

Комфорт, вентиляторные доводчики и жалюзийные решетки

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

Ключевые слова: вентиляторный доводчик, жалюзийная решетка, диффузор, каналный доводчик, спектральный уровень мощности шума, расход воздуха, скорость воздуха

В настоящее время одними из самых распространенных устройств, эффективно удаляющих избытки теплоты из помещений различного назначения, являются вентиляторные доводчики с водой или фреоном в качестве хладагента. Конструктивно они могут быть выполнены либо в виде корпуса со встроенным воздухораспределительным устройством (ВР), либо без ВР. Последний вариант – каналные доводчики. В качестве ВР в них могут применяться жалюзийные решетки, вихревые, веерные или щелевые диффузоры. Также они могут оснащаться глушителями шума. В зависимости от состава оборудования, которым будет доукомплектовываться доводчик, значительно меняется стоимость комплекта. А вот как зависит уровень комфорта от состава оборудования, попробуем разобраться в данной статье.

Принимая решение выиграть тендер путем снижения капитальных затрат, проектировщики зачастую отказываются от установки глушителей шума и выбирают для использования самые дешевые ВР – жалюзийные решетки. При этом они не берут в расчет, комфортно ли будет чувствовать себя человек в помещении с подобным комплектом оборудования. Попытаемся оценить последствия такого решения.

В качестве базового варианта возьмем низконапорный каналный доводчик, имеющий практически самую малую холодопроизводительность в серии, равную 2800 Вт. На разных скоростях вентилятор доводчика способен выдавать 540, 450 и

390 м³/ч воздуха. С помощью $H-d$ -диаграммы для максимальной скорости вентилятора можно оценить температуру воздуха, выходящего из доводчика. При $Q = 2800$ Вт она будет равна 13,7 °С. Это соответствует переохлаждению приточного воздуха относительно температуры воздуха в помещении $dT_0 = -10,3$ К. Спектральные уровни мощности шума доводчика при разных скоростях вентилятора представлены в табл. 1.

Итак, доводчик комплектуется жалюзийными решетками. Спектральные уровни шума, генерируемые жалюзийной решеткой с площадью эффективного сечения, равной 0,1 м², при разных величинах эффективных

скоростей истечения воздуха из нее представлены в табл. 1.

В зависимости от размеров решетки и скорости истечения воздуха из решетки траектории струи будут различаться. В первую очередь форма струи будет зависеть от того, удалось ли реализовать условия, при которых струя настигается на потолок (эффект Коанда) или отрывается от потолка (свободная струя). Это определяется величиной критерия Архимеда, A_r [1]. Анализ номограмм из [2] позволил сделать вывод, что при $A_r \leq 0,01$ струя настигается на потолок, иначе – отрывается.

Располагая величиной расхода воздуха и задаваясь значением эффективной скорости,

Табл. 1

Спектральные уровни мощности шума доводчика при различных скоростях вентилятора и спектральные уровни шума, генерируемые жалюзийной решеткой с площадью эффективного сечения, равной 0,1 м²/сек, при различных величинах эффективных скоростей истечения воздуха из нее

Частота, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Вентиляторный доводчик								
Скорость вентилятора	Уровень мощности шума, dB							
Низкая	58	58	48	47	45	40	37	37
Средняя	59	60	50	50	50	43	39	35
Высокая	60	62	53	51	52	47	41	35
Жалюзийная решетка $A_{эфф} = 0,1 \text{ м}^2$								
Эффективная скорость, м/с	Уровень мощности шума, dB							
2	15	15	15	15	–	–	–	–
3	25	26	25	25	17	–	–	–
4	33	34	33	33	25	17	–	–

можно определить величину эффективной площади, а значит, и рассчитать соответствующее значение A_r . Сравнивая полученное значение с 0,01, можно сделать вывод о том, развивается ли струя воздуха как свободная либо как струя, настилающаяся на потолок. Если принять величину эффективной скорости в решетке равной 2 м/с, то при расходе воздуха, равном 540 м³/ч, и переохлаждении –10,3 К значение A_r превысит 0,01. Это означает, что струя отрывается от потолка и развивается как свободная. Характерная форма траектории струи и положение ее входа в рабочую зону представлены на рис. 1. Для расчета траектории струи и ее параметров использовалась [3].

