

5. Киселева Е.М., Шор Н.З. Непрерывные задачи оптимального разбиения множеств: теория, алгоритмы приложения: Монография. – К.: Наукова думка, 2005. – 564 с.
6. СНиП 2.01.01-82 Строительная климатология и геофизика. - М.: Стройиздат, 1983.-136 с.
7. В.М. Комяк, О.М. Соболев. Математична модель задачі розбивання множини на підмножини з урахуванням обмежень у вигляді рівностей та нерівностей // Вестник Херсонского национального технического университета. Вып. 2(22). – Херсон: ХНТУ. – 2005. – с. 152-156.

## УДК 331.101

*Стрелец В.М., канд. техн. наук, доц., УГЗУ,  
Бородич П.Ю., преп., УГЗУ,  
Беридзе С.С., курсант, УГЗУ*

### **ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ТИПОВЫХ ОПЕРАЦИЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПРОВЕДЕНИЕ АВАРИЙНО- СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА СТАНЦИЯХ МЕТРОПОЛИТЕНА** (представлено д-ром техн. наук Лариным А.Н.)

Особенностью распределения времени выполнения типовых операций при проведении аварийно-спасательных работ на станциях метрополитена является то, что с 10%-ным уровнем значимости они могут быть описаны с помощью  $\beta$ -распределения, имеющего параметры  $\alpha=2,111$  и  $\beta=2,995$

**Постановка проблемы.** Для разработки и принятия обоснованных решений штаб ликвидации чрезвычайной ситуации в метрополитене должен знать особенности выполнения типовых операций, присущих проведению аварийно-спасательных работ. Кроме того, их знание необходимо для повышения эффективности специализированной подготовки спасателей.

**Анализ последних исследований и публикаций.** С комплексных позиций процесс АСР как процесс функционирования сложной человеко-машинной системы рассматривались в [1,2]. Там отмечено, что для объективной оценки такого процесса необходимо проанализировать большое количество взаимозависимых

промежуточных работ, которые обеспечивают тушение, эвакуацию и спасание (при необходимости) пострадавших. Однако вопросы, связанные со спецификой метрополитена (в первую очередь с тем, что они выполняются крайне редко), ими не рассматривались.

Метод имитационного моделирования деятельности личного состава пожарной охраны, разработанный в работах [3,4,5], в котором основу составляют сетевые модели отдельных этапов тушения пожара, а также его развитие в работах [6,7], когда при описании аварийно-спасательных работ по извлечению пострадавшего из-под завала допускается вероятностный характер развития ситуации, не позволяющий рассматривать в модели случаи, которые имеют место в ходе АСР СМ, отличительной особенностью которых является как значительная продолжительность проведения разведки, так и работа в изолирующих аппаратах.

Особенности выполнения спасательных работ в метрополитене, связанные с их вероятностным характером, приведены в [8], однако там рассмотрены только распределения скорости движения газодымозащитников в разных ситуациях.

**Постановка задачи и ее решение.** В связи с этим поставлена задача раскрытия закономерностей выполнения типовых операций личным составом оперативно-спасательных подразделений в ходе АСР СМ.

Для этого были проведены экспериментальные исследования выполнения операций, которые являются типовыми для процесса АСР СМ независимо от характеристики станции и места возникновения чрезвычайной ситуации в процессе тактико-специальных учений, а также во время практических занятий.

Рассматривались спуск и подъем по неподвижным эскалаторным линиям, эвакуация пассажиров и обслуживающего персонала путем сопровождения и переноски, проведение разведки в помещениях со сложными конструктивно-планировочными решениями, боевое развертывание подразделений с прокладкой рукавных линии, передвижение по горизонтальной поверхности, подготовка звена ГДЗС к работе, проведение боевой проверки аппаратов.

Анализ результатов, некоторые из которых приведены на рис. 1-3, показал, что полученные в ходе учений экспериментальные данные не поддаются описанию с помощью нормального распределения по причине существенного отличия показателя скорости распределения  $j$ -ой боевой операции от нуля, т.е.

$$Sk_j = \frac{1}{n \cdot G_j^3} \cdot \sum_{i=1}^n (t_{ij} - \bar{t}_j)^2 \gg 0, \quad (1)$$

где  $n$  – число независимых опытов;  $t_{ij}$  – результат  $i$ -го измерения времени выполнения  $j$ -ой операции, с;  $\bar{t}_j, G_j$  – соответственно, оценки математического ожидания и среднеквадратического отклонения, с.

