

**СООТВЕТСТВИЕ НОРМ  
ВОЗДУХООБЕСПЕЧЕНИЯ  
УКРЫВАЕМЫХ В УБЕЖИЩАХ В  
РЕЖИМЕ ГЕРМЕТИЗАЦИИ В  
УСЛОВИЯХ ЧС ТРЕБОВАНИЯМ  
ЕВРОПЕЙСКИХ СТАНДАРТОВ**

***В.В. Стоянов***

Национальная академия  
природоохранного и  
курортного строительства  
г. Симферополь, ул. Киевская, 181

*В статье рассматривается процесс воздухообеспечения укрываемых в убежищах Украины в режиме герметизации и вопросы соответствия норм воздухоподачи Европейским стандартам. Система вентиляции убежищ в данном контексте – это система обеспечения качества воздуха в зоне укрытия людей, т.е. создание и поддержание безопасной концентрации вред-*

*ных веществ в воздухе обслуживаемой зоны помещения, а также требуемых параметров микроклимата (температура, влажность, давление).*

Известны два способа определения необходимого воздухообмена в убежище – на основе удельных норм воздухообмена и на основе расчета допустимых концентраций загрязняющих веществ [1-3].

В первом случае необходимое количество воздуха обеспечивается за счет подачи в убежище определенного количества наружного воздуха в зависимости от режима эксплуатации. Согласно ДБН В.2.2.5-97 «Защитные сооружения гражданской обороны» установлены следующие нормы воздухоподачи, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Режимы работы	Температура, °С	Кол-во наружного воздуха
Режим чистой вентиляции	27 – 32	до 13 м <sup>3</sup> /ч
Режим фильтровентиляции		2 м <sup>3</sup> /ч
Режим герметизации		до 2 м <sup>3</sup> /ч

Применение второго способа основано на балансе вредностей в вентилируемом объеме. Этот способ является физически обоснованным для определения величины необходимого воздухообмена в режиме герметизации, который является самым сложным и энергоемким режимом эксплуатации убежища, поскольку в зону укрываемых выделяется 20-25 л/ч углекислого газа и приблизительно 100 Вт тепла от одного укрываемого.

Если уровень CO<sub>2</sub> в помещении выше 800 ppm\* (ppm\* - миллионная доля вещества в смеси, чистый атмосферный воздух содержит 380 ppm CO<sub>2</sub>), то наблюдается следующее влияние на организм человека [17]:

– при кратковременном воздействии (несколько часов): ощущение нехватки воздуха, головная боль, усталость, головокружение, плохая концентрация внимания, апатия и т.п.;

– при длительном воздействии (более двух часов): риниты, обострения аллергии, сухой кашель, приступы астмы, снижение иммунитета, заболевание крови, диабет, заболевания сердечно-сосудистой системы, бессонница.

Повышение температуры более 32°C при влажности 46% также является опасным для человека. Согласно данным [2,3] время достижения критических значений температуры при нормах площади на человека 0,5 м<sup>2</sup> и воздухоподаче 2 м<sup>3</sup>/ч составляет 12 ч, двуокиси углерода до 3% – 4 часа. Для оценки соответствия существующих норм подачи воздуха Европейским стандартам будем полагать:

– состав, величину поступающих в помещение вредных выделений и режимах работы вентиляции, герметизации – установившимся;

– определяющим вредным веществом в помещении – выдыхаемый углекислый газ CO<sub>2</sub>;

– эквивалентом вредных веществ, генерируемых помещением, также является углекислый газ;

– воздухообмен в помещении организован по схеме перемешивающей вентиляции, коэффициент эффективности воздухообмена  $K_c=1$ .

