

Определение минимального расхода наружного воздуха при проектировании систем вентиляции

В. В. Устинов, исполнительный директор ООО «Линдаб», otvet@abok.ru

Ключевые слова: СП 60.13330, Приложение И, Приложение К, ГОСТ 30494-2011, ГОСТ Р ЕН 13779-2007, концентрация углекислого газа, вентиляция по потребности

Окончание. Начало читайте в «АВОК», № 6, 2016.

Пункт 5.2 и таблица 6 ГОСТ 30494-2011 [1]

Пункт 5.2 гласит: «Количество наружного воздуха, подаваемого в помещение системой вентиляции в расчете на одного человека для обеспечения заданного качества воздуха, зависит от концентрации углекислого газа в наружном воздухе и эффективности воздухораспределения в помещении. Базовое количество наружного воздуха в расчете на одного человека приведено в таблице 4».

В таблице 4, как вы сами можете легко убедиться, нет базового количества воздуха в расчете на одного человека! Там есть только данные по концентрации углекислого газа.

Далее текст документа приводит формулу расчета и таблицу 6 с понижающими коэффициентами: «В зависимости от эффективности системы воздухораспределения необходимый расход наружного воздуха, м³/ч, в системе вентиляции следует определять по формуле:

$$L = \eta \cdot L_6, \quad (1)$$

где η – коэффициент эффективности системы воздухораспределения, определяемый расчетом или принимаемый по таблице 6;

L_6 – расчетное минимальное количество наружного воздуха, м³/ч».

Что же такое эффективность системы воздухо-распределения? Как рассчитывается η ?

В документе ничего об этом не сказано, но, по логике вещей, авторы отсылали нас к пункту 3.4. ГОСТ Р ЕН 13779-2007 [8]: «Эффективность вентиляции характеризует связь между концентрацией загрязнений в приточном воздухе, вытяжном воздухе и в зоне дыхания (внутри эксплуатируемой зоны). Эффективность вентиляции E_v вычисляется по формуле:

$$E_v = \frac{C_{\text{eha}} - C_{\text{sup}}}{C_{\text{ida}} - C_{\text{sup}}}, \quad (1)$$

где C_{eha} – концентрация загрязнений в вытяжном воздухе;

C_{ida} – концентрация загрязнений внутри помещения (в зоне дыхания в пределах эксплуатируемой зоны);

C_{sup} – концентрация загрязнений в приточном воздухе».

При равномерном перемешивании загрязнений по всему объему помещения $E_v = 1$.

Таким образом, $\eta = 1/E_v$. В оригинальном документе нашлась соответствующая таблица (см. ниже таблицу Е1 из EN 13779 и таблицу 2:2 из рекомендаций CR 1752 (WHO)).

Таблица 6 из ГОСТ 30494–2011

Системы воздухораспределения	Коэффициент эффективности системы воздухораспределения
Системы естественной вентиляции с периодическим проветриванием	1,0
Системы механической авторегулируемой вытяжной вентиляции с приточными клапанами в наружных ограждениях	0,9
Системы приточной вентиляции с подачей воздуха в обслуживаемую зону, в том числе системы вытесняющей вентиляции	0,6–0,8
Системы персональной вентиляции с подачей приточного воздуха в зону дыхания	0,3–0,5

Как видно, в таблице сравнивается эффективность воздухораспределения различных систем механической приточной вентиляции. Более того, авторы многократно замечают, что данный показатель зависит от множества факторов и его тяжело рассчитать на этапе проектирования. **Нигде по тексту нет прямого указания на использование данного коэффициента при расчете расхода наружного воздуха.**

В таблице 6 из ГОСТ 30494-2011 [1] авторы смело объединили самые эффективные типы воздухораспределения систем механической приточной вентиляции, естественную вентиляцию с периодическим проветриванием и гибридную систему вентиляции с естественным притоком воздуха через клапаны в наружных ограждениях, прямо указав на необходимость использования коэффициента эффективности при определении расхода наружного воздуха.

На мой взгляд, данные из оригинальных таблиц, мягко говоря, не позволяют сделать однозначный вывод о корректности данных в таблице 6.

