

Расчет аэродинамических параметров вентиляционной сети

А. А. Бородкин, технический директор компании ООО «Инженерное бюро ВИНДЭКО»

Ключевые слова: система вентиляции, величина расхода приточного воздуха, величина расхода вытяжного воздуха, потери давления в сети, уровень шума, скорость воздуха, концентрация CO₂

Регуляторы расхода на притоке и вытяжке в каждом отдельно взятом помещении являются неотъемлемым атрибутом вентиляционных систем. При этом их наличие не гарантирует 100 %-ного совпадения фактического и проектного расходов. А это означает, что существующий подход к расчету сетей воздуховодов не позволяет выполнять оценки значений параметров воздуха в помещениях. В данной статье предлагаются вниманию результаты применения альтернативного подхода к расчету аэродинамических параметров систем вентиляции. По мнению автора, именно значения реальных расходов приточного и вытяжного воздуха в каждом отдельно взятом помещении должны быть окончательным результатом расчета сети, а не величины падений давления. Информация о фактических величинах расходов позволяет оценить значения всех параметров, отвечающих за комфорт в помещении, а именно – концентрации CO₂, уровня шума, скорости и переохлаждения воздуха в рабочей зоне (далее РЗ).

Стандартная процедура расчета параметров сети воздуховодов в первую очередь используется для подбора приточно-вытяжного агрегата. Для этого в сети выделяется наиболее нагруженная ветка, потери давления в которой достигают максимального значения. Расчеты потерь давления на проход, на поворот, на трение ведутся в предположении, что расходы воздуха на притоке и вытяжке в каждом помещении известны и равны проектным. Для обеспечения проектных расходов применяются регуляторы расхода – CAV-регуляторы, IRIS и т. п. Из

того факта, что точность регуляторов не может быть равной нулю – например, для CAV она лежит в диапазоне $\pm 5 \div 10\%$ в зависимости от расхода, – следует, что на практике величина фактического расхода всегда будет отличаться от проектной даже при применении регуляторов. Так, при использовании CAV-регуляторов фактический расход будет лежать в диапазоне $V_{\text{факт}} = V_{\text{проект}} \cdot (1 \pm 0,05 \div 0,1)$. Причем заранее предсказать конкретное значение расхождения невозможно. В отсутствие информации о фактической величине расхода не представляется возможным

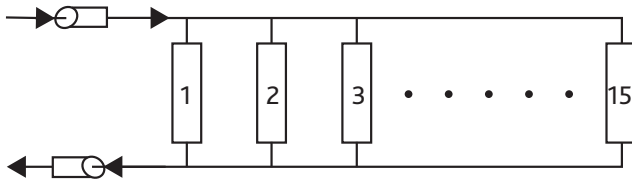


Рис. 1. Схема присоединения 15 одинаковых помещений к системе вентиляции

Таблица 1

Параметры вытяжного воздуховода

Высота, мм	Ширина, мм	Площадь на проход, м ²	Эквивалентный диаметр, м	Длина, м	Расстояние между решетками, м
600	200	0,12	0,30	60	3,80

оценить отклонения от нормируемых параметров в помещении, например концентрации CO₂.

Идея альтернативной методики базируется на подходе, предложенном в [1] для расчета воздуховодов постоянного расхода. Отличие заключается в том, что для расчета изменения статического давления по длине воздуховода используются формулы для потерь давления на поворот и проход [2] и потери давления в воздухораспределительном устройстве (ВР) [6]. В отличие от существующей методики расчета потерь давления в сети, в которой местные потери представляют собой функции от скоростей, в предлагаемой методике эти же функции преобразуются к виду, где расходы воздуха на входе и выходе из помещения зависят от соответствующих значений падения давления. Применяя последовательно эти выражения для каждого отвода в уравнениях движения, от входа в приточный до выхода из вытяжного воздуховода, можно определить значения расходов воздуха в каждом отдельно взятом ВР в зависимости от величины полного давления и скорости воздуха на входе/выходе в приточный/вытяжной воздуховоды.

