



ru.depositphotos.com

# Методики определения минимального воздухообмена: традиционные и новые подходы

Ю. В. Миллер, канд. техн. наук, НП «АВОК»

**Ключевые слова:** воздухообмен, методика расчета, ПДК, вредные вещества, явные теплоизбытки, кратность воздухообмена

*Окончание. Начало статьи читайте в «АВОК», № 2, 2019.*

## Изменение воздухообмена в суточном и годовом циклах

В помещениях жилых и общественных зданий воздухообмен может значительно изменяться в суточном и годовом циклах в зависимости от времени эксплуатации помещения, числа находящихся в помещении людей и их деятельности в течение суток, времени работы оргтехники и другого оборудования.

Необходимость учета почасовых изменений воздухообмена в течение суток обусловлена развивающимися в настоящее время технологиями по автоматизированному управлению

параметрами микроклимата помещений и необходимости повышения энергетической эффективности систем вентиляции жилых и общественных зданий. Возможность учета почасовых изменений воздухообмена в течение суток в зависимости от изменений режима эксплуатации помещений позволит еще на стадии проектирования выбрать оптимальный способ регулирования воздухообмена и режим работы вентиляционного оборудования, а также повысить точность прогнозирования расхода тепловой и электрической энергии на вентиляцию в годовом цикле.

Определение почасовых значений минимального воздухообмена с учетом изменения режима эксплуатации помещений в суточном

и годовом циклах осуществляется в следующем порядке.

### 1. Определение типовых режимов эксплуатации помещений

В зависимости от функционального назначения объекта капитального строительства, на котором расположено рассматриваемое помещение, и назначения помещения определяются возможные типовые режимы эксплуатации помещения в течение суток, которые неоднократно повторяются в годовом цикле или в течение определенного периода (например, холодного, теплого или переходного периодов):

- для помещений общественных зданий могут быть выделены типовые режимы

Таблица 1

Пример формы типового профиля режимов эксплуатации помещений жилых и общественных зданий

Время суток, час	Число человек $N_l(\tau)$ , чел	Количество работающего оборудования $N_{об}(\tau)$ , шт.	Вредные вещества, выделяющиеся в помещении			Теплоизбытки, $Q_{п'}$ , Вт	Влагоизбытки		
			наименование	$m_{po}(\tau)$ , мг/ч	$q_{оз}(\tau)_3$ , мг/м <sup>3</sup>		$q_{уд}(\tau)_3$ , мг/м <sup>3</sup>	$g(\tau)$ , г/ч	$d_{п,оз}(\tau)$ , г/кг
00:00									
...									
24:00									

$m_{po}(\tau)$  – количество вредного вещества, выделяемого в помещении, мг/ч;

$q_{оз}(\tau)$  – предельно допустимая концентрация вредного вещества в обслуживаемой зоне помещения, мг/м<sup>3</sup>;

$q_{уд}(\tau)$  – концентрация вредного вещества в наружном воздухе, мг/м<sup>3</sup>;

$g(\tau)$  – количество влаги, выделяемой в помещении, г/ч;

$d_{п,оз}(\tau)$  – влагосодержание воздуха в обслуживаемой (рабочей) зоне помещения, удаляемого системой местных отсосов, г/кг;

$d_{п,нз}(\tau)$  – влагосодержание воздуха, удаляемого из помещения за пределы обслуживаемой (рабочей) зоны, г/кг.

Таблица 2

Пример формы типового профиля минимального воздухообмена для помещений жилых и общественных зданий, в которых отсутствуют выделения вредных веществ

Время суток, ч	Приток воздуха			Удаление воздуха		
	$k(\tau)$ , м <sup>3</sup> /(ч·м <sup>2</sup> )	$m(\tau)$ , м <sup>3</sup> /ч	$n(\tau)$ , ч <sup>-1</sup>	доля от расхода приточного воздуха, д. ед.	$m(\tau)$ , м <sup>3</sup> /ч	$n(\tau)$ , ч <sup>-1</sup>
00:00						
...						
24:00						

$k(\tau)$  – нормируемый расход приточного воздуха на 1 м<sup>2</sup> пола помещения, м<sup>3</sup>/(ч·м<sup>2</sup>);

$m(\tau)$  – нормируемый удельный расход приточного или удаляемого воздуха, м<sup>3</sup>/ч, на одного человека, на одно рабочее место или единицу оборудования;

$n(\tau)$  – нормируемая кратность воздухообмена, ч<sup>-1</sup>.

