

УДК 331.101

В.М. Стрелец

Национальный университет гражданской защиты Украины, Харьков

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ДЛЯ РАБОТЫ СПАСАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ, КОТОРЫЕ СУЩЕСТВЕННО ОТЛИЧАЮТСЯ ОТ НАИХУДШИХ УСЛОВИЙ ПОЖАРА

Обоснована последовательность выбора составных элементов комплекса средств индивидуальной защиты первого типа, при котором будет обеспечена безопасность спасателя при работе в условиях, которые существенно отличаются от наихудших условий пожара. В случае использования комплекса средств индивидуальной защиты, в котором изолирующий аппарат находится снаружи изолирующего костюма, определен критерий выбора модификаций как изолирующего аппарата, так и лицевой части к нему. Показано, что комбинация сертифицированного изолирующего костюма и любого изолирующего аппарата, который находится внутри защитной одежды, обеспечивает наивысший уровень защиты спасателей.

Ключевые слова: комплекс средств индивидуальной защиты, аппарат на сжатом воздухе, регенеративный дыхательный аппарат, герметичность, коэффициент защиты.

Введение

Постановка проблемы. Реализация положений Закона Украины "О правовых основах гражданской защиты" поставила новые задачи перед пожарно-спасательными подразделениями. Одной из новых задач является участие личного состава в ликвидации чрезвычайных ситуаций, условия которых существенно отличаются от наихудших условий пожара. А именно в соответствии с последними были сформулированы [1] тактико-технические требования к средствам индивидуальной защиты органов дыхания, в первую очередь к общему коэффициенту защиты, который должен быть не меньше 5000. То есть, неизвестно, насколько работа в таких аппаратах является опасной даже при полном соблюдении нормативных требований.

Анализ последних достижений и публикаций.

В [2] отмечается, что в подразделениях должен быть ряд разнообразных изолирующих аппаратов, принцип действия которых и соответствующие характеристики определяются, в первую очередь, автономностью и временем защитного действия. Относительно герметичности в научной [1] литературе показано, что требования к общему коэффициенту защиты любого изолирующего аппарата определяются токсической опасностью среды, в которой будет происходить работа. Но в качестве наихудших условий рассматриваются наихудшие условия пожара (среда, в которой содержится 10% окиси углерода).

Вопросы работы в эпицентре возможной аварии на станции нейтрализации компонентов ракетного топлива, когда концентрация окисей азота будет приближаться к $1,92 \cdot 10^6$ мг/м³ (100%), рассмат-

ривались в [3]. Было отмечено, что в этом случае нельзя применять регенеративные дыхательные аппараты (РДА), и показана целесообразность применения аппаратов на сжатом воздухе (АСВ). Однако при этом не учитывались подсосы окружающей среды из-за неплотного присоединения лицевой части к лицу газодымозащитника.

Общая защита при такой ситуации рассматривалась в [4], где была показана целесообразность применения газодымозащитниками аппаратов на сжатом воздухе, оборудованных панорамными масками с легочными автоматами третьего типа, обеспечивающими избыточное давление в подмасочном пространстве. Кроме того, была показана возможность применения в такой ситуации шлем-масок при существенном повышении требований к объективным показателям проверки герметичности аппарата по сравнению не только с показателями, приведенными в документации производителя [5], но и в Наставлении по газодымозащитной службе [6]. Однако и в этом случае вопрос определения показателей, которые обуславливают выбор конкретного аппарата в сборе с конкретной модификацией лицевой части не рассматривались.

Вопросы выбора комплекса средств индивидуальной защиты (КСИЗ) первого типа, когда изолирующий аппарат в сборе с лицевой частью может находиться как внутри изолирующего костюма, так и снаружи, рассмотрены в приказе МЧС Украины № 733 от 13.10.2008 [7], который регламентирует порядок выбора защитной одежды для проведения аварийно-спасательных работ при ликвидации ЧС ОХВ. Его анализ показал, что разработчики, указав зону, внутри которой нужно работать в ИК (для аммиака она, например, составляет 800 м), предусматривают работу в костюмах (на выбор спасателей) различных модификаций, которые существенно отличаются даже внешне (в первую очередь тем, где должен находиться ИА – внутри или снаружи костюма). Соответственно конструктивные особенности применительно к условиям работы не детализируются, хотя в соответствии с [8 – 10] именно местонахождение ИА является внешней отличительной чертой, по которой можно отнести костюм к такому, который позволяет работать внутри самой опасной зоны.

Постановка задачи. В связи с этим, научная задача обоснования критерия выбора конкретного комплекса средств индивидуальной защиты, использование которого обеспечит безопасную работу спасателей в условиях, которые отличаются от наилучших условий пожара, является актуальной.

