

УДК 331.101

*Васильев М.В., адъюнкт, НУГЗУ,
Стрелец В.М., канд. техн. наук, нач. лаб., НУГЗУ,
Тригуб В.В., канд. техн. наук, доц., НУГЗУ*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАБОТЫ СПАСАТЕЛЕЙ В СРЕДСТВАХ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ПЕРВОГО И ВТОРОГО ТИПА

(представлено д-ром техн. наук Соловьев В.В.)

Показано, что распределения времен проведения типовых операций при работе спасателей в комплексе средств индивидуальной защиты первого типа характеризуются нормальным законом, тогда как второго – β -распределением. Отмечено, что время облачения в изолирующий костюм в зависимости от количества тренировочных попыток меняется по экспоненциальному закону.

Ключевые слова: комплекс средств индивидуальной защиты, распределение времени выполнения, типовые операции

Постановка проблемы. Проведение аварийно-спасательных работ в эпицентре чрезвычайных ситуаций с выбросами опасных химических веществ требует того, чтобы спасатели первой категории, входящие в состав специальных подразделений, использовали комплекс средств индивидуальной защиты (КСИЗ) первого типа [1]. При этом КСИЗ 1-го типа существенно [2] отличается от КСИЗ второго типа, в котором работает личный состав пожарно-спасательных подразделений в качестве газодымозащитников [3]. Вследствие этого закономерности выполнения работ в КСИЗ 1-го типа имеют ряд особенностей, которые надо учитывать как при планировании и оценке всего комплекса работ по ликвидации чрезвычайных ситуаций, так и в процессе подготовки спасателей, например, для обоснования соответствующих нормативов оценки качества выполнения отдельных операций и процессов.

Анализ последних исследований и публикаций показал, что к настоящему времени разработан научно-методический аппарат имитационного моделирования экстремальной деятельности [4,5] и обоснования нормативов [6,7] для оценки уровня подготовленности спасателей при выполнении, как операций, так и процессов, которые составляют общий комплекс аварийно-

спасательных работ. Он опирается на оценки распределения времен выполнения операций и процессов.

В частности, в [7,8] показано, что распределения времен выполнения, как операций, так и процессов оперативно-диспетчерским персоналом имеют нормальное распределение. Работа пожарных, а в наихудшем случае они работают в КСИЗ 2-го типа [3], рассматривалась в [6,8], где отмечено, что для описания распределения времени выполнения отдельных операций, а также простых процессов (которые содержат совокупность, не превышающую пяти отдельных операций) целесообразно использовать β -распределение, а для всех более сложных процессов – нормальное. В [9], где рассматриваются особенности проведения аварийно-спасательных работ в метрополитене, показано, что без потери точности вместо β -распределения времени выполнения отдельных операций можно использовать смещенное распределение Эрланга.

Однако при этом особенности выполнения отдельных операций и процессов, связанные с тем, что личный состав вынужден обеспечить свою безопасность для работы в условиях, которые существенно отличаются от наихудших условий пожара [2] (выполнение эмоционально насыщенных работ в изолирующих костюмах, которые достаточно сильно сковывают движение спасателей; использование изолирующих средств индивидуальной защиты органов дыхания с повышенными герметичными свойствами; более низкая подготовленность спасателей по сравнению с газодымозащитниками, связанная с тем, что рассматриваемые ситуации возникают значительно реже пожаров...), не рассматривались.

Постановка задачи и ее решение. Исходя из этого, поставлена задача сравнительной оценки того, как отличаются распределения времен выполнения типовых операций и процессов, используемых спасателями в КСИЗ первого типа при проведении работ вблизи от очага чрезвычайной ситуации с выбросом опасных химических веществ, от тех, которые имеют место в случае работы личного состава газодымозащитной службы (работают в КСИЗ второго типа).

Результаты экспериментальных исследований, в которых принимали участие испытуемые из числа курсантов Национального университета гражданской защиты Украины и Учебного центра оперативно-спасательной службы гражданской защиты МЧС Украины, показали, что имеют место существенные отличия.

