



Алгоритм подбора активных климатических балок

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

Ключевые слова: активные климатические балки, тепловой баланс, холодопроизводительность, суммарный расход воздуха

Одно из достоинств активных климатических балок – низкий уровень генерируемого ими шума. На основании этого факта продвигается идея, что с помощью данного устройства можно добиться высокого комфорта в помещениях. Однако акустика – это только один из факторов комфорта в помещении, отсутствие сквозняков в рабочей зоне не менее важно, а вот в этом вопросе нет достаточной информации. Также отсутствует простой и надежный алгоритм подбора активных климатических балок.



ru.dpostphotos.com

16 и 15 °С соответственно. Что касается расхода воды, то он ограничен потерями давления в теплообменнике, которые обычно не должны превышать 10 кПа. Максимальный расход наружного воздуха, подаваемого в балку, может быть ограничен либо акустикой, либо потерями давления на теплообменнике. Примем, что реализуется сценарий, в котором максимальный расход воздуха лимитируется потерями давления в соплах и теплообменнике. Ограничим их величиной 100 Па.

При заданном числе людей в помещении для определения количества суммарного расхода наружного воздуха, подаваемого на вход всех балок, достаточно знать расход наружного воздуха на одного человека.

Обратимся теперь к техническим характеристикам активных балок. Из паспорта изделия берем три значения расхода наружного воздуха ($V_{\text{балка}}$) – минимальное, среднее, максимальное – и считаем соответствующие величины полной холодопроизводительности балки ($Q_{\text{балка}}$). Соответствующие значения для балки длиной 2 м взяты из [1]. Табл. 1 дополнена информацией о величине коэффициента $K_{\text{балка}}$, который представляет собой результат деления холодопроизводительности балки на соответствующее значение расхода воздуха. Аналогичные данные для другого производителя представлены в табл. 2. Таблицы иллюстрируют тот факт, что с увеличением величины расхода первичного воздуха величина коэффициента $K_{\text{балка}}$ падает, что означает снижение эффективности использования воздуха

Запишем тождество:

$$\frac{Q_{\text{сум}}}{V_{\text{сум}}} = \frac{Q_{\text{чел}} \cdot N_{\text{чел}}}{V_{\text{чел}} \cdot N_{\text{чел}}} = \frac{Q_{\text{балка}} \cdot N_{\text{балка}}}{V_{\text{балка}} \cdot N_{\text{балка}}} = K_{\text{балка}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{сум}}$ – количество явной теплоты, выделяемой в помещении всеми источниками теплоты, включая проникающую и солнечную составляющие (результат расчета теплового баланса помещения);

$V_{\text{сум}}$ – суммарный расход наружного воздуха, м³/ч;

$Q_{\text{чел}} = Q_{\text{сум}} / N_{\text{чел}}$;

$V_{\text{чел}}$ – расход воздуха на одного человека, м³/ч;

$V_{\text{чел}} = V_{\text{сум}} / N_{\text{чел}}$;

$N_{\text{чел}}$ – количество человек в помещении;

$N_{\text{балка}}$ – количество балок;

Процедуре подбора количества и типоразмера балок предшествует расчет теплового баланса помещений. При этом известными считаются площадь и объем помещений, мощности источников теплоты, а также количество людей, находящихся в каждом помещении. Результатом расчета становится информация о количестве теплоты, подлежащей ассимиляции. Для удаления избытков теплоты в каждую балку подается холодная вода и наружный (первичный) воздух. Как правило, температуры воздуха и воды на входе в балку принимаются равными

Таблица 1

$V_{\text{балка}}$, м ³ /ч	$Q_{\text{балка}}$, Вт	$K_{\text{балка}}$	Эффективность
44	808	18,4	max
70	1033	14,8	middle
100	1252	12,5	min

Таблица 2

Размер сопла	$V_{\text{балка}}$, м ³ /ч	$Q_{\text{балка}}$, Вт	$K_{\text{балка}}$	Эффективность
Малое	57,0	997	17,5	max
Среднее	76,0	1019	13,4	middle
Большое	147,0	1362	9,3	min