Выбор эффективной скорости, равной 2 м/с, не случаен. Как правило, именно это значение эффективной скорости принимают проектировщики при выборе сечения решетки. При этом расчет выполняется только для максимального расхода воздуха.

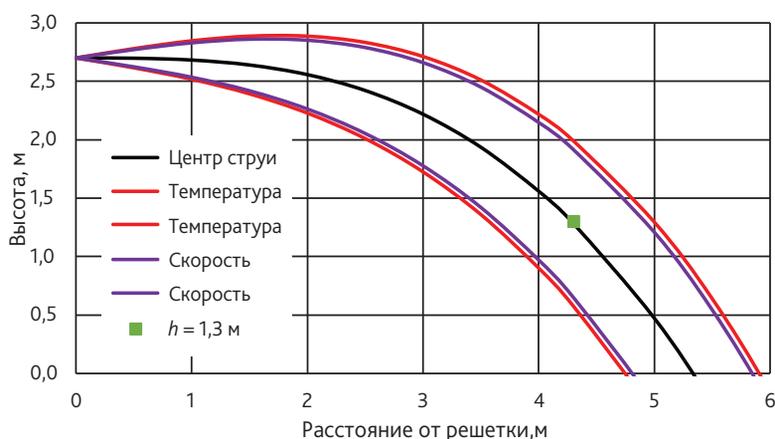
Насколько удачен такой подход с точки зрения комфорта, иллюстрирует табл. 2. В ней для

максимального и минимального расходов воздуха приведены значения скорости и переохлаждения воздуха на входе в рабочую зону.

Можно предположить, что степень дискомфорта коррелирует с процентом людей, испытывающих ощущение сквозняка. В свою очередь, в соответствии с [4], процент людей, испытывающих ощущение дискомфорта, определяется парой значений «переохлаждение–скорость» воздуха на входе в рабочую зону. Данные из табл. 2 на рис. 2 совмещены с зависимостями

процента людей, испытывающих ощущение сквозняка при расчетных парах значений параметров струи в рабочей зоне. Последнее иллюстрирует тот факт, что при значении эффективной скорости, равном 2 м/с, 100 % людей, находящихся в помещении, будут испытывать ощущение сквозняка. Причем наблюдается тенденция, что при уменьшении расхода воздуха процент людей, испытывающих дискомфорт, растет.

Попытаемся улучшить ситуацию с комфортом. Для этого изменим процедуру выбора размеров решетки.



■ Рис. 1. Траектория струи, динамическая и тепловая границы струи при максимальном расходе доводчика 540 м³/ч, $V_{эфф} = 2 \text{ м/сек}$, $dT_0 = -10,3 \text{ К}$

Таблица 2

Значения скорости и переохлаждения воздуха в рабочей зоне

Кол-во устройств	Эффективная скорость на выходе, м/сек	Эффективное сечение одного устройства, м ²	Скорость в рабочей зоне, м/с	Переохлаждение в рабочей зоне, К	Длина прямого участка струи, м	Расход, м ³ /ч
1	2,00	0,075	0,87	-2,66	4,3	540
1	1,45	0,075	0,88	-3,31	3,5	390

Таблица 3

Значения скорости и переохлаждения воздуха в рабочей зоне после оптимизации выбора решеток и скорости воздуха

Кол-во устройств	Эффективная скорость на выходе, м/сек	Эффективное сечение одного устройства, м ²	Скорость в рабочей зоне, м/с	Переохлаждение в рабочей зоне, К	Длина прямого участка струи, м	Расход, м ³ /ч
1	3,70	0,041	0,76	-1,77	6,70	540
1	2,63	0,041	0,54	-1,78	6,70	390
2	3,10	0,024	0,49	-1,36	6,70	540
2	2,25	0,024	0,36	-1,36	6,70	390
3	2,90	0,017	0,39	-1,15	6,70	540
3	2,11	0,017	0,28	-1,15	6,70	390

1. Выбор проходного сечения решетки/тока будем проводить при минимальном расходе воздуха.

