

**РАСКРЫТИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СПАСАТЕЛЕЙ ПРИ
ВЫПОЛНЕНИИ ОСНОВНЫХ ОПЕРАЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙ С
ВЫБРОСОМ ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ**

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

Strelec V.M., Vasil'ev M.V.

**DISCLOSURE LAWS OF ELIMINATION LIFE GUARD ACCIDENT WITH EJECTION
HAZARDOUS CHEMICALS**

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 - β -distribution. It is noted that the time of putting on the insulating suit depending on the number of training efforts is changing exponentially.

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

Проведение аварийно-спасательных работ в непригодной для дыхания среде требует использования спасателями разнообразных средств защиты. Так, при выбросе опасных химических веществ спасатели первой категории, работающие в эпицентре аварии, используют 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. 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 достижений и публикаций показал, что к настоящему времени разработан научно-методический аппарат имитационного моделирования экстремальной деятельности [3,4] и обоснования нормативов [5] для оценки уровня подготовленности спасателей при выполнении, как операций, так и процессов, которые составляют общий комплекс аварийно-спасательных работ. Он опирается на закономерности деятельности спасателей, представленные в виде оценок распределения времен выполнения операций и процессов.

В частности, в [4] 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, рассматривалась в [5,6], 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 [7], 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 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 раскрытия закономерностей выполнения типовых операций спасателями в процессе ликвидации чрезвычайных ситуаций с выбросом опасных химических веществ.

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

Так, закономерности выполнения типовых операций газодымозащитниками описываются с помощью β -распределения. Например, распределение времени присоединения рукава к пожарному крану в условиях ограниченной видимости имеет вид

$$\begin{aligned} f(x) &= \frac{1}{B(\alpha, \beta)} x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1} \\ &= \frac{1}{B(2,89, 2,01)} x^{1,89} (1-x)^{1,01} \end{aligned} \quad (1)$$

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 [7]. Аналогичная ситуация имеет место и в случае, когда рассматривается скорость движения газодымозащитников.

В то же время, исследования временных характеристик выполнения аналогичных операций применительно к работе в КСИЗ 1-го типа (см. рис.рис.1,2) 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.

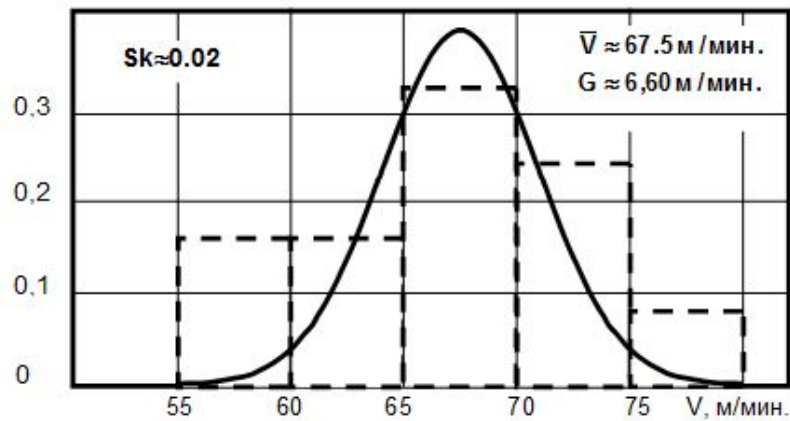


Рис.1. Распределение скорости движения спасателей в КСИЗ 1 типа

При этом необходимо обратить внимание на то, что могут иметь место (см.рис.2) случаи, когда появляются результаты, которые могут существенно отличаться в худшую сторону от общего массива. Свидетельством их разнородности является то, что эксцесс общего распределения $E_x \approx 2,3$ больше показателя «двух». Эти результаты, естественно, должны быть исключены при оценке параметров нормального распределения. В то же время, они должны учитываться в случае выработки прогнозных управленческих решений.

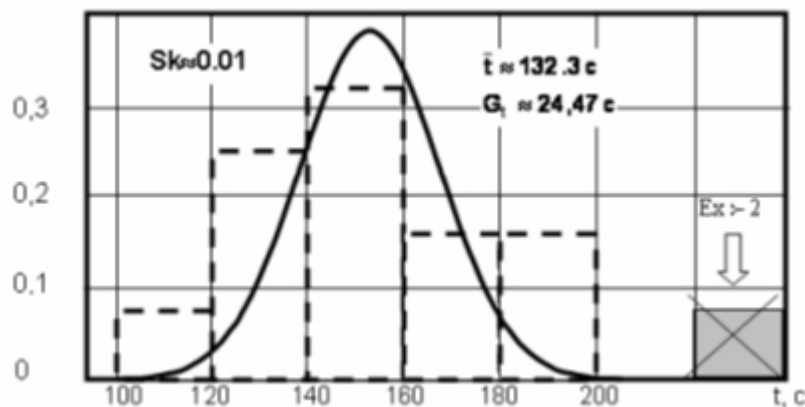


Рис.2. Распределение времени присоединения рукава к пробине

При этом характер распределения не меняется по мере совершенствования уровня подготовленности спасателей (смотри, например, рис.3).

Анализ особенностей работы вблизи очага ЧС показал, что используемый тип КСИЗ зависит от мощности источника выброса ОХВ [8]. Исходя из этого, экспериментальные исследования отдельных операций проводились применительно как к КСИЗ, в которых спасатели работают в изолирующем костюме и изолирующем дыхательном аппарате, так и к КСИЗ, в которых они работают в фильтрующих противогазах (ФП).

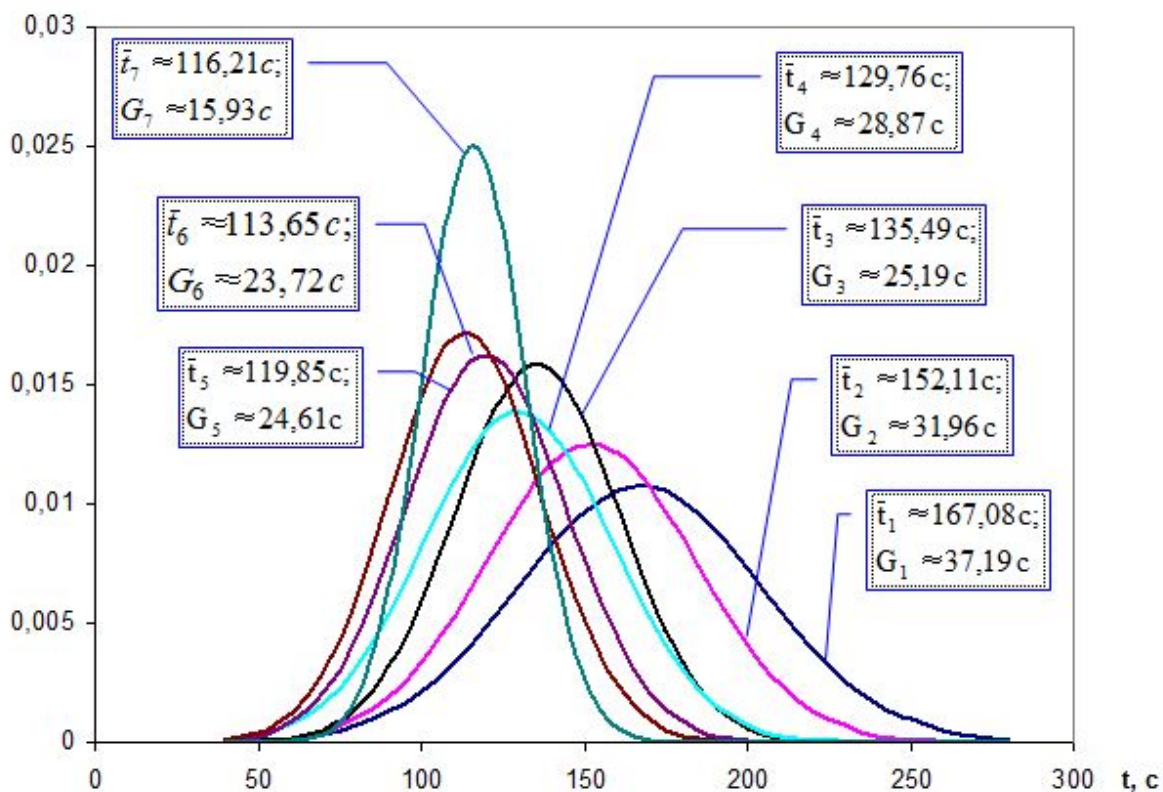


Рис.3. Распределения времен присоединения рукава к пробойне в КСИЗ 1-го типа по тренировочным попыткам

Было определено, что ситуации, приведенные на рис.рис.1÷3, имеют место и при выполнении спасателями большинства типовых операций в КСИЗ с ФП. Исключение составляет выполнение непродолжительных (порядка десяти и менее секунд) простых операций после первоначального обучения и при достижении устойчивых навыков (в рассмотренных случаях после четвертой попытки). В этом случае временные характеристики с 5-процентным уровнем значимости целесообразно описывать с помощью β -распределения (см. рис.4):

$$f(t) = \frac{1}{\Gamma(\alpha) \beta^\alpha} t^{\alpha-1} e^{-t/\beta} \quad \text{при } t > 0, \quad (2)$$

где $B_{\alpha, \beta}$ – β -функция Эйлера (параметры соответствующих распределений приведены на рис.4).