Так, закономерности выполнения типовых операций газоды-мозащитниками описываются с помощью β -распределения. Например, распределение времени присоединения рукава к пожарному крану в условиях ограниченной видимости (см.рис.1) имеет вид

$$\begin{aligned} \beta(x, \alpha, \beta) &= \frac{1}{B(\alpha; \beta)} \int_0^x x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1} dy = \\ &= \frac{1}{B(2.89; 2.01)} \int_0^x x^{4.89} (1-x)^{1.01} dy. \end{aligned} \quad (1)$$

Параметры распределения (1) $\alpha=2.89$ и $\beta=2.01$ в рамках статистической погрешности с уровнем значимости 0,05 можно считать равными тем, которые приведены в [9].

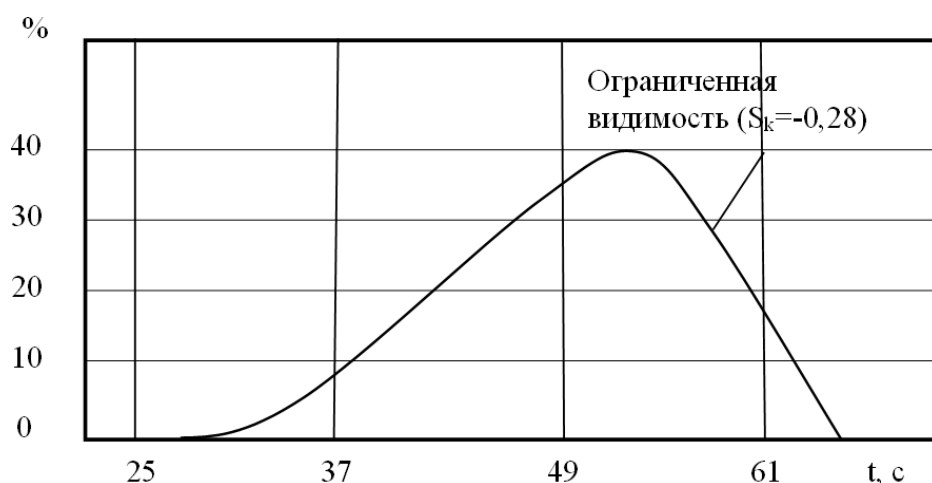


Рис. 1 – Распределение времени присоединения рукава к пожарному крану

Аналогичная ситуация имеет место и в случае, когда рассматривается скорость движения газодымозащитников [9]. Например, на рис.2 приведены распределения скорости движения газодымозащитников при проведении аварийно-спасательных работ в метрополитене.

В то же время, исследования временных характеристик выполнения типовых операций применительно к работе в КСИЗ 1-го типа (см. рис.3, 4) показали, что с уровнем значимости $\alpha=0,05$ они могут описываться нормальным распределением. Это объясняется тем, что показатель скошенности распределений близок к нулю

(распределения являются фактически симметричными, несмотря на то, что первоначальные гистограммы таковыми не казались), а время выполнения операции (скорости движения) является непрерывной случайной величиной.