2. Величину эффективной скорости воздуха будем рассчитывать, полагая, что критерий Архимеда равен 0,01. Это условие позволит реализовать эффект Коанда.

3. Используем максимально возможное количество решеток.

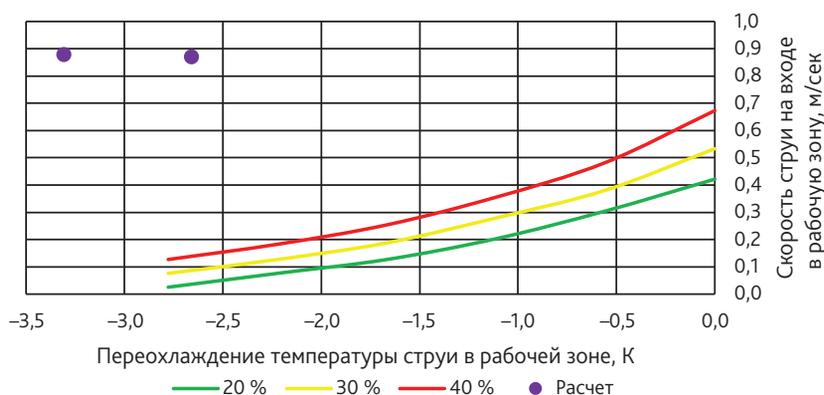
Результаты реализации алгоритма представлены в табл. 3 и

на рис. 3 для случая применения одной, двух и трех решеток.

Данные табл. 3 и рис. 3 свидетельствуют, что в результате увеличения количества решеток и эффективной скорости истечения воздуха удается значительно снизить процент людей, испытывающих ощущение дискомфорта. Причем достигается это без ухудшения акустического комфорта в помещении, которого можно было ожидать в связи с увеличением скорости более 2 м/с.

Этот эффект объясняется довольно просто. Известно, что с уменьшением размеров ВР, в данном случае – решетки, снижается генерируемый им шум, а также растет интенсивность перемешивания приточного воздуха в струе с воздухом в помещении. Тенденции снижения уровня шума, генерируемого решеткой, и увеличения коэффициента эжекции (характеризующего интенсивность перемешивания) при уменьшении размеров решетки иллюстрирует рис. 4. В нашем примере при фиксированном расходе воздуха на выходе из доводчика увеличение эффективной скорости и увеличение количества решеток ведет к уменьшению размеров единичной решетки.

Необходимо отметить, что конструктивные ограничения всегда препятствуют росту числа решеток. Кроме того, описанный выше эффект имеет место быть только при условии, что отсутствует смыкание струй соседних решеток. В соответствии с [2],



■ Рис. 2. Процент людей, испытывающих ощущение сквозняка

только если расстояние между соседними решетками превышает $0,15L$, где L – длина струи до препятствия, отсутствует смыкание струй.

Известно, что шум, генерируемый вентиляторными доводчиками, вносит существенный вклад в акустический комфорт в помещении. Рис. 5 служит подтверждением того, что для помещений с высокими требованиями к шуму необходимо использовать глушители шума на входе и выходе из доводчика.

Также данные, представленные на рис. 5, позволяют утверждать, что:

- уровень шума, генерируемый доводчиком, вносит основной вклад в акустический комфорт в помещении;
- отсутствие глушителей шума даже при малых скоростях вентилятора ограничивает применение доводчиков в помещениях с высокими требованиями к шуму;
- вклад шума, генерируемого решетками при скоростях, превышающих 3 м/с, мал по сравнению с шумом, генерируемым доводчиками.

Если еще раз обратиться к рис. 3, можно констатировать, что удалось добиться значительного улучшения комфорта. Однако окончательный процент людей, испытывающих ощущение сквозняка, оказался недопустимо большим – более 40 %. Это свидетельствует о том, что комплектовать жалюзийными решетками вентиляторные доводчики не рекомендуется.

