

THE EQUIPPING OF DEFENCE CONSTRUCTIONS WITH FORCED AIR SUPPLY SYSTEM

Melnyk A.V.

*Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University
Uman. Ukraine, Cand. tech sciences docent.*

Suslo L.V

*Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University
Uman. Ukraine, Senior Lecturer*

Orlova O.V.

*Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University
Uman. Ukraine, Lecturer*

ОБОРУДОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ ПОДАЧИ ВОЗДУХА

Мельник О. В.

Канд. техн. наук. доцент.

Сусло Л. В.

Старший преподаватель

Орлова О.М.

Преподаватель

ABSTRACT

This paper is about danger of the military conflict that arose in the east of Ukraine as a result of the usage of various types of weapons by terrorists with the support of Russian troops. The state of the existing civil defence constructions is analyzed, which are located on the territory of Ukraine.

The standards for the people accommodation are given in civil defence constructions due to their receptacle and standards of carbon dioxide contents (CO₂) in the percentage correlation of the volume in the air. Chemical methods of air purification out of CO₂ are considered here. An example of calculating the possible time of people's staying in civil defence constructions is shown depending on the maximum admissible concentration (MAC) of CO₂ - ($C_{доп}$) in the air. A comparative characteristic of the numerical calculation of the residence time of people in civil defence constructions with different MAC values for CO₂ is given. The sequence and the obtained formula for calculating the performance of a fan of

a forced air supply system to a protective structure, depending on the number of people accommodated in it, is given. Practical recommendations are proposed on the selection and placement of the ventilation in civil defence constructions.

АНОТАЦИЯ

Описана опасность, военного конфликта возникшего на востоке Украины в результате применения террористами разных видов вооружения при поддержке русских войск. Проанализировано состояние действующих защитных сооружений гражданской обороны, которые находятся на территории Украины.

Приведены нормы размещения людей в защитных сооружениях гражданской обороны по их вместимости и нормы по содержанию диоксида углерода (CO_2) в процентном соотношении по объёму в воздухе. Рассмотрены химические способы очистки воздуха от содержания CO_2 . Показан пример расчета возможного времени пребывания людей в защитных сооружениях в зависимости от предельно допустимой концентрации (ПДК) $\text{CO}_2 - (C_{\text{доп}})$ в воздухе. Дана сравнительная характеристика численного расчета времени пребывания людей в защитных сооружениях с различными значениями ПДК по CO_2 . Приведена последовательность и полученная формула расчета производительности вентилятора принудительной системы подачи воздуха в защитное сооружение в зависимости от количества размещенных в нем людей. Предложены практические рекомендации по подбору и размещению вентиляционного агрегата в защитном сооружении.

Keywords: civil defence constructions, carbon dioxide, admissible concentration, ventilation productivity, forced air supply system.

Ключевые слова: защитное сооружение гражданской обороны, диоксид углерода, предельно допустимая концентрация, производительность вентилятора, принудительная система подачи воздуха.

Постановка проблемы.

Вооруженный конфликт на востоке Украины продолжает дестабилизировать политическое, экономическое и социальное положение

страны. Во время проведения боевых операций противником широко применяется различное вооружение: реактивная система залпового огня (РСЗО) 9П132 "Град-П" (Партизан). Кроме того боевиками активно используются современные переносные противотанковые ракетные комплексы 9К129 «Корнет», переносные зенитно-ракетные комплексы (ПЗРК) "Стрела", "Верба" (Россия), Grom E2 (Польша). Как видим, у террористов на Донбассе есть все для того, чтобы вести против вооруженных сил Украины диверсионную войну. Такая война является внезапной и неожиданной. В таких условиях для защиты боевого потенциала украинских войск и жизнедеятельности гражданского населения будут использоваться различные фортификационные сооружения, защитные сооружения гражданской защиты и другие подвальные помещения капитальных сооружений. Одной из главных задач безопасного функционирования таких сооружений является оборудование их принудительной системой подачи воздуха.

Анализ последних исследований и публикаций.

Изучением и исследованием защиты населения в чрезвычайных ситуациях, в разное время занимались известные ученые: В. Н. Александров [1], В. Г. Атаманюк [2], А. Т. Алтунин [4], В. А. Смелянский [5], Г. Г. Міговіч [6], П. Т. Егоров [7], Г. П. Демиденко [8], В. В. Мясников [9], Ю. Ю. Каммерер, [10], І. М. Миценко [13], М. І. Стеблюк [14,15], В. И. Бухтояров [16] В. М. Шоботов [17] и другие. В их трудах охарактеризованы средства коллективной защиты с раскрытием их функционального назначения, приведены инженерные системы защитных сооружений, однако предложения по их оборудованию принудительной системой подачи воздуха при наименьших материальных затратах в современных условиях отсутствуют.

Как следствие, состояние защитных сооружений гражданской обороны необходимо изучать, проводить анализ на предмет их использования по

назначению, принимать практические меры по улучшению их состояния и практического применения в современных условиях.

В связи с вышесказанным **целью настоящей статьи** является разработка практических рекомендаций по оборудованию защитных сооружений принудительной системой подачи воздуха.

Задачи исследования:

1. Проанализировать состояние существующих защитных сооружений гражданской обороны.

2. Разработать практические рекомендации по оборудованию защитных сооружений принудительной системой подачи воздуха.

3. Провести численный расчет необходимого количества принудительной подачи воздуха в защитное сооружение в зависимости от его общей вместимости.

4. Предложить практические рекомендации по подбору и размещению вентиляционного агрегата в защитном сооружении.

Изложение основного материала.

Защита населения - это комплекс мероприятий, направленных на сохранение жизни и здоровья людей в случае реальной угрозы или возникновении чрезвычайных ситуаций [12].

Главная цель защиты населения - создание необходимых условий для предотвращения или максимального снижения потерь населения [12].

Защитные сооружения – это сооружения, которые предназначены для защиты населения от современных средств поражения, воздействия чрезвычайных ситуаций техногенного, природного, социально-политического и военного характера [12].

Убежища гражданской обороны – это капитальные инженерные сооружения, обеспечивающие наиболее надежную защиту людей от воздействия всех поражающих факторов ядерного взрыва, боевых отравляющих веществ, сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ),

бактериальных средств, поражающих факторов обычного оружия, обвалов и обломков разрушенных зданий и сооружений [12].

Вместимость защитных сооружений определяют из расчета в соответствии с нормами [10]: 0,5 м² площади пола на одного человека при двухъярусном и 0,4 м² при трехъярусном расположении нар. Высота основных помещений в «чистоте» не должна быть меньше 2,2 метра, а общий объем воздуха на 1 человека - не менее 1,5 м³. Помещение для укрытия людей оборудуются нарами для сидения размером 0,45x0,45 м, для лежания 0,55x1,8 м - на одного человека.

Существует два химических способы очистки воздуха от содержания CO₂:

- первый способ - поглощение содержания CO₂
- второй способ - поглощение содержания CO₂ с одновременным пополнением кислорода в воздухе.

Первый способ очистки воздуха заключается в следующем: некоторые химические соединения [например, гидрат окиси кальция Ca(OH)₂] имеют свойство вступать в химическую реакцию с диоксидом углерода, тем самым уменьшая его содержание в воздухе. Химическая реакция Ca(OH)₂ с CO₂ проходит с выделением водяных паров H₂O и тепла Q:



Химический поглотитель - твердое порошкообразное вещество, которое содержит Ca(OH)₂ и другие соединения.

Следует отметить, что при первом способе очистки воздуха нормальное содержание кислорода в воздухе (21 ± 4%) восстанавливают дополнительным кислородом, который содержится в баллонах со сжатым кислородом.

Второй способ очистки заключается в том, что некоторые химические вещества, например, надпероксида натрия (NaO₂), надпероксида калия (KO₂), которые являются сильными окислителями и способны легко

взаимодействовать с другими химическими веществами, в том числе с CO_2 , с одновременным пополнением кислорода в воздухе.



Данную реакцию используют как в регенеративных установках общего назначения, так и в регенеративных патронах изолирующих противогазов.

Номинальное содержание CO_2 в воздухе по объему составляет 0,03%. При повышенном содержании CO_2 (1,5-2%) дыхание у человека становится более глубоким, однако существенного ухудшения самочувствия не наблюдается. При 3,5-4% CO_2 возникает головная боль, общая слабость, ухудшается работа сердечно-сосудистой системы, снижается работоспособность. При таких условиях длительное пребывание людей в защитных сооружениях становится невозможным. При повышении содержания CO_2 до 6% самочувствие ухудшается, возникает учащенное сердцебиение, замедление пульса, головокружение. Концентрацию в 8% человек может выдержать 30-40 минут.

Время возможного пребывания людей в защитном сооружении в зависимости от его объема рассчитывается по формуле (1) [10]:

$$t_{np} = \frac{C_{доп} \cdot V}{B \cdot 100\%}, \quad (1)$$

где

$C_{доп}$ – предельно допустимая концентрация CO_2 , %;

V – объем воздуха на 1 человека, м^3 ;

B – количество CO_2 , которую выдыхает человек, л/ч.

Для удобства и перевода единиц измерения в одну систему размерности в выражении (1) заменим величину 100% на 0,1%, тогда, подставляя значения V у м^3 , будем получать эквивалентный результат возможного времени пребывания людей в защитном сооружении, выраженный в часах:

$$t_{np} = \frac{C_{доп} \cdot V}{0,1\% \cdot B}. \quad (2)$$

При расчете количества CO_2 , которую выдыхает один человек в час, будем считать, что в спокойном состоянии он делает примерно 16 вдохов-выдохов в минуту, и как следствие, в среднем вдыхает-выдыхает 8-10 л/мин. воздуха в час составит 480-600 л/ч., в среднем - 540 л/час. Принимается, что содержание CO_2 в выдыхаемом воздухе, составляет 4%, (0,04 доли) от всего его объема, в нашем случае это 540 л/ч. В результате этого количество выдохнутого CO_2 человеком составит:

$$540 \text{ л/ч.} \cdot 0,04 = 21,6 \text{ л/ч.}$$

Приведем пример расчета (3) со следующими исходными данными:

- $C_{доп}$ – 3,5%;
- V – объем воздуха в защитном сооружении из расчета на 1 человека составляет 1,5 м³;
- B – количество выдохнутого CO_2 21,6 л/ч, тогда:

$$t_{np} = \frac{3,5\% \cdot 1,5 \text{ м}^3}{0,1\% \cdot 21,6 \text{ л/ч.}} = 2,43 \text{ ч.} \quad (3)$$

Время максимально возможного пребывания людей в защитном сооружении при заданных условиях составит 2,43 часа \approx 2 часа 24 минут. Если взять для расчета $C_{доп}$ – 1,5%, тогда:

$$t_{np} = \frac{1,5\% \cdot 1,5 \text{ м}^3}{0,1\% \cdot 21,6 \text{ л/ч.}} = 1,04 \text{ ч.} \quad (4)$$

Итак, в штатных условиях время максимально возможного пребывания людей в защитном сооружении составит 1,04 часа \approx 1 час 2 минуты.

За годы постсоветского периода большая часть защитных сооружений пришла в негодное состояние. Особенно это касается инженерных систем воздухообеспечения, в них фильтр-вентиляционные агрегаты и воздуховоды, которые были установлены при возведении зданий, исчерпали свой технический ресурс и к дальнейшей эксплуатации непригодны. Как следствие, большая часть указанных инженерных систем демонтирована и

альтернатива по обеспечению подачи воздуха в защитное сооружение отсутствует.

В Уманском государственном педагогическом университете в защитном сооружении есть два больших помещения вместимостью по 500 человек. В повседневной деятельности используются как тренажерный и танцевальный зал. В связи с переоборудованием (современный ремонт), воздуховоды инженерной системы были демонтированы. Однако во время тренировок в тренажерном и танцевальном залах стало ощутимо недостаточное количество свежего воздуха и возникла необходимость дооборудовать эти помещения системой принудительной подачи воздуха (вентилятором). Производительность вентилятора рассчитывается по известной формуле (5):

$$Q = \frac{V_{уст}}{t_{уст}}, \quad (5)$$

где

$V_{уст}$ – объем перемещаемого воздуха м³;

$t_{уст}$ – единица времени ч.

Из соотношения расчетов (3) и (4) следует, что чем меньше норма $C_{доп}$ (1,5%<3,5%), тем меньше времени люди могут находиться в защитном сооружении (1ч.2мин.<2ч.24 мин.)

Для расчета необходимого количества перемещения свежего воздуха за один час воспользуемся формулой (2), тогда:

$$V = \frac{0,1\% \cdot t_{пр} \cdot B}{C_{доп}}. \quad (6)$$

Предположим, что для людей, которые находятся в одинаковых условиях, произведение $(0,1\% \cdot t_{пр} \cdot B)$ величина постоянная, и за 1 час составит $(2,16\% \cdot м^3)$. Поэтому формула (6) примет вид:

$$V = \frac{2,16\% \cdot м^3}{C_{доп}}. \quad (7)$$

Формула (7) справедлива для расчета объема воздуха на одного человека. Общий необходимый объем перемещаемого воздуха $V_{уст}$ на n человек будет определяться по формуле (8):

$$V_{уст} = V \cdot n, \quad (8)$$

где

V – объем воздуха на одного человека $м^3$;

n – количество человек в защитном сооружении.

Подставив (7) у (8) а (8) у (5) получим:

$$Q = \frac{2,16\% \cdot м^3}{C_{доп} \cdot t_{уст}} \cdot n. \quad (9)$$

Общее количество воздуха, которое необходимо подать в защитное сооружение будет зависеть от количества людей, которое в нем находится, и от значения величины $C_{доп}$.

В [3] указано, что в помещении необходимо поддерживать необходимые параметры воздуха по CO_2 на уровне 0,5...1,3 %. Проведем расчеты для количества людей, которые составляют $n = 500чел.$, $C_{доп} = 0,5\%$, $C_{доп} = 0,9\%$ та $C_{доп} = 1,3\%$, $t_{уст} = 1ч.$, тогда:

$$Q = \frac{2,16\% \cdot м^3}{0,5\% \cdot 1год} \cdot 500 = 2160 м^3 / ч, \quad (10)$$

$$Q = \frac{2,16\% \cdot м^3}{0,9\% \cdot 1год} \cdot 500 = 1200 м^3 / ч, \quad (11)$$

$$Q = \frac{2,16\% \cdot м^3}{1,3\% \cdot 1год} \cdot 500 = 830 м^3 / ч. \quad (12)$$

Итак минимальное количество объема принудительной подачи воздуха на 500 человек ни в коем случае не должна быть меньше нежели $Q = 830 м^3 / ч.$

С проведенных расчетов можно сделать вывод, что количество принудительной подачи воздуха на одного человека в зависимости от нормы $C_{доп}$ находится в пределах от $1,66 м^3 / ч.$ до $4,32 м^3 / ч.$

В тренажерном зале университета, который имеет размеры: длина – 23,6 м, ширина – 9,9 м и высота – 2,7 м в соответствии с [10] можно разместить 420 человек.

Воспользовавшись проведенными выше расчетами, тренажерный зал оборудовали системой принудительной подачи воздуха производительностью $Q = 1370 \text{ м}^3 / \text{ч.}$, что составляет $3,26 \text{ м}^3 / \text{ч.}$ на одного человека та $C_{\text{доп}} = 0,66\%$.

Приток воздуха в такой системе осуществляется через открытые входные двери, а вытяжка выведена в боковую стенку защитного сооружения через жестяной короб в боковое отверстие. Практическое использование установки принудительной подачи воздуха показало удовлетворительный результат, как во время тренировок спортсменов, так и при размещении людей количеством 420 человек, что свидетельствует о достоверности предложенной методики расчета системы принудительной подачи воздуха.

Новизна полученных результатов состоит в том, что впервые получена формула расчета производительности вентилятора принудительной подачи воздуха в защитное сооружение в зависимости от количества находящихся в нем людей и от нормы ПДК по CO_2 .

Выводы и предложения

В результате теоретических исследований расчета производительности вентилятора принудительной подачи воздуха и практического подтверждения полученных результатов, путем его установки в защитном сооружении, были разработаны практические рекомендации по подбору производительности вентиляционного агрегата в зависимости от количества людей и нормы $C_{\text{доп}}$ в защитном сооружении.