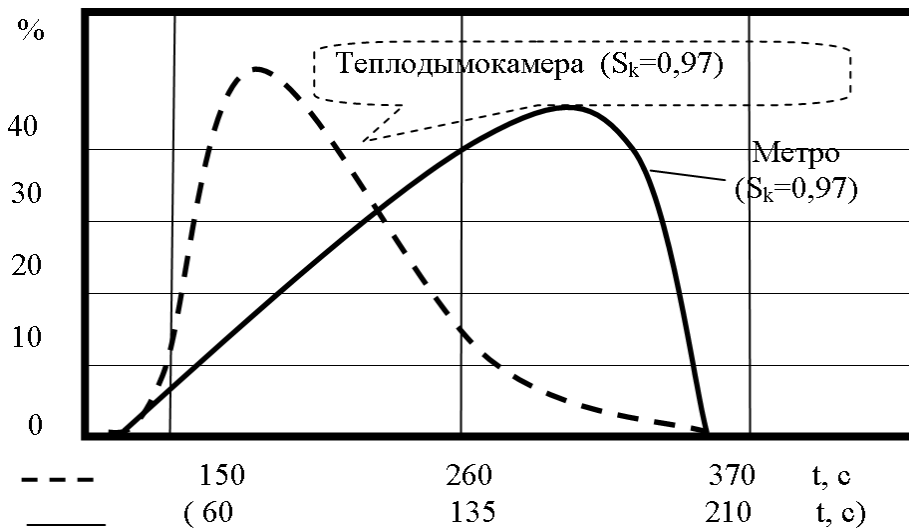


Рис. 1 – Распределение времени подготовки звена к работе

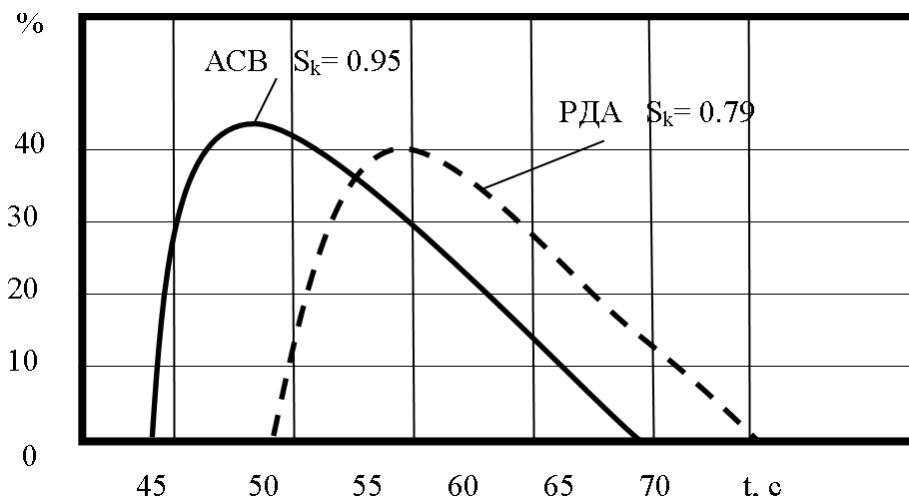


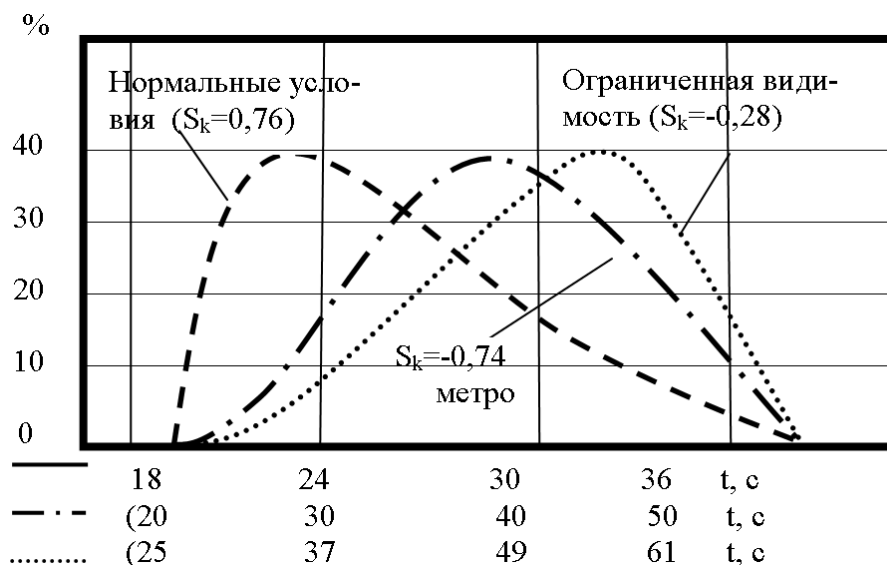
Рис. 2 – Распределение времени боевой проверки изолирующих аппаратов

