УДК 622.1

В.В.Зверевич
Санкт-Петербургский горный ин-т, Россия
Н.Н.Бабикова
Воркутинский горный ин-т, Россия

КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ КВАЛИФИКАЦИИ МАРКШЕЙДЕРА

Рассмотрены три типа распределения случайного времени выполнения маркшейдерской работы и выбран временной критерий оценки квалификации и труда маркшейдера.

Three distribution types of mine surveying works time are discussed and time criterion is suggested to estimate mine surveying labour.

Маркшейдерское обеспечение горных разработок в начале двадцать первого века характеризуется широким внедрением достижений научно-технического прогресса. Это требует решения многих вопросов, связанных с интенсификацией и гуманизацией труда маркшейдера.

Маркшейдерские работы, равно как и всякая другая трудовая деятельность, осуществляются при функционировании системы «человек – техника – среда». Центром этой системы всегда является человек, исполнитель. Маркшейдерские эргатические системы (МЭС), возникающие при выполнении тех или иных видов маркшейдерских работ, не составляют исключения. Оценка функционирования МЭС выполняется, как правило, по точностному критерию, по точности маркшейдерской продукции, полученной на выходе. При таком подходе «за кадром» остается роль «человеческого фактора», не ясно, насколько умело и четко действует маркшейдер и его бригада, насколько быстро выполнена данная работа.

Производительность труда маркшейдера в конкретных условиях различна и меняется с течением времени в зависимости от многих факторов. При оценке функционирования МЭС можно обобщить свойства людей и рассматривать различные физические, умственные, нравственные и эмоциональные характеристики маркшейдеров как случайные величины. Следовательно, производительность труда маркшейдера будет также случайной величиной. При анализе МЭС можно говорить, что всегда имеется неслучайный объем работы, который разными исполнителями при разной случайной производительности может быть выполнен за случайное время. Это время характеризует опыт и умение исполнителя, согласованность компонентов МЭС, степень организации труда, соответствие методики работы условиям их реализации. Иными словами, время выполнения работы может служить оценкой функционирования МЭС в целом [2].

Время выполнения работы конкретной МЭС определяется хронометри-

рованием и сравнивается с эталонным, известным заранее. Получить эталонные значения времени выполнения различных маркшейдерских работ можно путем построения и анализа вероятностных моделей функционирования МЭС, что связано с выбором распределения случайного времени выполнения работы.

В работах [1,3] показано, что для случайных величин – времени выполнения работ – характерно одномодальное распределение с положительной асимметрией. При этом соблюдается неравенство

$$t_н < t_м < t_{ме} < m_t < t_к, \qquad (1)$$

где $t_н$ – время начала работы; $t_м$ – мода усеченного распределения; $t_{ме}$ – медиана усеченного распределения; m_t – математическое ожидание случайного времени выполнения работы; $t_к$ – время окончания работы.

Нами рассмотрены три распределения.

Равномерное распределение случайного времени выполнения работ МЭС. Границами усеченного распределения будут $t_н$ и $t_к$. Случайная величина T – время выполнения работ – при равномерном распределении имеет плотность распределения $f(t) = 1/(t_к - t_н)$ при $t_н < t < t_к$; $f(t) = 0$ при $t < t_н$ и $t > t_к$. Функция распределения $F(t) = 0$ при $t < t_н$; $F(t) = (t - t_н)/(t_к - t_н)$ при $t_н < t < t_к$. Математическое ожидание $m_t = (t_н + t_к)/2$. Дисперсия $D_t^2 = (t_к - t_н)^2/12$.