Что же касается использования коэффициента эффективности при расчете как такового, если предположить, что, введя этот коэффициент, авторы хотели гармонизировать методику расчета по CO₂ из EN 13779 [9] с методикой расчета «по массе выделяющихся вредных или взрывоопасных веществ» из СП 60 13330, Приложение И, то все становится на свои места.

Действительно, в методике расчета по вредностям из EN 13779 [9] не учитывается возможная неравномерность распределение вредностей по объему помещения, эффективность вентиляции принята = 1. Формула 4, EN 13779:

$$q_{v,SUP} = \frac{q_{m,E}}{C_{IDA} - C_{SUP}}$$

где $q_{v,SUP}$ – расход приточного воздуха, м³/сек;

$q_{m,E}$ – расход вредного вещества, поступающего в воздух помещения, мг/сек;

C_{IDA} – допустимая концентрация вредного вещества, мг/м³;

C_{SUP} – концентрация вредного вещества в приточном воздухе, мг/м³;

В то время как по Приложению И мы имеем «...б) по массе выделяющихся вредных или взрывоопасных веществ»:

$$L = L_{w,z} + \frac{m_{po} - L_{w,z}(q_{w,z} - q_{in})}{q_l - q_{in}}, \quad (И.2)$$

где $q_{w,z}$, q_l – концентрация вредного или взрывоопасного вещества в воздухе, удаляемом из обслуживаемой или рабочей зоны помещения и за их пределами, мг/м³...».

Таким образом, вводя коэффициент эффективности воздухораспределения, авторы уравнивают методики.

Настораживает только тот факт, что вторая и четвертая строчки в таблице 6 ассоциируются с конкретными производителями и наводят на мысль о лоббировании их интересов.

Стоит отметить, что в оригинале EN 13779 [9] для расчета по CO₂ есть отдельная формула, адаптированная для системы вентиляции по потребности и учитывающая переменный уровень выделения CO₂. Формула 5 из EN 13779 [9]:

где $q_{v,SUP}$ – расход приточного воздуха, м³/сек;

$$c_{IDA}(t) - c_{SUP} = c_{IDA}(0) + \frac{q_{m,E}}{q_{v,SUP}} \left(1 - e^{-\frac{q_{v,SUP} t}{V_t}}\right),$$

$q_{m,E}$ – расход вредного вещества, поступающего в воздух помещения, мг/сек;

Таблица E1 из EN 13779

Модель распределения воздуха	Охлажденный воздух, $\Delta t < 0$ К		Перегретый воздух		
	Скорость в струе	Эффективность вентиляции, E_v	Δt , °С	Низкие потолки	Высокие потолки
Смесительная вентиляция, горизонтальные струи	> 1,5 м/с	0,9–1,1	< 10	0,8–1	Не рекомендуется
	< 0,5 м/с	0,7–0,9	> 15 или 20	0,4–0,8	Не рекомендуется
Смесительная вентиляция, вертикальные струи	Все диффузоры	0,9–1,1	< 10	0,6–0,8	0,8–1*
			> 15	0,4–0,8	
Вытесняющая вентиляция		1,0–2,0		0,2–0,7	Не рекомендуется

Примечание.

$\Delta t = t_{\text{приток}} - t_{\text{помещение}}$, К.

* – значения верны только для диффузоров с изменяемым углом наклона направляющих. Диффузоры с фиксированным углом раздачи воздуха можно использовать только для отопления при условии детального расчета параметров распределения.

Таблица 2:2 из рекомендаций CR 1752 (WHO), на которые ссылается EN 13779

Модель распределения воздуха	Эффективность воздухообмена, %	Эффективность вентиляции, E_v
Смесительная вентиляция	50	1
Поршневой поток*	100	2
Вытесняющая вентиляция	50–100	1–2
Короткие струи**	<50	0–1

Примечание.

* – под поршневым потоком подразумевается раздача воздуха с низкой скоростью через «ламинарный потолок» над пространством рабочей зоны, что позволяет выдавливать загрязненный воздух чистым наружным. От ламинарного потока поршневой отличается расположением вытяжных решеток – не в полу, а, как правило, на стенах в верхней части помещения.

