

НОВЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗДУХООБМЕНА

Позин Г. М.

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна», Санкт-Петербург, Россия (191186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 18, 4), e-mail: gpozin@mail.ru

В работе предложен новый подход к оценке эффективности воздухообмена. При определении количества приточного воздуха, подаваемого в помещение (воздухообмена), и оценки эффективности систем воздухораспределения используется коэффициент воздухообмена, являющийся неким температурным симплексом. Доказана устойчивость коэффициента воздухообмена как интегрального критерия, характеризующего способ организации воздухообмена в помещении. С помощью данного коэффициента можно с достаточной достоверностью находить количество приточного воздуха, учитывая основные факторы, влияющие на его величину. Предложены формулы для расчёта данного коэффициента при способах передачи воздуха вертикальными и наклонными струями, сосредоточенно в рабочую зону, сосредоточенно настилающимися и не настилающимися струями. При этом величина рабочего перепада температур может быть различной и определяется физической природой способа подаваемого воздуха. Чем больше величина произведения данного коэффициента на величину перепада температур, тем меньше требуемый воздухообмен, тем больше предпосылки считать систему организации воздухообмена более совершенной.

Ключевые слова: коэффициент воздухообмена, приточная вентиляция, вытяжная вентиляция, вытесняющая вентиляция.

A NEW APPROACH TO THE ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF THE REPLACEMENT OF AIR

Pozin G. M.

Federal State Budget Educational Institution of Higher Professional Education "Saint-Petersburg State University of Technology and Design", Saint-Petersburg, Russia (191186, Saint-Petersburg, Bolshaya Morskaya street, 18), e-mail: gpozin@mail.ru

In this paper we propose a new approach to evaluating the effectiveness of ventilation. In determining the amount of intake air supplied to the room (air), and evaluating the effectiveness of air distribution systems used by the coefficient of air, which is a kind of thermal simplex. The stability coefficient of air as an integral criterion that characterizes the way of organizing the air in the room. With this ratio you can find a sufficient reliability of the supply air, taking into account the main factors affecting its value. The formulas for calculation of the coefficient of the modes of transmission, vertical and inclined air jets, concentrated in the working area, concentrating flooring and flooring jets. In this case, the working temperature difference can vary and is determined by the physical nature of the method of ventilating air. The larger the product of the coefficient on the value of the temperature difference, the smaller the required air, the greater the prerequisites to consider the system of air exchange improved.

Key words: Coefficient of air exchange rate, supply ventilation, exhaust ventilation, displacement ventilation.

Введение

Вентиляция представляет собой организованный воздухообмен в помещениях. Эффективность воздухообмена определяет, насколько система вентиляции поддерживает условия воздушной среды, благоприятной для здоровья и самочувствия человека, отвечающей требованиям санитарных норм, технологических процессов и т.д.

Главной целью статьи является изложение нового подхода для оценки эффективности воздухообмена, для чего предложены соответствующие формулы для расчёта коэффициента воздухообмена.

Коэффициент воздухообмена K_L – это температурный симплекс, который, как известно, используется при определении количества приточного воздуха, подаваемого в помещение (воздухообмена), и оценки эффективности систем воздухораспределения. Коэффициент воздухообмена вводят путем преобразования известных формул для вычисления воздухообмена [1-4]. Например, при расчете по избыткам явной теплоты:

$$L_0 = L_{p.з} + \frac{3,6Q + cL_{p.з}(t_{p.з} - t_0)}{cK_L(t_{p.з} - t_0)}; \quad (1)$$

$$K_L = \frac{t_{yx} - t_0}{t_{p.з} - t_0} = \frac{\Delta t_{yx}}{\Delta t_{p.з}}. \quad (2)$$

В формулах (1) и (2) приняты условные обозначения:

L_0 – количество (расход) приточного воздуха, м³/ч;

$L_{p.з}$ – расход воздуха, удаляемого из рабочей зоны местными отсосами, общеобменной вентиляцией и на технологические нужды, м³/ч;

$t_0, t_{p.з}, t_{yx}$ – температуры воздуха соответственно подаваемого в помещение, в рабочей зоне, удаляемого из помещения за пределами рабочей зоны, °С;

Q – избыточный явный тепловой поток в помещение, Вт;

c – теплоемкость воздуха, кДж/(м³·с).

В результате многолетних исследований были получены расчетные соотношения для нахождения коэффициента воздухообмена (K_L) применительно ко всем основным способам подачи воздуха в вентилируемые и кондиционируемые помещения [1,2]. В таблице 1 представлены некоторые соотношения для определения K_L в теплый период года.