Особо необходимо отметить, что при использовании более одной решетки появляется необходимость применять пленумы. Шум, генерируемый последними, может значительно превышать шум от решеток.

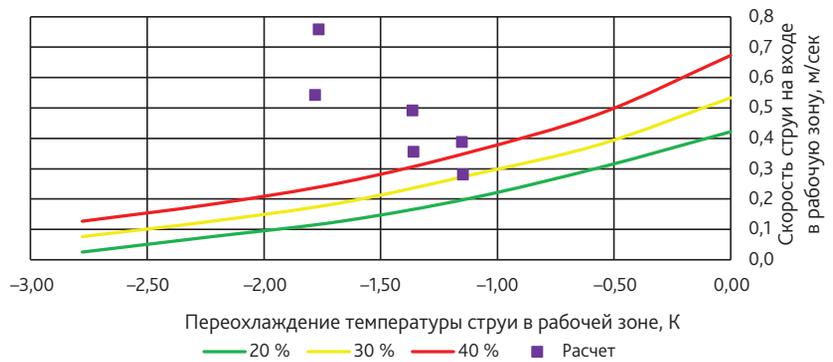


Рис. 3. Процент людей, испытывающих ощущение сквозняка, после оптимизации выбора решеток и скорости воздуха

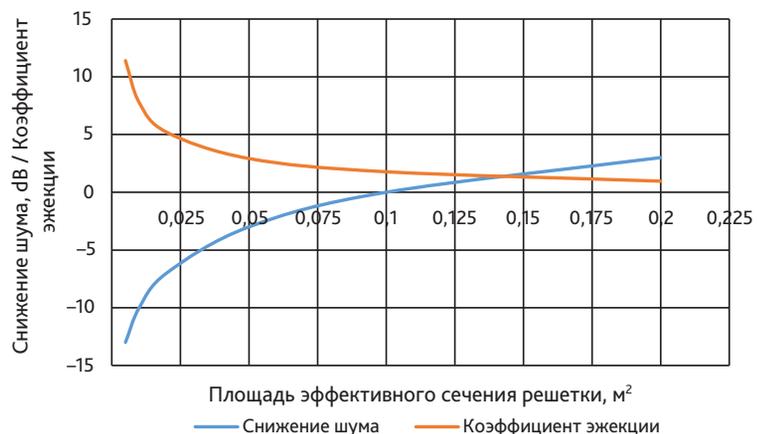


Рис. 4. Изменения уровня шума и коэффициента эжекции в зависимости от размеров решетки

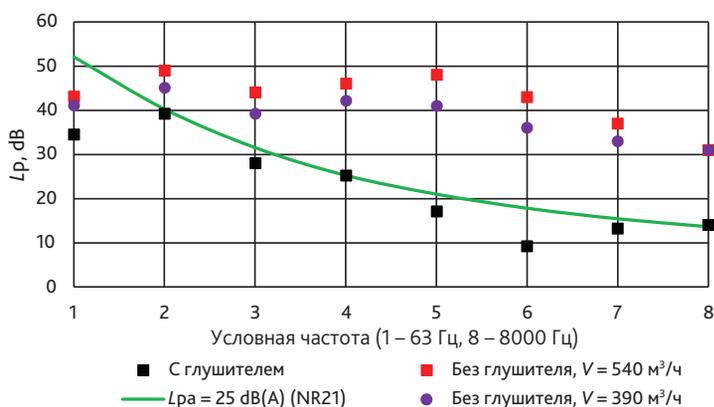


Рис. 5. Спектральный уровень звукового давления в помещении при $V_{эфф} = 3,5$ м/сек и $A_{эфф} = 0,1$ м²

Литература

1. Гримитлин М. И. Распределение воздуха в помещениях. – СПб., 1994.
2. Каталог Grilles Linear Griles 1/1/ EN/5 TROX Technik.
3. Шепелев И. А. Аэродинамика воздушных потоков в помещении. – М.: Стройиздат, 1978.
4. Fundamentals. – ASHRAE Handbook. – 2009.