

УДК 331.101

В.М. Стрелец

Национальный университет гражданской защиты Украины, Харьков

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАСХОДА ЗАПАСА ВОЗДУХА ПРИ РАБОТЕ СПАСАТЕЛЕЙ В АППАРАТАХ НА СЖАТОМ ВОЗДУХЕ

Закономерностью расхода воздуха при работе в аппаратах на сжатом воздухе (АСВ) является нормальная функция распределение рассматриваемого показателя внутри рассматриваемого режима работы. Отмечено, что при всех режимах работы в аппарате расход воздуха выше нормативных показателей легочной вентиляции. Обосновано использование термина «расход воздуха» вместо «легочная вентиляция», поскольку при всех режимах работы в АСВ расход воздуха выше нормативных показателей легочной вентиляции. Предложено постановку на посту безопасности оценивать расчетные временные характеристики с учетом реальных значений показателя расхода воздуха. Основное внимание у него должно быть обращено на проверку давления в баллонах АСВ и своевременный перерасчет контрольного давления, при котором звену газодымозащитной службы необходимо начинать возвращение на свежий воздух.

**Ключевые слова:** АСВ, легочная вентиляция, расход воздуха, режимы работы, закономерности деятельности.

### Введение

**Постановка проблемы.** Наиболее распространенной и важной характеристикой процесса дыхания человека, которую используют в большинстве ситуаций, связанных с расчетом времени работы в изолирующих аппаратах, а также обоснованием требований по созданию и эксплуатации средств индивидуальной защиты органов дыхания, является [1] легочная вентиляция  $\omega_d$ . В научно-технической [2, 3] и нормативной литературе [4, 5] приведены значения легочной вентиляции, соответствующие выполнению работ различной степени тяжести. Исходя из этих данных, рассчитывается время защитного действия изолирующих аппаратов. Однако в реальных условиях время работы в аппаратах на сжатом воздухе (АСВ), которые наиболее распространены в пожарно-спасательных подразделениях, значительно ниже.

**Анализ последних достижений и публикаций** показал, что легочная вентиляция определяется [6] количеством воздуха, который циркулирует в легких в единицу времени, т.е. зависит от частоты дыхания и дыхательного объема. Рассматриваемая 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,  $0,12-0,15 \cdot 10^{-3}$

$\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$  [6]. В [6] также отмечено, что при нагрузках, которые сопровождаются ускорением окислительных процессов в тканях и увеличением их потребности в кислороде, показатели всех трех параметров увеличивается. При этом, учитывая удобство пользования (поскольку на практике [4, 5] запас  $Q$  воздуха в АСВ, как правило, рассчитывают в литрах, а время  $t$  защитного действия в минутах), в качестве легочной вентиляции используется показатель

$$\omega_d = Q/t \quad (1)$$

с размерностью [л/мин].

Так, при работе в АСВ в руководящих документах [4] рекомендуется использовать при проведении расчетов  $\omega_d = 30$  л/мин, когда используются отечественные аппараты (АСВ-2, АИР-317, АВИМ и др.), или  $\omega_d = 40$  л/мин, когда используются [7] зарубежные (Drager, Ауэр и др.), независимо от характера выполняемых работ.

В научно-технической [6, 8] и справочной литературе [3] приведены значения легочной вентиляции, соответствующие выполнению работ различной степени тяжести. Однако особенности расхода запаса газовойоздушной смеси, связанные со спецификой работы в АСВ не рассматривались. В [9] отмечена тенденция увеличения разницы между реальными значениями легочной вентиляции и соответствующими нормативными [4, 5] значениями при увеличении тяжести выполняемой работы. При

этом статистическая проверка данного вывода не проводилась.

**Постановка задачи.** Исходя из этого, поставлена задача раскрытия закономерностей расхода запаса воздуха при работе спасателей в аппаратах на сжатом воздухе.

### Основная часть

Рассмотрены особенности, связанные с работой в АСВ (во время экспериментальных исследований использовались аппараты Drager P-78) при выполнении испытуемыми работ разной степени тяжести [5]:

- в покое они в течение 10 минут сидели, будучи включенными в изолирующий аппарат;
- при выполнении легкой работы они с закрытыми глазами передвигались вдоль стены помещения в течение 10 минут;
- в качестве работы средней тяжести выполнялся подъем на ступеньку высотой 20 см в течение 4 минут со скоростью 20 подъемов в минуту;
- при тяжелой работе испытуемые выполняли подъем на ступеньку высотой 40 см в течение 4 минут со скоростью 20 подъемов в минуту;
- в качестве очень тяжелой работы выполнялся подъем на ступеньку высотой 40 см в течение 4 минут со скоростью 30 подъемов в минуту.