Основная часть

В основе решения поставленной задачи лежит обеспечение [1] такого общего коэффициента защиты K_3 комплекса средств индивидуальной защиты,

который будет превышать коэффициент $K_{Т0}$ токсической опасности среды

$$K_3 \geq K_{ТН} = \begin{cases} \sum_i \frac{C_{m_i}}{C_{ГДК_i}} & \text{если газы имеют} \\ & \text{однонаправленное действие;} \\ \max_i \left\{ \frac{C_{m_i}}{C_{ГДК_i}} \right\} & \text{если газы не имеют} \\ & \text{однонаправленного действия;} \end{cases} \quad (1)$$

где C_{m_i} – концентрация i -го опасного вещества в окружающей среде, мг/м³ (%); $C_{ГДК_i}$ – предельно допустимая концентрация i -го опасного вещества в окружающей среде, мг/м³ (%).

Учитывая то, что ИА, который защищает органы дыхания, может находиться как в середине, так и снаружи ИК, в [11] было показано, что общий коэффициент защиты может рассматриваться как

$$K_3 = \begin{cases} K_3(\text{ИА}) \cdot K_3(\text{ИК}), & \text{если ИА находится внутри костюма;} \\ \min(K_3(\text{ИА}); K_3(\text{ИК})), & \text{если ИА находится вне костюма,} \end{cases} \quad (2)$$

где $K_3(\text{ИА})$ – коэффициент защиты изолирующего аппарата в сборе с лицевой частью; $K_3(\text{ИК})$ – коэффициент защиты изолирующего костюма.

Поскольку в соответствии с [12] защитные свойства материала для ИК должны обеспечивать защиту от газообразного хлора с массовой концентрацией 70 мг/л, а предельно допустимая концентрация хлора в рабочей зоне равна $C_{ГДК}(\text{Cl}) = 1 \text{ мг/м}^3$, коэффициент защиты изолирующего костюма должен быть

$$K_3(\text{ИК}) \geq \frac{C_m}{C_{ГДК}(\text{Cl})} = 7 \cdot 10^4. \quad (3)$$

Рассматривая в качестве наихудшей возможной ситуации работу спасателей в эпицентре аварии с выбросом хлора $C_{m \max}(\text{Cl}) = 3600 \text{ мг/л}$ [13], можно утверждать, что в этом случае общий коэффициент защиты должен обеспечить

$$K_3 \geq \frac{C_{m \max}(\text{Cl})}{C_{ГДК}(\text{Cl})} = 3,6 \cdot 10^6. \quad (4)$$

Это позволяет сравнить нормируемый в соответствии с [14] коэффициент защиты любого изолирующего аппарата $K_{3 \text{ норм}}(\text{ИА}) \geq 5000$, с требованиями к коэффициенту защиты изолирующего аппарата, находящегося внутри изолирующего костюма, которые вытекают из (2),

$$K_3(\text{ИА}) \geq K_3 / K_3(\text{ИК}) = 3,6 \cdot 10^6 / 7 \cdot 10^4 \approx 0,52 \cdot 10^2 \ll K_{3 \text{ норм}}(\text{ИА}). \quad (5)$$

Видно, что комбинация сертифицированного ИК и любого ИА, который находится внутри защитной одежды, обеспечивает гарантированную защиту спасателей при проведении аварийно-спасательных работ в наихудших возможных условиях.

В тоже время, в большинстве случаев в подразделениях используются КСИЗ, в которых ИА находятся поверх ИК [13], т.е. необходимо проанализировать и такую ситуацию.

С этой целью был проанализирован общий коэффициент защиты системы «аппарат – органы дыхания человека» [1]

$$K_3(\text{ИА}) = \frac{K_{31} \cdot K_{32}}{K_{31} + K_{32}}, \quad (6)$$

где K_{31} – коэффициент защиты непосредственно изолирующего аппарата; K_{32} – коэффициент защиты лицевой части.

Коэффициент защиты ИА, несмотря на то, что тактико-технические требования к нему ($K_{31} \geq 10^4$) задаются в эксплуатационно-технической литературе [14], может быть рассчитан по его частным тактико-техническим характеристикам и показателям, которые приведены в научно-технической литературе.

Так, в соответствии с [1] коэффициент защиты аппарата может рассматриваться как

$$K_{31} = \frac{\omega_{\text{л}}}{\omega_{\text{н1}}}, \quad (7)$$

где $\omega_{\text{л}}$ – легочная вентиляция, л/мин.; $\omega_{\text{н1}}$ – подсос внутрь системы «аппарат – органы дыхания» в результате нарушения целостности воздухоподающей системы изолирующего аппарата, л/мин.