В то же время, при снижении уровня значимости до 10% распределения времени выполнения и этих операций, как и всех остальных, которые выполняются при ликвидации ЧС с выбросом ОХВ, могут рассматриваться как нормальные. Переход к нормальному распределению в последующем существенно упрощает проведение имитационного моделирования процессов ликвидации ЧС.

Особый интерес представил робинг (одевание изолирующего костюма с включением в средство индивидуальной защиты органов дыхания) комплекса средств индивидуальной защиты. Полученные экспериментальные результаты приведены на рисунке 5.

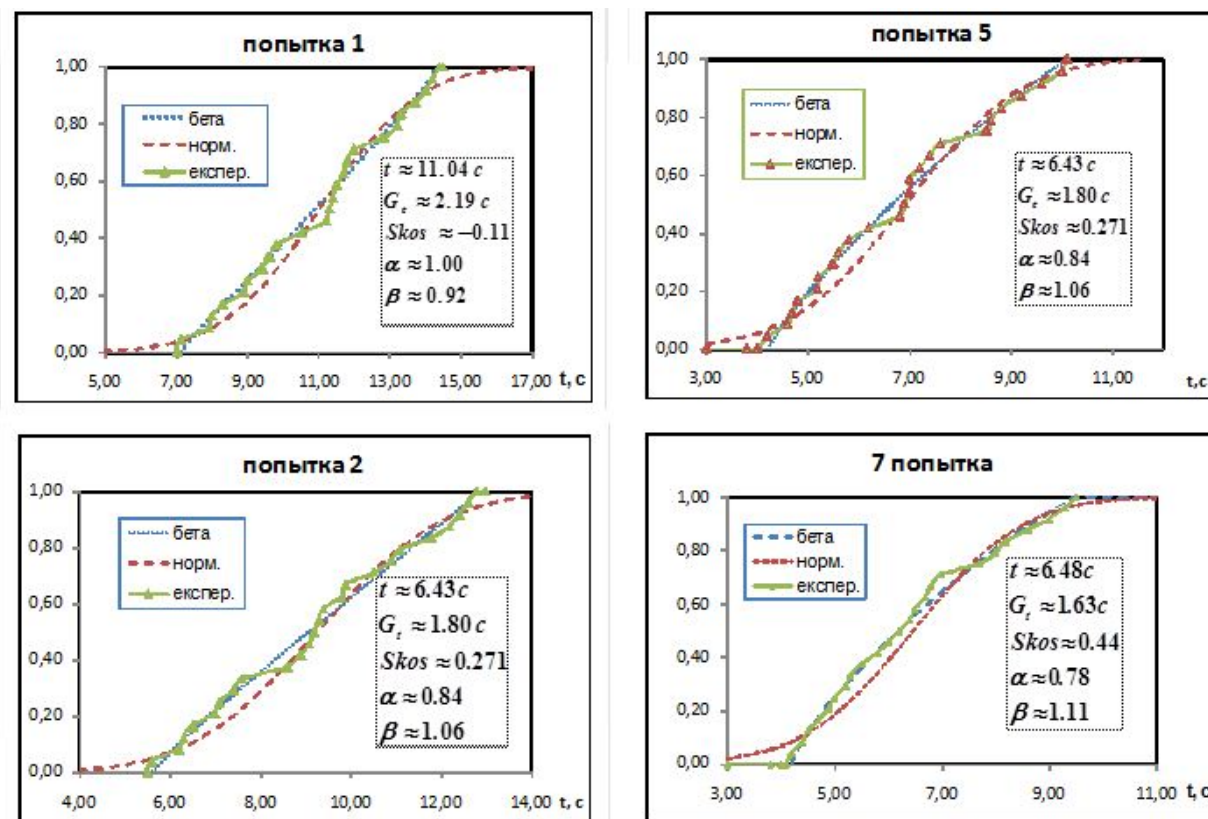


Рис.4. Интегральная функция распределения времени переноски реконденсирующего рукава в защитном костюме с фильтрующим противогазом