В каждом случае измерялось начальное давление ( $P_{\text{нач}}$ , МПа) и давление по окончании выполне-

ния работы ( $P_{\text{кон}}$ , МПа). Это позволило, используя закон Бойля-Мариотта, перейти к

$$\omega_{\text{л}} = \frac{(P_{\text{нач}} - P_{\text{кон}}) \cdot V_6}{P_{\text{атм}} \cdot t}, \quad (1)$$

где  $P_{\text{атм}} \approx 0,1$  МПа – атмосферное давление;  $V_6 = 8\text{л}$  – объем баллонов АСВ.

Полученные результаты по каждому виду работ, поскольку в соответствующем случае использовалась выборка с объемом  $n=24$ , были проверены на нормальность распределения по критерию Шапиро-Уилка [10].

Для этого, например, применительно к нахождению испытуемых в покое (табл. 1) вначале были рассчитаны среднее значение показателя легочной вентиляции

$$\bar{\omega}_{\text{л}} = \sum_{i=1}^n \omega_{\text{л}_i} / n, \quad (2)$$

где  $\omega_{\text{л}_i}$  – значение показателя легочной вентиляции у  $i$ -го испытуемого, л/мин.;

среднеквадратическое отклонение

$$G_{\omega_{\text{л}}} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (\omega_{\text{л}_i} - \bar{\omega}_{\text{л}})^2}, \quad (3)$$

$$n \cdot m_2 = \sum_{i=1}^n (\omega_{\text{л}_i} - \bar{\omega}_{\text{л}})^2 = 63,33, \quad (4)$$

где  $m_2$  – выборочный центральный момент второго порядка.

Таблица 1

Результаты оценки легочной вентиляции при нахождении испытуемых в покое

Испытуемый	$P_{\text{нач}}$	$P_{\text{кон}}$	$V_6$	$t$	$\omega_{\text{л}}$	$(\omega_{\text{л}_i} - \bar{\omega}_{\text{л}})^2$
1	18,25	16,50	8	10	14,00	14,694
2	18,75	17,00	8	10	14,00	3,361
3	19,50	17,75	8	10	14,00	3,361
4	18,00	16,00	8	10	16,00	3,361
5	18,75	16,50	8	10	18,00	3,361
6	19,75	17,75	8	10	16,00	3,361
7	18,25	16,50	8	10	14,00	0,028
8	19,00	17,25	8	10	14,00	0,028
9	20,00	18,50	8	10	12,00	0,028
10	19,75	18,25	8	10	12,00	0,028
11	18,50	16,50	8	10	16,00	0,028
12	19,50	17,75	8	10	14,00	0,028
13	18,25	16,50	8	10	14,00	0,028
14	18,75	17,00	8	10	14,00	0,028
15	19,75	18,50	8	10	10,00	0,028
16	19,50	17,75	8	10	14,00	0,028
17	19,25	17,75	8	10	12,00	0,028
18	18,50	16,75	8	10	14,00	0,028
19	18,75	17,00	8	10	14,00	0,028
20	19,25	17,75	8	10	12,00	0,028
21	20,00	18,25	8	10	14,00	4,694
22	19,00	17,50	8	10	12,00	4,694
23	18,25	16,50	8	10	14,00	4,694
24	18,75	17,00	8	10	14,00	17,361
$\bar{\omega}_{\text{л}}$					13,83	
$G_{\omega_{\text{л}}}$					1,659	
$n \cdot m_2$						63,33

Поскольку оценки  $\omega_{li}$  являются результатом обработки независимых наблюдений, они были расположены в порядке неубывания и обозначены символами  $\omega_{l_1}, \omega_{l_2}, \dots, \omega_{l_{n=24}}$ . В табл. 2 приведена упорядоченная серия полученных значений легочной вентиляции. Это позволило вычислить промежуточную сумму  $S$  по формуле:

$$S = \sum_{i=1}^k a_{n-i+1} \cdot (\omega_{l(n-i+1)} - \omega_{li}) = 7,74, \quad (5)$$

где  $k$  – индекс, имеющий значения от 1 до  $n/2 = 12$ ;  $a_{n-i+1}$  – коэффициент, имеющий специальные значения для объема выборки  $n$  (его значения, приведенные в табл. 2, взяты из табл. 10 [10]).