Показатели легочной вентиляции зависят от тяжести выполняемой работы спасателем, но для оценочных расчетов рекомендуется [5] принимать $\omega_{\text{л}} \approx 40$ л/мин. при использовании АСВ и $\omega_{\text{л}} \approx 30$ л/мин. – при использовании РДА.

В [1] показано, что

$$\omega_{\text{н1}} = \frac{0,4 \cdot (\Delta P / \Delta t) \cdot V_p \cdot \sqrt{P_{\text{вд}} / P_{\text{пр}}}}{m \cdot P_a}, \quad (8)$$

где $\Delta P / \Delta t$ – скорость падения разряжения во время проверки герметичности, Па/мин.; V_p – емкость воздухоподающей системы при разряжении, л; $P_{\text{вд}}$ – сопротивление ИА вдоху при соответствующей нагрузке, Па; $P_{\text{пр}}$ – разряжение в воздухоподающей системе во время проверки с помощью приборов, Па; $m = 0,16$ – коэффициент, который учитывает, что воздухопроводная система не является жесткой; P_a – атмосферное давление, Па.

Известно, что для РДА [1] объем воздухоподающей системы при разряжении не должен превышать 2, л, а для АСВ [5] – при разряжении не пре-

вышает мертвого пространства аппарата, т.е. $V_p \leq 0,2$ л. Кроме того, во всех аппаратах клапан вдоха должен [14] срабатывать при создании разряжения не более 300 Па. При этом во время выбора конкретного типа изолирующего аппарата необходимо иметь ввиду и то, что несколько отличаются требования по скорости падения давления во время проверки герметичности, приведенные в технической документации [5] изготовителя ($\Delta P / \Delta t \leq 50$ Па/мин.) и Наставлении по газодымозащитной службе ($\Delta P / \Delta t \leq 30$ Па/мин.) [6]. Таким образом, не представляет сложности определение коэффициента защиты изолирующего аппарата k-го типа. Так, результаты расчетов коэффициента защиты для наиболее распространенных автономных ИА приведены в табл. 1.

Таблица 1

Коэффициент защиты изолирующего аппарата

k	Аппарат	Требования	$K_{31}(k)$
1	РДА	Изготовитель	$1,77 \cdot 10^4$
2		Наставление	$2,95 \cdot 10^4$
3	АСВ	Изготовитель	$2,95 \cdot 10^5$
4		Наставление	$4,93 \cdot 10^5$

С другой стороны, требования к защитной эффективности лицевых частей K_{32} строго нормируются в зависимости от модификации. Т.е., учитывая (6), коэффициент защиты изолирующего аппарата в случае его оснащения m-й модификацией лицевой части должен удовлетворить

$$K_{31}^m \geq \frac{K_{\text{ГО}} \cdot K_{32}(m)}{K_{32}(m) - K_{\text{ГО}}}, \quad (9)$$

где $K_{32}(m)$ – коэффициент защиты m-ой модификации лицевой части.

При этом не рассматриваются лицевые части, которые не удовлетворяют требованию,

$$K_{32}(m) - K_3(\text{ИА}) > 0, \quad (10)$$

коэффициент защиты которых меньше, чем требования к общей защитной эффективности.

Таким образом, критерием выбора k-го изолирующего аппарата и m-ой лицевой части к нему является обеспечение такого коэффициента защиты выбранного типа изолирующего аппарата, который будет больше допустимого коэффициента защиты аппарата в случае его оснащения выбранной модификацией лицевой части

$$K_{31}(k) \geq K_{31}^m. \quad (11)$$

Если, условие (11) выполнить невозможно, то в соответствии с (5) выбирается комплекс средств индивидуальной защиты 1-го типа, в котором изолирующий аппарат находится внутри ИК.

Выводы

Комбинация сертифицированного изолирующего костюма и любого изолирующего аппарата, который находится внутри защитной одежды, обеспечивает наивысший уровень защиты спасателей.

Критерием выбора изолирующего аппарата и лицевой части к нему является обеспечение такого коэффициента защиты выбранного типа ИА, который будет больше допустимого коэффициента защиты аппарата в случае его оснащения выбранной модификацией лицевой части.

