

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ЗВЕНА ГАЗОДЫМОЗАЩИТНОЙ СЛУЖБЫ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ

к.т.н. В.М. Стрелец
(представил д.т.н, проф. Ю.А. Абрамов)

Рассмотрены особенности имитационного моделирования проведения боевых действий во время пожара в помещении, которое имеет сложное конструктивно - планировочное решение. Приведены результаты имитационного эксперимента, анализ которых позволил сделать предложения по повышению эффективности подготовки личного состава.

Наиболее полное представление об условиях, в которых приходится выполнять свои обязанности пожарным, дает анализ действий личного состава газодымозащитной службы (ГДЗС), которая является одной из главных в общем комплексе специальных служб в пожарной охране и предназначена для обеспечения ведения боевых действий подразделений в непригодной для дыхания среде. При этом личный состав работает в средствах индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) в составе звена. Наиболее трудным и, одновременно, характерным видом боевой работы ГДЗС является спасение людей, тушение пожаров и ликвидация последствий аварий в помещениях, которые имеют сложные конструктивно-планировочные решения (например, в подвалах, внутри административных зданий, в подземных сооружениях метрополитена и т.д.).

В основу модели, позволяющей имитировать боевую работу звена ГДЗС, легла логика действий личного состава в рассматриваемом случае, которая была приведена в [1]. Значения логических условных операций, связанных с готовностью личного состава и оснащения звена, представляют собой соответствующие вероятности и определяются либо по результатам натурных экспериментов, либо по итогам анализа экспертных оценок. Выбор того или иного сочетания основных операций, реализация которых должна быть выполнена для успешного решения боевой задачи звена, производится таким образом, чтобы соответствующая доля имитируемых операций, необходимых, например, для проведения разведки, была равна ее статистическому значению, полученному в результате анализа различных видов боевой работы личного состава ГДЗС.

При определении времени выполнения отдельных операций используются результаты собственных экспериментов, экспертные оценки, а также результаты исследования других авторов. Из последних в разработанной модели самым важным является использование вывода, полученного во ВНИИПО РФ [2] о том, что функция распределения расстояния l от поста безопасности (места входа в непригодную для дыхания среду) до искомого пострадавшего, имущества или очага пожара описывается логнормальным распределением.

Анализ собственных экспериментов показал, что подавляющее большинство боевых операций, выполняемых звеном описывается β - распределением ($\alpha \geq 1, \beta \geq 1$) :

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

где $B(\alpha, \beta)$ - бета функция; $t_{\min}, t_{\max}, \alpha, \beta$ - параметры β - распределения.

Выражением (1) нельзя описать распределение времени выполнения психологически насыщенных операций хорошо подготовленным личным составом (как это имеет место, например, в случае переноса пострадавшего в сознании в условиях полной темноты). Однако, учитывая то, что эксцесс этих распределений $Ex \geq 2$, их можно рассматривать как сумму двух независимых распределений, вызванных независимыми факторами: подготовленностью личного состава и экстремальностью ситуации. Тогда верно:

$$f(t) = \begin{cases} \frac{(t-t_{1\min})^{\alpha_1-1} \cdot (t_{1\max}-t)^{\beta_1-1}}{(t_{1\max}-t_{1\min})^{\alpha_1+\beta_1+1} \cdot B(\alpha_1, \beta_1)} & \text{при } t_{1\min} \leq t < t_{1\max}; \\ \frac{(t-t_{2\min})^{\alpha_2-1} \cdot (t_{2\max}-t)^{\beta_2-1}}{(t_{2\max}-t_{2\min})^{\alpha_2+\beta_2+1} \cdot B(\alpha_2, \beta_2)} & \text{при } t_{2\min} \leq t \leq t_{2\max}; \\ 0 & \text{при } t \leq t_{1\min}, t \geq t_{2\max}. \end{cases} \quad (2)$$

В основе использования в качестве исходных данных экспертных оценок лежало предположение, которое хорошо согласуется с экспериментальными результатами, о том, что время выполнения подавляющего большинства операций описывается распределением (1). Для определе-

ния параметров α и β интересующего распределения по аналогии с методом, приведенным в [4], вычисляются средневзвешенные оценки минимального $t_{j\min}$, наиболее вероятного \tilde{t}_j и максимального $t_{j\max}$ времени выполнения j -й операции. Это позволяет найти их значения, используя следующие выражения:

$$\alpha_j = \frac{A^2 \cdot \tilde{t}_j + 2 \cdot t_{j\min} + t_{j\max} - 3 \cdot \tilde{t}_j - A^2 \cdot t_{j\min}}{t_{j\max} - t_{j\min}} ; \quad (3)$$

$$\beta_j = \frac{3 \cdot \tilde{t}_j - A^2 \cdot \tilde{t}_j - t_{j\min} - 2 \cdot t_{j\max} + A^2 \cdot t_{j\max}}{t_{j\max} - t_{j\min}} , \quad (4)$$

где A – корень уравнения

$$\begin{aligned} & (t_{j\min}^2 - 2t_{j\min}t_{j\max} + t_{j\max}^2) x^6 + (40t_{j\min}t_{j\max} - 2t_{j\max}^2 - \\ & - 36t_{j\min}\tilde{t}_j - 36\tilde{t}_j^2 - 2t_{j\min}^2 - 36t_{j\min}t_{j\max}) x^4 + (-35t_{j\max}^2 + \\ & + 216t_{j\min}t_{j\max} - 146t_{j\min}t_{j\max} - 216\tilde{t}_j^2 - 35t_{j\min}^2 + \\ & + 216t_{j\max}\tilde{t}_j)x^2 - 72t_{j\max}^2 - 324t_{j\min}\tilde{t}_j + 180t_{j\min}t_{j\max} + \\ & + 324\tilde{t}_j^2 + 724t_{j\min}^2 - 324t_{j\max}\tilde{t}_j = 0. \end{aligned}$$

Усредненные (для каждого сочетания факторов проводилось по 100 итераций имитационного моделирования боевой работы звена ГДЗС) результаты в кодированных переменных приведены на рис.1. В качестве факторов, влияние которых на время выполнения (в кодированных переменных y) эксперты считали наиболее значимым, рассматривались специальная выносливость (x_1), способность ориентироваться в пространстве (x_2) и слаженность (x_3) личного состава. Эксперты, рассматривая каждую отдельную операцию, оценили ее выполнение при различном сочетании значений этих факторов. Было принято, что в тех случаях, когда личный состав имеет слабую выносливость, плохо ориентируется в пространстве, неслажен, соответствующим факторам присваивать значение «-1», при среднем уровне подготовленности – «0», а самом высоком – «+1». Времени выполнения боевой работы в целом при самом плохом сочетании факторов ($x_1 = x_2 = x_3 = -1$ – личный состав звена практически не подготовлен) присваивается «1», а при самом хорошем ($x_1 = x_2 = x_3 = 1$) – «0».

Анализ полученных результатов позволил сделать ряд предложений, ориентированных на совершенствование подготовки личного состава ГДЗС.

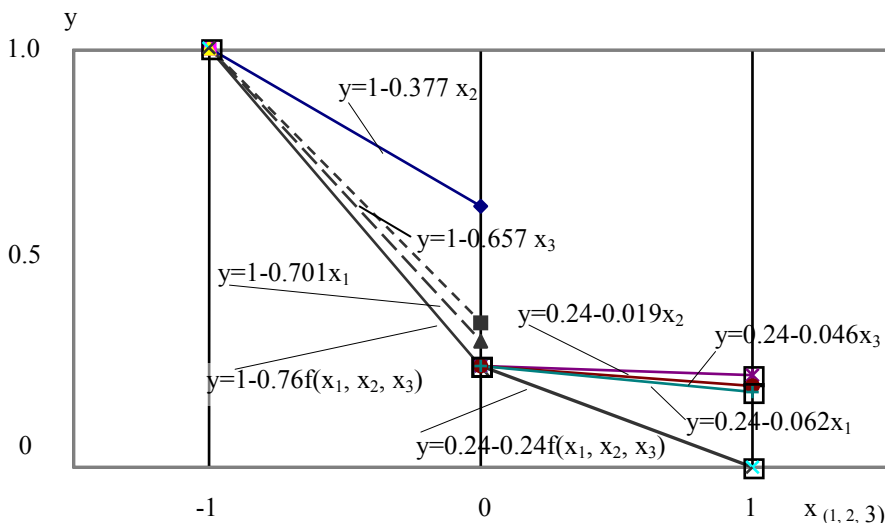


Рис.1. Зависимость (в кодированных переменных) времени выполнения боевой работы от уровня подготовленности звена ГДЗС

В частности, видно, что на начальном этапе подготовки для достижения времени боевой работы, которое соответствует среднему уровню подготовленности, в первую очередь необходимо тренировать специальную выносливость. В то же время, когда звено в целом его достигло, раздельная тренировка только лишь одного качества не даст заметного сокращения времени выполнения боевой работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалев П.А. Алгоритм моделирования деятельности газодымозащитников в помещениях, имеющих сложные конструктивно - планировочные решения / Пожарная безопасность - история, состояние, перспективы: Материалы XIV Всероссийской науч. - практ. конф. - Ч.1. - М.: ВНИИПО, 1997. – С. 127 - 128.
2. Отчет по НИР “Исследования по созданию изолирующего аппарата со сжатым воздухом для пожарных” – М.: ВНИИПО МВД СССР, 1980. – 150 с.
3. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико - статистические методы экспертных оценок. - М.: Статистика, 1974. – 264 с.