Таблица 2

Упорядоченная серия полученных значений легочной вентиляции при нахождении испытуемых в покое

$k$	$\omega_{l(24-k+1)}$ , л/мин.	$\omega_{lk}$ , л/мин.	$\omega_{l(24-k+1)} - \omega_{lk}$ , л/мин.	$a_{n-k+1}$	$a_{n-k+1} \times \left( \frac{l(n-k+1) - \omega_{lk}}{l(n-k+1) - \omega_{lk}} \right)$
1	2	3	4	5	6
1	18	10,00	8,00	0,4493	3,5944
2	16	12,00	4,00	0,3098	1,2392
3	16	12,00	4,00	0,2554	1,0216
4	16	12,00	4,00	0,2145	0,858
5	16	12,00	4,00	0,1807	0,7228
6	14	12,00	2,00	0,1512	0,3024
7	14	14,00	0,00	0,1245	0
8	14	14,00	0,00	0,0997	0
9	14	14,00	0,00	0,0764	0
10	14	14,00	0,00	0,539	0
11	14	14,00	0,00	0,0321	0
12	14	14,00	0,00	0,0107	0
$S$					7,738
$S^2$					59,88

Табл. 11 [10] для уровня значимости  $\alpha = 0,05$  и  $n = 24$  дает значение  $W_{\text{табл}} = 0,916$ . Поскольку

$$W = 0,946 \geq W_{\text{табл}} = 0,916, \quad (7)$$

распределение в соответствии с [10] считается нормальным.

Расчеты, аналогичные (2)–(7), были выполнены и для анализа расхода воздуха в АСВ при выполнении работ с другой степенью тяжести.

Обобщенные результаты приведены в табл. 3 и на рис. 1.

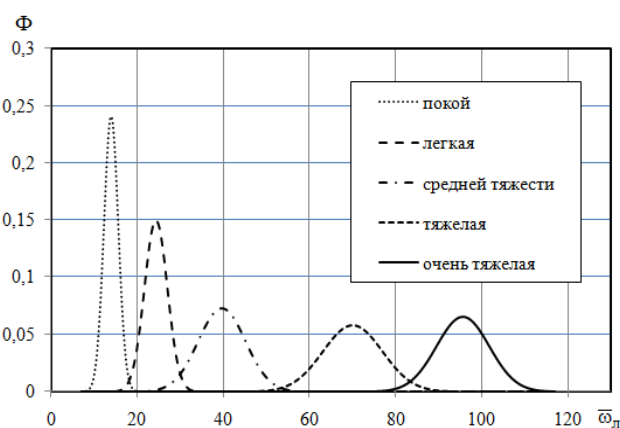


Рис. 1. Функции распределения расхода воздуха в АСВ в зависимости от тяжести выполняемой работы

Анализ полученных результатов (табл. 3 и рис. 1) показывает, что закономерностью расхода воздуха при работе в АСВ является нормальная функция распределения рассматриваемого показателя (1) независимо от тяжести выполняемой работы. При этом средние значения расхода воздуха хуже нормируемых показателей легочной вентиляции, предлагаемых для использования в Системе стандартов по безопасности труда [5] и рекомендуемых для расчета времени работы в АСВ. Исключение составляют рекомендации по расчету времени работы в Ауэр и Dräger [12], но и там они совпадают только для работы средней степени тяжести.

Разница между экспериментальными значениями расхода воздуха (табл. 3) и нормативными значениями легочной вентиляции [3, 4], начиная с работы средней тяжести, становится практически одинаковой (приблизительно 10 л/мин). Это может быть объяснено конструктивными особенностями легочного автомата АСВ, который рассчитывается исходя из стабильной работы в диапазоне 30–84 л/мин. [11].

Следующим этапом было раскрытие закономерностей расхода воздуха от условий, в которых работают газодымозащитники. Вначале были проанализированы особенности, связанные с работой в непригодной для дыхания среде. Рассматривалось выполнение типовых учебных задач (табл. 4) в теплорубе (ТДК).

