

**В.М. СТРЕЛЕЦ**, канд. техн. наук, НУГЗУ

**М.В. ВАСИЛЬЄВ**, ад'юнкт НУГЗУ

**Д.О. СТЕЛЬМАХ**, курсант НУГЗУ

## **ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СПАСАТЕЛЕЙ В ИЗОЛИРУЮЩИХ КОСТЮМАХ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙ С ВЫБРОСОМ ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ**

Запропоновано метод для обґрунтування вимог до засобів індивідуального захисту від газоподібних та рідких хімічних речовин. Показано, що комбінація сертифікованого ізолюючого костюму та любого ізолюючого апарату, який знаходиться всередині захисного одягу, забезпечує безпеку рятувальників в найгірших умовах надзвичайної ситуації.

The method of substitution requirements for the combinations of individual protection against the liquid chemicals is proposed. It is shown that the combination of certified insulating suit and any SCBA, which is located inside the protective clothing, ensures the safety of the rescuers in the worst conditions.

**Постановка проблеми.** 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. Характерным примером этого является работа по ликвидации аварий с выбросами опасных химических веществ (ОХВ).

**Анализ последних достижений и публикаций** показал, что вопросы обеспечения безопасности спасателей в таких условиях в Украине исследовались, в основном, применительно к средствам индивидуальной защиты органов дыхания. Так, в [1] отмечено, что окружающий воздух может попасть внутрь системы «изолирующий аппарат – органы дыхания человека» как в результате негерметичности самого аппарата, так и неплотности присоединения лицевой части, т.е. подсосы в результате этих причин могут суммироваться. В [2] показано, что тактико-технические характеристики изолирующих аппаратов (ИА) существенно влияют на герметичность системы, и отмечена высокая эффективность аппаратов на сжатом воздухе (АСВ), оснащенных масками с подпором воздуха в подмасочное пространство. Тем не менее, вопросы работы газодымозащитников при этом в изолирующих костюмах (ИК) не рассматривались.

Не приведены количественные показатели о том, когда и в каком костюме работать и в приказе МЧС № 733 от 13.10.2008 [3], который регламентирует порядок выбора защитной одежды для проведения аварийно-спасательных работ во время ликвидации чрезвычайных ситуаций с выбросами ОХВ. Его анализ показал, что разработчики, указав зону, внутри которой надо работать в ИК (для аммиака она, например, составляет 800 м), предписывают работу в костюмах (на выбор спасателей) разных модификаций, которые существенно отличаются даже внешне (в первую очередь тем, где должен находиться ИА – внутри или снаружи костюма).

За рубежом результаты исследований работы в ИК обобщены в стандартах. В частности, в США принят стандарт NFPA 1991 [4], в котором защитная одежда делится на четыре уровня. При этом ИК уровня А обеспечивают защиту от прямого воздействия опасного вещества. Характерной особенностью костюмов этого типа является то, что ИА находится в подкостюмном пространстве и там создается избыточное давление. Для костюмов уровня В последний эффект места не имеет, даже если ИА и находится также внутри костюма. Аналогичная ситуация имеет место и в Европе, где защитная одежда делится на шесть типов. Однако анализ стандартов PrEN 943[5] и PrEN1511 [6] показывает, что они достаточно сильно коррелируют с уровнями, которые используются в США. Тем не менее, конкретные количественные показатели в них также не приведены.

В Российской Федерации вопросы защиты личного состава, принимающего участие в ликвидации последствий аварий, рассмотрены в [7,8,9], где отмечено, что выбор комплекса средств индивидуальной защиты (КСИЗ) и порядка его использования производится в зависимости от характера и масштабов аварии. При отсутствии информации об аварийно химически опасных веществах и степени загрязнения внешней среды используют средства индивидуальной защиты изолирующего типа. При этом конструктивные особенности применительно к условиям работы не детализируются, хотя в соответствии с [4,5,6] именно местонахождение ИА является внешним признаком, по которому можно отнести костюм к такому, который позволяет работать внутри наиболее опасной зоны.