** – под короткими струями имеются в виду системы, где расстояние между приточными и вытяжными решетками настолько мало, что не позволяет получить перемешивание наружного воздуха по всему объему помещения.

$C_{IDA}(0)$ – допустимая концентрация вредного вещества в момент времени $t = 0$, мг/м³;

$C_{IDA}(t)$ – допустимая концентрация вредного вещества в момент времени t , мг/м³;

C_{SUP} – концентрация вредного вещества в приточном воздухе, мг/м³;

V_r – объем воздуха в помещении, м³;

t – время, сек.

«по потребности» с регулированием по уровню CO₂. Понижающие коэффициенты из таблицы 6 – это попытка уравнивать методики расчета «по массе вредных веществ» по EN 13779 и по Приложению И из СП 60.13330. Значения в таблице 6 вызывают сомнения, но в любом случае они могут применяться исключительно при расчетах «по массе вредных веществ».

Вывод к главе 5 ГОСТ 30494-2011 [1]

К сожалению, данная глава написана крайне неудачно и, с точки зрения автора, ни в коем случае не должна применяться в инженерных расчетах в существующем виде. Положения главы 5 изначально применимы исключительно для систем вентиляции

Минимальные расходы наружного воздуха по СП 60.13330

Согласно Приложению К СП 60.13330.2012 [2] минимальный расход наружного воздуха для помещений кабинетов и офисов общественных зданий административного назначения принимается:

- 60 м³/ч на человека для помещений без естественного проветривания;
- 40 м³/ч на человека для помещений с естественным проветриванием.

Как отмечалось ранее, данные нормы не менялись с 80-х годов прошлого столетия. Насколько корректно их применение в наши дни?

Прежде всего обратим внимание на значение 40 м³/ч на человека для помещений с естественным проветриванием. Мне доводилось сталкиваться с проектами, где данную норму проектировщики использовали исключительно для снижения расхода наружного воздуха, при этом все понимали, что «проветривание» останется исключительно на бумаге.

Насколько это законно и оправданно и что говорится в СП 60.13330.2012 [2] о проветривании.

- Пункт 3.2.4.: *«Помещение без естественного проветривания: помещение без открываемых окон или проемов в наружных стенах или помещение с открываемыми окнами (проемами) в наружных стенах, расположенных на расстоянии от внутренних стен, превышающем пятикратную высоту помещения».*
- Пункт 7.1.9.: *«В помещениях с естественным освещением их световыми проемами в наружных ограждениях с объемом на каждого работающего 40 или 30 м (для общественных или производственных помещений соответственно) допускается при обосновании использовать периодическое проветривание через фрамуги и форточки».*

Получается, что, согласно нормативному документу, проветривание можно предусматривать для помещений, где:

- есть открываемые окна;
- расстояние от окна до противоположной стены не превышает пятикратную высоту помещения;
- на одного работника (например, при высоте 3 м) приходится $40/3 = 13,3$ м².

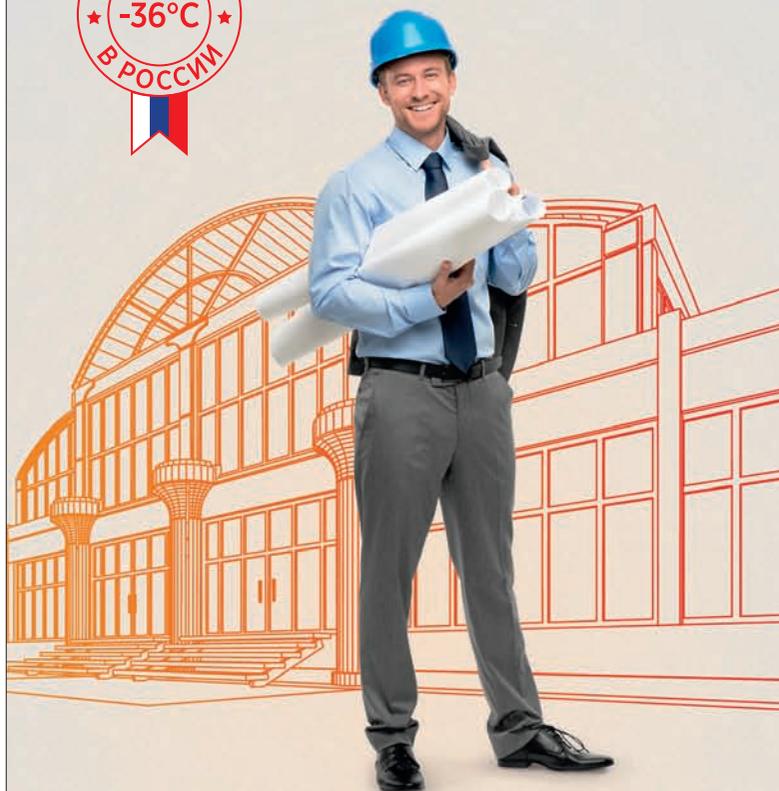
Последний пункт выполнить крайне тяжело – даже в офисах класса А норма площади на одного сотрудника составляет 10 м².