Анализ полученных результатов показывает, что, несмотря на отрицательную скошенность (столбец 5 табл. 4) исходных данных, полученных при вы-

Таблица 3

Обобщенные результаты экспериментальных исследований

Степень тяжести выполняемой работы	Нормативное значение показателя легочной вентиляции [5]	$\bar{\omega}_l$ , л/мин.	$G_{\omega_l}$ , л/мин.	$n \cdot m_2$	$S^2$	$W$
1	2	3	4	5	6	7
Покой	12	13,83	1,659	63,33	59,88	0,946
Легкая	20	24,25	2,658	162,50	176,02	1,083
Средней степени тяжести	30	39,58	5,500	695,83	641,38	0,9217
Тяжелая	60	70,00	6,916	1100,00	1055,54	0,960
Очень тяжелая	84	95,63	6,135	1273,96	1206,56	0,947

выполнении каждого задания, закономерностью расхода воздуха при работе в АСВ и в этом случае (работе в ТДК) является нормальная функция распределения (столбец 6 табл. 4) рассматриваемого показателя (1) независимо от тяжести выполняемой работы.

Наличие оценок математических ожиданий и среднеквадратических отклонений расхода воздуха при работе в АСВ как на свежем воздухе, так и в ТДК позволяет выполнить проверку того, насколько

значимо различаются средние значения, полученные по двум независимым выборкам исследования расхода воздуха, используя [12] t-критерий Стьюдента (табл. 5). В этом случае рассматривалась гипотеза

$$H_0 : \bar{\omega}_л (\text{св. воздух}) = \bar{\omega}_л (\text{ТДК}) \quad (8)$$

и ее альтернатива

$$H_1 : \bar{\omega}_л (\text{св. воздух}) \neq \bar{\omega}_л (\text{ТДК}), \quad (9)$$

которая доказывает различие средних значений.

Таблица 4

Обобщенные результаты расхода воздуха при работе в ТДК

Задание	Степень тяжести выполняемой работы в соответствии с [5]	$\bar{\omega}_л$ , л/мин.	$G_{\omega_l}$ , л/мин.	Skos	W
1	2	3	4	5	6
Разведка	Средней тяжести	42,42	4,20	-0,416	1,16
Прокладка рукавной линии к очагу пожара	Тяжелая	72,22	6,97	-0,305	1,07
Вынос «пострадавшего» (в качестве последнего использовался манекен)	Очень тяжелая	87,63	6,07	-0,132	1,11
Вынос «пострадавшего» (в качестве последнего использовался живой человек)	Очень тяжелая	93,86	5,28	-0,256	1,13

Таблица 5

Сравнение значений расхода воздуха при работе в АСВ, полученных на свежем воздухе и в ТДК

Степень тяжести выполняемой работы	F	$F_{кр}$	$S_{\omega_l}$	$\nu$	$t_{набл}$	$t_{табл} (\alpha = 0,05)$
1	2	3	4	5	6	7
Средней тяжести	0,82	2,3	1,40	46	-2,01	2,01
Тяжелая	1,04	2,3	2,00	46	-1,11	2,01
Очень тяжелая (вынос манекена)	0,91	2,3	1,76	46	4,54	2,01
Очень тяжелая (вынос живого человека)	0,85	2,3	1,65	46	1,07	2,01

С целью выбора конкретной методики расчета t-критерия [12] вначале была проверена гипотеза о равенстве дисперсий. В качестве критерия для проверки ноль-гипотезы

$$H_0 : G_{\omega_l}^2 (\text{св. воздух}) = G_{\omega_l}^2 (\text{ТДК}) \quad (10)$$

был выбран F-критерий [12]

$$F = G_1^2 / G_2^2, \quad (11)$$

где  $G_1^2$  – большая из оценок дисперсий в двух выборках. При этом критическое значение  $F_{кр}$ , которое при уровне значимости  $\alpha=0,05$  и числе степеней свободы

$$\begin{aligned} \nu_{\text{св. воздух}} &= n_{\text{св. воздух}} - 1 = 23; \\ \nu_{\text{ТДК}} &= n_{\text{ТДК}} - 1 = 23, \end{aligned} \quad (12)$$

где  $n_{\text{св. воздух}} = n_{\text{ТДК}} = 24$  – количество испытуемых, у которых определялся расход воздуха в АСВ, равно [12]

$$F_{кр} = F_{табл} = 2,3. \quad (13)$$

Видно (столбцы 2 и 3 табл. 5), что в рассмотренных случаях правомерной признается ноль-гипотеза (8) и допускается равенство дисперсий при выполнении работ, относящихся [5] к одинаковой степени тяжести.