**Постановка задачи и ее решение.** Исходя из вышеизложенного, была поставлена задача обоснования рекомендаций, реализация которых обеспечит безопасную работу спасателей в ИК при выполнении основных задач в наиболее опасной зоне (с точки зрения концентрации сильно действующих химических веществ первой).

Учитывая то, что ИА, который защищает органы дыхания, может находиться или внутри (и в этом случае токсическая опасность окружающего воздуха будет уменьшаться как защитными свойствами костюма, так и защитными свойствами ИА), или снаружи ИК (в этом случае токсическая опасность для спасателя определяется тем коэффициентом защиты костюма или аппарата, который является меньшим), общий коэффициент защиты может рассматриваться как

$$K_3 = \begin{cases} K_3(ИА) \cdot K_3(ИК), & \text{если изолирующий аппарат} \\ & \text{находится внутри костюма,} \\ \min(K_3(ИА); K_3(ИК)), & \text{если изолирующий аппарат} \\ & \text{находится снаружи костюма,} \end{cases} \quad (1)$$

где  $K_3(ИА)$  - коэффициент защиты изолирующего аппарата;

$K_3(ИК)$  - коэффициент защиты изолирующего костюма.

Поскольку в соответствии с [10] защитные свойства материала для ИК должны обеспечивать защиту газообразного хлора с массовой концентрацией  $C_m = 70 \text{ мг/л}$ , а предельно допустимая концентрация хлора в рабочей зоне [3] равна  $C_{ПДК}(\text{Cl}) = 1 \text{ мг/м}^3$ ,

$$K_3(ИК) \geq \frac{C_m}{C_{ПДК}(\text{Cl})} = 7 \cdot 10^4. \quad (2)$$

ИА в сборе с лицевой частью в соответствии с [1] должны обеспечивать  $K_3(ИА) \geq 5 \cdot 10^3$ . Таким образом, видно, что, когда ИА одет поверх ИК, в общем случае в вопросах обеспечения безопасности надо ориентироваться на защитные свойства аппарата.

Это позволяет определить те значения массовых концентраций опасных химических веществ, при которых работа спасателей становится опасной для их здоровья. В частности, в случае ликвидации аварий, связанных с выбросом хлора, массовая концентрация, выше которой нельзя работать, будет равна

$$C_m(Cl) \leq K_3(ИА) \cdot C_{mПДК}(Cl) = 5 \cdot 10^3 \text{ мг/м}^3 = 5 \text{ мг/л}, \quad (3)$$

что соответствует объемной концентрации

$$V_{\%}(Cl) = \frac{22.4 \cdot C_m(Cl)}{10 \cdot M(Cl)} = \frac{22.4 \cdot 5}{10 \cdot 2 \cdot 35.4527} \approx 0.16\%, \quad (4)$$

где 22,4 – число Авогадро;  $M$  – молекулярная масса вещества.

Аналогичная ситуация будет иметь место и при работе в зоне, зараженной аммиаком:  $C_m(NH_3) \leq 10^5 \text{ мг/м}^3 = 100 \text{ мг/л}$ ;  $V_{\%}(NH_3) \leq 13.15\%$ .

В [2] показано, что в АСВ в случае их оснащения шлем-масками или легочными автоматами 3 типа (которые создают избыточное давление в подмасочном пространстве) резко повышаются защитные свойства:

$$K_3(ИА) \geq \begin{cases} 2,25 \cdot 10^5, & \text{если АСВ оснащен шлем-маской;} \\ 2,84 \cdot 10^5, & \text{если АСВ оснащен ЛА 3-го типа.} \end{cases} \quad (5)$$

Учитывая (2), в этом случае необходимо ориентироваться на защитные свойства ИК

$$C_m(Cl) \leq K_3(ИК) \cdot C_{mПДК}(Cl) = 7 \cdot 10^4 \text{ мг/м}^3 = 70 \text{ мг/л}; \quad (6)$$

$$V_{\%}(Cl) = \frac{22.4 \cdot C_m(Cl)}{10 \cdot M(Cl)} = \frac{22.4 \cdot 70}{10 \cdot 2 \cdot 35.4527} \approx 2.24\%. \quad (7)$$

Видно, что и в этой ситуации нельзя работать в ИК, которые предполагают расположение ИА снаружи.