В то же время видно (рис. 1-3), что характерными особенностями, присущими времени выполнения той или иной операции процесса ликвидации пожара или аварии на станциях метрополитена, являются:

- значение времени выполнения при выполнении любой операции ограничено как сверху, так и снизу, т.е. всегда можно указать максимальное значение  $t_{j\max}$ , которое имеет место при стечении самых неблагоприятных обстоятельств, и минимальное значение  $t_{j\min}$ , которое понадобится для выполнения работы при наиболее благоприятном стечении обстоятельств;

- при выполнении операции может быть любое значение времени на заданном интервале  $[t_{j\min}, t_{j\max}]$ , т.е. оно является непрерывной случайной величиной;

- среди данных операций могут быть такие, время выполнения которых зависит от большого числа случайных факторов, каждый из которых в отдельности является малосущественным, а также операции, на время выполнения которых оказывает влияние небольшое число важных факторов.



**Рис. 3 – Распределение времени присоединения рукава к пожарному крану**

Исходя из этого, для описания распределения полученных результатов было выбрано  $\beta$  – распределение. Для получения обобщенных параметров последнего  $\alpha$  и  $\beta$  были сгруппированы в кодированных переменных по аналогии с [8] результаты всех времен

Особенности выполнения типовых операций, обеспечивающих проведение аварийно-спасательных работ на станциях метрополитена

выполнения типовых операций. Расчеты с помощью пакета прикладных статистических программ позволили получить искомую  $\beta$ -функцию

$$\beta(x;2.891;2.005) = \frac{1}{B(2.891;2.005)} \int_0^x x^{4.891} \cdot (1-x)^{1.005} dx, \quad (2)$$

где  $\alpha=2.111$  и  $\beta=2.005$  – параметры обобщенного  $\beta$ -распределения времени выполнения операций, характерных для функционирования эргатической системы «спасатель – чрезвычайная ситуация в метрополитене – средства ее ликвидации и защиты».

Проверка оценки степени согласованности теоретического и статистического распределений с помощью критерия Колмагорова позволяет с 10%-ным уровнем значимости говорить об их сходимости. Это, в соответствии с [9] позволяет использовать полученную закономерность времени выполнения типовых операций для получения ориентировочных оценок, в том числе штабом ликвидации чрезвычайной ситуации.

Кроме того, анализ полученных распределений (рис.1.-3.) позволяет утверждать, что по величине показателя скошенности времени выполнения  $j$ -ой боевой операции можно судить об уровне подготовленности личного состава к выполнению этой операции. Чем больше положительное значение рассматриваемого показателя, тем большее количество спасателей выполняет рассматриваемую боевую операцию с результатами, близкими к наилучшим. Это свидетельствует о том, что дальнейшая подготовка не даст существенного улучшения результатов. И наоборот, чем больше модуль этого показателя для распределений с отрицательной скошенностью, тем существеннее будут улучшаться результаты после тренировок.

Таким образом, по величине показателя скошенности распределения времени выполнения типовых операций АСР СМ, особенно при их сравнении с аналогичными, когда те выполняются в обычной деятельности оперативно-спасательных подразделений, можно конкретизировать упражнения и задания для их использования при проведении практических занятий. Например, среди операций, время выполнения которых может быть существенно сокращено за счет соответствующих тренировок, можно выделить подготовку звена к работе (оснащение его средствами страховки и спасения пострадавших, связи, пожарно-техническим вооружени-

ем, выполнение боевой проверки дыхательных аппаратов и т.д.). Распределение времени выполнения последней приведены на рис. 3.1 (сплошная линия).

В то же время, выполнение аналогичной операции в теплодымокамере (рис. 3.1, штриховая линия), где личный состав ГДЗС имеет хорошие знания и навыки своих действий, скошенность распределений времени выполнения - положительная, поскольку подавляющее большинство результатов тяготеет к минимальному значению. Сравнительный анализ действий звена ГДЗС при подготовке к работе в теплодымокамере и к выполнению боевой задачи в ходе АСР СМ показал, что время подготовки определяет работа постового на посту безопасности. Соответственно, для сокращения времени выполнения этой операции в процессе плановых занятий основное внимание должно быть уделено повышению уровню подготовленности постового на посту безопасности, а также расширению его обязанностей на начальном этапе работы звена.