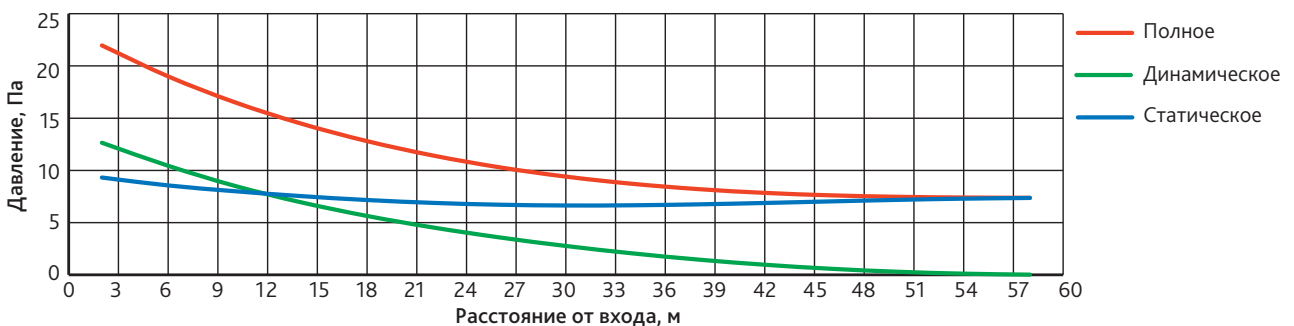


Рис. 2. Изменение давлений по длине приточного воздуховода

Изменение величины полного давления на входе в приточный воздуховод и на выходе из вытяжного изменяет характер распределения статического давления по длине воздуховодов и, как следствие, меняет распределение расхода воздуха на каждом отдельно взятом ВР, установленном на приточном и вытяжном воздуховодах. Процедура считается завершённой, когда расходы воздуха на входе приточного воздуховода и на выходе из вытяжного достигают проектных величин.

В качестве иллюстрации предлагаются результаты расчета, реализованные для системы вентиляции 15 одинаковых помещений, присоединенных к одному приточному и одному вытяжному воздуховоду (рис. 1). Параметры воздуховода представлены в табл. 1. Предполагается, что приточный и вытяжной воздуховоды могут быть размещены за потолком в коридоре.

Для подачи и вытяжки воздуха в помещения применены жалюзийные решетки с регуляторами расхода с противовращением лопаток (-AG), см. табл. 2. 100 %-ное открытие соответствует полностью открытому регулятору расхода. Основные характеристики всех помещений сведены в табл. 3.

Таблица 2

Параметры жалюзийных решеток с регуляторами расхода с противовращением лопаток (-AG)

Тип регулятора	Ширина, мм	Высота, мм	Козф. живого сечения	Процент открытия регулятора, %
-AG	200	100	0,70	100

Таблица 3

Основные характеристики помещений

Кол-во людей	Гендерный состав	Вид работы	Приведенное кол-во CO ₂ , гр/час/чел	Расход на человека, м ³ /ч	Расход на помещение, м ³ /ч
4	1	легкая	35	33	132

Цифра 1 в столбце «Гендерный состав» в табл. 3 означает, что 100% людей в помещении – мужчины. Значения мощности источников CO₂ взяты из [4].

Результаты расчета изменения полного, статического и динамического давления в приточном и вытяжном воздуховодах представлены на рис. 2 и 3 соответственно.