В то же время, аналогичные расчеты для аммиака показывают

$$V_{\%}(NH_3) = \frac{22.4 \cdot K_3(ИК) \cdot C_{mПДК}(NH_3)}{10 \cdot M(NH_3)} > 100\%, \quad (8)$$

что свидетельствует о возможности проведения аварийно-спасательных работ в очаге выброса аммиака личным составом в ИК, поверх которых находятся АСВ, оборудованные шлем-масками или панорамными масками с легочными автоматами 3-го типа.

Для рассмотрения особенностей обеспечения безопасности спасателей после анализа Приложения Б ГОСТа Р 22.9.05-95 [91] была выбрана ситуация, предполагающая концентрацию хлора  $C_{m\max}(Cl) = 3600 \text{ мг/л}$ , которую должны обеспечить КСИЗ первого типа. Такие комплексы предназначены для обеспечения безопасности работ, проводимых в условиях максимально возможных концентраций ОХВ и контакта с их жидкой фазой.

В этом случае КСИЗ должен обеспечить

$$K_3 \geq \frac{C_{m\max}(Cl)}{C_{ПДК}(Cl)} = 3.6 \cdot 10^6. \quad (9)$$

Поскольку в соответствии с (7) комбинацию ИК и ИА, когда последний находится снаружи, использовать нельзя, используя (1), определим требования к коэффициенту защиты ИА, когда он находится внутри костюма

$$K_3(ИА) \geq \frac{K_3}{K_3(ИК)} = \frac{3.6 \cdot 10^6}{7 \cdot 10^4} \approx 0.52 \cdot 10^2 \ll 5 \cdot 10^4. \quad (10)$$

Из (10) видно, что первый уровень защиты обеспечивает комбинация сертифицированного изолирующего костюма и любого изолирующего аппарата, находящегося внутри защитной одежды.

#### **Выводы:**

- предложен подход, обеспечивающий анализ защитных средств для спасателей, которые работают в условиях воздействия максимально возможных концентраций опасных химических веществ и контакта с их жидкой фазой;
- показано, что в настоящее время для количественной оценки комплексов средств индивидуальной защиты целесообразно использовать количественные показатели, приведенные в нормативных документах Российской Федерации;
- отмечено, каким образом можно определить максимальные концентрации опасных химических веществ, при которых можно работать в комплексах средств индивидуальной защиты, предполагающих нахождение изолирующего аппарата снаружи изолирующего костюма;
- показано, что комбинация сертифицированного изолирующего костюма и любого изолирующего аппарата, находящегося внутри защитной одежды, обеспечивает безопасность спасателей в наихудших возможных условиях чрезвычайной ситуации.

**Список литературы:** 1. Диденко Н.С. Регенеративные респираторы для горноспасательных работ. – М.: Недра, 1984. – 296 с. 2. Стрілець В.М. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Основи створення та експлуатації – Харків, АПБУ, 2001. – 117 с. 3. Наказ МНС від 13.10.2008 N 733 "Про затвердження Рекомендацій 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)". 4. NFPA 1991 - Standard on Vapor-Protective Ensembles for Hazardous Materials Emergencies, 2005 Edition – 52pp. 5. prEN 943-1:2002 - 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. 6. prEN 1511: Liquid chemicals for limited life/use (liquid-tight) Type 3 equipment. 7. Методические рекомендации по ликвидации последствий радиационных и химических аварий// Часть 2. Ликвидация последствий химических аварий/ В.А. Владимиров, А.Г. Лукьянченков, К.Н. Павлов, В.А. Пучков, Р.Ф. Садиков, А.И. Ткачев. Под общей ред. доктора технических наук В.А. Владимирова. – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС, 2004. – 340 с. 8. Средства индивидуальной защиты./ Справочное пособие./ Под общей редак. Докт техн. наук С.Л. Каминского. – Ленинград, Химия, 1989. – 347 с. 9. ГОСТ Р 22.9.05-95. Комплексы средств индивидуальной защиты спасателя. Общие технические требования. 10. НПБ 162-97. Специальная защитная одежда пожарных изолирующего типа. Общие технические требования. Методы испытаний.

*Поступила в редколлегию 23.02.2010*