Указанные предпосылки позволяют записать следующие уравнения баланса вредных выделений в вентилируемом помещении в виде:

$$G_{\Sigma} = G_{\text{чел}} + G_{\text{пом}} \quad (1)$$

$$L_{\Sigma} = L_{\text{чел}} + L_{\text{пом}} = G_{\Sigma} / \text{ПДК} - C_{\text{пр}} = \quad (2)$$

$$G_{\text{чел}} / \text{ПДК} - C_{\text{пр}} + G_{\text{пом}} / \text{ПДК} - C_{\text{пр}}$$

где  $G_{\text{чел}}$ , – вредные выделения углекислого газа в помещение от людей, л/ч;  $G_{\text{пом}}$  – содержание углекислого газа в воздухе помещения, л/ч;  $L_{\text{чел}}$ ,  $L_{\text{пом}}$  – необходимое количество воздуха для вентиляции помещения, м<sup>3</sup>/ч;

$$G_{\text{чел}} = n G^{\text{уд}}_{\text{чел}}$$

где  $G^{\text{уд}}_{\text{чел}}$  и  $n$  – удельные выделения углекислого газа от человека л/ч·чел и число людей в помещении;

$$G_{\text{пом}} = f G^{\text{уд}}_{\text{пом}},$$

где  $G^{\text{уд}}_{\text{пом}}$  и  $f$  – удельные выделения углекислого газа от помещения л/ч·м<sup>2</sup> и площадь помещения в м<sup>2</sup>.

Примем [19] выделения углекислого газа от человека 25 л/ч. Для определения  $G_{\text{пом}}$  используется следующая формула:

$$G_{\text{пом}} = L^{\text{уд}}_{\text{пом}} (\text{ПДК} - C_{\text{пр}}). \quad (3)$$

$\text{ПДК}$  и  $C_{\text{пр}}$  – предельно допустимая концентрация углекислого газа в воздухе помещения и приточном (наружном) воздухе мл/м<sup>3</sup>, ppm.

Согласно анализу Европейских стандартов EN15251 и EN13779 можно сделать вывод, что в убежищах с низким загрязнением  $G_{\text{пом}} = 1,2$  л/ч·м<sup>2</sup>, с высоким загрязнением  $G_{\text{пом}} = 2,4$  л/ч·м<sup>2</sup>.

В отечественных нормативных документах [1] концентрация углекислоты в воздухе не устанавливается. Анализ нормативных стандартов других стран мира (таблицы 2,3) позволяет предложить следующие значения ПДК углекислого газа, соответствующие разной степени комфортности, таблица 4.

Т а б л и ц а 2

Классификация качества воздуха помещений (стандарт EN 13779)

Категория	Характеристика	Превышение концентрации CO <sub>2</sub> в помещении относительно концентрации в наружном воздухе, ppm	
		Предельное	Расчетное
IDA 1, (I)	Высокое качество воздуха помещения	<400	350
IDA 2, (II)	Среднее I качество воздуха помещения	400–600	500
IDA 3, (III)	Среднее II качество воздуха помещения	600–1 000	800
IDA 4	Низкое качество воздуха помещения	>1 000	1 200

Значения ПДК углекислого газа в воздухе обслуживаемой зоны помещения

Страна	Нормы	Уровень CO <sub>2</sub>
Финляндия	Стандарт. Министерство здравоохранения и социального развития (2003)	Качество воздуха (ppm): Высокое – 700 Среднее – 900 Удовлетв. – 1 200
США	Рекомендации. Департамент здравоохранения США. Рекомендации по качеству воздуха в школах	Предельный уровень – 1 000 ppm
США	Нормы ASHRAE 62-1989 «Вентиляция для нормального качества воздуха»	1000 ppm
США	Рекомендация Американской ассоциации промышленных гигиенистов (ACGIH), 1998 г.	600 ppm
США	Рекомендация Национального института профессиональной безопасности и здравоохранения (NIOSH), 1987 г.	600 ppm
США	Рекомендация Управления по технике безопасности и гигиене труда (OSHA), 1994 г.	800 ppm
Великобритания	Нормы «Вентиляция в школьных зданиях. Руководство по стандартам и проектированию», 2006 г.	1 500 ppm – предельная норма для учебного дня с 9:00 до 15:30
Голландия	Гигиеническая норма «Обзор норм по качеству воздуха для детских садов Голландии»	1 000 ppm – гигиеническая норма для детских садов 1 200 ppm – гигиеническая норма для школ
Эстония	Нормы Министерства по социальным вопросам	1 000 ppm – гигиеническая норма для школ

Таблица 4

Значения ПДК углекислого газа в обслуживаемой зоне помещений, ppm

Категория помещения	Низкая загрязненность	Высокая загрязненность
I	≤ 600	≤ 800
II	≤ 800	≤ 1 000
III	≤ 1 000	≤ 1 200

Если принять  $C_{np}=350$  ppm, то для  $G_{ном}=0,125$  л/с·м<sup>2</sup> значение ПДК для помещений I, II, III категории составит 600, 800, 1000 ppm соответственно. Используя принятые условия рассчитаем возду-

хообмен в зоне укрываемых площадью 300 м<sup>2</sup> при режиме герметизации. Прием внутренний воздух с низкой загрязненностью, II категория помещения,

ПДК 800 ppm, число укрываемых 600 человек.

