

Выбор скорости воздуха в воздуховодах систем вентиляции, кондиционирования, аспирации и противодымной защиты

В. Н. Боломатов, инженер, Почетный строитель РФ

Ключевые слова: воздуховод, скорость воздуха, аэродинамический шум, аэродинамический расчет

Вентиляционная сеть (далее воздуховод) является основной частью любой системы вентиляции, кондиционирования воздуха и аспирации и включает воздуховоды, фасонные элементы и сетевое оборудование. Нормативных документов по определению оптимальной скорости воздуха в воздуховодах нет, т. к. диапазон выбора скоростей находится в широких пределах, от 0,3 до 30,0 м/с, и зависит от многих индивидуальных факторов сети, в т. ч.: категории здания, назначения помещения, материала и формы воздуховода, наличия в сети изоляции, фасонных элементов, дроссельных и регулировочных устройств и многих других условий.

В настоящее время источником выбора являются ведомственные рекомендации или справочники, которые разработаны в 1965–1970 годах и в основном для минимальных скоростей, обеспечивающих потери давления в сетях, которые могут быть компенсированы типовыми, относительно дешевыми вентиляторами низкого или среднего давления, и не подтверждены конструктивной и экономической целесообразностью. Кроме

того, рекомендуемые низкие скорости «перенасыщают» производственные здания воздуховодами больших размеров или не могут обеспечить приемлемую степень заполнения воздуховодами дорогостоящего объема зданий жилого или общественного назначения. Рассмотрим воздуховоды некоторых систем, наиболее часто встречающиеся в практике проектирования.

Воздуховоды. Общие сведения

Конструирование сети, как правило, начинают с составления аксонометрической схемы системы с обязательным указанием пространственного расположения воздуховодов, длины каждого участка сети при заданных расходах по участкам и выбранной скорости воздуха в воздуховодах, по которым далее определяются сечения воздуховода и потери давления. Скорость следует именно рассчитать, выбрать ту скорость движения воздуха, которая представляется оптимальной для конкретной системы, руководствуясь соображениями конструктивной и экономической целесообразности.

Воздуховоды и фасонные элементы проектируются из унифицированных стандартных деталей [1]. Воздуховоды могут быть прямоугольной или круглой формы и, как правило, изготавливаются из металла. Если применяются воздуховоды или каналы из других материалов, при расчетах необходимо учитывать поправку на эквивалентную шероховатость стенок воздуховода.

Прямоугольные воздуховоды вследствие их низких аэродинамических характеристик, высокой стоимости изготовления и монтажа проектируются при обосновании и применяются при ограниченном пространстве шахт или подшивных потолков в общественных или жилых зданиях. При проектировании нестандартных сечений соотношение сторон для воздуховодов прямоугольных сечений не должно превышать 1:4 [2]. При проектировании системы вентиляции с естественным удалением воздуха воздуховоды выполняют с соотношением сторон не более 1:2.

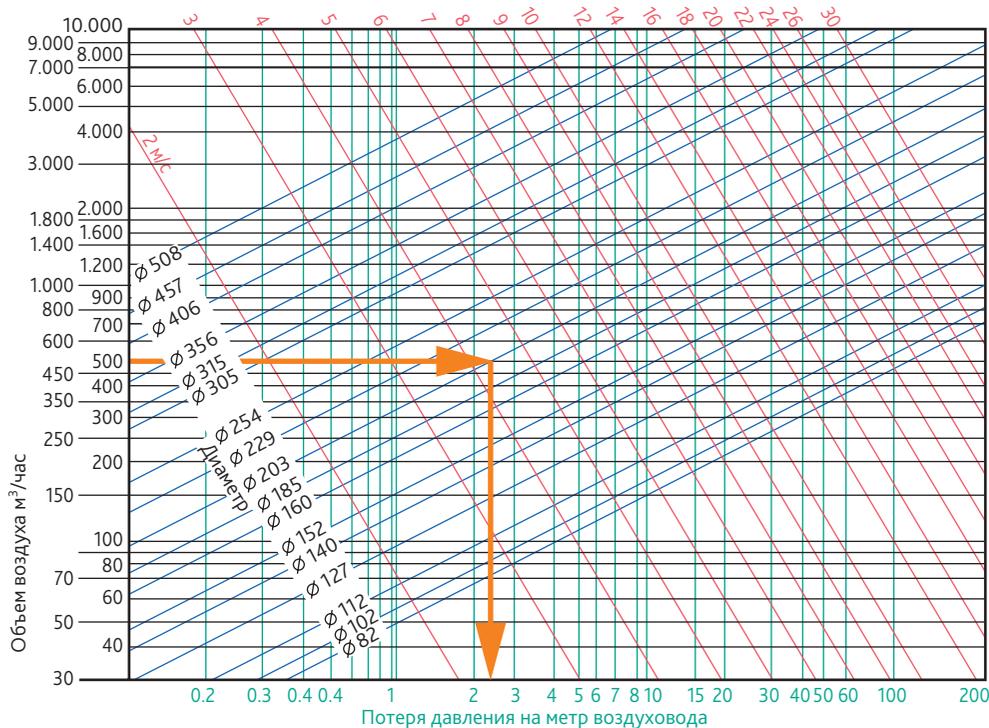
Круглые воздуховоды более объемны, но имеют лучшие аэродинамические показатели, низкий уровень аэродинамического шума воздушного потока, технологичны при изготовлении и монтаже и широко применяются в строительстве. Для взаимозаменяемости прямоугольных и круглых воздуховодов используют термин эквивалентного диаметра, определяемого по зависимости:

$$D = 2AB / (A + B), \quad (1)$$

где A и B – стороны.

Эквивалентный диаметр прямоугольного воздуховода – это диаметр условного воздуховода, в котором потери давления на трение равны.

На практике при конструировании систем вентиляции, кондиционирования и аспирации предпочтительно следует отдавать воздуховодам круглого сечения. Аэродинамический расчет системы вентиляции проводят с помощью специализированных программ или таблиц справочных источников [3, 4].



■ Рис. 1. Диаграмма расчета воздуховодов

Расчет по методу динамических давлений может выполняться и по диаграммам (рис. 1). Погрешность расчета по диаграммам не превышает 3–5%, что достаточно для некоторых расчетов. Если перемещается воздух с температурой выше 50 °С, при расчетах необходимо учитывать соответствующую поправку.

Воздуховоды систем с естественным побуждением

При выборе скорости воздуха определяющим является источник побуждения – ветровой или гравитационный.

Для ветровых систем при использовании дефлектора и расчетном напоре 5,0–6,0 Па скорости воздуха, по данным многочисленных источников, в т.ч. [8], принимают в пределах 1,0–1,5 м/с.

Таблица 1

Скорость движения воздуха на различных участках вентиляционной системы

№ п/п	Наименование	Скорость воздуха, м/с
1	Воздухоприемные решетки	0,3–0,6
2	Вертикальные каналы	0,5–1,0
3	Горизонтальные сборные короба	0,6–0,8
4	Вытяжные шахты	1,0–1,5

Для гравитационных систем при тепловом перепаде $\Delta t = 5^\circ\text{C}$ и располагаемом давлении 3,0–4,0 Па скорости воздуха, по данным разнообразных справочников, в т. ч. [9], принимают в пределах 0,5–1,5 м/с. В магистральных вытяжных шахтах зданий от четырех до 12 этажей оптимальная скорость при расчетном напоре более 6,0 Па может достигать 2,0 м/с. Диапазон скоростей для отдельных участков рекомендуется принимать по табл. 1.

Для зданий высотой более 12 этажей или при расчетном тепловом перепаде более $\Delta t = 6^\circ\text{C}$ следует проводить расширенный расчет.

Системы с механическим побуждением. Общие сведения

При разработке вентиляционных систем с механическим побуждением используют метод допустимых скоростей или метод динамических давлений. При расчете сети воздуховодов по методу допустимых скоростей за исходные данные принимают расчетную оптимальную скорость воздуха. Далее определяют сечение участков (диаметр или размер сторон) и потери давления в вентиляционной сети. Метод применяется на стадии создания рабочих чертежей.

При конструировании сети воздуховодов по методу динамических давлений за исходные данные принимают потери давления в вентиляционной сети. Далее устанавливают скорость воздуха и принимают сечение участков. Метод предполагает постоянную потерю напора на погонный метр воздуховода, на основе этого определяют размеры сети воздуховодов. Метод постоянной потери напора достаточно прост, является ориентировочным расчетом и применяется при разработке схем на стадии проекта или технико-экономического обоснования.