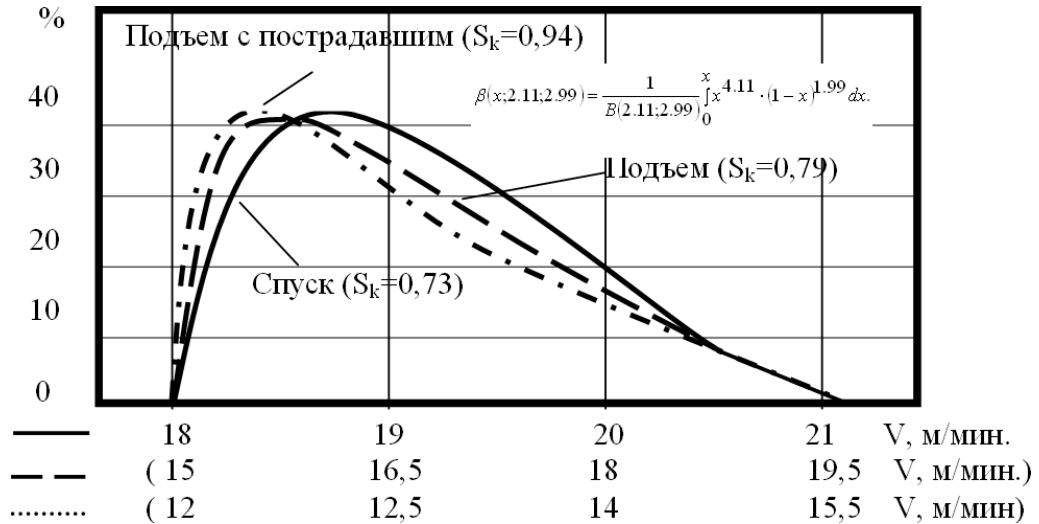


Рис. 2 – Распределение скорости движения газодымозащитников в метрополитене

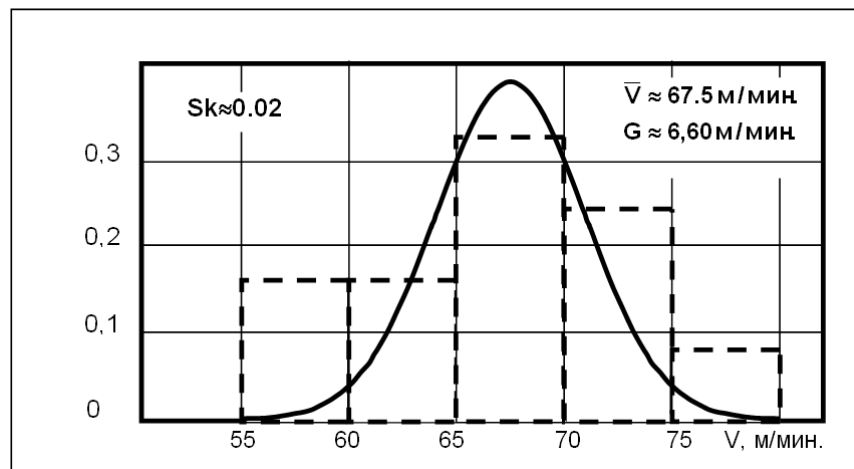


Рис. 3 – Распределение скорости движения спасателей в КСИЗ 1 типа

При этом необходимо обратить внимание на то, что могут иметь место (см. рис. 4) случаи, когда появляются результаты, которые могут существенно отличаться в худшую сторону от общего массива. Свидетельством их разнородности является то, что эксцесс общего распределения $Ex \approx 2,3$ больше показателя «двух». Эти

Сравнительный анализ закономерностей работы спасателей в средствах индивидуальной защиты первого и второго типа

результаты, естественно, должны быть исключены при оценке параметров нормального распределения. В то же время, они должны учитываться в случае выработки прогнозных управленческих решений.

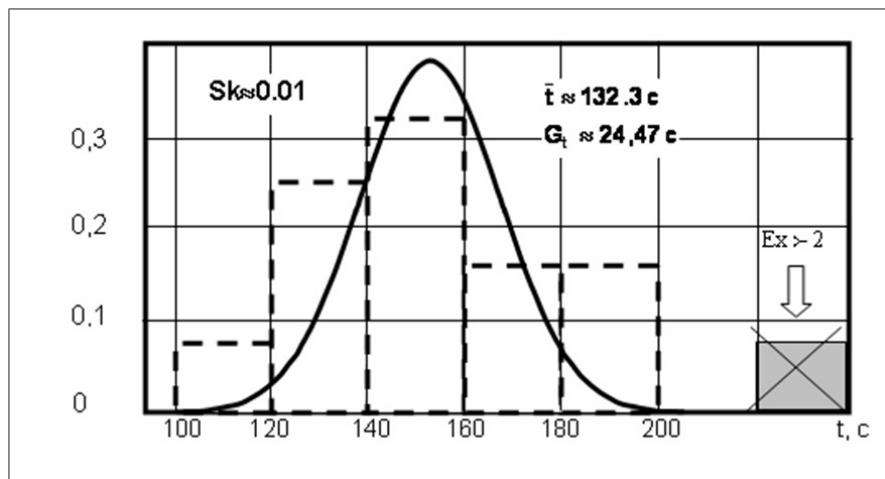


Рис. 4 – Распределение времени присоединения рукава к пробоине

Переход к нормальному распределению в последующем существенно упростит проведение имитационного моделирования процессов ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Особый интерес представил робинг (одевание изолирующего костюма с включением в средство индивидуальной защиты органов дыхания) комплекса средств индивидуальной защиты. Полученные экспериментальные результаты показали (см. рис. 5), что в ходе тренировок время облачения в изолирующий костюм в зависимости от количества n тренировочных попыток меняется по экспоненциальному закону независимо от того, был ли это КСИЗ 1 типа или изолирующий костюм (ИК) вместе с фильтрующим противогазом (ФП)