Таким образом, если исключить безответственный подход эксперта к проверке проекта, становится очевидным, что норма 40 м³/ч на человека может применяться скорее в исключительных случаях, нежели на постоянной основе.

Однако, если допустить, что требования пункта 7.1.9 выполнены «по бумагам» за счет занижения численности сотрудников, помещение можно считать «с естественным проветриванием». При этом

ZUBADAN

ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ



ZUBADAN ИННОВАЦИИ В ЭФФЕКТИВНОСТИ

ПРОМЫШЛЕННЫЕ СИСТЕМЫ

Тепловые насосы для коммерческого и промышленного использования.

- > Не является поднадзорным оборудованием;
- > Отсутствие капитальных затрат на коммуникации и теплотрассы;
- > Высокая энергоэффективность — 1кВт затраченной электроэнергии дают от 3 до 5 кВт тепла;
- > Быстрый монтаж;
- > Поэтапный ввод в эксплуатацию;
- > Дистанционная диагностика;
- > Гарантийный срок эксплуатации — 20 лет.

www.zubadan.ru

 **MITSUBISHI
ELECTRIC**
Changes for the Better

Таблица 1

Концентрация CO₂ в помещении при расходе 60 м³/ч на человека

Размер поселения	Концентрация CO ₂ в наружном воздухе, ppm	Выделение CO ₂ человеком (сидя, средняя активность), л/ч	Концентрация CO ₂ в помещении, ppm
Малый населенный пункт	360	20	695
Средний город	440	20	775
Крупный город	550	20	885
Предельное значение	665	20	1000

нормы не требуют каких-либо дополнительных обременений для заказчика, как то:

- исследование акустических характеристик района строительства и расчет, подтверждающий, что открытые окна не приведут к нарушению требований по уровню звукового давления на рабочем месте;
- исследование качества/чистоты воздуха в районе строительства и расчет, подтверждающий, что открытые окна (опций с фильтром не встречал) не приведут к нарушению требований к качеству воздуха рабочей зоны;
- компьютерное моделирование работы системы и эффективности перемешивания воздуха в помещении в разные периоды года;
- наличие метеостанции для мониторинга параметров наружного воздуха;
- наличие в помещении датчиков для контроля качества воздуха и параметров микроклимата;
- окна с возможностью фиксации створки в нескольких режимах, зачастую открытие происходит с помощью привода;
- обязательное наличие системы автоматизации, подающей сигнал открытия на приводы створок или информирующей пользователей здания о том, что в данный момент времени климатические условия позволяют использовать проветривание и окна, при желании, можно открыть. Использование естественной вентиляции – это общемировая тенденция последних лет для устойчивых зданий, однако для нормального применения данной системы перечисленные выше обременения должны быть реализованы. Графика проветриваний недостаточно!

От себя хотел бы добавить следующее.

Прочитав СНИПы по ОВиК, начиная с редакции 75-го года и далее, у меня сложилось мнение, что изначально норма 40 м³/ч на человека – это не расход системы приточной вентиляции с механическим побуждением для помещений, где возможно проветривание, а расчетный расход воздухообмена для

системы естественной вентиляции, разновидностью которой является естественное проветривание (пункт 4.2. СНиП II-33–75), но в результате многократного редактирования текста мы имеем то, что имеем в СП 60.13330.2012.