Таблица 2

Скорость движения воздуха в зависимости от особенностей установки воздуховодов и назначения помещения

№ п/п	Наименование помещения	Скорость воздуха, м/с			
		Прямоугольные воздуховоды		Круглые воздуховоды	
		Над подвесным потолком	Непосредственно в помещении	Над подвесным потолком	Непосредственно в помещении
1	Санузлы, коридоры	10	8	11	9
2	Конференц-залы, учебные классы, магазины	8	7	8	6
3	Кабинеты, номера в гостиницах, палаты в больницах, библиотеки	7	4	6	5
4	Жилые помещения	5	2	3	4

Воздуховоды систем жилых и общественных зданий

При выборе скорости воздуха в воздуховодах определяющей становится величина скорости, которая принимается исходя из акустических ограничений. При расчете уровней шума систем вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления в помещении учитывается не только шум от скорости движения воздуха в воздуховодах, но и возможное снижение уровня звуковой мощности в элементах сети. Скорость воздуха в воздуховодах – основная причина аэродинамического шума, возникающего на линейных участках, ответвлениях, регулирующих устройствах и других компонентах систем. Уровень аэродинамического шума в воздуховоде пропорционально зависит от скорости воздуха и вычисляется по формуле:

$$L_w = 10 + 50 \log(v) + 10 \log(A), \quad (2)$$

где L_w – уровень звуковой мощности, дБ;

v – скорость воздуха, м/с;

A – площадь поперечного сечения воздуховода, м^2 .

Техническая задача проектировщика – выбрать скорость в воздуховодах таким образом, чтобы соблюдались как оптимальные скорости, так и предельно допустимые уровни шума для соответствующих помещений, т. е. найти компромисс между уровнем шума и скоростью воздуха в воздуховоде. Диапазон скоростей с допустимым уровнем шума в помещениях находится в пределах 3–5 м/с, в воздуховодах шахт и технических помещений – 6–9 м/с. В табл. 2 приведены скорости движения воздуха в воздуховодах с учетом особенностей установки и назначения помещения.

В качестве справочного источника по акустическому расчету систем вентиляции жилых и общественных зданий используется [4]. Расчет воздуховодов и выбор скорости воздуха в воздуховодах систем жилых зданий рекомендуется выполнять по [5].

Воздуховоды систем складов и производственных зданий

Для современных складов и цехов принято проектировать системы с механическим побуждением. Вентиляционное оборудование и воздуховоды складов и производственных зданий, как правило, размещаются в пределах объема здания или на прилегающих территориях, причем скорость движения воздуха в воздуховодах ничем не

ограничивается, кроме конструктивной и экономической целесообразности. При проектировании приточных и вытяжных систем складов и цехов целесообразно указывать в техническом задании диапазон скоростей движения воздуха в воздуховодах, в т. ч. и помещений, где шум вентиляционной установки не должен усиливать уровень общего производственного шума. Рекомендованная скорость движения воздуха для различных помещений складов и производственных зданий приведена в табл. 3.

Воздуховоды местных систем и аспирации

При расчете воздуховодов вентиляционных систем используют метод допустимых скоростей или метод динамических (скоростных) давлений. Метод динамических давлений принимается, если концентрация пыли превышает 0,01 кг/кг. При расчете сети воздуховодов по методу допустимых скоростей за исходные данные принимают оптимальную скорость воздуха. Сети местных систем и аспирации, как правило, короткие, местных сопротивлений немного, целесообразно применять более высокие скорости, чтобы сократить расход металла на вентиляцию и не «перенасыщать» интерьер цеха воздуховодами больших размеров. Кроме того, в местных системах и системах аспирации скорость на участках не может быть меньше скорости «витания» транспортируемого

Таблица 3

Рекомендованные скорости движения воздуха для складов и производственных зданий

№ п/п	Наименование помещения	Скорость воздуха, м/с
1	Складские помещения без рабочих мест	16–20
2	Складские помещения с рабочими местами	10–14
3	Производственные цеха	14–22
4	Технические и вспомогательные помещения	10–12
5	Комнаты отдыха, раздевалки	8–10

ОТ РЕДАКЦИИ

В статье А. Л. Наумова, О. С. Судьиной «Оптимизация проектирования и энергоэффективность трубопроводных сетей инженерных систем здания» (АВОК, № 4, 2009) рассматривалась проблема выбора оптимальных скоростей движения рабочей среды в трубопроводных сетях с учетом экономической целесообразности. Авторы статьи отмечали, что «Стремись минимизировать затраты на трубопроводы и сетевые элементы, а также сэкономить полезный объем здания, проектировщики, как правило, принимают рабочие скорости среды, близкие к максимально допустимым, производительность насосов и вентиляторов с хорошим запасом. А запас этот действительно необходим, так как прямые линии трассировок в проекте трансформируются в причудливые «загогулины», обходящие выступы, балки, колонны при реальном монтаже.