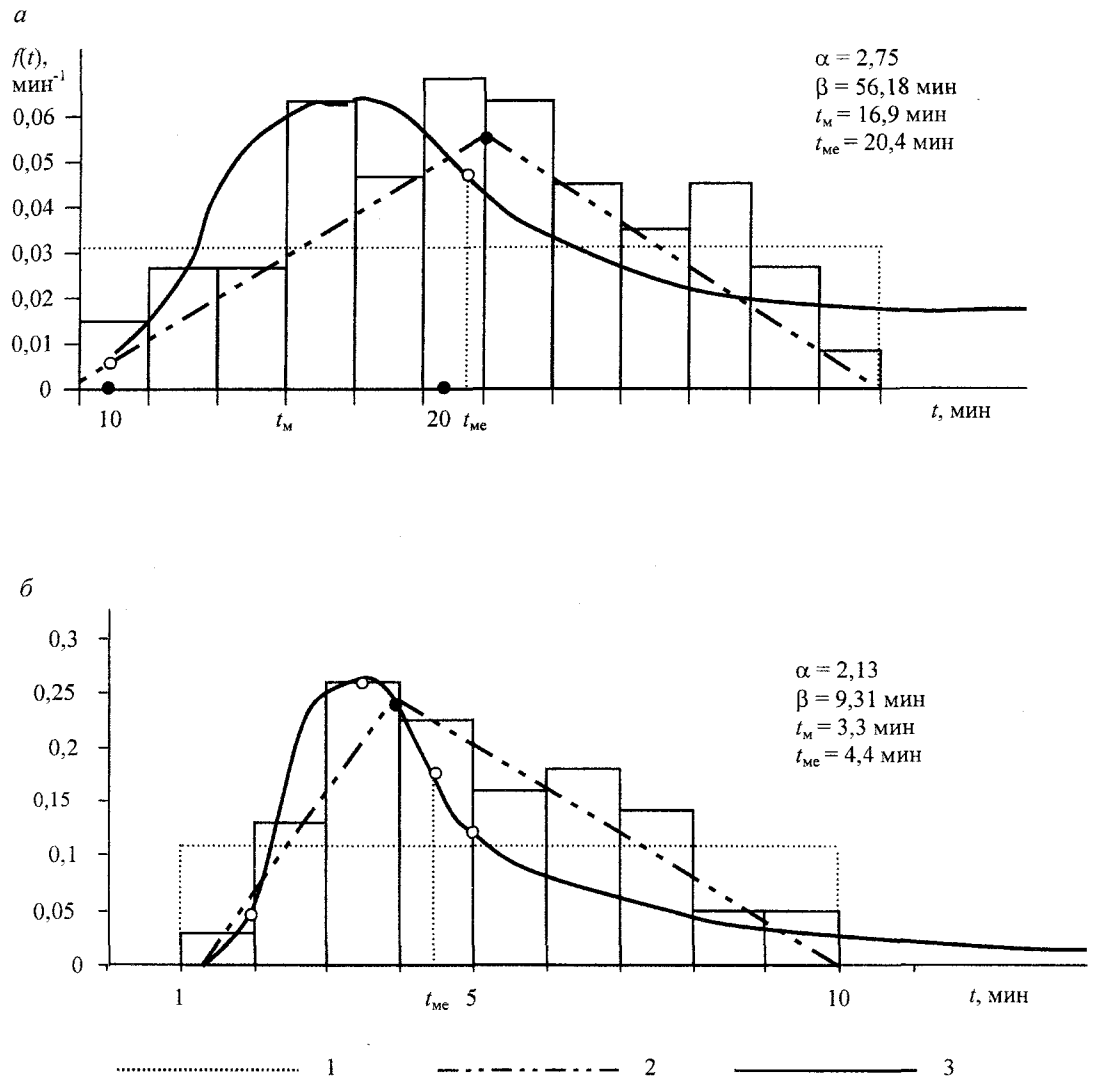
Экспериментальное построение плотности распределения времени выполнения работы выполним для двух МЭС: гироопределение и измерение горизонтального угла одним приемом. В первом эксперименте использованы 79 измерений времени гироопределения, выполненных работниками бюро специализированных маркшейдерских работ ОАО «Воркутауголь» и маркшейдерами АОЗТ «Гиро» (Петрометрострой). Во втором – 45 значений времени измерения горизонтального угла одним приемом работниками маркшейдерской службы АО «Эстонсланец». В обоих экспериментах участвовали студенты маркшейдерской специальности СПГГИ (ТУ).

Для равномерного распределения времени выполнения работы указанных МЭС получим график, изображенный на рисунке.

