

3. Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование. М.: Наука, 1976. - 288 с.
4. Иерусалимский Н.Д. Основы физиологии микробов. М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 244 с.
5. Вавилин В.А. Математическое моделирование процессов биологической очистки сточных вод активным илом. М.: Наука, 1976. – 119 с.
6. Гюнтер Л.И., Запрудский Б.С. К выбору математической модели процесса биохимической очистки сточных вод. – Микробиологическая промышленность, 1971, №5 – С.14 - 18.
7. Вавилин В.А. Обобщенная модель и механизм аэробной биологической очистки – ДАН СССР, 1981, т.258, №5, С.1269 – 1273.

## УДК 331.101

*Стрелец В.М., канд. техн. наук, доц., УГЗУ,  
Ковалев П.А., канд. техн. наук, зам. нач. каф., УГЗУ,  
Нередков Р.А., зам. нач. уч. центра ГУМНСУ в Луганской обл.*

### **ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

(представлено д-ром техн. наук Лариным А.Н.)

Впервые показано, что распределения времен проведения работ с использованием специализированной аварийно-спасательной техники характеризуются нормальным законом, если при рассмотрении технологических процессов исключить результаты, существенно отличающиеся от остальных в выборке. При этом отмечена целесообразность их учета, когда необходимо получить прогнозные оценки

**Постановка проблемы.** Проведение аварийно-спасательных работ требует использования личным составом пожарно-спасательных и специальных подразделений достаточно специфического оборудования, которое существенно отличается от стандартного набора пожарно-технического вооружения. Вследствие этого закономерности выполнения работ с его помощью имеют ряд особенностей, которые надо учитывать как при планировании

и оценке всего комплекса аварийно-спасательных работ, так и в процессе подготовки спасателей, например, для обоснования соответствующих нормативов оценки качества выполнения отдельных операций и процессов.

**Анализ последних достижений и публикаций.** К настоящему времени разработан научно-методический аппарат имитационного моделирования экстремальной деятельности [1,2] и обоснования нормативов [3,4] 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 [1,2] показано, что распределения времен выполнения, как операций, так и процессов оперативно-диспетчерским персоналом имеют нормальное распределение. Работа пожарных рассматривалась в [3,4], где отмечено, что для описания распределения времени выполнения отдельных операций, а также простых процессов (которые содержат совокупность, не превышающую пяти отдельных операций) целесообразно использовать  $\beta$ -распределение, а для всех более сложных процессов – нормальное. В [5], где рассматриваются особенности проведения аварийно-спасательных работ в метрополитене, показано, что без потери точности вместо  $\beta$ -распределения времени выполнения отдельных операций можно использовать смещенное распределение Эрланга.

Однако при этом особенности работы с аварийно-спасательным оборудованием, связанные со спецификой деятельности задействованного персонала (выполнение тяжелых и эмоционально напряженных физических работ; для достижения одной и той же цели могут использоваться разнообразные комбинации, включающие большое количество простых операций; недостаточная тренированность личного состава...), не рассматривались.

**Постановка задачи и ее решение.** Исходя из этого, основной задачей статьи является сравнительная оценка того, как отличаются распределения времен выполнения типовых операций и процессов, используемых при проведении аварийно-спасательных работ, от тех, которые имеют место в случае использования пожарно-технического вооружения.

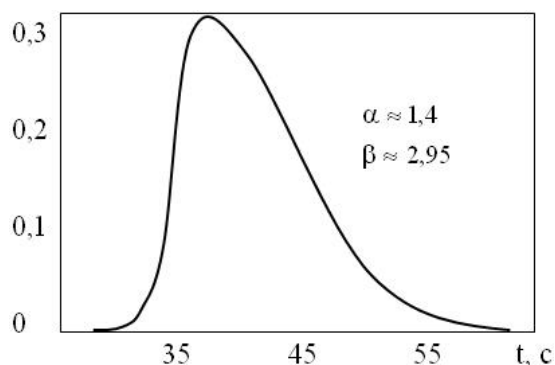
Результаты экспериментальных исследований, в которых принимали участие сорок восемь испытуемых из числа курсантов учебного центра ГУ МЧС Украины в Луганской области, показали, что имеют место существенные отличия.