Таблица 1. Расчетные соотношения для определения коэффициента воздухообмена

№ п/п	Способ подачи воздуха	Расчетные формулы для K_L
1	Вертикальными струями	$K_L = \frac{\bar{L}_{cmp} - \bar{Q}_{p.з}(1 - \bar{F}_{p.з})\bar{L}_{p.з}}{\bar{L}_{cmp} + \bar{Q}_{p.з}(1 - \bar{F}_{p.з})(1 - \bar{L}_{p.з}) - 1}$
2	В рабочую зону	$K_L = \frac{a[\bar{L}_{cmp} + \bar{L}_{p.з}(1 - \bar{Q}_{p.з})] + \bar{L}_{p.з}(\bar{L}_{cmp} + \bar{L}_{p.з} - 1)\bar{Q}_k}{a[\bar{L}_{cmp} - (1 - \bar{L}_{p.з})(1 - \bar{Q}_{p.з})] - (1 - \bar{L}_{p.з})(\bar{L}_{cmp} + \bar{L}_{p.з} - 1)\bar{Q}_k}$
3	Наклонными струями	$K_L = \frac{\theta \bar{L}_{cmp} - \bar{Q}_{p.з} \bar{L}_{p.з}}{\theta(\bar{L}_{cmp} - 1) + \bar{Q}_{p.з}(1 - \bar{L}_{p.з})}$
4	Сосредоточенно на настилающихся струями	$K_L = K \frac{0,5 \bar{L}_{кр} + \bar{L}_{p.з}(1 - 2\bar{Q}_{p.з})}{2\bar{Q}_{p.з}(1 - \bar{L}_{p.з}) + 0,5 \bar{L}_{кр} + \bar{L}_{p.з} - 1}$

5	Сосредоточенно настилающимися струями	$K_L = 1 - \frac{1}{L_{кр}}$
---	---	------------------------------

В формулах таблицы 1:

$\bar{Q}_{p.з} = Q_{p.з} / Q$ – доля теплоты, поступающей в рабочую зону;

$\bar{Q}_k = Q_k / Q$ – доля конвективных потоков (Q_k – мощность конвективных струй, Вт);

$\bar{L}_{стр} = L_{стр} / L_0$; $\bar{L}_{кр} = L_{кр} / L_0$; $\bar{L}_{p.з} = L_{p.з} / L_0$ – относительные расходы воздуха: в струе при поступлении ее в рабочую зону; во втором критическом сечении струи; удаляемого из рабочей зоны;

θ – доля расхода воздуха в наклонной струе, поступающей в рабочую зону;

a – наибольшее значение из двух величин: \bar{Q}_k и $1 - \bar{L}_{p.з}$.

В работе [5] доказана устойчивость коэффициента воздухообмена как интегрального критерия, характеризующего способ организации воздухообмена в помещении. С помощью K_L можно с достаточной достоверностью находить один из важнейших показателей вентиляционной системы – количество приточного воздуха, учитывая основные факторы, влияющие на его величину.

Общепринято оценивать эффективность подачи воздуха по величине коэффициента воздухообмена: чем больше K_L , тем требуется меньшее количество воздуха, подаваемого в помещение, как следует из соотношения (1). Но при этом не учитывается, что этот вывод справедлив для одного и того же рабочего перепада температур $\Delta t_{p.з} = t_{p.з} - t_0$.

Между тем, величина $\Delta t_{p.з}$ может быть различной, что определяется физической природой способа подаваемого воздуха. Например, при модной в настоящее время вытесняющей вентиляции (Displacement Ventilation), когда воздух подается непосредственно в рабочую зону, рабочий перепад температур $\Delta t_{p.з}$ может равняться всего нескольким градусам ($\Delta t_{p.з} = 3-5^\circ\text{C}$). В то же время при выпуске воздуха веерными настилающимися на ограждение струями величина $\Delta t_{p.з}$ достигает 10–15 °С, а при подаче воздуха через перфорированные поверхности или через воздухораспределители с закручивающими устройствами перепад температур бывает еще большим.

В знаменатель основного соотношения для вычисления количества приточного воздуха (1) входит произведение $K_L \Delta t_{p.з}$. Чем больше величина этого произведения, тем меньше требуемый воздухообмен, а значит, есть предпосылки считать систему организации

воздухообмена, соответствующую наибольшему значению произведению $K_L \Delta t_{p,z}$, более совершенной.

Например, для системы вытесняющей вентиляции с высоким реальным значением $K_L \approx 2$ произведение $K_L \Delta t_{p,z}$ может оказаться меньшим, чем для подачи воздуха веерными струями с малым коэффициентом воздухообмена порядка 0,9.

Таким образом, при оценке эффективности той или иной системы организации воздухообмена следует руководствоваться не только величиной коэффициента воздухообмена K_L , но и величиной произведения $K_L \Delta t_{p,z}$, стремясь к его максимальной величине.

В заключение следует отметить, что автор не против использования системы вытесняющей вентиляции. Каждый способ организации воздухообмена имеет свою область применения, выявление которой является целью расчета при проектировании. Нахождение оптимального решения предполагает как определение минимальной величины требуемого количества приточного воздуха, так и комплексное изучение вопросов воздухораспределения и организации воздухообмена, о чем неоднократно говорилось в работах автора.

Список литературы

1. Гримитлин М. И., Моор Л. Ф., Позин Г. М. Организация воздухообмена и распределение воздуха в помещениях // Внутренние санитарно-технические устройства. Вентиляция и кондиционирование воздуха (Справочник проектировщика). Ч.3. Глава 17. – М.: Стройиздат, 1992. – С. 114–150.
2. Гримитлин М. И. Распределение воздуха в помещениях. – АВОК Северо-Запад – СПб., 2004.
3. Позин Г. М. Определение количества приточного воздуха для производственных помещений с механической вентиляцией: Методические рекомендации. – Л.: ВНИИОТ, 1983.
4. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М.: Госстрой России, 2004.
5. Позин Г. М. О точности определения коэффициента воздухообмена // Научно-технический журнал. Вестник МГСУ. – М., 2011. – № 7. – С.319–325.

Рецензенты:

Дацюк Тамара Александровна, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой общей и строительной физики, декан факультета инженерно-экологических систем. ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург.

Таурит Вольдемар Робертович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург.