

*Стрелец В.М., канд. техн. наук, доц., НУГЗУ,  
Васильев М.В., нач. сектора, ГУ ГСЧСУ в Харьк. обл.,  
Тригуб В.В., канд. техн. наук, доц., НУГЗУ*

**РАЗРАБОТКА НОРМАТИВОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ  
ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СПАСАТЕЛЕЙ К РАБОТЕ  
В КОМПЛЕКСЕ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТИПА**

(представлено д-ром техн. наук Куценко Л.Н.)

Предложены нормативы, опирающиеся на расчет обратных функций нормального распределения, для оценки как робинга комплекса средств индивидуальной защиты первого типа и с фильтрующим противогазом, так и локализации очага чрезвычайной ситуации методом реконденсации. Показано, что параметры распределения могут быть получены как путем натурного, так и имитационного на ЭВМ эксперимента.

**Ключевые слова:** норматив, комплекс средств индивидуальной защиты, обратная функция распределения времени выполнения

**Постановка проблемы.** В подразделениях гражданской защиты отсутствуют нормативы (под ними понимается [1] сопоставительная норма, которая в своей основе имеет сравнение людей, принадлежащих к одной и той же совокупности) для оценки подготовленности спасателей к работе в комплексе средств индивидуальной защиты как первого типа (КСИЗ 1) так и совместно с фильтрующими противогазами (КСИЗ ФП), которые могут использоваться в процессе ликвидации аварий с выбросами опасных химических веществ. Это затрудняет объективную оценку уровня подготовленности спасателей.

**Анализ последних исследований и публикаций** показал, что в практике оперативно-спасательных служб используется большое количество различных вариантов взаимодействия личного состава с техническими средствами (например, со специальным оборудованием или средствами индивидуальной защиты ...). Так, в пожарной охране [2] используется более пятидесяти вариантов боевого развертывания, если рассматривать только основные пожарные автомобили и не

детализировать количество рукавов в магистральных и рабочих линиях. При этом штатное оборудование, которое используется в ходе боевого развертывания, позволяет обеспечить подготовку боевых расчетов.

Поскольку приведенных в действующих документах, например, [3], нормативов недостаточно для оценки качества характерных для конкретного подразделения вариантов боевой работы, при разработке конкретных количественных показателей используют как подход [1], принятый в физической культуре (в его основе лежит выбор нормативной оценки для определенной заранее заданной доли количества испытуемых), так и его модификации. Так, в [4] показано, что при разработке нормативов для оценки отдельных операций или простых вариантов боевого развертывания (состоящих не более чем из 3-5 операций) целесообразно опираться на  $\beta$ -распределение), а в [2] – на нормальное для более сложных вариантов. При этом вопросы эффективности обучения с использованием нормативов и определения момента, после которого можно использовать нормативы, не рассматривался. В то же время, и в [5] в целом для систем «человек-машина-среда» (СЧМС), и в [6] – для выполнения комплексных тренировочных упражнений газодымозащитниками (прохождение полосы огневой психологической подготовки) отмечено, что время выполнения задания непосредственно зависит от количества тренировочных попыток. Эта задача была решена в [7], где на основе анализа раскрытых закономерностей деятельности спасателей в КСИЗ (в частности, экспоненциального характера изменения времени выполнения учебного задания от количества тренировочных попыток) была показана возможность определения количества тренировочных попыток, после которого можно начинать сравнивать результаты обучаемых с нормативным значением. Однако конкретные показатели для последних так и не были даны.

**Постановка задачи и ее решение.** Исходя из этого, поставлена задача разработки нормативов для оценки уровня подготовленности для выполнения робинга КСИЗ первого типа.

В рассматриваемом случае под нормативом понимается фактическая величина времени выполнения робинга КСИЗ, которая служит основанием для отнесения испытуемых к одной из классификационных групп и является показателем ка-

чества рассматриваемой СЧМС. Поскольку разработка нормативов имеет в своей основе сравнение результатов одних испытуемых с результатами других испытуемых, то сопоставительные нормы могут быть построены путем отнесения соответствующего процента рассматриваемого личного состава к нормативу, который ему посилен.

В [7] было показано, что распределение времени выполнения как отдельных операций, так и всего процесса в целом ликвидации чрезвычайной ситуации с выбросом опасного химического вещества описывается нормальным законом. Это позволяет [2], учитывая, что чаще всего в качестве критерия при установке норматива используют долю личного состава (боевых расчетов, звеньев и т.д.), которому доступна норма, искомые нормативные оценки времени боевой работы определять следующим образом

$$t_5 = \bar{t} + G \cdot \Phi^{-1}(\hat{P}_5); \quad (1)$$

$$t_4 = \bar{t} + G \cdot \Phi^{-1}(\hat{P}_4 + \hat{P}_5); \quad (2)$$

$$t_3 = \bar{t} + G \cdot \Phi^{-1}(\hat{P}_3 + \hat{P}_4 + \hat{P}_5), \quad (3)$$

где  $t_{5(4,3)}$  – значение времени боевого развертывания, при достижении которого норматив может быть оценен на «отлично» («хорошо», «удовлетворительно»);  $\bar{t}$  – математическое ожидание времени выполнения задания, с;  $G$  – стандартное отклонение времени выполнения задания, с;  $\hat{P}_5 = P(t \leq t_5)$ ,  $\hat{P}_4 = P(t_5 < t \leq t_4)$ ,  $\hat{P}_3 = P(t_4 < t \leq t_3)$  – вероятность попадания случайной величины времени выполнения задания в заданный интервал (доля отличных, хороших и удовлетворительных оценок);  $\Phi^{-1}(\hat{P}_5)$ ,  $\Phi^{-1}(\hat{P}_4 + \hat{P}_5)$ ,  $\Phi^{-1}(\hat{P}_3 + \hat{P}_4 + \hat{P}_5)$  – обратные функции соответствующих стандартных нормальных распределений.

Из вышеизложенного следует, что на начальном этапе разработки норматива необходимо однозначно определить как параметры распределения времени робинга КСИЗ, так и получить оценки вероятностей выполнения рассматриваемого норматива в заданное время. Выбранным вариантом послед-

него является расчет средневзвешенных оценок  $(\widehat{P}_5, \widehat{P}_4, \widehat{P}_3, \widehat{P}_2)$  соответствующих долей (частот) всех возможных результатов [8]. Эти оценки соответствуют, как это принято в большинстве подразделений в настоящее время, «отличной», «хорошей», «удовлетворительной» или «неудовлетворительной» оценке.

Параметры распределений времени выполнения робинга КСИЗ получены как в процессе раскрытия закономерностей деятельности в ходе подконтрольной эксплуатации или полигонных испытаний [7], так и по результатам имитационного моделирования [8].

Так, для робинга КСИЗ [7] функция плотности распределения имеет вид

$$f(t) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left(-\frac{(t - \bar{t})^2}{2 \cdot \sigma^2}\right), \quad (3)$$

$$\text{где } \bar{t} = \begin{cases} 239.5 - \text{математическое ожидание робинга ККСИЗ} \\ \quad \text{с ФП в 3-ей тренировочной попытке, с;} \\ 244.5 - \text{математическое ожидание робинга КСИЗ} \\ \quad \text{1 типа в 4-ой тренировочной попытке, с,} \end{cases}$$

$$\sigma = \begin{cases} 52.6 - \text{среднеквадратичное отклонение робинга ККСИЗ} \\ \quad \text{с ФП в 3-ей тренировочной попытке, с;} \\ 47.61 - \text{среднеквадратичное отклонение робинга КСИЗ} \\ \quad \text{1 типа в 4-ой тренировочной попытке, с.} \end{cases}$$

Кроме этого надо учесть, что оценивать уровень подготовленности спасателей к работе в комплексе средств индивидуальной защиты можно после трех тренировочных попыток при использовании КСИЗ с ФП, и после четырех – КСИЗ 1 типа [9].

Учитывая требование [10] о том, что время робинга КСИЗ не должно превышать 300 с (т.е. все результаты, которые будут больше, начиная с третьей тренировочной попытки для КСИЗ с ФП или четвертой для КСИЗ 1-го типа, являются неудовлетворительными), выражение для определения вероятности попадания в заданный интервал в [2] и параметры функции  $\Phi$  нормального распределения в (3) и (4), можно определить долю неудовлетворительных результатов

$$P_2 = 1 - (\widehat{P}_3 + \widehat{P}_4 + \widehat{P}_5) = 1 - P(t \leq t_3 = 300 \text{ с}) = 1 - \Phi\left(\frac{t_3 - \bar{t}}{\sigma}\right) =$$

$$= \begin{cases} 0,125 - \text{для робинга КСИЗ с ФП;} \\ 0,122 - \text{для робинга КСИЗ 1-го типа.} \end{cases} \quad (4)$$

По аналогии с подходом, который применяется при обосновании физкультурных нормативов [1], допустим, что отличной оценке соответствует 10% положительных результатов, а хорошей и удовлетворительной - по 40% последующих. Тогда, используя обратную функцию  $\Phi^{-1}$  нормального распределения,

$$t_5 = \bar{t} + \sigma \cdot \Phi^{-1}\left(\frac{1}{9} \cdot (1 - P_2)\right) =$$

$$= \begin{cases} 239,5 + 52,6 \cdot \Phi^{-1}\left(\frac{1}{9} \cdot (1 - 0,125)\right) \\ 244,5 + 47,61 \cdot \Phi^{-1}\left(\frac{1}{9} \cdot (1 - 0,122)\right) \end{cases} =$$

$$= \begin{cases} 171,25 \text{ с} - \text{для КСИЗ с ФП;} \\ 182,82 \text{ с} - \text{для КСИЗ 1-го типа;} \end{cases} \quad (5)$$

$$t_4 = \bar{t} + \sigma \cdot \Phi^{-1}\left(\frac{1}{9} \cdot (1 - P_2) + \frac{4}{9} \cdot (1 - P_2)\right) =$$

$$= \begin{cases} 239,5 + 52,6 \cdot \Phi^{-1}\left(\frac{1}{9} \cdot (1 - 0,125) + \frac{4}{9} \cdot (1 - 0,125)\right) \\ 244,5 + 47,61 \cdot \Phi^{-1}\left(\frac{1}{9} \cdot (1 - 0,125) + \frac{4}{9} \cdot (1 - 0,122)\right) \end{cases} =$$

$$= \begin{cases} 237,67 \text{ с} - \text{для КСИЗ с ФП;} \\ 243,05 \text{ с} - \text{для КСИЗ 1-го типа.} \end{cases} \quad (6)$$

С учетом требований кратности и запоминаемости [1] рекомендуются следующие нормативы

$$t_5 = \begin{cases} 170 \text{ с} - \text{для КСИЗ с ФП;} \\ 180 \text{ с} - \text{для КСИЗ 1-го типа;} \end{cases} \quad (7)$$

и

$$t_4 = 240 \text{ с} - \text{ для КСИЗ с ФП и для КСИЗ 1-го типа.} \quad (8)$$

Результаты имитационного моделирования локализации очага чрезвычайной ситуации методом реконденсации спасателями [8], показывают, что в третьей тренировочной попытке при работе в личного состава в КСИЗ с ФП функция плотности распределения имеет вид

$$f(t_{\text{реконд КСИЗФП}}) = \frac{1}{59,09 \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left(-\frac{(t - 556,74)^2}{2 \cdot 59,09^2}\right), \quad (9)$$

а при работе в КСИЗ 1-го типа в четвертой тренировочной попытке –

$$f(t_{\text{реконд КСИЗ1}}) = \frac{1}{66,20 \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left(-\frac{(t - 583,93)^2}{2 \cdot 66,20^2}\right). \quad (10)$$

Допустив [1], что отличной оценке соответствует 10% положительных результатов, а хорошей и удовлетворительной – по 40% последующих, получим

$$\begin{aligned} t_{5\text{реконд}} &= \bar{t}_{\text{реконд}} + G_{\text{реконд}} \cdot \Phi^{-1}(0,1) = \\ &= \begin{cases} 556,74 + 59,09 \cdot \Phi^{-1}(0,1) \\ 583,93 + 66,20 \cdot \Phi^{-1}(0,1) \end{cases} = \\ &= \begin{cases} 481,01 \text{ с- для КСИЗ с ФП;} \\ 499,09 \text{ с- для КСИЗ 1-го типа;} \end{cases} \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} t_{4\text{реконд}} &= \bar{t}_{\text{реконд}} + G_{\text{реконд}} \cdot \Phi^{-1}(0,1 + 0,4) = \\ &= \begin{cases} 556,74 + 59,09 \cdot \Phi^{-1}(0,5) \\ 583,93 + 66,20 \cdot \Phi^{-1}(0,5) \end{cases} = \\ &= \begin{cases} 556,74 \text{ с- для КСИЗ с ФП;} \\ 583,93 \text{ с- для КСИЗ 1-го типа;} \end{cases} \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned}
t_{3\text{реконд}} &= \bar{t}_{\text{реконд}} + G_{\text{реконд}} \cdot \Phi^{-1}(0,1 + 0,4 + 0,4) = \\
&= \begin{cases} 556,74 + 59,09 \cdot \Phi^{-1}(0,9) \\ 583,93 + 66,20 \cdot \Phi^{-1}(0,9) \end{cases} = \\
&= \begin{cases} 632,47 \text{ с - для КСИЗ с ФП;} \\ 668,74 \text{ с - для КСИЗ 1-го типа.} \end{cases}
\end{aligned} \tag{13}$$

С учетом требований кратности и запоминаемости [1] рекомендованы следующие нормативы для оценки уровня подготовленности личного состава к локализации очага чрезвычайной ситуации методом реконденсации

$$t_{5\text{реконд}} = \begin{cases} 480 \text{ с - для КСИЗ с ФП;} \\ 500 \text{ с - для КСИЗ 1-го типа;} \end{cases} \tag{14}$$

$$t_{4\text{реконд}} = \begin{cases} 555 \text{ с - для КСИЗ с ФП;} \\ 585 \text{ с - для КСИЗ 1-го типа;} \end{cases} \tag{15}$$

$$t_{3\text{реконд}} = \begin{cases} 630 \text{ с - для КСИЗ с ФП;} \\ 670 \text{ с - для КСИЗ 1-го типа.} \end{cases} \tag{16}$$

При этом, как было отмечено в [9], действия боевого расчета можно оценивать после третьей тренировочной попытки при работе личного состава в КСИЗ с фильтрующим противогазом, и после четвертой – при работе в КСИЗ первого типа.

#### **Выводы:**

- отмечено, что для статистической оценки нормативов, которые могут использоваться для оценки уровня подготовленности спасателей к работе в КСИЗ, целесообразно использовать параметры нормального распределения времени выполнения рассматриваемой операции (процесса), которые могут быть получены как в результате физического, так и имитационного на ЭВМ эксперимента;
- обосновано выражение для определения допустимой доли неудовлетворительных результатов робинга КСИЗ, которое опирается на наличие нормативного требования к минимально допустимому времени;

• пропонуються нормативи для оцінювання робінга КСИЗ як першого типу, так і оснащених фільтруючими противогазами, а також локалізації очага ЧС методом конденсації.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Спортивная метрология. Учебник для ин-тов физ. культ./ Под ред. В.М.Зациорского. – М.: ФиС, 1982. – 256 с.
2. Стрелец В.М. Статистический метод обоснования нормативов боевого развертывания пожарно-технического вооружения./ В.М. Стрелец, Т.Б. Грицай // Право і безпека: Науковий журнал. – 2002. – Вип.1 – С. 165-171.
3. Нормативи по пожежно-стройовій підготовці. – К.: УДПО МВС України, 1995. – 14 с.
4. Стрелец В.М. Особенности разработки нормативов боевого развертывания пожарно-технического вооружения. / В.М. Стрелец, Д.Ю. Каскевич // Проблемы пожарной безопасности. – № 6. - Харьков: ХИПБ, 1999. – С.154-158
5. Введение в эргономику. / Под ред. В.П.Зинченко. – М., “Сов. радио”, 1974. – 351 с.
6. Ковальов П.А. Вдосконалення порівняльної оцінки апаратів на стисненому повітрі / П.А. Ковальов, В.М. Стрелець, М.В. Васильев // Проблеми надзвичайних ситуацій - № 10 – Харків, Фоліо, 2009 – с.91-98
7. Стрелец В.М. Раскрытие закономерностей деятельности спасателей при выполнении основных операций в процессе ликвидации аварий с выбросом опасных химических веществ. / В.М. Стрелец, М.В. Васильев // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты: Научный журнал – 2013`2 (17) – С.81-86
8. Стрелец В.М. Разработка нормативов боевого развертывания специальной техники на основе экспертных оценок. / В.М. Стрелец // Збірник наукових праць. Ракетно-космічна техніка. Вип.1. – Харків: ХВУ, 1999. – С.54-56.
9. Васильев М.В. Определение количества тренировочных попыток, после которого можно оценивать качество выполнения задания. / М.В.Васильев, В.М. Стрелец // Техносферная безопасность – 2013. – № 1 – Екатеринбург, Уральский институт ГПС МЧС России – С. 61-64

10. Комплексы средств индивидуальной защиты спасателей. Общие технические требования: ГОСТ Р 22.9.05-95. – [Принят и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 20 июня 1995 г. №309]. – М.: Госстандарт, 1995. – 9 с. – (Государственный стандарт Российской Федерации).

Стрілець В.М., Васильєв М.В., Тригуб В.В.

**Розробка нормативів для оцінки підготовленості рятувальників до роботи в комплексі засобів індивідуального захисту**

Запропоновано нормативи, які спираються на розрахунок зворотних функцій нормального розподілу, для оцінки як робінгу комплексу засобів індивідуального захисту першого типу та з фільтрувальним протигазом, так і локалізації осередку надзвичайної ситуації методом реконденсації. Показано, що параметри розподілу можуть бути отримані як шляхом натурного, так й імітаційного на ЕОМ експерименту.

**Ключові слова:** норматив, комплекс засобів індивідуального захисту, зворотна функція розподілу часу виконання

Strelec V.M., Vasil`ev M.V., Trigub V.V.

**Development of standards for assessing preparedness rescuers to work together PPE**

Proposed regulations, based on the calculation of the inverse function of the normal distribution to estimate how robing PPE first type and a filter mask and localization of emergency by recondensation. It is shown that the distribution parameters may be obtained as by-kind, and by computer simulation experiment.

**Key words:** standard, PPE, inverse distribution function of the execution time