Треугольное распределение случайного времени выполнения работы МЭС. Треугольное распределение (по исследованиям [1, 3]) достаточно четко характеризует случайные величины на некотором интервале, что отвечает условиям функционирования МЭС. График плотности треугольного распределения приведен на рисунке. Форму треугольного распределения определяют три параметра из неравенства (1): $t_н$ – начало интервала (минимальное время выполнения работы); $t_к$ – конец интервала (максимальное время выполнения работы) и $t_м$ – мода треугольного распределения (оптимальное время выполнения работы).

Плотность треугольного распределения будет различна для четырех участков: $f(t) = 0$ при $t < t_н$; $f(t) = 2(t - t_н)/[(t_к - t_н)(t_м - t_н)]$ при $t_н \le t \le t_м$; $f(t) = 2(t_к - t)/[(t_к - t_н)(t_к - t_м)]$ при $t_м \le t \le t_к$; $f(t) = 0$ при $t > t_к$. При $t = t_м$ плотность распределения $f(t_м) = 2/(t_к - t_н)$.

Функция распределения также будет различной на четырех участках: $F(t) = 0$ при $t < t_н$; $F(t) = (t - t_н)^2/[(t_к - t_н)(t_м - t_н)]$ при $t_н \le t \le t_м$; $F(t) = (t_к - t)^2/[(t_к - t_н)(t_к - t_м)]$ при $t_м \le t \le t_к$; $F(t) = 1$ при $t > t_к$.



Распределение времени: а – гироопределений; б – измерения подземного горизонтального угла одним приемом
1 – равномерное распределение; 2 – треугольное распределение; 3 – альфа-распределение

Математическое ожидание треугольного распределения $m_t = (t_н + t_м + t_к)/3$, а дисперсия $\sigma_t^2 = (t_н^2 + t_м^2 + t_к^2 - t_н t_к - t_н t_м - t_м t_к)/18$.

Оценки параметров $t_н$, $t_м$ и $t_к$ треугольного распределения найдем по гистограмме по статистическим данным. Для оценки $t_н$ и $t_к$ примем кратные значения разрядов гистограммы, т.е. t_{min} и t_{max}. Моду найдем по формуле

$$t_м = t_{м_0} + \frac{\Delta t(n_1 - n_м)}{n_1 - 2n_м + n_2}, \qquad (2)$$

где $t_{м_0}$ – начало модального интервала; Δt – интервал; $n_м$ – частота модального интервала; n_1 и n_2 – частости соседних интервалов.

Вычисление по формуле (2) даст для МЭС гироопределения (см. рисунок, *а*) $t_м = 20{,}7$ мин, а для МЭС измерения горизонтального угла одним приемом (см. рисунок, *б*) $t_м = 3{,}8$ мин.

График плотности распределения обеих МЭС показан на рисунке.

Альфа-распределение случайного времени выполнения работы МЭС. Под

альфа-распределением понимаем усеченное распределение времени выполнения работы. Это распределение с учетом выражения (1) будет иметь вид

$$f(t)=\frac{k\beta}{\sqrt{2\pi}}\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\beta}{t}-\alpha\right)^2\right], \qquad (3)$$

где $\beta = V/m_a$ – относительный объем работы; $\alpha = a_{ср}/m_a$ – коэффициент однородности производительности исполнителей или относительная средняя производительность труда маркшейдера; V – объем данной работы.

Величина β имеет размерность времени, а величина α безразмерна. В [1] показано, что для практического применения альфа-распределения не обязательно знать объем работы V и характеристики производительности труда маркшейдера m_a и $a_{ср}$, а достаточно определить параметры α и β статистически. Для анализа функционирования МЭС воспользуемся получением точечных оценок параметров α и β по зависимостям, опубликованным в [4]:

$$\alpha=\sum_{i=1}^{n}t_i^{-1}\Big/\sqrt{n\sum_{i=1}^{n}t_i^{-2}-\left(\sum_{i=1}^{n}t_i^{-1}\right)^2};$$
$$\beta=n\Big/\sqrt{n\sum_{i=1}^{n}t_i^{-2}-\left(\sum_{i=1}^{n}t_i^{-1}\right)^2}, \qquad (4)$$

где t_i – временя выполнения работы некоторым исполнителем; n – объем выборки.