Исходя из этого, стандартная ошибка разности  $S_{\omega_l}$ , с учетом того, что выборки малого размера ( $n < 30$ ), и число степеней свободы  $\nu$  при вычислении t-критерия рассчитываются [12] как

$$S_{\omega_l} = \sqrt{\frac{(n_{\text{св. воздух}} - 1) \cdot G_{\text{св. воздух}}^2 + (n_{\text{ТДК}} - 1) \cdot G_{\text{ТДК}}^2}{n_{\text{св. воздух}} + n_{\text{ТДК}} - 2}} \times \left( \frac{1}{n_{\text{св. воздух}}} + \frac{1}{n_{\text{ТДК}}} \right) \quad (14)$$

$$\nu = n_{\text{св. воздух}} + n_{\text{ТДК}} - 2 = 46. \quad (15)$$

В результате

$$t_{набл} = |\bar{\omega}_л (\text{св. воздух}) - \bar{\omega}_л (\text{ТДК})| / S_{\omega_l}. \quad (16)$$

Видно (столбцы 6 и 7 табл. 5), что в большинстве случаев при уровне значимости  $\alpha=0,05$  можно говорить о совпадении значений расхода воздуха, полученных при выполнении заданий, характеризующихся одинаковой степенью тяжести, на свежем воздухе и в ТДК. Это свидетельствует о том, что стандартная нагрузка [5] достаточно адекватно отражает нагрузку, с которой сталкиваются спасатели в процессе подготовки с использованием ТДК. Исключение составляет учебная ситуация с выносом манекена. Ее можно объяснить тем, что (как это имеет место и при проведении аварийно-спасательных работ, не связанных со спасением людей) происходит естественное чередование выполнения очень тяжелой работы с непродолжительными периодами отдыха.

После получения закономерностей расхода воздуха при работе в ТДК были проанализированы особенности, связанные с деятельностью газодымо-

защитников во время тактико-специальных учений (как процессов, наиболее близких к реальным аварийно-спасательным работам) на станциях глубокого залегания Харьковского метрополитена [13]. Оперативная работа испытуемого личного состава в АСВ 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;
- переноска (способом «на карабинах») тех, кто находится в сознании, но не способен передвигаться самостоятельно;
- переноска «потерпевших» без сознания.

Для анализа использовались исходные данные, приведенные в [14], где отмечено, что легочная вентиляция с уровнем значимости  $\alpha=0,1$  может быть описана  $\beta$ -распределением. По аналогии с ранее рассмотренными ситуациями были обобщены результаты расхода воздуха в процессе АСР на станциях мет-

рополитена (табл. 6). Их анализ показывает, что, не смотря на увеличение отрицательной скошенности (столбец 5 табл.6), функция распределения расхода воздуха при проведении АСР на станциях метрополитена описывается нормальным законом независимо от выполняемых газодымозащитниками заданий.

Видно (рис. 2), что даже выполнение работы, которая отнесена к работе средней степени тяжести (спуск по неподвижному эскалатору), не говоря уже про тяжелые и очень тяжелые работы, вызывает существенное увеличение частоты дыхания, что не может не привести к увеличению легочной вентиляции. Естественно, и реальные значения расхода воздуха в процессе проведения тактико-специальных учений существенно отличаются от рекомендованных в нормативной и справочной литературе [4, 5]. Подтверждением, этого может служить, например, существенное расхождение (рис. 2) между значениями расхода воздуха, полученными при выполнении схожих заданий в ТДК (вынос пострадавшего в «сознании») и во время ТСУ в метрополитене (вынос пострадавшего по неподвижному эскалатору на карабинах).

Таблица 6

Обобщенные результаты расхода воздуха при проведении АСР на станциях метрополитена

Задание	Степень тяжести выполняемой работы в соответствии с [х]	$\bar{\omega}_l$ , л/мин.	$G_{\omega_l}$ , л/мин.	Skos	W
1	2	3	4	5	6
Спуск по неподвижному эскалатору	Средней тяжести ( $\omega_{л\text{ норм}} \approx 40$ л/мин)	78,74	2,83	-0,60	1,09
Подъем по неподвижному эскалатору (сопровождение «пострадавшего» в сознании)	Тяжелая ( $\omega_{л\text{ норм}} \approx 60$ л/мин)	90,25	2,86	-0,51	1,08
Вынос «пострадавшего» по неподвижному эскалатору на карабинах	Очень тяжелая ( $\omega_{л\text{ норм}} \approx 84$ л/мин)	105,66	4,33	-0,69	0,98
Вынос «пострадавшего» без сознания по неподвижному эскалатору	Очень тяжелая ( $\omega_{л\text{ норм}} \approx 84$ л/мин)	119,51	5,24	-0,75	0,96
Весь комплекс работ в непригодной для дыхания среде	Средней тяжести ( $\omega_{л\text{ норм}} \approx 40$ л/мин)	99,34	3,65	-0,45	0,99

