

УДК 331.101

В.М. Стрелец

Національний університет громадянської захисти України, Харків

## РАСКРЫТИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВЫПОЛНЕНИЯ ОСНОВНЫХ ОПЕРАЦИЙ БОЕВОГО РАЗВЕРТЫВАНИЯ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Показано, что закономерностью деятельности спасателей в ходе боевого развертывания пожарных автомобилей является  $\beta$ -распределение времени выполнения основных операций с параметрами  $\alpha=1,905$  и  $\beta=2,686$  в случае хорошей подготовленности личного состава и с параметрами  $\alpha=2,550$ ;  $\beta=2,023$  – в случае недостаточной. Если уровень подготовленности оценить сложно, целесообразно использовать  $\beta$ -распределение с параметрами  $\alpha \approx 2,0$  и  $\beta \approx 2,0$ .

**Ключевые слова:** боевое развертывание, закономерности деятельности, пожарный автомобиль.

### Введение

**Постановка проблемы.** При использовании пожарных автомобилей в ходе проведения аварийно-спасательных работ и тушения пожаров личный состав выполняет большое количество разнообразных операций. Они должны учитываться как при планировании и оценке всего комплекса работ, который выполняет боевой расчет пожарного автомобиля, так и в процессе подготовки спасателей, например, для обоснования соответствующих нормативов.

**Анализ последних достижений и публикаций** показал, что в настоящее время основное внимание уделено раскрытию не закономерностей деятельности, а закономерностей обучения работе со специальными техническими средствами. Так, в [1] показано, что основным методом обучения спасателей приемам работы с пожарной техникой и оборудованием является метод целостного обучения, когда пожарный осваивает упражнение, выполняя его в целом виде. В [2], как и в [1], отмечено, что при обучении сложным упражнениям необходимо использовать метод обучения по частям, который состоит в том, что сначала изучаются определенные части упражнения, а затем по мере их освоения движение изучается в целом. Однако о том, как выделить момент, когда можно сказать, что упражнение является сложным, ничего не сказано.

К настоящему времени разработан научно-методический аппарат имитационного моделирования экстремальной деятельности [3, 4] и обоснования нормативов [5, 6] 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.

Анализ основных работ, которые выполняют спасатели в процессе подготовки технических средств к применению, в соответствии с классифи-

кацией, приведенной в [1], показал, что, если для деятельности, связанной с использованием специального оборудования аварийно-спасательных автомобилей [7], характерным является симметричный характер распределения, то в случае работы газодымозащитников [8] или боевого развертывания пожарных автомобилей [9] достаточно большое количество операций имеют скошенный характер. В тоже время, при создании новых пожарных автомобилей или их модернизации, когда на начальном этапе используются только экспертные оценки, можно оценить только минимальное и максимальное значение времени выполнения отдельной операции, а также характер распределения этого времени (к минимальному или максимальному результату тяготеет большинство из них).

**Постановка задачи.** Исходя из этого, были сформулирована задача раскрытия таких закономерностей выполнения основных операций, выполняемых спасателями, которые могут быть использованы в процессе имитационного моделирования возможных вариантов боевого развертывания пожарных автомобилей.

### Изложение основного материала

Наряду с подходом к имитационной оценке, в основе которого лежит моделирование на ЭВМ, можно использовать и аналитические расчеты, перейти к которым целесообразно в случае отсутствия подзадач принятия решения и оборудования (что также приведет к тому, что циклические подзадачи можно будет рассматривать как повторяющуюся совокупность основных) [10]. Там же отмечено, что для этого необходимо знать оценки математического ожидания  $\bar{t}_j$  и среднеквадратического отклонения  $G_j$  времени выполнения  $j$ -й основной операции боевого развертывания независимо от вида ее распределения.

Для их получения экспериментально результаты выполнения основных операций боевого развер-

тывания, полученные в [11], представленные в кодированных переменных

$$x_j = \frac{t_i - t_{j \min}}{t_{j \max} - t_{j \min}}, \quad (1)$$

где  $t_{j \min}$  – полученная оценка минимального времени выполнения  $j$ -й операции;

$t_{j \max}$  – полученная оценка максимального времени выполнения  $j$ -й операции, были сгруппированы в три группы, отличающиеся разной скошен-

ностью (отрицательной, положительной и отсутствием таковой). В результате вычисления с помощью [12] получены параметры  $\alpha$  и  $\beta$  для распределения полученных результатов в каждой из групп. Для (рис. 1) распределения результатов, имеющих положительную скошенность,  $\alpha=1,905$  и  $\beta=2,686$ ; отрицательную:  $\alpha=2,550$  и  $\beta=2,023$ .

Распределение результатов, у которых скошенность не является явно выраженной, имеет  $\alpha \approx 2$  и  $\beta \approx 2$ .

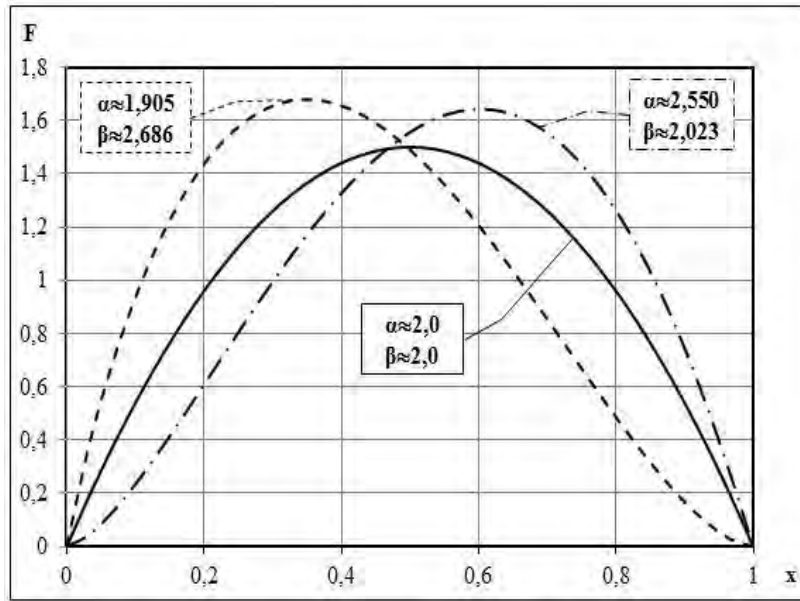


Рис. 1. Распределение времени (в кодированных переменных) выполнения основных операций боевого развертывания

Проверка адекватности полученных распределений была выполнена с помощью критерия согласия Колмогорова  $K(\lambda)$  [13] путем сравнения  $\beta$ -распределения, имеющего параметры  $\alpha=1,905$  и  $\beta=2,686$ , с распределением времени выполнения в кодированных переменных времени переноски вентилятора.

Анализ полученных результатов показал, что параметры  $\alpha$  и  $\beta$  функции  $\beta$ -распределения, имеющей положительную скошенность, при 10%-ном уровне значимости могут рассматриваться как равные соответственно 1,905 и 2,686. В этом случае функция плотности распределения времени выполнения  $j$ -ой основной операции имеет вид

$$\beta(x_j; 1,905; 2,686) = \frac{1}{B(1,905; 2,686)} \cdot \int_0^{x_j} y^{0,905} \cdot (1-y)^{1,81} dy \quad (2)$$

Учитывая то, что для  $\beta$ -распределения [14] математическое ожидание случайной величины

$$\bar{x} = \frac{\alpha}{\alpha + \beta}, \quad (3)$$

а дисперсия

$$D(x) = \frac{\alpha \cdot \beta}{(\alpha + \beta)^2 \cdot (\alpha + \beta + 1)}, \quad (4)$$

можно оценить среднее и среднеквадратическое отклонение значений времени выполнения типовых операций боевого развертывания, которые имеют положительную скошенность,

$$\bar{t}_j = t_{j \min} + 0,415 \cdot (t_{j \max} - t_{j \min}); \quad (5)$$

$$G_j = 0,208 \cdot (t_{j \max} - t_{j \min}). \quad (6)$$

Аналогичным образом, для распределений с отрицательной скошенностью ( $\alpha = 2,550$ ;  $\beta = 2,023$ )

$$\beta(x_j; 2,550; 2,023) = \frac{1}{B(2,550; 2,023)} \cdot \int_0^{x_j} y^{1,550} \cdot (1-y)^{1,023} dy; \quad (7)$$

$$\bar{t}_j = t_{j \min} + 0,557 \cdot (t_{j \max} - t_{j \min}); \quad (8)$$

$$G_j = 0,210 \cdot (t_{j \max} - t_{j \min}). \quad (9)$$

И когда скошенность отсутствует

$$\bar{t}_j = t_{j \min} + 0,5 \cdot (t_{j \max} - t_{j \min}); \quad (10)$$

$$G_j = 0,224 \cdot (t_{j \max} - t_{j \min}) \cdot \quad (11)$$

Анализ выражений (10), (11) показывает, что, если нет необходимости использовать экспертные оценки, для симметричных распределений лучше пользоваться нормальным распределением.

## Выводы

Для оценки математического ожидания  $\bar{t}_j$  и среднеквадратического отклонения  $G_j$  времени выполнения  $j$ -й основной операции боевого развертывания можно использовать информацию только о граничных значениях времени ее выполнения, а также уровне подготовленности личного состава боевых расчетов пожарных автомобилей.

При хорошем уровне подготовленности к выполнению  $j$ -й операции целесообразно использовать выражения (5) и (6), при плохом – (8) и (9), когда же об этом сказать затруднительно – (10) и (11).