эксплуатации для рабочих дней, укороченных/предпраздничных рабочих дней, выходных/праздничных дней, дней школьных каникул и другие;

- для помещений жилых зданий могут быть выделены режимы эксплуатации для рабочих и выходных дней.

## 2. Определение типовых профилей режимов эксплуатации помещений

При необходимости для каждого типового режима эксплуатации помещения составляется типовой профиль – набор

почасовых изменений параметров режима эксплуатации помещения в течение суток, влияющих на величину минимального воздухообмена, среди которых тепловыделение и влаговыведение от людей, оборудования, количество выделяющихся вредных веществ и т.д. Пример формы для составления типовых профилей режимов эксплуатации приведен в табл. 1.

## 3. Определение типовых профилей минимального воздухообмена помещений

На основе типовых профилей режимов эксплуатации

помещений составляются типовые профили минимального воздухообмена. Типовой профиль минимального воздухообмена представляет собой набор почасовых изменений величины минимального воздухообмена в течение суток. Пример формы для составления типовых профилей минимального воздухообмена представлен табл. 2.

Порядок выстраивания типовых профилей режимов эксплуатации и воздухообмена помещений в течение года определяется согласно производственному календарю.

**Пример.** Необходимо определить величину минимального воздухообмена в офисных помещениях № 1, 2 и 3, расположенных в административном здании. Характеристики офисных помещений представлены в табл. 3.

Площадь пола, приходящаяся на одного сотрудника, для рассматриваемых офисных помещений составляет 6 м<sup>2</sup>. Часы работы офисных помещений с 9:00 до 18:00 ч в будни, в выходные дни помещения не эксплуатируются. Типовые профили режима эксплуатации офисных помещений представлены в табл. 4.

Таблица 3

## Характеристики офисных помещений

Номер помещения	Объем помещения, м <sup>3</sup>	Площадь пола помещения, м <sup>2</sup>	Максимальное число сотрудников, чел
1	72	24	4
2	54	18	3
3	90	30	5

Таблица 4

## Типовые профили режима эксплуатации помещений офисных помещений

Дни недели	Время суток, ч	Число человек $N_l$ (т), чел		
		№ 1	№ 2	№ 3
Рабочие	с 00:00 до 9:00	–	–	–
	с 09:00 до 14:00	4	3	5
	с 14:00 до 18:00	2	3	3
	с 18:00 до 00:00	–	–	–
Выходные	с 00:00 до 24:00	–	–	–

Таблица 5

## Типовые профили минимального воздухообмена офисных помещений

Дни недели	Время суток, час	Подача воздуха в помещение, м <sup>3</sup> /ч		
		№ 1	№ 2	№ 3
Рабочие	с 00:00 до 9:00	14,4	10,8	18
	с 09:00 до 14:00	240	180	300
	с 14:00 до 18:00	120	180	180
	с 18:00 до 00:00	14,4	10,8	18,0
Выходные	с 00:00 до 24:00	14,4	10,8	18,0

В офисных помещениях предусмотрена механическая приточная система вентиляции.