$$t = \bar{t}_{\text{гран}} + (\bar{t}_1 - \bar{t}_{\text{гран}}) \cdot e^{-\lambda(n-1)}, \quad (2)$$

где оценка математического ожидания, к которому приближается время робинга КСИЗ,

$$\bar{t}_{\text{сп}} = \begin{cases} 212 \text{ с} & \text{— при использовании КСИЗ первого типа;} \\ 181 \text{ с} & \text{— при использовании ИК с ФП;} \end{cases}$$

математическое ожидание времени робинга КСИЗ в первой попытке

$$\bar{t}_1 = \begin{cases} 657 \text{ с} & \text{— при использовании КСИЗ первого типа;} \\ 545 \text{ с} & \text{— при использовании ИК с ФП;} \end{cases}$$

параметр экспоненциального распределения

$$\bar{\lambda} = \begin{cases} 0,76 & \text{— при использовании КСИЗ первого типа;} \\ 0,85 & \text{— при использовании ИК с ФП.} \end{cases}$$

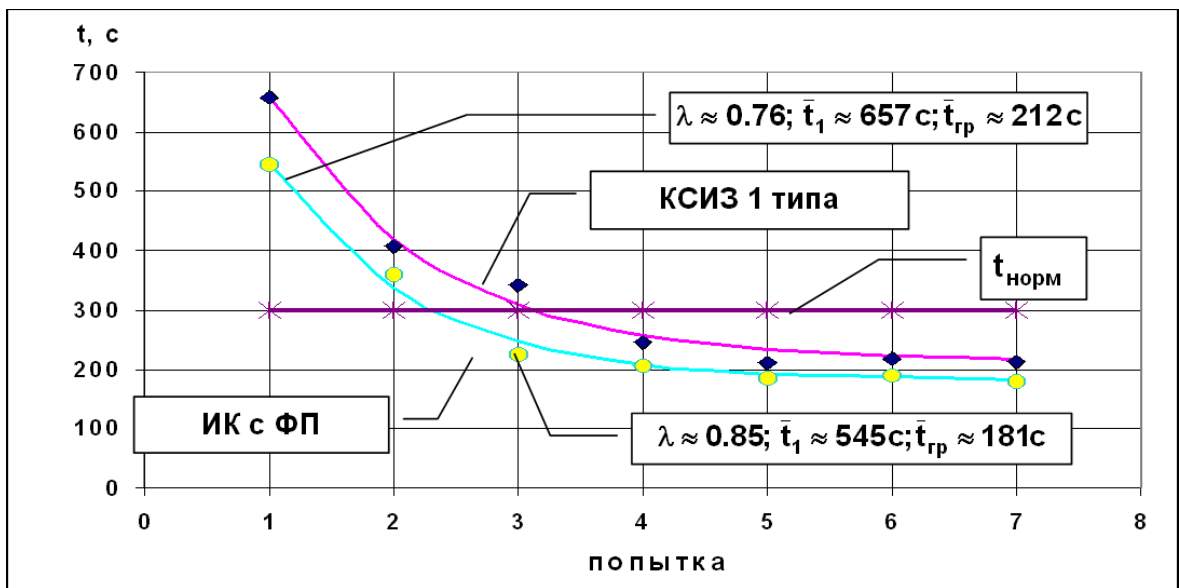


Рис. 5 – Робинг комплекса средств индивидуальной защиты

Это позволяет, учитывая требования нормативных документов [10] о том, что время одевания изолирующего костюма не должно превышать некоторого конкретного значения $t_{норм}$, определить то количество тренировочных попыток, после которого можно оценивать качество выполнения этой операции личным составом

$$n = \text{integer} \left(1 + \frac{1}{\lambda} \ln \frac{\bar{t}_1 - \bar{t}_{gp}}{t_{норм} - \bar{t}_{gp}} + 0,5 \right) = \begin{cases} 4 & \text{— при робинге КСИЗ первого типа;} \\ 3 & \text{— при робинге ИК с ФП;} \end{cases} \quad (3)$$

т.е. при робинге КСИЗ 1 типа оценивать спасателей можно после 4-х тренировочных попыток, а при робинге изолирующего костюма в комплекте с фильтрующим противогазом – трех.