1) Определим поступления CO<sub>2</sub> от людей  $G_{\text{чел}}=600 \times 25=15000$  л/ч.

2) Определим поступление CO<sub>2</sub> от помещения  $G_{\text{пом}}=300 \times 0,125 \times 3,6=135$  л/ч.

3) Общие поступления CO<sub>2</sub> в помещение

$$G_{\Sigma}=15000+135=15135 \text{ л/ч,}$$
$$\Delta C=\text{ПДК}-C_{\text{нар}}=800 \text{ ppm,}$$

$C_{\text{нар}}$  при режиме герметизации не учитывается.

4) Величина воздухообмена по формуле (2)

$$L_{\Sigma}=G_{\Sigma}/\text{ПДК}-C_{\text{нар}}=15135/0,8=18918 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Рассчитанная величина воздухообмена на одного человека будет составлять 31 м<sup>3</sup>/ч.

Полученный результат позволяет сделать вывод, что величина требуемого воздухообмена существенно превышает значения, принятые сегодня.

Установленных в Украине фильтровентиляционные комплекты не обеспечивают выполнения норм по воздухообеспечению укрываемых людей в режиме герметизации в соответствии с требованиями Европейских стандартов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 2.04205-91\*У. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
2. ASHRAE 62-1999. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.
3. Стандарт АВОК-1-2004. Здания жилые и общественные. Нормы воздухообмена.
4. European standard EN 13779:2005. Ventilation for non-residential buildings – Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems.
5. ГОСТ Р EN 13779-2007. Вентиляция в нежилых зданиях. Технические требования к системам вентиляции и кондиционирования.
6. C. A. Erdmann, K. C. Steiner, M. G. Apte. Indoor carbon dioxide concentrations and sick building syndrome symptoms in the base study. Revisited: analyses of the 100 building dataset / Indoor Environment Dept., Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA, USA.
7. Справочник по теплоснабжению и вентиляции в гражданском строительстве. – Киев: Госстройиздат УССР, 1959.
8. Губернский Ю.Д., Шилькром Е.О. Сколько воздуха нужно человеку для комфорта? // АВОК. – 2008. – № 4.
9. ASHRAE Standard 62-2001, 2004. Ventilation for Acceptable Air Quality. EN 13779:2007. Ventilation for non-residential buildings – performance requirements for ventilation and room-conditioning systems.
10. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
11. Clements-Croome DJ. Work performance, productivity and indoor air // SJWEH Suppl. 2008, (4).
12. Olli Seppanen. Tuottava toimisto 2005 / Raportti b77. Loppuraportti, 2005.
13. Adrie van der Luijt. Management CO<sub>2</sub> levels cause office staff to switch off / Director of Finance online. 11.19.2007.
14. Kajtar L., et al. Influence of carbon dioxide pollutant on human well being and work intensity // Healthy Buildings. Lisbon, Portugal. 2006.
15. Chung-Yen Lua, Yee-Chung Maa, Jia-Min Lina, Chun-Yu Chuangc, Fung-Chang Sunga. Oxidative DNA damage estimated by urinary 8-hydroxydeoxyguanosine and indoor air pollution among non-smoking office employees. Institute of Environmental Health, National Taiwan University College of Public Health.
16. Елисеева О.В. К обоснованию ПДК двуокиси углерода в воздухе // Гигиена и санитария. – 1964. – № 8.
17. <http://alfaintek.com/assets/files/Uniqfre%20Presentation.pdf>
18. [http://air4you.ru/doc/co2\\_1.pdf](http://air4you.ru/doc/co2_1.pdf)
19. ДБН В.2.2.5-97 «Защитные сооружения гражданской обороны»