Список литературы

1. Диденко Н.С. Регенеративные респираторы для горноспасательных работ / Н.С. Диденко. – М.: Недра, 1984. – 296 с.
2. Перепечаев В.Д. Газодимозащитная служба пожарной охраны: учебн. / В.Д. Перепечаев, В.Ю. Береза. – Чернигов, РИК «Деснянська правда», 2000. – 468с. с іл.
3. Кузьменко В.А. Аналіз можливостей використання ізолюючих апаратів під час ліквідації аварій на об'єктах із сильнодіючими отруйними речовинами / В.А. Кузьменко, Л.Л. Михальська, С.М. Щербак // Проблеми пожежної безпеки: сб. науч. тр. АПБ України. – Х.: Фолио, 2002. – Вып. 12. – С. 162-169.
4. Стрілець В.М. Забезпечення герметичності ізолюючих апаратів, які застосовуються для ліквідації аварій з викидами небезпечних хімічних речовин / В.М. Стрілець, Д.І. Савельєв // Проблеми пожежної безпеки. – Х.: Фолио, 2005. – Вып. 18. – С. 154-159.
5. Основи створення та експлуатації апаратів на стисненому повітрі: навч. посіб. / П.А. Ковальов, В.М. Стрілець, О.В. Єлізаров, О.Є. Безуглов. – Х.: АЦЗУ, 2005. – 314 с.
6. Настанова по газодимозахисній службі пожежної охорони МВС України. Наказ № 657 МВС України від 2 грудня 1994 р. – К., 1994. – 128 с.
7. Рекомендації щодо захисту особового складу підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту МНС України під час гасіння пожеж та ліквідації наслідків аварій за наявності небезпечних хімічних

речовин (аміак, хлор, азотна, сірчана, соляна та фосфорна кислоти): Наказ N 733 МНС України від 13.10.2008. – Офіц. вид. – К.: МНС України, 2008. – 88 с. – (Нормативний документ МНС України, Рекомендації).

8. Standard on Vapor-Protective Ensembles for Hazardous Materials Emergencies: NFPA 1991: 2005 Edition/ [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.normas.com/NFPA/PAGES/NFPA-1991.html>.

9. Protective clothing against liquid and gaseous chemicals, including liquid aerosols and solid particles Part 1: Performance requirements for ventilated and non-ventilated "gas-tight" (Type 1) and "non-gas-tight" (Type 2) chemical protective suits: prEN 943-1:2002/ [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: http://www.standardsdirect.org/standards/standards2/StandardsCatalogue24_view_17935.html.

10. Liquid chemicals for limited life/use (liquid-tight) Type 3 equipment: prEN 1511. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.outsource-safety.co.uk/freehelp/49-british-standards.html>.

11. Васильєв М.В. Аналіз герметичності комплексу засобів індивідуального захисту першого типу / М.В. Васильєв, В.М. Стрілець, В.В. Коврегін // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2010. – № 11. – С. 29-38.

12. Комплексы средств индивидуальной защиты спасателей. Общие технические требования: ГОСТ Р 22.9.05-95. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.gr-obor.narod.ru/document.htm>.

13. Методические рекомендации по ликвидации последствий радиационных и химических аварий / В.А. Владимиров, А.Г. Лукьянченков, К.Н. Павлов и др.; под ред. В.А. Владимирова. – М.: МЧС РФ, 2004. – 340 с.

14. 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, 2012. – 42 с.

Поступила в редколлегию 15.10.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.Е. Басманов, Национальный университет гражданской защиты Украины, Харьков.

ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ДЛЯ РОБОТИ РЯТУВАЛЬНИКІВ В УМОВАХ, ЯКІ СУТТЄВО ВІДРІЗНЯЮТЬСЯ ВІД НАЙГІРШИХ УМОВ ПОЖЕЖІ

В.М. Стрілець

Обґрунтована послідовність вибору складових елементів комплексу засобів індивідуального захисту першого типу, при якому буде забезпечена безпека рятувальників в умовах, які суттєво відрізняються від найгірших умов пожежі. У випадку використання комплексу засобів індивідуального захисту, в якому ізолюючий апарат знаходиться ззовні ізолюючого костюму, обґрунтовано вибір модифікацій як ізолюючого апарату, так і лицеві частини до нього. Показано, що комбінація сертифікованого ізолюючого костюму і любого ізолюючого апарату, який знаходиться всередині захисного одягу, забезпечує найвищий рівень захисту рятувальників.

Ключові слова: комплекс засобів індивідуального захисту, апарат на стисненому повітрі, регенеративний дихальний апарат, герметичність, коефіцієнт захисту

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

V.M. Strelec

Justified the choice of the constituent elements of a sequence of complex PPE of the first type, in which the safety of the rescuer will be provided when working in conditions that differ significantly from the worst fire conditions. In the case of complex PPE in which the insulating unit is outside of the insulating suit, defined selection criteria modifications as insulating unit and the mask. It is shown that the combination of certified insulating suit and any insulating unit, which is located inside the protective clothing, provides the highest level of protection rescuers.

Keywords: PPE, SCBA, CCBA, impermeability, coefficient of protection.