

ПРОБЛЕМЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Выпуск 12



Харьков – 2002

*П.Ю. Бородич, адъюнкт, АПБУ
(представлено докт. техн. наук...)*

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ЛЕГОЧНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ В ХОДЕ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ПО ТУШЕНИЮ ПОЖАРОВ НА СТАНЦИЯХ МЕТРОПОЛИТЕНА

Исследованы особенности изменения легочной вентиляции в ходе выполнения различных видов боевой работы. Отмечены особенности изменения легочной вентиляции при различных нагрузках. Сделан вывод о тренировках личного состава правильному дыханию.

Пожары на станциях метрополитена являются одним из самых опасных и сложных видов пожаров, так как характеризуются наличием большого количества пассажиров, быстрым задымлением тоннелей и станций. В результате значительно усложняется ведение боевых действий. При этом средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД), применяемые в настоящее время, в полной мере не соответствуют возлагаемым на них требованиям. Так, работа в аппаратах на сжатом воздухе (АСВ), которыми вооружено подавляющее большинство подразделений пожарной охраны, усложняется:

- ограниченным временем защитного действия этих аппаратов;
- экстремальным характером этих работ;
- несоответствием тактико-технических характеристик данных аппаратов реальным условиям, в которых они используются, при рассмотрении которых не учитывались физические нагрузки, возникающие при тушении пожаров на станциях метрополитена.

Наиболее распространенной и важной характеристикой процесса дыхания человека, которую используют в большинстве расчетов, связанных с обоснованием требований по созданию и эксплуатации средств индивидуальной защиты органов дыхания, является [1] легочная вентиляция $\omega_{л}$. Она определяется количеством воздуха Q , который необходим для дыхания на протяжении времени t

$$\omega_{л} = \frac{Q}{t}. \quad (1)$$

Эта характеристика зависит от физического состояния человека. Так в состоянии покоя человек делает 15-18 дыхательных циклов в минуту, дыхательный объем в этом случае равняется около

$0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$, а легочная вентиляция, соответственно, $7-9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{мин}$. При нагрузках, которые сопровождаются ускорением окислительных процессов в тканях и увеличением их потребности в кислороде, показатель всех трех параметров увеличивается [1]. Поэтому за основу определения времени работы в СИЗОД, наряду с такими техническими характеристиками аппаратов как объем баллонов и давление газовой смеси внутри них, выбирают показатель (1).

Исследования работы в АСВ проводились во время пожарно-тактических учений на станциях метрополитена [2] и на практических занятиях по подготовке газодымозащитников. Боевая работа испытуемого личного состава в АСВ на свежем воздухе и в теплодымокамере, а также во время учений включала в себя включение в аппарат, работу с пожарно-техническим вооружением, движение к “пострадавшим” и последующую эвакуацию их на свежий воздух разными способами:

- сопровождение тех, кто может передвигаться, но потерял способность ориентироваться в задымленном пространстве;
- переноску (способом “на карабинах”) тех, кто находится в сознании, но не способен передвигаться самостоятельно;
- переноску “пострадавших” без сознания.

Используя закон Бойля-Мариота, расчет показателя $\omega_{лi}$ легочной вентиляции у каждого (i-го) газодымозащитника выполнялся следующим образом

$$\omega_{лi} = \frac{(P_{начi} - P_{конi}) \cdot V_{бi}}{P_a \cdot t_i}, \quad (2)$$

где $P_{начi}$ и $P_{конi}$ – соответственно начальное и конечное давление в баллоне, МПа;

$V_{бi}$ – объем баллона, м^3 ;

$P_a \approx 0,1 \text{ МПа}$ – атмосферное давление;

t_i – рассматриваемый промежуток времени, мин.

Были получены результаты для отдельных видов боевой работы, некоторые из которых приведены в таблице. Так из результатов, приведенных в таблице, видно, что даже работы средней тяжести (спуск по неподвижному эскалатору), не говоря уже о тяжелых и очень тяжелых, влекут за собой значительное увеличение частоты дыхания, что не может не привести к увеличению легочной вентиляции.

Кроме того, полученные в соответствии с (2) результаты легочной вентиляции по каждому виду выполняемой работы были представлены в виде распределений, некоторые из которых приведены на рисунках 1-4.

Таблица - Сравнительная оценка легочной вентиляции

№ п/п	Выполняемая работа	$\omega_{л},$ $*10^{-3}$ м ³ / мин	$G_{\omega_{л}},$ $*10^{-3}$ м ³ / мин	Значение $\omega_{лi},$ рекомендуем ое в справочной литературе, $*10^{-3}$ м ³ /мин
1	Спуск	79	2,9	40
2	Подъем по эскалатору (сопровождение “пострадавшего” в сознании)	91	3,1	60
3	Переноска “пострадавшего” по эскалатору на карабинах	106	4,1	84
4	Переноска “пострадавшего” без сознания по эскалатору	120	4,8	84
5	Весь комплекс работ в непригодной для дыхания среде	99	3,4	40

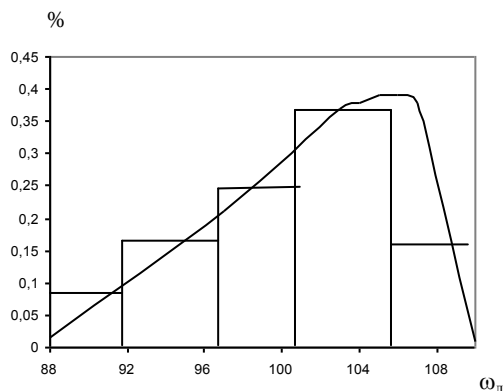


Рисунок 1 - Распределение легочной вентиляции во время работы в непригодной для дыхания среде.