Так, анализ распределения времени выполнения типовых операций с пожарной техникой подтвердил [3], что даже после непродолжительной подготовки личного состава распределение времени выполнения типовых операций, связанных с использованием пожарной техники, достаточно хорошо описывается  $\beta$ -распределением с положительной скошенностью. В частности, распределение времени выполнения боевой проверки (см.рис.1) имеет вид

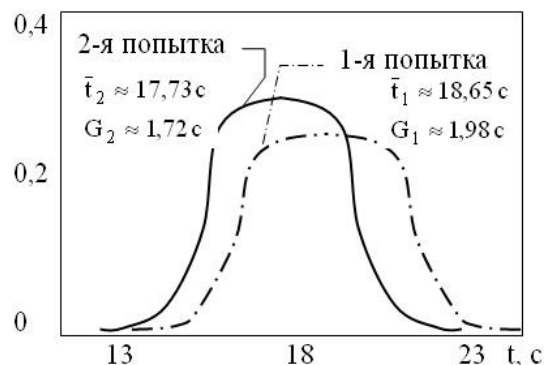
$$\beta(x, \alpha, \beta) = \frac{1}{B(\alpha, \beta)} \int_0^x x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1} dy =$$

$$= \frac{1}{B(1.4; 2.95)} \int_0^x x^{0.4} \cdot (1-x)^{1.95} dy \quad (1)$$

Параметры распределения (1)  $\alpha=1,4$  и  $\beta=2,95$  в рамках статистической погрешности с уровнем значимости 0,05 можно считать равными тем, которые приведены в [4] .



**Рис. 1 – Распределение времени выполнения боевой проверки АСВ**

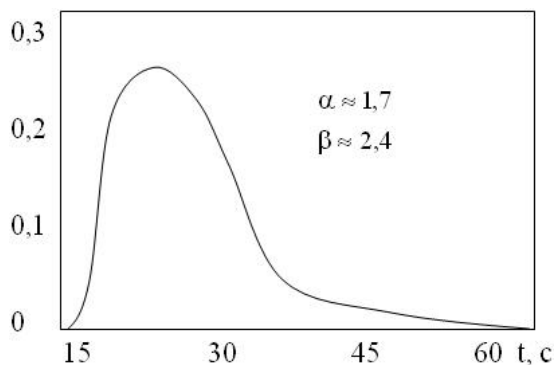


**Рис. 2 – Распределение времени перерезания арматуры гидронажницами**

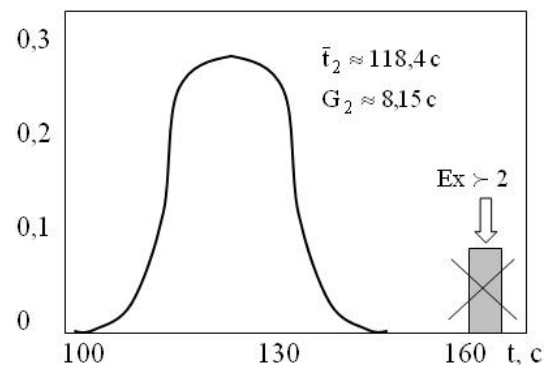
В то же время для описания распределения времени выполнения простых операций, связанных с использованием специальной аварийно-спасательной техники целесообразно использовать нормальный закон. Так, на рис.2 приведены распределения вре-

мени перерезания арматуры гидрорезами (первая попытка – сплошная линия; вторая попытка – штрих-пунктирная линия). Видно, что распределения являются симметричными, а время выполнения операции может принять любое значение (является непрерывной случайной величиной), т.е. соответствуют требованиям [6], которые предъявляются к тем случаям, когда для их описания целесообразно использовать нормальный закон (для первой и второй попыток на рис.2-6 приведены параметры нормального распределения:  $\bar{t}$  - математическое ожидание времени выполнения, с;  $G$  - среднеквадратическое отклонение, с).

Аналогичная ситуация имеет место (см. рис.3, 4) и в случае выполнения простых процессов. Однако при этом в ходе выполнения характерных для проведения аварийно-спасательных работ процессов, в отличие от работ с пожарно-техническим вооружением, имеют место результаты, которые существенно, в худшую сторону, отличаются от общего массива. Свидетельством их разнородности может служить [6] то, что эксцесс общего распределения  $Ex \approx 2,3$  больше показателя «два». Тем не менее, если исключить «выбросы», оставшиеся результаты хорошо описываются нормальным законом распределения (параметры последнего для случая подъема трехтонной бетонной плиты с помощью пневмоподъемника приведены на рис.4).



**Рис. 3 – Распределение времени боевого развертывания автотасоса**

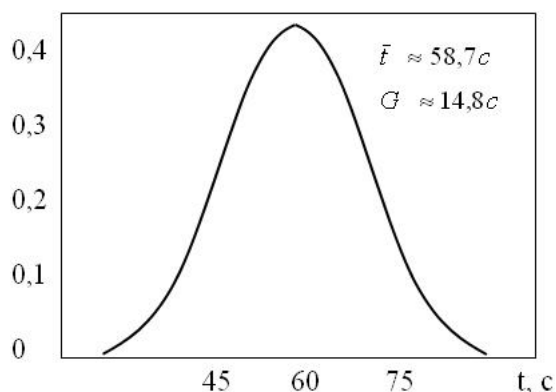


**Рис. 4 – Распределение времени подъема плиты пневмоподъемником**

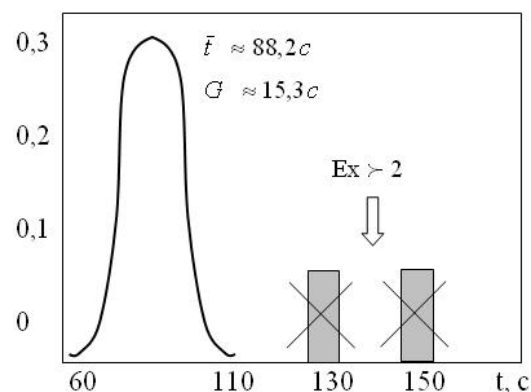
При этом полученные параметры нормального распределения целесообразно использовать, учитывая многократную повторяемость рассматриваемых процессов в процессе обучения и тренировок, для обоснования нормативов [7], которые будут положены в основу оценки уровня подготовленности спасателей. В то же

время, в случае планирования работ руководством штаба по ликвидации чрезвычайной ситуации или использования экспериментальных результатов в ходе имитационного моделирования нельзя исключать результаты, существенно отличающиеся от остальных, поскольку они носят не случайный характер и могут быть объяснены человеческим фактором: ошибками персонала или неправильным восприятием поставленной задачи.

В случае выполнения типовых процессов (для пожарно-технического вооружения это [3], как правило, процессы, содержащие более 5 операций) и в одном (см. рис.5), и в другом (см. рис.6) случае целесообразно использовать нормальный закон распределения.



**Рис. 5 – Распределение времени боевого развертывания двух стволов ГПС-600 от АЦ**



**Рис. 6 – Распределение времени подготовки маслостанции HOLMATRO к работе с пневморазжимом**

В то же время, среди результатов, связанных с использованием аварийно-спасательной техники, может быть несколько «выбросов», существенно отличающихся между собой, которые в случае использования экспериментальных данных для обоснования рекомендаций по подготовке персонала, надо предварительно исключить. Однако, как и в предыдущем случае, они должны учитываться в случае выработки прогнозных управленческих решений.

### **Выводы.**

– Несмотря на то, что распределения времен выполнения спасателями типовых операций, связанных с использованием пожарной техники, достаточно хорошо описывается  $\beta$ -распределением, для описания распределения времени выполне-

ния простых операций и процессов, связанных с использованием специальной аварийно-спасательной техники, целесообразно использовать нормальный закон;

– среди результатов, связанных с использованием аварийно-спасательной техники 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 нормальных распределений целесообразно использовать для обоснования нормативов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Стрелец В.М. Имитационный анализ системы «человек-машина» как метод эргономической оценки функционирования аварийных служб./ Радиоэлектроника и информатика: Научно-технічний журнал. – 2001. – № 3(16) – Харьков, ХНУРЭ, 2001. – С.125-128
2. Фокин Ю.Г. Оператор – технические средства: обеспечение надежности. – М.: Воениздат, 1985. – 292 с.
3. Стрелец В.М., Грицай Т.Б. Статистический метод обоснования нормативов боевого развертывания пожарно-технического вооружения./ Право і безпека: Науковий журнал. – 2002. – Вип.1 – С. 165-171
4. Чуковский В.Н. Разработка методов обоснования штатной численности боевых расчетов пожарных автомобилей: Диссертация, канд. техн. наук/ ХИПБ; Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Ю.А. Абрамом. – Харьков, 1998. – 155 с.
5. Иванов В.Г., Стрелец В.М., Бородич П.Ю. Особенности представления исходных данных для моделирования пожаротушения на станциях метрополитена с помощью аппарата Е-сетей./ Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. тр. – Харьков, АПБУ, 2003. – Вып. 14. – С. 177-182
6. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1962. – 564 с.
7. Ковалев П.А., Нередков Р.А., Стрелец В.М. Особенности обоснования комплексных нормативов для практических занятий./ Проблеми надзвичайних ситуацій. – № 5 – Харків, Фоліо, 2006 – С. 129-133