



Метод определения оптимального коэффициента эффективности местных вытяжных устройств

Системы промышленной вентиляции (СПВ) играют главную роль в обеспечении требуемых параметров микроклимата в производственных помещениях, улучшению общественного здоровья работающих, сокращению профзаболеваний, текучести персонала и затрат на обучение. В настоящее время актуальной научно-практической задачей СПВ является их оптимизация. В рамках общей задачи возможно оптимизировать следующие параметры: производительность приточной и вытяжных систем (местных и общеобменных), величину воздухообмена [1], площади сечений воздухопроводов, значения давления соответствующих вентиляторов, конечное сопротивление фильтров и т.п. Одной из задач оптимизации СПВ также является поиск наиболее эффективной конструкции местных вытяжных устройств (МВУ). Судить об эффективности МВУ следует по совокупности значений коэффициентов: улавливания $k_{ул}$ и эффективности $k_{эф}$ [2].

Коэффициент улавливания газообразных веществ определяется по следующей зависимости:

$$k_{ул,с} = L_{мо} \frac{c_{мо} - c_{р,з}}{G_{вр}}, \quad (1)$$

где $c_{мо}$ — концентрация вредного вещества в воздухе, удаляемом местным вытяжным устройством, мг/м³; $c_{р,з}$ — концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны, мг/м³; $L_{мо}$ — расход удаляемого воздуха местным вытяжным устройством, м³/с; $G_{вр}$ — общее количе-

ство вредных веществ, выделяемое источником, оборудованным МВУ, мг/с.

Общая теоретическая экспоненциально-степенная зависимость коэффициента улавливания вредностей МВУ была предложена авторами в работе [3] для описания многочисленных опытных данных:

$$k_{ул} = 1 - \exp[-(a v_{мо})^n] = f(v_{мо}, F_{мо}, \dots) \in [0, 1], \quad (2)$$

где a [с/м] и n — множитель и показатель степени, хорошо согласующие с экспериментальными данными испытаний МВУ с гипотетической экспоненциально-степенной зависимостью (2) и обеспечивающие выражение в круглых скобках безразмерным; $v_{мо}$ — скорость всасывания в рабочем сечении МВУ, м/с; $F_{мо}$ — площадь рабочего сечения МВУ, м². Для выбранного типа МВУ данные коэффициенты можно определить по данным [3, 4]. Ввиду того, что не во всех работах удалось обнаружить численное значение площади всасывания МВУ $F_{мо}$, коэффициент a указан не для всех конструкций.

В рамках общей задачи возможно оптимизировать следующие параметры СПВ: производительность приточной и вытяжных систем, величину воздухообмена, площади сечений воздухопроводов, значения давления соответствующих вентиляторов, конечное сопротивление фильтров и т.п.

Рецензия эксперта на статью получена 10.02.2025 [The expert review of the article was received on February 10, 2025]

УДК 697.984. Научная специальность: 2.1.3 (05.23.03).

Метод определения оптимального коэффициента эффективности местных вытяжных устройств

А. А. Боровицкий, главный специалист ОВиК, ООО «Прайм Групп» (г. Москва)

В данной статье предлагается методика выбора оптимального режима работы и оптимального коэффициента эффективности местного (локального) вытяжного устройства, установленного в системе промышленной вентиляции.

Ключевые слова: максимальная концентрация вредных веществ, коэффициент эффективности, местное вытяжное устройство, местная вытяжная вентиляция, промышленная вентиляция.

UDC 697.984. Scientific specialty: 2.1.3 (05.23.03).

Method for determining the optimal efficiency coefficient of local exhaust devices

A. A. Borovitsky, Chief Heating, Ventilation and Air Conditioning Specialist, "Prime Group", LLC (Moscow)

This article suggests a method for choosing the optimal operating mode and the optimal efficiency coefficient of a local exhaust device in an industrial ventilation system.

Key words: maximum concentration of harmful substances, efficiency coefficient, local exhaust device, local exhaust ventilation, industrial ventilation.

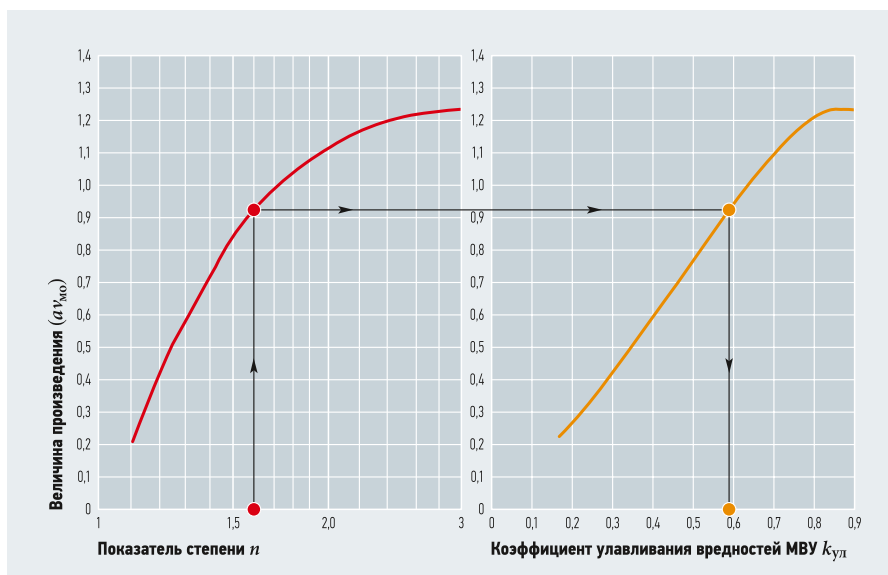


Рис. 1. Определение av_{mo} и k_{ul} при оптимальном коэффициенте эффективности $k_{эф.опт}$ в зависимости от показателя степени n (ключ: для $n = 1,6$ находим, что $av_{mo} \approx 0,92$ и $k_{ul} \approx 0,58$)

Коэффициент эффективности $k_{эф}$, предложенный Г.М. Позиным и М.И. Гримитлиным [5], определяется как отношение концентраций вредных веществ в удаляемом воздухе МВУ и в рабочей зоне, где концентрация $c_{р.з}$ принимается равной ПДК. Если сравнивать МВУ при одинаковом $k_{ул}$, то удачнее будет та конструкция МВУ, у которой $k_{эф}$ больше при $c_{пр} \ll c_{р.з}$:

$$k_{эф.с} = \frac{c_{mo}}{c_{р.з}} > 1. \quad (3)$$

Однако мы предлагаем эти соотношения записывать в несколько ином виде, тогда они будут сравнимы с величиной $k_{ул} < 1$:

$$k_{эф.с} = 1 - \frac{c_{р.з}}{c_{mo}} < 1. \quad (4)$$

Связь между коэффициентом улавливания и коэффициентом эффективности [2], с учётом зависимости (4):

$$k_{эф.с} = 1 - \frac{1}{1 + \frac{k_{ул.с} G_{вр}}{L_{mo} c_{р.з}}}. \quad (5)$$

Концентрация вредных веществ в уходящем воздухе МВУ:

$$c_{mo} = c_{р.з} + \frac{G_{вр} k_{ул.с}}{L_{mo}} \geq ПДК. \quad (6)$$

В общем случае максимальная концентрация вредных веществ в уходящем воздухе МВУ $c_{mo.мах}$, в зависимости от расхода удаляемого воздуха или коэффициента улавливания [см. формулу (1)], может быть определена графически с помощью построений линий концентраций по зависимости (6). Однако существует графоаналитическое решение для нахождения максимальной концентрации $c_{mo.мах}$, которое приведено ниже.

Оптимальное значение коэффициента эффективности $k_{эф}$ соответствует максимальной концентрации вредных веществ в уходящем воздухе МВУ. Используя формулу (2) преобразуем выражение для концентрации вредных веществ в уходящем воздухе МВУ ($c_{р.з} = ПДК$):

$$c_{mo} = c_{р.з} + G_{вр} \frac{1 - \exp[-(av_{mo})^n]}{v_{mo} F_{mo}}. \quad (7)$$

Найдём производную выражения (7) и приравняем её к нулю:

$$\frac{dc_{mo}}{dv_{mo}} = [1 + n(av_{mo})^n] \times \exp[-(av_{mo})^n] - 1 = 0. \quad (8)$$

На рис. 1 представлены результаты решения уравнения (8). Оказалось, что каждому значению n соответствует значение av_{mo} , при котором достигается максимальное значение концентрации и, соответственно, оптимальный коэффициент эффективности $k_{эф.опт}$.



График, приведённый на рис. 1, справив для нахождения оптимального коэффициента эффективности как по вредным выделениям, так и по теплоте. Определив по рис. 1 $k_{ул}$, при котором достигается максимальная концентрация вредного вещества в уходящем воздухе МВУ, далее по формуле (5) вычисляем оптимальный коэффициент эффективности $k_{эф}$.

Таким образом, предложенный подход возможно использовать для выбора режима работы МВУ, сравнения нескольких типов МВУ между собой и выбора наиболее экономичного сочетания конструкций и режимных параметров МВУ. ●



1. Желдаков Д.Ю. Расчёт воздухообмена в помещениях // АВОК, 2020. №2. С. 42–45.
2. Позин Г.М. Местная вытяжная вентиляция — самый эффективный способ организации воздухообмена в помещении // Инженерные системы, 2008. №3. С. 40–45.
3. Сотников А.Г., Боровицкий А.А. Теоретически-экспериментальное обоснование метода оптимизации воздухообменов в системах промышленной вентиляции // Инженерно-строительный журнал, 2012. №2. С. 32–38.
4. Боровицкий А.А. Обобщение данных по эффективности местных вытяжных устройств // Инновации в строительстве и архитектуре, 2012. №6. С. 80–88.
5. Гримитлин М.И., Позин Г.М. Оценка эффективности вентиляционных систем. Технические испытания и наладка систем вентиляции и кондиционирования воздуха. — Л.: ЛДНТП, 1990. С. 13–17.

References — see page 79.

Method for determining the optimal efficiency coefficient of local exhaust devices. Pp. 38–39.

Andrey A. Borovitsky, Chief Heating, Ventilation and Air Conditioning Specialist, "Prime Group", LLC (Moscow)

1. D.Ju. Zheldakov. *Raschjot vozdukhoobmena v pomeshchenijakh* [Calculation of air exchange in premises]. AVOK [Journal of the Russian Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics (ABOK)]. 2020. No. 2. Pp. 42–45. [In Russian]
2. G.M. Pozin. *Mestnaja vytjazhnaja ventiljatsija — samyj jeffektivnyj sposob organizatsii vozdukhoobmena v pomeshchenii* [Local exhaust ventilation is the most effective way to organize air exchange in a room]. *Inzhenernye sistemy* ["Engineering systems" Magazine]. 2008. No. 3. Pp. 40–45. [In Russian]
3. A.G. Sotnikov, A.A. Borovitsky. *Teoreticheski-jeksperimental'noe obosnovanie metoda optimizatsii vozdukhoobmenov v sistemakh promyshlennoj ventiljatsii* [Theoretical and experimental substantiation of the method for optimizing air exchange in industrial ventilation systems]. *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal* ["Engineering and construction journal" Magazine]. 2012. No. 2. Pp. 32–38. [In Russian]
4. A.A. Borovitsky. *Obobshchenie dannykh po jeffektivnosti mestnykh vytjazhnykh ustrojstv* [Generalization of data on the efficiency of local exhaust devices]. *Innovatsii v stroitel'stve i arhitekture* ["Innovations in construction and architecture" Magazine]. 2012. No. 6. Pp. 80–88. [In Russian]
5. M.I. Grimitlin, G.M. Pozin. *Otsenka jeffektivnosti ventiljatsionnykh sistem. Tekhnicheskie ispytaniya i naladka sistem ventiljatsii i konditsionirovanie vozdukh* [Evaluation of the efficiency of ventilation systems. Technical testing and adjustment of ventilation systems and air conditioning]. Leningrad. LDNTP [Leningrad House of Scientific and Technical Propaganda of the USSR]. 1990. Pp. 13–17. [In Russian]