Согласно СП 60.13330.2016 минимальный расход наружного воздуха в помещениях без естественного проветривания составляет 60 м<sup>3</sup>/ч на человека. В часы, когда помещение не эксплуатируется, допускается снижение воздухообмена до 0,2 ч<sup>-1</sup> (согласно Стандарту АВОК 2.1–2017 «Здания жилые и общественные. Нормы воздухообмена»). Расход приточного воздуха в офисных помещениях рассчитывается по формулам (2) и (4):

- помещение 1:  
 $L_{1, \text{кр}} = 0,2 \cdot 72 = 14,4 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  
 $L_{1, \text{норм1}} = 60 \cdot 4 = 240 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  
 $L_{1, \text{норм2}} = 60 \cdot 2 = 120 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;
- помещение 2:  
 $L_{2, \text{кр}} = 0,2 \cdot 54 = 10,8 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  
 $L_{2, \text{норм}} = 60 \cdot 3 = 180 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;
- помещение 3:  
 $L_{3, \text{кр}} = 0,2 \cdot 90 = 18 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  
 $L_{3, \text{норм1}} = 60 \cdot 3 = 180 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  
 $L_{3, \text{норм2}} = 60 \cdot 5 = 300 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

На основе приведенных расчетов составляется типовой профиль минимального воздухообмена для рабочих и выходных дней для офисных помещений (табл. 5).

Типовые профили минимального воздухообмена для определения режимов работы системы механической вентиляции рассматриваемых офисных помещений в течение года выстраиваются согласно производственному календарю.

Таким образом, рассмотренные выше методики позволяют определить минимальный воздухообмен для помещений жилых и общественных зданий с учетом наличия в них вредных веществ и вредных выделений и режимов эксплуатации помещений в суточном и годовом циклах.

Вместе с тем наряду с обеспечением минимального воздухообмена большое значение имеет эффективность распределения воздуха в вентилируемом помещении для создания комфортных условий и удаления вредных веществ. Рассмотрим методы оценки эффективности воздухообмена и удаления вредных веществ, которые позволят специалистам выбрать и обосновать проектные решения по обеспечению наиболее эффективного способа вентиляции для помещений жилых и общественных зданий.

## Эффективность воздухообмена и удаления вредных веществ

Оценить эффективность воздухообмена в помещениях, в которых отсутствуют выделения вредных веществ, можно на основе показателя «средний возраст воздуха помещения», который равен половине времени, за которое воздух в помещении полностью заменится на свежий и зависит от способа

Таблица 6  
Эффективность воздухообмена в зависимости от способа вентиляции

Способ вентиляции	Схема	Значения средней эффективности воздухообмена $\epsilon$ , %
Вытесняющая вентиляция (однонаправленный поток)		100
Вентиляция затоплением (расслоение)		50-100
Полное перемешивание		50
«Замыкание» притока и вытяжки		<50

вентиляции и определяется по формуле

$$\epsilon = \frac{\tau_b}{2\bar{\tau}} \cdot 100, \quad (11)$$

где

$\tau_b$  – средний возраст воздуха вблизи вытяжного устройства помещения, час, является минимально возможным временем замены воздуха в помещении и определяется по формуле

$$\tau_b = \frac{V_p}{L}, \quad (12)$$

где

$V_p$  – то же, что в формуле (2);

$L$  – расход приточного воздуха помещения, м<sup>3</sup>/ч;

$\tau$  – средний возраст воздуха помещения, равный половине времени, за которое воздух в помещении полностью заменится на свежий, ч. Время, за которое воздух в помещении заполнится полностью на свежий, можно определить при помощи замера концентраций трассирующего газа.

Чем меньше величина среднего возраста воздуха в помещении, тем эффективнее система воздухообмена.

При полном перемешивании воздуха в помещении средний возраст воздуха в любой точке внутри помещения должен быть одинаковым во



Неизменная  
**Верность**  
качеству



Ганс Остберг создал первый в мире канальный центробежный вентилятор, в последствии получивший наименование СК. Это явилось настоящим событием в мире вентиляции и до сих пор СК является инженерной концепцией, признанной по всему миру.

«Östberg» - это не просто имя производителя, это характеристика, говорящая о прекрасных свойствах вентиляционной техники. Каждый вентилятор этой компании можно без преувеличения назвать изобретением. У каждой модели есть своя история, свое лицо, свое назначение.