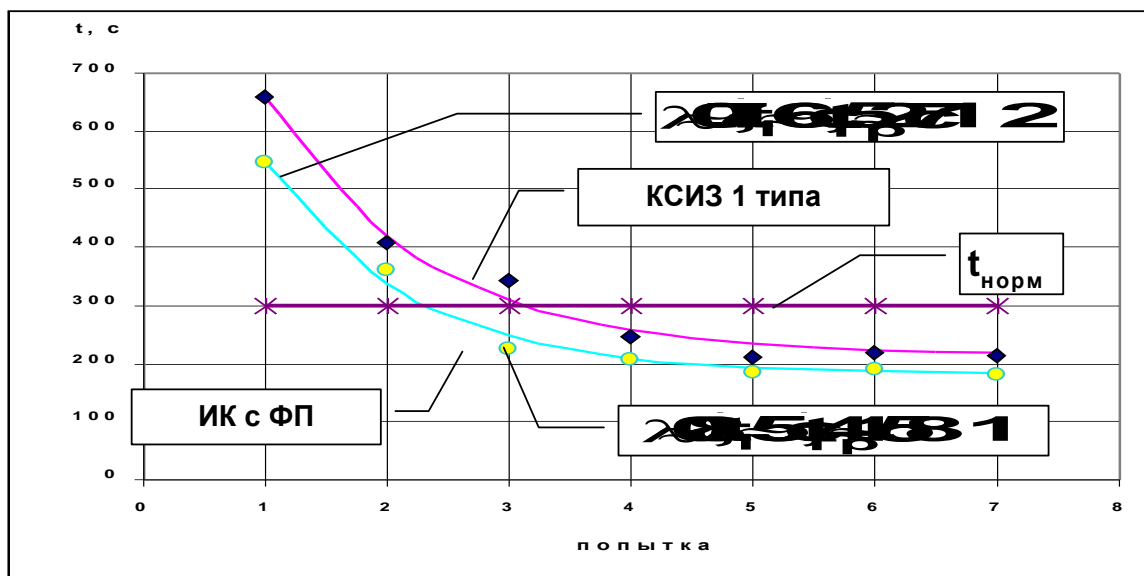


Рис.5. Робинг комплекса средств индивидуальной защиты

Анализ результатов, приведенных на рис.5, показал, 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 с фильтрующим противогазом

$$E_p(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (3)$$

где оценка математического ожидания, к которому приближается время робинга КСИЗ,
 $t_{гр} = 212$ с-при использовании КСИЗ первого типа; 181 с-при использовании ИК с ФП;
 математическое ожидание времени робинга КСИЗ в первой попытке
 $t_1 = 657$ с-при использовании КСИЗ первого типа; 545 с-при использовании ИК с ФП;
 параметр экспоненциального распределения
 $\lambda = 0,76$ -при использовании КСИЗ первого типа; $0,85$ -при использовании ИК с ФП.

Это позволяет, учитывая требования нормативных документов [9] 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

$$n = \text{integer} \left(\lambda \cdot \ln \frac{t_{гр}}{t_{норм}} + 1 \right) + 1$$

$\left. \begin{array}{l} 4 - \text{при робинге КСИЗ первого типа} \\ 3 - \text{при робинге ИК} \end{array} \right\}$

(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:

- для описания распределения времени выполнения спасателями простых операций, требующих работы в КСИЗ первого типа, целесообразно использовать нормальный закон;
- аналогичная ситуация имеет место и при выполнении спасателями большинства типовых операций в КСИЗ с фильтрующим противогазом. Тем не менее, непродолжительные (порядка десяти и менее секунд) простые операции в КСИЗ с ФП после первоначального обучения и при достижении устойчивых навыков лучше описываются β -распределением;
- 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. Методические рекомендации по ликвидации последствий радиационных и химических аварий / [Владимиров В.А., Лукьянченков А.Г., Павлов К.Н. и др.]; под ред. В.А. Владимирова. – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС, 2004. – 340 с.
2. 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).

3. Стрелец В.М. Имитационный анализ системы «человек-машина» как метод эргономической оценки функционирования аварийных служб / В.М. Стрелец // Радиоэлектроника и информатика: Науково-технічний журнал. – 2001. – № 3(16) – Харьков, ХНУРЭ, 2001. – С.125-128.
4. Фокин Ю.Г. Оператор – технические средства: обеспечение надежности / Фокин Ю.Г. – М.: Воениздат, 1985. – 292 с.
5. Ковалев П.А. Особенности обоснования комплексных нормативов для практических занятий / П.А. Ковалев, Р.А. Нередков, В.М. Стрелец // Проблеми надзвичайних ситуацій. – № 5. – Харків, Фоліо, 2006 – С. 129-133
6. 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.
7. 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.
8. Басманов А.Е. Выбор комплекса средств индивидуальной защиты для обеспечения работ по ликвидации непрерывно действующего источника опасного химического вещества / Басманов А.Е., Говаленков С.С., Васильев М.В. // Проблеми надзвичайних ситуацій - № 13 – Харків, Фоліо, 2011 – с.29-39
9. 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.

Контактный телефон: +38-063-307-45-27