Предлагается использовать полученную формулу для подбора производительности вентилятора с учетом количества людей и предельно допустимой концентрации CO_2 для оборудования защитных сооружений.

Литература

1. Александров, В. Н. Отравляющие вещества / В. Н. Александров, В. И. Емельянов ; под ред. Г. А. Сокольского. – Изд. 2-е, переработ. и дополн. – М. : Воениздат, 1990. – 270, [2] с.
2. Атаманюк, В. Г. Гражданская оборона / В. Г. Атаманюк, Л. Г. Ширшев, Н. И. Екимов. – М. : Высшая школа, 1986. – 207 с.
3. Гладышев Н. Ф. Системы и средства регенерации и очистки воздуха обитаемых герметичных объектов / Н. Ф. Гладышев, Т. В. Гладышева, С. И. Дворецкий. – М. : Спектр, 2016. – 204 с.
4. Гражданская оборона : утверждено нач. ГО СССР в качестве учеб. пособ. для населения / под ред. А. Т. Алтунина. – М. : Воениздат, 1984. – 192 с. : ил.
5. Гражданская оборона : учеб. пособ. для уч. средней школы / ред. В. А. Смелянский. – Изд. 8-е, исправлен. и дополн. – М. : Просвещение, 1975. – 207, [1] с.
6. Довідник з цивільної оборони / Г. Г. Міговіч. – К. : Українська технологічна група, 2001. – 328 с.
7. Егоров, П. Т. Гражданская оборона / П. Т. Егоров, И. А. Шляхов, Н. И. Алабин. – М. : Высшая школа, 1977. – 303 с.
8. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения : справочник / Г. П. Демиденко, Е. П. Кузьменко, П. П. Орлов [и др.]. – К. : Выща школа, 1989. – 287 с.
9. Защита от оружия массового поражения : справочник / [А. Н. Калитаев, Г. А. Живетьев, Э. И. Желудков [и др.] ; под ред. В. В. Мясникова. – М. : Воениздат, 1984. – 268, [2] с. : ил. – (Библиотека офицера).
10. Каммерер, Ю. Ю. Защитные сооружения гражданской обороны : (устройство и эксплуатация) : рек. в качестве учеб. пособ. для обучения в системе ГО / Ю. Ю. Каммерер, А. К. Кутырев, А. Е. Харкевич ; под ред. Ю. Н. Афанасьева. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 227, [5] с. : ил.

11. Мельник, О. В. Методика оцінки радіаційної та хімічної обстановки у мирний та воєнний час при виникненні надзвичайних ситуацій на об'єктах атомних електростанцій та хімічної промисловості / О. В. Мельник. – УДПУ : ФОП Жовтий О. О., 2014. – 54 с.

12. Мельник, О. В. Цивільний захист : навч. посіб. / О. В. Мельник ; [рец. Парій О. М., Совгіра С. В., Грітченко А. Г.] ; МОН України, Уманський держ. пед. ун-т імені Павла Тичини. – Умань ; Бровари : АНФ ГРУП, 2014. – 231, [1] с. : іл., табл. – Бібліогр.: с. 205-206.

13. Миценко, І. М. Цивільна оборона : навч. посібник : рек. МОН України / І. М. Миценко, О. М. Мизенцева. – Чернівці : Книга – XXI,

14. Стеблюк, М. І. Методика оцінки радіаційної, хімічної і пожежної обстановки / М. І. Стеблюк. – К. : Друкарська дільниця УВК НАУ, 1998. – 66 с.

15. Стеблюк, М. І. Цивільна оборона / М. І. Стеблюк. – К. : Знання, 2006. – 487 с.

16. Учебник сержанта химических войск : утвержден нач. химических войск МО СССР / МО СССР, Управление нач. химических войск ; под ред. В. И. Бухтоярова. – Изд. 2-е, переработ. и дополн. – М. : Воениздат, 1988. – 263, [1] с. : ил.

17. Шоботов, В. М. Цивільна оборона : навч. посібник : рек. МОН України як навч. посіб. для студентів ВНЗ / В. М. Шоботов ; МОН України, Приазовський ДТУ. – Вид. 2-ге, перероб. – К. : Центр навчальної літератури, 2006. – 436 с.