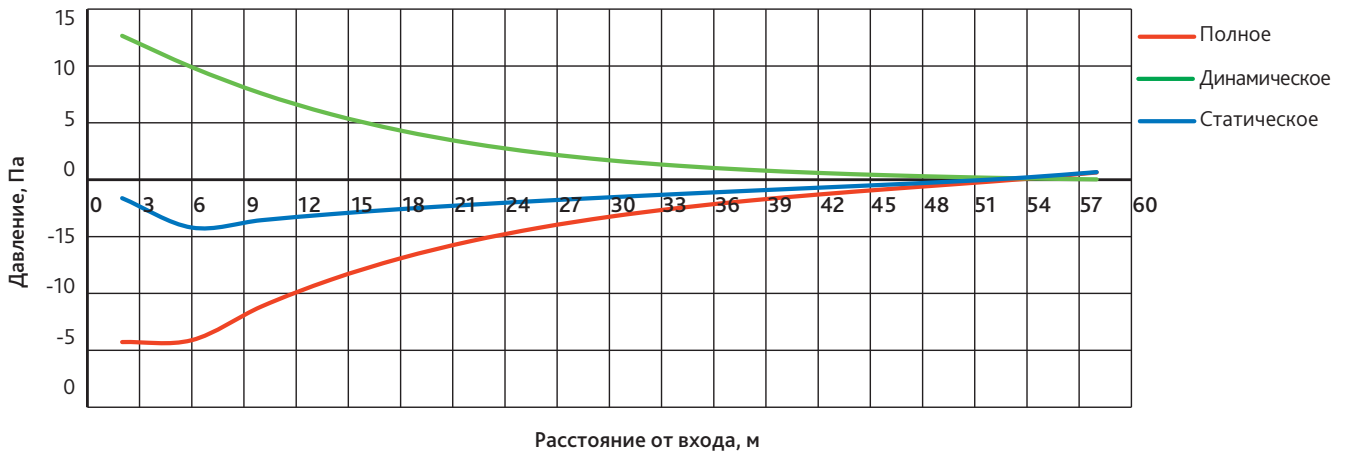


Рис. 3. Изменение давлений по длине вытяжного воздуховода

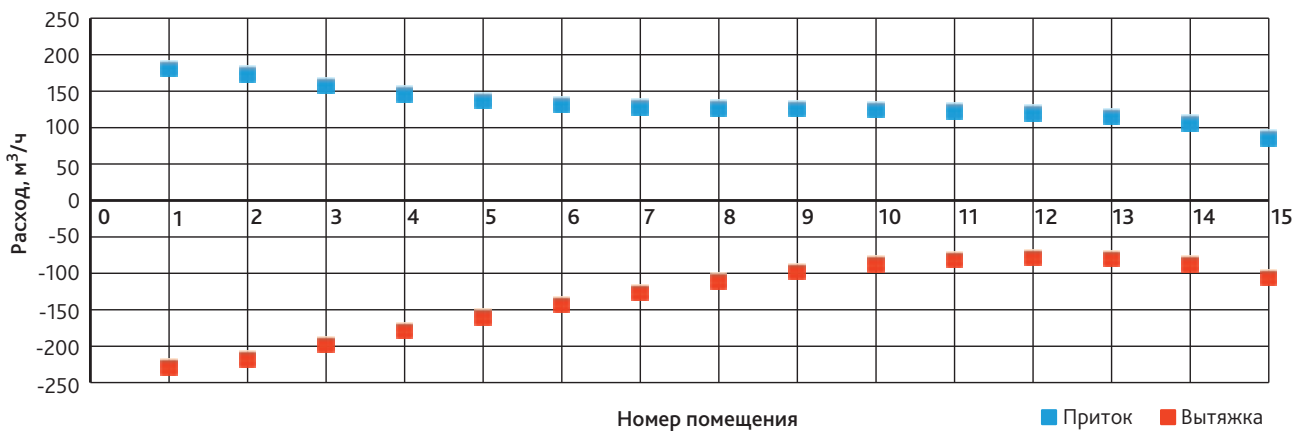


Рис. 4. Значения расходов воздуха на решетках, установленных в приточном и вытяжном воздуховодах