**Направления дальнейших исследований.** Целесообразно исследовать особенности получения экспертных оценок минимального и максимального времени выполнения конкретной операции, скошенности ее распределения.

## Список литературы

1. Бушмин В.А. Пожарно-строевая подготовка: учебн. / В.А. Бушмин, В.И. Плеханов, А.В. Сафронов. – М.: Стройиздат, 1985. – 132 с.
2. Самонов А.П. Психологическая подготовка пожарных / А.П. Самонов. – М.: Стройиздат, 1987. – 167 с.
3. Стрелец В.М. Имитационный анализ системы «человек-машина» как метод эргономической оценки функционирования аварийных служб / В.М. Стрелец // Радиоэлектроника и информатика: науч.-техн. ж. – Х., ХНУРЕ, 2001. – № 3 (16). – С. 125-128.
4. Фокин Ю.Г. Оператор – технические средства: обеспечение надежности / Ю.Г. Фокин. – М.: Воениздат, 1985. – 292 с.

5. Стрелец В.М. Статистический метод обоснования нормативов боевого развертывания пожарно-технического вооружения / В.М. Стрелец, Т.Б. Грицай // Право і безпека: наук. ж. – 2002. – Вип. 1. – С. 165-171.

6. Стрелец В.М. Особенности обоснования комплексных нормативов для практических занятий / В.М. Стрелец, П.А. Ковалев, Р.А. Нередков // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Х.: Фоліо. – 2006. – № 5. – С. 129-133.

7. Нередков Р.А. Закономерности использования аварийно-спасательной техники / Р.А. Нередков, В.М. Стрелец, П.А. Ковалев // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Х.: Фоліо. – 2008. – № 6. – С. 127-132.

8. Визначення особливостей роботи рятувальників в ізолюючих протигазах / П.А. Ковальов, В.М. Стрелець, П.Ю. Бородич, С.В. Росоха // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Х.: Фоліо. – 2011. – № 13. – С. 47-57.

9. Абрамов Ю.А. Имитационная оценка деятельности боевых расчетов пожарных автомобилей / Ю.А. Абрамов, В.М. Стрелец, В.Н. Чучковский // Эргономика на автомобильном транспорте. – Х.: ХГАДТУ. – 1997. – С. 92-95.

10. Стрелец В.М. Упрощенная оценка времени выполнения развертывания пожарно-технического вооружения / В.М. Стрелец // Информатика. – К.: Наук. думка. – 1999. – Вип. 7. – С. 50-54.

11. Разработка рекомендаций по повышению эффективности боевого развертывания пожарной техники [Текст]: отчет о НИР (заключ.) / ХИПБ МВД Украины; рук. В.Н. Чучковский; исполн.: В.М. Стрелец [и др.]. – Х., 1997. – 75 с. – № ГР 0197U017568.

12. Фигурнов С.Н. Microsoft Excel – инструкция пользователю / С.Н. Фигурнов. – М., 2003. – 347 с.

13. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений – Главная редакция физико-математической литературы издательства "Наука", 1971. – 576 с.

14. Крамер Г. Математические методы статистики / Г. Крамер. – М.: Наука, 1948. – 566 с.

Поступила в редколлегию 28.04.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. С.В. Росоха, Национальный университет гражданской защиты Украины, Харьков.

## РОЗКРИТТЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ВИКОНАННЯ ОСНОВНИХ ОПЕРАЦІЙ БОЙОВОГО РОЗГОРТАННЯ ПОЖЕЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

В.М. Стрелець

Показано, що закономірністю діяльності рятувальників в ході бойового розгортання пожежних автомобілів є  $\beta$ -розподіл часу виконання основних операцій з параметрами  $\alpha=1,905$  та  $\beta=2,686$  у випадку доброї підготовленості особового складу та з параметрами  $\alpha=2,550$ ;  $\beta=2,023$  – у випадку недостатньої. Якщо рівень підготовленості оцінити важко, доцільно використовувати  $\beta$ -розподіл з параметрами  $\alpha \approx 2,0$  і  $\beta \approx 2,0$ .

**Ключові слова:** бойове розгортання, закономірності діяльності, пожежний автомобіль.

## DISCLOSURE OF REGULARITIES TO PERFORM BASIC OPERATIONS COMBAT DEPLOYMENT OF FIRE TRUCKS

V.M. Strelec

It is shown that the regularity of the activities of rescuers during combat deployment of fire trucks is  $\beta$ -time distribution to perform basic operations with parameters  $\alpha=1,905$  and  $\beta=2,686$  in the case of well-trained personnel and with parameters  $\alpha=2,550$ ;  $\beta=2,023$  – in the case of insufficient. If the level of preparedness is difficult to assess, it is advisable to use  $\beta$ -distribution with parameters  $\alpha \approx 2,0$  and  $\beta \approx 2,0$ .

**Keywords:** combat deployment, regularities activity, fire truck.