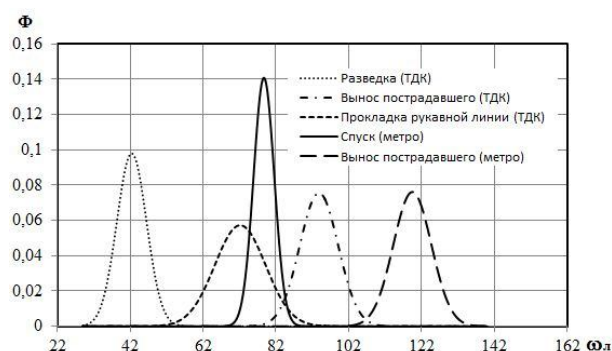


Рис. 2. Функции распределения расхода воздуха в АСВ в зависимости от характера выполняемого задания

Так, расчеты в соответствии с (8)-(16) показали, что расхождение между средними значениями расхода воздуха является существенным.

Кроме этого, важно отметить, что с увеличением степени тяжести операций, выполняемых в ходе проведения ТСУ, разница между расходом запаса воздуха при работе в АСВ от значений легочной вентиляции, приведенных в нормативной и научно-техни-

ческой литературе [4 – 6], увеличивается, т.е. допустимое время выполнения отдельных операций в непригодной для дыхания среде определяется не только показателями легочной вентиляции, которые зависят от степени тяжести работы (компонент «Человек»), но также от использования конкретного изолирующего аппарата (компонент «Машина») и условий, в которых работают спасатели (компонент «Среда»).

Следовательно, постовой на посту безопасности наряду при расчете обязательных [4] прогнозных временных характеристик деятельности газодымозащитников в непригодной для дыхания среде (расчетные времена прекращения разведки и возвращения на свежий воздух), которые опираются на нормативные показатели легочной вентиляции, должен их постоянно корректировать. Основное внимание должно быть уделено контролю за запасом воздуха (осуществляется в процессе проверки давления воздуха в баллонах АСВ) и постоянному уточнению контрольного давления, при котором необходимо начать возвращение. При этом должна учитываться и скорость движения газодымозащитников.

## Выводы

– при рассмотрении работы спасателей в АСВ необходимо пользоваться понятием «расход воздуха», а не «легочная вентиляция», поскольку при всех режимах работы в аппарате расход воздуха выше нормативных показателей легочной вентиляции;

– закономерностью расхода при работе в АСВ является нормальная функция распределение рассматриваемого показателя внутри рассматриваемого режима работы;

– постовой на посту безопасности должен оценивать расчетные временные характеристики с учетом реальных значений показателя расхода воздуха. Основное внимание у него должно быть обращено на проверку давления в баллонах АСВ и постоянной коррекции контрольного давления, при котором звену газодымозащитной службы необходимо начинать возвращение на свежий воздух.

**Направления дальнейших исследований.** Целесообразно раскрыть закономерности расхода запаса кислорода при работе газодымозащитников в регенеративных дыхательных аппаратах.

## Список литературы

1. Основи створення та експлуатації апаратів на стисненому повітрі / [П.А. Ковальов, В.М. Стрілець, О.В. Єлізаров, О.Є. Безуглов]. – Х. : АЦЗУ, 2005. – 359 с.
2. Стрілець В.М. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Основи створення та експлуатації : Навч. пос. / Стрілець Віктор Маркович. – Х. : АПБУ, 2001. – 118 с.
3. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Справ. руководство / [П.И. Басманов, С.Л. Каминский, А.В. Коробейникова, М.Е. Трубицина]. – СПб. : ГИПП "Искусство России", 2002. – 400 с.
4. Настанова з організації газодимозахисної служби в підрозділах Оперативно-рятувальної служби МНС України : Наказ МНС України № 1342 від 16 грудня 2011 р. : М-во надзв. сит. України, 2011. – 56 с. – (Нормативний документ МНС України. Настанова).

5. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Автономні резервуарні дихальні апарати зі стисненим повітрям. Вимоги, випробування, маркування: ДСТУ EN 137:2002 – [Чинний від 2003-05-10]. – К. : Держспоживстандарт України, 2003. – 55 с.

6. Изолирующие дыхательные аппараты и основы их проектирования. Учебное пособие. / [Гудков С.В., Дворецкий С.И., Путин С.Б., Таров В.П.]. – М. : «Машиностроение», 2008. – 190 с.

7. Рекомендації для вивчення повітряних протигазів "Dräger" PA 90 SERIES {PA 92} у підрозділах гарнізонів пожежної охорони – К. : УДПО МВС України, 1995. – 19 с.

8. Основи створення та експлуатації засобів індивідуального захисту / [В.М. Стрілець, П.А. Ковальов, П.Ю. Бородич, С.В. Росоха]. – Х. : НУЦЗУ, 2014. – 360 с.

9. Бородич П.Ю. Оценка показателя легочной вентиляции для работ разной степени тяжести / П.Ю. Бородич, О.Е. Безуглов // Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. тр. – Х. : НУТЗУ, 2011. – Вып. 30. – С.64–67.

10. Статистические методы. Проверка отклонения распределения вероятностей от нормального распределения : ГОСТ Р ИСО 5479-2002. – [Действующий от 2002-07-01]. Москва : Госстандарт России, 2002. – 31 с. – (Государственные стандарты России).

11. Грачев В.А. Газодымозащитная служба : Учебник / Грачев В.А., Поповский Д.В. Под общ.ред. д.т.н., проф. Мелашина Е.А. – М. : Пожкнига, 2004. – 384 с.

12. Халафян А.А. STATISTICA 6 Статистический анализ данных / А.А. Халафян. – М. : 000 «Бином-Пресс», 2007. – 512 с.

13. Стрілець В.М. Закономірності діяльності рятувальників при проведенні аварійно-рятувальних робіт на станціях метрополітену: моногр. / В.М. Стрілець, П.Ю. Бородич, С.В. Росоха; НУЦЗУ. – Х. : НУЦЗУ, КП «Міська друкарня», 2012. – 112 с.

14. Бородич П.Ю. Закономерности деятельности в системе "спасатель – экстремальная среда" на станциях метрополитена: дис. ... канд. техн. наук: 05.01.04 / Бородич Павел Юрьевич. – Харьков, 2009. – 217 с.

Поступила в редколлегию 3.10.2014

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. С.В. Росоха, Национальный университет гражданской защиты Украины, Харьков.

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ РОЗХОДУ ЗАПАСУ ПОВІТРЯ ПРИ РОБОТІ РЯТУВАЛЬНИКІВ В АПАРАТАХ НА СТИСНЕНОМУ ПОВІТРІ

В.М. Стрілець

Закономірністю витрати повітря при роботі в апаратах на стисненому повітрі (АСП) є нормальна функція розподілу цього показника всередині розглянутого режиму роботи. Відзначено, що при всіх режимах роботи в апараті витрати повітря вище нормативних показників легеневої вентиляції. Обґрунтовано використання терміна «витрата повітря» замість «легенева вентиляція». Запропоновано постовому на посту безпеки оцінювати розрахункові часові характеристики з урахуванням реальних значень показника витрати повітря. Основну увагу він повинен звернути на перевірку тиску в балонах АСП і своєчасний перерахунок контрольного тиску, за якого ланці газодимозахисної служби необхідно починати повернення на свіже повітря.

**Ключові слова:** АСП, легенева вентиляція, розхід повітря, режими роботи, закономірності діяльності.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE FLOW PATTERNS OF AIR RESERVE FOR RESCUERS IN SCBA

V.M. Strelec

Regularity of flow at work in SCBA is a normal function of the distribution of the indicator within the considered mode. It is noted that in all operating modes of SCBA air flow above the normative parameters of pulmonary ventilation. Justified the use of the term "air flow" instead of "pulmonary ventilation". Proposed security guards at the post to assess the temporal characteristics of the calculated taking into account the actual values of the air flow. The main focus it needs to be addressed checking cylinder pressure of CSBA and permanent correction of controlling the pressure at which the units of rescuers should begin returning to fresh air.

**Keywords:** SCBA, pulmonary ventilation, air flow, modes, patterns of activity.