Нередко возникает необходимость из-за высоких скоростей воздуха в системах вентиляции устанавливать дополнительные шумоглушители, тем самым увеличивая еще больше аэродинамическое сопротивление сети».

В статье проанализировано изменение энергетических и экономических показателей трубопроводной сети при изменении средней скорости движения рабочей среды и показано, что экономически оптимальная скорость движения рабочей среды соответствует минимально допустимым скоростям. А учитывая, что до 80 % электроэнергии в системах жизнеобеспечения зданий приходится на привод насосов и вентиляторов, оптимизация гидравлических и аэродинамических режимов работы инженерных систем позволит радикально снизить энергоемкость зданий при сравнительно небольших затратах.

Таблица 4

Рекомендованные скорости движения воздуха в зависимости от назначения воздухопроводов

№ п/п	Назначение воздухопроводов	Скорость воздуха, м/с
1	Системы для удаления сыпучих материалов*	12–20
2	Системы для удаления теплоты и влаги	12–16
3	Системы для удаления пыли и газа	14–16
4	Системы от сварочных постов	8–14
5	Системы от наждачных устройств**	18–22
6	Системы от деревообделочных станков***	16–20
7	Системы от химических ванн	6–8

* При выборе учитывать уровень концентрации и форму материала.

** При выборе учитывать состав обрабатываемого материала.

*** При выборе учитывать форму отходов.

материала, во избежание выпадения переносимой воздушным потоком примеси в воздухопроводах.

При расчетах необходимо обеспечить нарастание скорости движения воздуха от воздухопровода местного отсоса до выброса. Невыполнение этих требований создаст условия для накопления пыли в отдельных участках сети и как следствие – для взрыва или пожара. Скорость движения воздуха в воздухопроводах находится в диапазоне 15–30 м/с. Расчет воздухопроводов для некоторых местных систем выполняется по [6], систем аспирации по [7] или другим ведомственным справочным источникам по проектированию вентиляции производственных зданий. Рекомендованные скорости движения воздуха в воздухопроводах для различных участков и видов транспортируемой пыли приведены в табл. 4.

Воздуховоды систем противодымной вентиляции

Скорости движения воздуха в воздухопроводах систем подпора или дымоудаления находятся в диапазоне 15–25 м/с. Следует отметить, что при расчетах систем дымоудаления вместо скорости воздуха используется массовая скорость смеси дыма и воздуха, которая существенно ниже вследствие значительной разности плотности воздуха при температуре помещения и дымовых газов по участкам сети. Рекомендованные массовые скорости дымовых газов для различных воздухопроводов при температуре дымовых газов 300 °С приведены в табл. 5.

Таблица 5

Рекомендованные массовые скорости дымовых газов ($t = 300 \text{ }^\circ\text{C}$) для различных воздухопроводов

№ п/п	Наименование участка	Массовая скорость, кг/(с·м ²)
1	В сечении клапана	8–10
2	Горизонтальный воздухопровод	10–14
3	Вертикальный воздухопровод	14–15
4	Воздуховод после вентилятора	15–16

Расчет воздухопроводов систем дымоудаления выполняется по [10]. В качестве справочного источника используется [11].

Вывод

Для повышения оперативности и качества выполняемых проектных работ необходимо расширить поиски алгоритма выбора оптимальных скоростей движения воздуха в воздухопроводах для основных видов зданий и помещений и разработать стандартные решения для практического применения.

Литература

1. ВСН 353-86. Проектирование и применение воздухопроводов из унифицированных деталей. – 1986.
2. СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.
3. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. – М.: Машиностроение, 1992.
4. СП 271.1325800.2016. Системы шумоглушения воздушного отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Правила проектирования.
5. СТО СРО НП СПАС-05-2013. Расчет и проектирование систем вентиляции жилых многоквартирных зданий.
6. Рысин С. А. Вентиляционные установки машиностроительных заводов. Справочник. Изд. 3-е, перераб. – М.: Машиностроение, 1964.
7. Рекомендации по проектированию систем аспирации.
8. Харитонов В. П. Естественная вентиляция с побуждением // АВОК. – 2006. – № 3.
9. Расчет систем естественной вентиляции // АВОК. – 2013. – № 6.
10. СП 7.13130.2013. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности.
11. МДС 41-1.99. Рекомендации по противодымной защите при пожаре.