Таблица 3

Параметр	Эффективность		
	min	middle	max
Расход воздуха на одного человека $V_{\text{чел}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	79,9	67,8	54,5
Суммарный расход наружного воздуха $V_{\text{сум}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	479	407	327
Количество балок N , шт	5	6	8
Расход первичного воздуха на балку $V_{\text{балка}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	96	68	41
Холодопроизводительность балки $Q_{\text{балка}}, \text{ Вт}$	1200	1000	750

$$Q_{\text{чел}} = Q_{\text{сум}} / N_{\text{чел}},$$

$$V_{\text{чел}} = V_{\text{сум}} / N_{\text{чел}}.$$

Из (1) следует:

$$V_{\text{чел}} = V_{\text{балка}} \cdot \frac{Q_{\text{сум}}}{N_{\text{чел}} \cdot Q_{\text{балка}}}, \quad (2)$$

$$N_{\text{балка}} = N_{\text{чел}} \cdot \frac{V_{\text{чел}}}{Q_{\text{балка}}}. \quad (3)$$

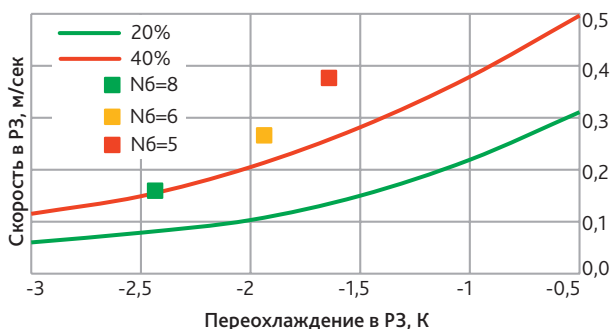
Применим выражения (2) и (3) совместно с табл. 1 для помещения, в котором присутствуют шесть человек. Количество теплоты, подлежащее ассимиляции активными балками, примем равным 6000 Вт. Результаты расчета для трех эффективностей представлены в табл. 3.

Представленные в табл. 3 результаты позволяют однозначно утверждать, что функционирование активных балок в режиме минимального расхода наружного воздуха ведет:

- к сокращению эксплуатационных расходов из-за снижения суммарного расхода первичного воздуха;
- к росту капитальных затрат из-за увеличения потребного количества балок.

Открытым остался вопрос, какому режиму следует отдать предпочтение, если принять во внимание комфорт в помещении.

Для оценки уровня комфорта в помещении необходимо располагать информацией о скорости



- Процент людей, испытывающих ощущение сквозняка

и температуре струи воздуха на входе в рабочую зону (РЗ). А предварять эту процедуру должен расчет скорости и температуры струи воздуха на выходе из балки.

Известно, что суммарный расход воздуха на выходе из балки зависит от величины коэффициента эжекции балки i . Среднее его значение можно принять равным $i = 4,5$ [2]. Величину переохлаждения воздуха на выходе из балки dt_0 определим из выражения (4):

$$Q_{\text{сум}} = \rho \cdot C_p \cdot V_{\text{сум}} \cdot (i+1) \cdot \frac{dt_0}{3600}. \quad (4)$$

Скорость воздуха на выходе из балки определяется для ширины щели, равной 25 мм.

Полагая, что струя воздуха, истекающая из балки, подчиняется закону течения плоской струи, для длины пути 2,7 м рассчитаем величины переохлаждения воздуха и скорости струи на входе в РЗ. Значения пар «скорость–переохлаждение» струи на входе в РЗ приведены на рисунке. На нем также представлены кривые, для которых 20 и 40% людей испытывают ощущение сквозняка.

Данные рисунка дают еще один аргумент в пользу выбора минимального расхода наружного воздуха в процедуре подбора активных климатических балок.

Следует также принять во внимание, что размеры помещения, в котором предполагается разместить балки, могут ограничить их число, что не может не отразиться на уровне комфорта.

Литература

1. Бородкин А. А., Устинов В. В. Границы применимости активных климатических балок в офисных помещениях // АВОК. – 2020. – № 5.
2. Бродач М. М., Вирта М. К., Устинов В. В. Климатические балки: проектирование, монтаж, эксплуатация. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2012.