Да, они разные, но есть то, что всех их объединяет между собой. Все они идеально отлажены, эффективны, надежны и долговечны.

Приобретая «Östberg», приобретаешь уверенность.



Москва, улица Тимирязевская, 1, строение 4.

Тел.: (495) 981 1515, (499) 755 1515.

Факс: (495) 981 0117.

Санкт-Петербург, улица Разъезжая, 12, офис 43.

Тел.: (812) 441 3530. Факс: (812) 441 3535.

[www.ARKTIKA.ru](http://www.ARKTIKA.ru)

Таблица 7

## Эффективность удаления вредных веществ из воздуха помещений [7]

Подача воздуха	Кратность воздухообмена, ч <sup>-1</sup>		
	3–5	5–10	10 и более
Непосредственно в рабочую зону	1,85	1,4	1,15
Наклонными струями в направлении рабочей зоны: - с высоты более 4 м - с высоты менее 4 м	1,4 1,2	1,2 1,1	1,1 1,05
Сосредоточенно, выше рабочей зоны	1,1	0,95	1
Сосредоточенно, выше рабочей зоны с использованием направляющих сопел	1	1	1
Сверху вниз: - настилающимися струями - каноническими струями - плоскими струями	1,1 1,1 1,2	1,05 1,05 1,1	1 1 1

всем пространстве помещения, а время полной замены воздуха помещения свежим воздухом равно величине среднего возраста воздуха вблизи вытяжного устройства.

Значения средней эффективности воздухообмена в зависимости от способа вентиляции справочно приведены в табл. 6.

Для помещений жилых и общественных зданий, в которых присутствуют выделения вредных веществ, эффективность удаления вредного вещества из воздуха помещения определяется в зависимости от способа подачи воздуха и величины кратности воздухообмена (табл. 7) или на основе экспериментальных данных. В случае наличия экспериментальных данных о значении концентрации вредного вещества в удаляемом

воздухе для рассматриваемого помещения эффективность удаления вредного вещества из воздуха помещения определяется по формуле

$$K_q = \frac{q_{уд} - q_n}{q_{оз} - q_n}, \quad (13)$$

где

$q_n$  – концентрация вредного вещества в наружном воздухе, мг/м<sup>3</sup>, определяется согласно ГН 2.1.6.3492–17 [2] и ГН 2.1.6.2309–07 [3];

$q_{оз}$  – предельно допустимая концентрация вредного вещества в обслуживаемой зоне помещения, мг/м<sup>3</sup>, определяется согласно ГН 2.2.5.3532-18 [4], ПДК помещений лечебных организаций приведены в СанПиН 2.1.3.2630-10;

$q_{уд}$  – концентрация вредного вещества в удаляемом воздухе, мг/м<sup>3</sup>.

Значения эффективности удаления вредных веществ из воздуха помещений в зависимости от способа подачи воздуха и величины кратности воздухообмена приведены в табл. 7.

## Литература

- СП 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха». М., 2017.
- ГН 2.1.6.3492–17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений». М., 2017.
- ГН 2.1.6.2309–07 «Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест». М., 2007.
- СП 118.13330.2012 «Общественные здания и сооружения». М., 2012.
- ГН 2.2.5.3532–18 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны». М., 2018.
- СанПиН 2.1.3.2630–10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность». М., 2010.
- Пособие 1.91 к СНиП 2.04.05.91 «Расчет и распределение приточного воздуха». М.: Промстройпроект, 1993. □

## Как стать членом Клуба читателей журнала «АВОК»



Подпишитесь  
на наши журналы

<http://www.abok.ru/subscribeForm/>



Зарегистрируйтесь  
на сайте [www.abok.ru](http://www.abok.ru)

в разделе «Личный кабинет»



Пользуйтесь  
всеми привилегиями  
Клуба читателей

(495) 621-8048, 107-9150 | [podpiska@abok.ru](mailto:podpiska@abok.ru)