Нормирующий множитель k в уравнении (3) может быть определен из условия работ. При $\alpha \geq 2$ множитель k практически равен 1, а при $\alpha < 2$ его следует вычислять по зависимости

$$k = 1/[F(U_2) - F(U_1)], \qquad (5)$$

где $U_1 = (\beta/t_к) - \alpha$; $U_2 = (\beta/t_н) - \alpha$, а $F(U)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_0^U \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right)dx$ – нормированная функция Лапласа.

Анализ кривой альфа-распределения, проведенный на компьютере, для различных α и β, показал, что эти параметры определенным образом влияют на вид кривой альфа-распределения: при уменьшении α и увеличении β кривая альфа-распределения выполаживается и становится более асимметричной.

Для МЭС гироопределения и измерения горизонтального угла одним приемом по формулам (4) вычислены параметры α и β. Для МЭС гиропределения получено $\alpha = 2{,}75$ и $\beta = 56{,}18$ мин. По выражению $t_м = (\beta/4)\left(\sqrt{\alpha^2+8}-\alpha\right)$ найдено значение моды, а затем по уравнению (3) вычислены точки графика плотности альфа-распределения. Этот график показан на рисунке, *а*. Для МЭС измерение горизонтального угла одним приемом получили $\alpha = 2{,}13$ и $\beta = 9{,}31$ мин, а по той же формуле найдена мода $t_м = 3{,}3$ мин. Вычисление функции (3) дало график альфа-распределения для этой МЭС (рисунок, *б*).

Сопоставление графиков плотности распределений для этих МЭС позволяет сделать вывод, что время выполнения работы этими МЭС лучше всего описываются альфа-распределением. Принимая для случайного времени выполнения работы МЭС альфа-распределение, можно заметить, что характерные точки этого распределения имеют четкое толкование: $t_н$ – начало интервала – минимальное время выполнения работы, т.е. время лучшего работника отрасли, объединения, отдела,

единичное время; $t_м$ – мода альфа-распределения – время выполнения работы высококвалифицированным маркшейдером, мастером своего дела, время наиболее часто встречаемое среди работников; $t_{ме}$ – медиана альфа-распределения – время выполнения работы, данное в нормировочниках; достаточное для аттестации маркшейдера, время выполнения работы молодым специалистом, т.е. начинающим маркшейдером; $t_к$ – конец интервала – время работы, необходимое обучающемуся человеку для положительной оценки его «профессиональных успехов».

Эти характеристики кривой распределения могут быть достаточно легко получены по литературным данным и при хронометраже различных работ, выполняемых при маркшейдерском обеспечении.

Время выполнения работы данной МЭС, следовательно, может характеризовать всю деятельность МЭС, показать как индивидуальность исполнителя-маркшейдера, так и согласованность всей бригады, т.е. компонентов МЭС. Временнóй показатель также определяет организацию МЭС, говорит о производительности труда и психофизическом состоянии исполнителей. Для МЭС можно принять коэффициент $2 \le \alpha < 5$, так как маркшейдерские работы выполняются исполнителями-универсалами [1] и $\alpha > 2$ подтверждено экспериментом.

График альфа-распределения можно использовать для аттестации маркшейдеров, априорно выбрав максимальное время выполнения работы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Дружинин Г.В.* Анализ эрготехнических систем. М.: Энергоатомиздат, 1984. 160 с.

2. *Зверевич В.В.* Маркшейдерские эргатические системы. СПб: Формиздат, 1997. 183 с.

3. *Королюк В.С.* Справочник по теории вероятностей и математической статистике. М.: Наука, 1985. 640 с.

4. *Крылов В.М.* Определение максимально правдоподобных оценок параметров альфа-распределения наработки систем до отказа // Тр. Моск. ин-та инж. ж-д трансп. 1975. Вып. 503. С. 43-50.