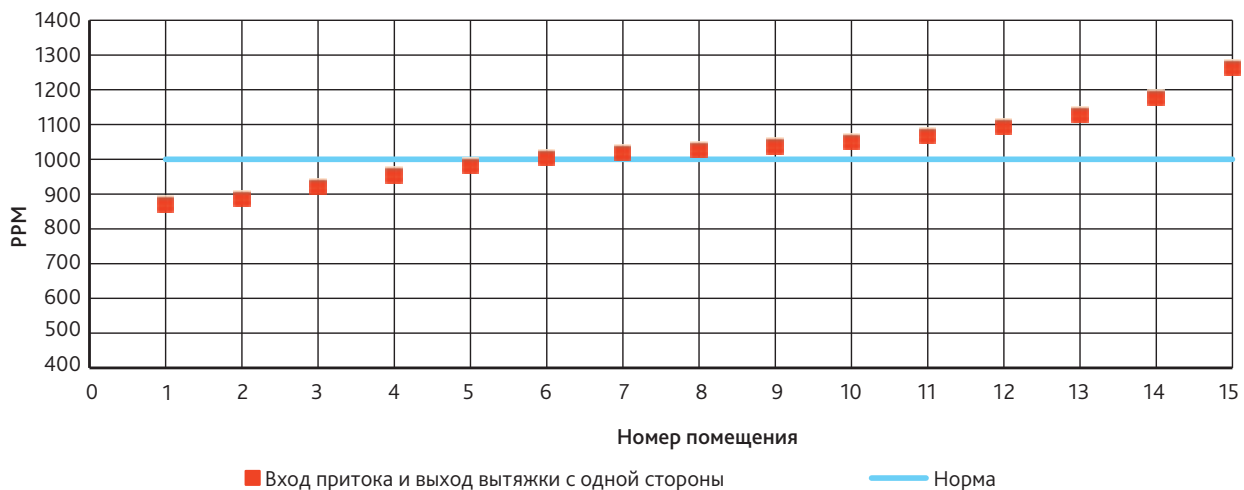


Рис. 5. Прогнозируемая концентрация CO₂ в помещении в ppm

Таблица 4

Основные параметры комфорта в помещении

№ помещения	Концентрация CO ₂ в помещении, ppm	Уровень шума в помещении, dB(A)	Скорость воздуха в РЗ, м/сек	Отклонение давления в помещении от давления в коридоре, Па
1	871	31	0,42	-1,06
2	887	30	0,40	-0,93
3	922	27	0,37	-0,74
4	954	24	0,34	-0,49
5	981	20	0,32	-0,25
6	1004	0	0,31	-0,07
7	1020	0	0,30	0,00
8	1028	0	0,30	0,12
9	1038	0	0,29	0,38
10	1051	0	0,29	0,63
11	1069	0	0,29	0,80
12	1093	0	0,28	0,79
13	1128	0	0,27	0,57
14	1177	0	0,25	0,17
15	1264	0	0,20	-0,19

Величины расходов воздуха в каждой отдельно взятой приточной и вытяжной решетке представлены на рис. 4. Значения расходов воздуха в вытяжных решетках приняты отрицательными.

Изменение основного для вентиляции параметра воздуха в помещениях – концентрации CO₂ – представлено на рис. 5.

Основные параметры, характеризующие комфорт в помещениях, сведены в табл. 4. Они иллюстрируют тот факт, что заявляемый метод позволяет делать возможным расчет основных параметров комфорта в каждом отдельно взятом помещении.

Последний столбец табл. 4 иллюстрирует, что наличие дисбаланса давлений в помещении ведет к появлению перетока воздуха между помещениями через коридор. В нашем конкретном случае движение воздуха идет в направлении из последних помещений в первые. Для расчета уровня шума и скорости воздуха в РЗ использовались соотношения из [5] и [3] соответственно.

Данный подход будет особенно востребованным, когда применение регуляторов расхода нежелательно, например при высоких требованиях к акустике помещений, отсутствии достаточного пространства для монтажа воздухопроводов,

регуляторов и глушителей шума, при необходимости применения протяженных воздухопроводов и т. д.

По мнению автора, предлагаемый подход удобен для проектировщиков в качестве дополнения к существующему, т. к. позволяет при изменении любого одного или нескольких параметров из табл. 1, 2, 3, выполнив коррекцию величин полного давления на входе приточного и выходе вытяжного воздухопроводов, оценить последствия своего решения по изменениям любого параметра в табл. 4 одновременно для всех помещений.

Литература

1. Талиев В. Н. Аэродинамика вентиляции. – М.: Стройиздат, 1979.
2. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / Под ред. М. О. Штейнберга. 3-е изд. – М.: Машиностроение, 1992.
3. Шепелев И. А. Аэродинамика воздушных потоков в помещениях. – М.: Стройиздат, 1978.
4. Каменев П. Н. Отопление и вентиляция: Учебник для вузов. Ч. 2. 2-е изд. – М.: Стройиздат, 1964.
5. Юдин Е. Я. Справочник проектировщика. Защита от шума. – М.: Стройиздат, 1974.
6. VDI 2081 part 1. Noise generation and noise reduction in air-conditioning systems.