Особо нужно выделить такие операции, как выполнение боевой проверки АСВ (сплошная линия на рис. 2.) и боевой проверки РДА (штриховая линия на рис. 2.). Распределение времени выполнения как одной, так и другой операции имеет положительную скошенность. Это является закономерным, поскольку эти операции выполняются перед каждым включением в аппарат (независимо от того, что будет или нет проводиться АСР в метрополитене) и, если не было боевой работы в непригодной для дыхания среде, тренируются не реже одного раза в месяц.

Сравнение показателей скошенности распределения времени присоединения рукава к пожарному крану (рис. 3) при выполнении этой операции в разных условиях позволяет говорить о необходимости в процессе подготовки спасателей к АСР СМ использовать специальные упражнения [10] для тренировки координационных качеств на фоне усталости.

Анализ полученных распределений, характерных только для типовых операций общего процесса «спасатель – чрезвычайная ситуация в метрополитене – средства ее ликвидации и защиты», показал, что все распределения времен выполнения операции имеют отрицательную скошенность, а распределения скорости [8] выполнения – положительную. Это говорит о том, что штаб ликвидации ЧС в метрополитене должен ориентироваться на худшие результаты.

**Выводы.** Впервые получены закономерности выполнения спасателями типовых операций при проведении АСР СМ, отличительной особенностью которых является то, что распределения времен их выполнения с 10%-ным уровнем значимости могут быть описаны с помощью  $\beta$ -распределения, имеющего параметры  $\alpha=2,111$  и  $\beta=2,995$ .

Практическая значимость заключается как в обеспечении исходными данными имитационной модели функционирования эргатической системы «спасатель – чрезвычайная ситуация в метрополитене – средства ее ликвидации и защиты», так и в обосновании вывода о том, что при анализе отдельных рекомендаций штабу ликвидации чрезвычайной ситуации в метрополитене целесообразно ориентироваться на худшие результаты. Кроме того, по величине скошенности распределения времени выполнения типовых операций АСР СМ можно судить об уровне подготовленности спасателей. Чем больше положительное значение рассматриваемого показателя при оценке времени выполнения, тем большее количество спасателей выполняет рассматриваемую боевую операцию с результатами, близкими к наилучшим. Это свидетельствует о том, что дальнейшая подготовка не даст существенного улучшения результатов. И наоборот, чем больше модуль этого показателя для распределений с отрицательной скошенностью (при оценке продолжительности выполнения), тем существеннее будут улучшаться результаты после тренировки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Ю.А., Чучковский В.Н., Стрелец В.М. Имитационная оценка деятельности боевых расчетов пожарных автомобилей // Эргономика на автомобильном транспорте: Сб. науч. тр. – Харьков, ХГАДТУ, 1997. – С. 92-95.
2. Стрелец В.М., Грицай В.Б. Статистический метод обоснования нормативов боевого развертывания пожарно-технического вооружения // Право і безпека: Науковий журнал – 2002. – Вип.1. –С.165-171.
3. Ковалев П.А. Алгоритм работы звена ГДЗС в помещениях, имеющих сложные конструктивно-планировочные решения // Проблемы совершенствования пожарной безопасности. Сб. науч. тр. Харьков: ХВУ, 1997. – С.7-10.

4. Ковалев П.А., Чучковский В.Н. Моделирование деятельности личного состава газодымозащитной службы при работе со специальной техникой // Актуальные проблемы философии, науки и современных технологий X, XI Вестник ХДУ N 388 - X, ХДУ - ХІПБ, 1997. - С. 268-272
5. Стрелец В.М., Ковалев П.А. Особенности представления исходных данных при имитационном моделировании деятельности личного состава пожарной охраны // Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. тр. – Харьков: ХІПБ, 1997.- С.50-53.
6. Стрелец В.М., Данильченко В.А., Аветисян В.Г., Ковалев П.А. Особенности подготовки газодымозащитников для эвакуации людей при пожаре с этажей здания // Пожарная безопасность – 95: Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции. - М.: ВНИИПО МВД России, 1995. – С.84-86
7. Стрелец В.М., Аветисян В.Г. Имитационное моделирование аварийно-спасательных работ, проводимых в процессе извлечения пострадавшего из-под завала // Системи обробки інформації. Збірник наукових праць. Вип. 2(6). – Харків: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 1999. – С.78-82
8. Стрелец В.М., Бородич П.Ю. Особенности скорости движения газодымозащитников при проведении аварийно-спасательных работ на станциях метрополитена // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. тр. – Харьков: УГЗУ, 2007. – Вып.21. – С. 256-259.
9. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 263 с.
10. Настанова по ГДЗС ПО МВС України (Наказ Міністра внутрішніх справ №657–94 р.). - Київ, 1994. - 64 с.