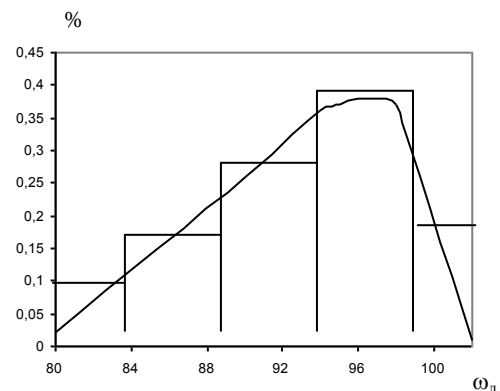


Рисунок 2 - Распределение легочной вентиляции при подъеме по эскалатору (сопровождение пострадавшего в сознании).

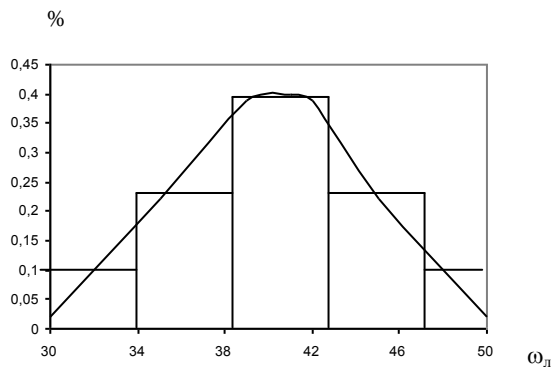


Рисунок 3 - Распределение легочной вентиляции во время работы в теплодымокамере.

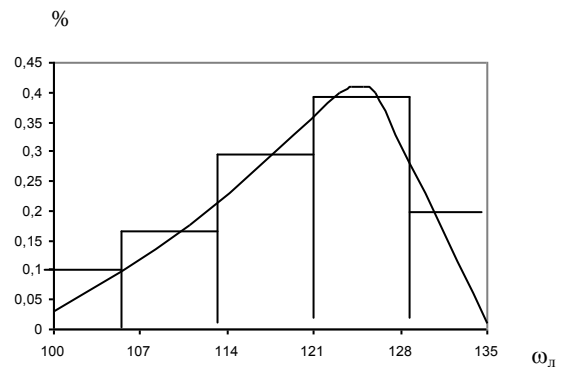


Рисунок 4 - Распределение легочной вентиляции при переноски пострадавшего по эскалатору без сознания.

Анализ результатов, приведенных на рисунках, показывает, что легочная вентиляция $\omega_{л}$ при выполнении любой работы ограничена как сверху, так и снизу, т.е. всегда можно указать максимальную легочную вентиляцию $\omega_{л\ max}$, которая имеет место быть при стечении самых неблагоприятных обстоятельств, и минимальную легочную вентиляцию $\omega_{л\ min}$, которая понадобится для выполнения работы при наиболее благоприятном стечении обстоятельств; легочная вентиляция, при выполнении работы может принять любое значение в интервале $[\omega_{л\ min}, \omega_{л\ max}]$, т.е. является непрерывной случайной величиной; легочная вентиляция при выполнении любой возможной работы зависит от большого числа случайных факторов, каждый из которых в отдельности является малосущественным. Вышесказанное позволяет сделать вывод о том, что при проведении вероятностной оценки легочной вентиляции $\omega_{л}$, которая имеет место при выполнении различных работ, можно использовать β -распределение:

$$f(\omega_{л}) = \begin{cases} \frac{(\omega_{л} - \omega_{л\ min})^{\alpha - 1} \cdot (\omega_{л\ max} - \omega_{л})^{\beta - 1}}{(\omega_{л\ max} - \omega_{л\ min})^{\alpha + \beta + 1} \cdot B(\alpha\beta)} & \text{при } \omega_{л\ min} \leq \omega_{л} < \omega_{л\ max} \\ 0 & \text{при } \omega_{л} \leq \omega_{л\ min}, \omega_{л} \geq \omega_{л\ max}, \end{cases} \quad (3)$$

параметры, которого α и β могут быть определены с помощью практически любого пакета стандартных прикладных программ.

При этом по аналогии с подходом, который используется в [3], можно считать, что отрицательная скошенность распределения легочной вентиляции характерна для тех видов работ, к выполнению которых личный состав подготовлен недостаточно хорошо. Анализ распределений, приведенных на рисунках, позволяет сделать вывод о том, что при проведении занятий нужно проводить тренировки личного состава правильному (ровному и глубокому) дыханию.

ЛИТЕРАТУРА

1 Засоби індивідуального захисту органів дихання: Навчальний посібник./ В.М. Стрілець. – Харків, АПБУ, 2001. – 117 с.

2 Отчет о НИР «Разработка предложений по повышению эффективности боевой деятельности личного состава пожарной охраны» (№ госрегистрации 0100U002054)./ Научный руководитель В.Н.Чучковский. – Харьков, АПБУ, 2000. – 31 с.

3 Чучковский В.Н., Стрелец В.М., Ковалев П.А. Имитационная оценка численности боевого расчета автомобиля газодымозащитной службы.//Проблемы пожарной безопасности. Сб.науч.тр. Вып.3. –Харьков:ХИПБ, 1998 г. –С. 163-170.