Выводы:

- несмотря на то, что распределения времен выполнения газодымозащитниками типовых операций, связанных с использованием пожарной техники, достаточно хорошо описывается β -распределением, для описания распределения времени выполнения спасателями простых операций, требующих работы в КСИЗ первого типа, целесообразно использовать нормальный закон;

- среди результатов, связанных с работой в КСИЗ первого типа, могут быть такие, которые существенно отличаются от остальных. Они должны учитываться в процессе планирования работ и прогнозирования результатов их выполнения;

- полученные после исключения «выбросов» параметры распределений целесообразно использовать для обоснования нормативов.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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).
2. Стрілець В.М. Аналіз захисних властивостей засобів індивідуального захисту, які призначені для роботи в умовах викиду небезпечних хімічних речовин / В.М. Стрілець, М.В. Васильев // Збірник наукових праць Харківського університету повітряних сил. – 2010. – Вип. 1(23). – С.197-200.
3. Настанова по газодимозахисній службі пожежної охорони МВС України: Наказ № 657 МВС України від 2 грудня 1994 р. – Київ, 1994. – 128 с. – (Нормативний документ МНС України. Настанова)
4. Стрелец В.М. Имитационный анализ системы «человек-машина» как метод эргономической оценки функционирования аварийных служб / В.М. Стрілець // Радиоэлектроника и информатика: Научно-технический журнал. – 2001. – № 3(16) – Харьков, ХНУРЭ, 2001. – С.125-128.
5. Фокин Ю.Г. Оператор – технические средства: обеспечение надежности / Фокин Ю.Г. – М.: Воениздат, 1985. – 292 с.

6. 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.
7. Ковалев П.А. Особенности обоснования комплексных нормативов для практических занятий / П.А. Ковалев, Р.А. Нередков, В.М. Стрелец // Проблемы надзвичайних ситуацій. – № 5. – Харків, Фоліо, 2006 – С. 129-133
8. Чуковский В.Н. Разработка методов обоснования штатной численности боевых расчетов пожарных автомобилей: дис. ... кандидата техн. наук: 21.06.02 / Чуковский Вячеслав Николаевич – Харьков, 1998. – 155 с.
9. Иванов В.Г. Особенности представления исходных данных для моделирования пожаротушения на станциях метрополитена с помощью аппарата Е-сетей / В.Г. Иванов, В.М. Стрелец, П.Ю. Бородич // Проблемы пожарной безопасности. – № 14. – Харьков, АПБУ, 2003. – С. 177-182.
10. Специальная защитная одежда пожарных изолирующего типа. Общие технические требования. Методы испытаний: НПБ 162-97 – [Принят и введен в действие приказом ГУ ГПС МВД России от 25.12.1999 №101]. – М., МВД РФ, 1999. – 47 с.

Стрелець В.М., Тригуб В.В., Васильєв М.В.

Порівняльний аналіз закономірностей роботи рятувальників в засобах індивідуального захисту першого та другого типу

Показано, що розподіли часів проведення типових операцій при роботі рятувальників в комплексі засобів індивідуального захисту першого типу характеризуються нормальним законом, тоді як другого - β -розподілом. Відзначено, що час одягання в ізолюючий костюм в залежності від кількості тренувальних спроб змінюється за експоненціальним законом.

Ключові слова: комплекс засобів індивідуального захисту, розподіл часу виконання, типові операції

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

Comparative analysis of patterns of rescuers in custom-tailored means of protecting the first and second type

Shown that the time distribution of the standard operations for rescue work in the complex PPE of the first type are characterized by the normal law, while the second - by β -distribution. Noted that while putting on an insulating suit depending on the number of training attempts to change exponentially.

Key words: complex PPE, the distribution of run-time, types of operations