	H1	L2	H2	L3	H3
225	75	225	105	205	55	210	55
325		325		305		310	
425		425		405		410	
525		525		505		510	
625		625		605		610	
825		825		805		405(2шт)	
1025		1025		1005		505(2шт)	
1225		1225		1205		605(2шт)	
225	125	225	155	205	105	210	105
325		325		305		310	
425		425		405		410	
525		525		505		510	
625		625		605		610	
825		825		805		405(2шт)	
1025		1025		1005		505(2шт)	
1225		1225		1205		605(2шт)	
225	225	225	255	205	205	210	205
325		325		305		310	
425		425		405		410	
525		525		505		510	
625		625		605		610	
825		825		805		405(2шт)	
1025		1025		1005		505(2шт)	
1225		1225		1205		605(2шт)	
225	325	225	355	205	305	210	305
325		325		305		310	
425		425		405		410	
525		525		505		510	
625		625		605		610	
825		825		805		405(2шт)	
1025		1025		1005		505(2шт)	
1225		1225		1205		605(2шт)	
625	425	625	455	605	405	610	405
825		825		805		405(2шт)	
1025		1025		1005		505(2шт)	
1225		1225		1205		605(2шт)	



Таблица 4 - Основные данные стандартных жалюзийных вентиляционных решеток

Размер, мм	Площадь живого сечения, м ²	Пропускная способность, м ³ /ч, при скорости воздуха в живом сечении, м/с						
		0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
100×100	0,0087	12,5	15,6	18,7	21,8	25	28	31
150×150	0,013	18,7	23,4	28	32,7	37	42	47
150×200	0,0173	24,9	31,2	37,4	43,6	50	56	62
150×250	0,0217	31,4	38	46,8	54,6	62	70	78
150×300	0,026	37,4	46,8	56,2	65,6	75	84	94
200×200	0,0231	33,2	41,6	49,8	58,2	67	75	83
200×250	0,0289	41,6	52	62,4	72,8	83	94	104
200×300	0,0346	49,9	62,3	74,8	87	100	112	125
250×250	0,0361	52	65	78	91	104	117	130
200×350	0,0405	58,3	73	87	102	117	132	146

Таблица 5 Решетки жалюзийные односекционные неподвижные штампованные (СТД301иСТД302),

размеры, мм					
Обозначение	Площадь живого сечения, м ²	А	Б	В	Масса, кг
СТД-301	0.052	490	150	28	1
СТД-302	0.066	580	150	28	1.1

Таблица 6 Коэффициенты местных сопротивлений для жалюзийных решёток

Вход → $V_{жс}$		$\xi=1,2$
Выход ← $V_{жс}$		$\xi=2,2$