Вернемся к норме 60 м³/ч на человека.

Ранее по тексту я предполагал, что она выведена по методу «предельной концентрации углекислого газа в помещении». В порядке эксперимента рассмотрим таблицу 1 с результатами расчетов уровня CO₂ по программе LindabDIMcomfort (методика EN 13779 [9]).

Согласно классификации в таблице 8 ГОСТ Р EN 13779–2007 [8] мы имеем «высокое качество воздуха в помещении» во всех рассматриваемых случаях, поскольку нормируется именно **превышение** над уровнем CO₂ в наружном воздухе, а в нашем случае эта величина постоянна и равна 335 ppm.

В абсолютных величинах разные авторы рекомендуют противоречащие друг другу значения концентрации CO₂ в помещении. Изучив различные публикации, я для себя определил бы интервал оптимальных значений < 800 ppm [12] и интервал допустимых значений от 800 до 1000 ppm [13].

Таким образом, расход 60 м³/ч гарантировал бы соблюдение допустимых показателей во всех случаях, когда концентрация CO₂ в наружном воздухе не превышает 665 ppm.

Гарантирует ли норма в 60 м³/ч приемлемое качество воздуха, допустим, в Москве? К сожалению, данных о текущих концентрациях CO₂ в столице мне не удалось обнаружить в открытом доступе даже на сайте Мосэкомониторинга.

В заключение, с попыткой анализа действующей нормативной базы по вопросу расчета минимально необходимого расхода наружного воздуха, не могу не отметить, что чисто юридический подход не применим! Например, в Москве в приземном слое воздуха происходит регулярное превышение средне-суточных ПДК по озону требований документа [14]

ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» (требования документа необходимо менять). Таким образом, де-юре расчет количества наружного воздуха для нужд вентиляции можно и не начинать.

Литература

1. ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях». – М., 2011.
2. СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003». – М., 2003.
3. Постановление Правительства Российской Федерации № 1521 от 26 декабря 2014 года «Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». – М., 2014.
4. СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование». – М., 2003.
5. ГОСТ 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях». – М., 1996.
6. СанПиН 2.1.2.1002-00 «Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям». – М., 2000.
7. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». – М., 1988.
8. ГОСТ Р ЕН 13779-2007 «Вентиляция в нежилых зданиях. Технические требования к системам вентиляции и кондиционирования». – М., 2007.
9. EN 13779 Ventilation for non-residential buildings – Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems.
10. Шилькрот Е. О., Губернский Ю. Д. Сколько воздуха нужно человеку для комфорта? // АВОК. – 2008. – №4.
11. Губернский Ю. Д. Гигиенические аспекты обеспечения оптимальных условий внутренней среды жилых и общественных зданий // Автореф. ... докт. техн. наук. – М., 1976.
12. Olli Seppanen. Tuottava toimisto 2005. Raportti b77. Loppuraportti 2005.
13. СП 2.5.1198-03 «Санитарные правила по организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте». – М., 2003.
14. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест ГН 2.1.6.13 1338-03. – М., 2003. ■



Полная техническая информация:
www.solerpalau.ru

Soler&Palau
Ventilation Group

ВЕНТИЛЯЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ С РОТОРНЫМ РЕКУПЕРАТОРОМ ТЕПЛА

RHE



Высокоэффективные приточно-вытяжные вентиляционные установки с роторным рекуператором тепла серии RHE разработаны специально для организации общеобменной вентиляции в административных, жилых или торговых помещениях, с нормальными параметрами внутреннего воздуха.

Реклама

вентиляция и кондиционирование

БЛАГОВЕСТ

Москва: (495) 582-42-48; Санкт-Петербург: (812) 320-29-49;
Казань (843) 236-87-31; Нижний Новгород: (831) 278-49-27;
Новосибирск: (383) 224-19-38; Воронеж: (473) 263-03-90;
Оренбург: (3532) 68-59-25; Белгород: (4722) 40-00-64;
Волгоград: (8442) 59-75-59; Тюмень: (3452) 51-54-24;
Астрахань: (8512) 30-86-67; Краснодар: (861) 212-68-98;

www.blagovest.ru