УДК 622.1 + 331.015

В.В.ЗВЕРЕВИЧ, Е.И.НОВИКОВА, Ю.В.ПЛОТНИКОВА
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

ЭРГОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МАРКШЕЙДЕРСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Рассмотрена эргономическая оценка функционирования маркшейдерских систем и предложен многофакторный анализ для характеристики их эргономичности. Выполнена пилотная оценка маркшейдерского гирокомпаса МВГ-1.

Ergonomic estimation of mine surveying systems functioning is discussed and multifactor analysis is offered. These ideas are illustrated by the pilot estimation of mine gyrocompass МВГ-1.

Эффективность маркшейдерского обеспечения горных работ определяется не только наличием высококачественных маркшейдерско-геодезических приборов, инструментов и квалифицированных исполнителей, но и тем, насколько хорошо взаимодействуют между собой отдельные составляющие маркшейдерских эргатических систем (МЭС), насколько они соответствуют эргономическим требованиям. Учет этих требований обеспечивает возможность организации такого трудового процесса, при котором безопасные условия труда сочетаются с высокой производительностью и устойчивой работоспособностью человека на протяжении всего периода его трудовой деятельности. Это положение определяет большое значение правильной организации работы МЭС и эргономической оценки ее функционирования.

Различают проективную и корректив-ную эргономические оценки. Первая должна выполняться при проектировании как маркшейдерско-геодезических приборов, так и маркшейдерских работ в целом; вторая – при рассмотрении функционирования уже спроектированных или эксплуатируемых МЭС. Следовательно, корректив-ная оценка включает выявление степени соответствия основных параметров используемых технических средств и других компонентов рабочего места маркшейдера эргономическим требованиям для выявления «узких мест» и внесения необходимых изменений в оцениваемые МЭС [2].

Эргономическая оценка функционирования МЭС и ее элементов должна производиться по комплексным критериям, отражающим степень эффективности (точность маркшейдерской продукции и производительность труда маркшейдерской бригады) и гуманности (безопасность и комфортность труда, соответствие условий труда возможностям человека и степень воздействия на маркшейдера и его помощников процесса их труда). Такой взгляд на эргономическую оценку функционирования МЭС предполагает последовательное проведение эргономического анализа: от общего к частному, т.е. от всей МЭС до рабочего места маркшейдера, а затем от человека к средствам измерения и интерпретации, потом к рабочему пространству и среде. Этим обеспечивается многофункциональный и многофакторный подход к оценке МЭС с привлечением данных и рекомендаций целого ряда научных дисциплин, связанных с эргономикой [3].

Эргономическая оценка производится с учетом многоуровенности эргономических показателей. Показатели вышестоящего уровня определяются на основе эргономических показателей нижестоящих уровней. Выбор эргономических показателей, необходимых и достаточных для полной и возможно более объективной оценки функцио-

нирования МЭС или отдельных ее агрегатов, производится экспертным методом с учетом таких факторов, как: цель эргономической оценки, назначение и условия работы, степень участия человека в обеспечении функционирования МЭС и психофизиологическое содержание выполняемых маркшейдером и его помощниками операций при маркшейдерском обеспечении горных разработок. Эргономическая оценка может производиться как для всей МЭС, так и отдельно для рабочего места или маркшейдерско-геодезических приборов и инструментов. Экспертная оценка выполняется экспертной комиссией, включающей несколько человек, либо дифференциальным методом с оценкой отдельных единичных эргономических показателей, либо комплексным методом, при котором уровень эргономичности характеризуется обобщенным или комплексным эргономическим показателем. Метод оценки выбирается в зависимости от целей оценки в соответствии с ГОСТ 22732-77 и с учетом специфики функционирования МЭС на горном предприятии [1, 3].

В качестве пилотного проекта внедрения комплексного (обобщенного) эргономического показателя проведем эргономическую оценку маркшейдерского взрывобезопасного гирокомпаса МВГ1. Этот проект выполнен по методике [3] с учетом идей, изложенных выше. Эргономическая оценка осуществлена экспертной комиссией из четырех человек. Оценка содержит две стадии – аналитическую и оценочную. Обе стадии, в свою очередь, делятся на три этапа.

Аналитическая стадия. На первом этапе в структуре деятельности инженера-маркшейдера были выделены основные единицы деятельности (технологические операции, элементы прибора, переходы), определены временные характеристики работы. В том числе были проведены беседы со специалистами: инженерами, преподавателями кафедры маркшейдерского дела СПГГИ и сотрудниками ВНИМИ.

Максимальный удельный вес времени при определении гироскопического азимута приходится на наблюдение за чувствительным элементом (ЧЭ) и взятие четырех точек реверсии. Физическая нагрузка, падающая на инженера-маркшейдера, в основном связана с переносом и установкой прибора (масса 3-19 кг).

На втором этапе было установлено, что все органы управления находятся в оптимальной зоне моторного действия. Также было отмечено, что при взятии примычного направления тело наблюдателя находится в менее удобной нижней зоне.

На третьем этапе были изучены эргономические характеристики элементов оборудования: форма, размеры, зоны размещения органов управления, читаемость средств отображения информации. Также были выбраны 12 эргономических показателей:

1) уровень шума;
2) установка прибора;
3) масса прибора;
4) форма рукояток органов управления (ОУ);
5) размеры рукояток ОУ;
6) зоны размещения ОУ;
7) ограниченность работы приводного механизма;
8) удобство визирования;
9) удобство наблюдения за ЧЭ;
10) размещение в упаковочном ящике;
11) защита от «дураков»;
12) читаемость средств отображения информации (СОИ).

Оценочная стадия. На первом этапе эксперты назначили весомость эргономических показателей путем их последовательного сравнения, исходя из ряда чисел от 10 до 0 с интервалом единица.

На втором этапе эксперты дали бальную оценку показателям по четырехступенчатой шкале (5, 4, 3, 0). Результаты выполнения были занесены каждым экспертом в соответствующую карту опроса. Далее были рассчитаны нормированные коэффициенты весомости по формуле [2]

$$M_i' = m_{ij} / \sum_1^i m_{ij}, \qquad (1)$$

где m_{ij} – коэффициент весомости i-го показателя, поставленный j-м экспертом.

Результаты вычислений представлены в табл.1.

Таблица 1

Сводная таблица нормированных коэффициентов весомости

Номер показателя	Эксперт			
	1	2	3	4
1	0,02	0,02	0,02	0,02
2	0,08	0,09	0,08	0,09
3	0,09	0,08	0,07	0,07
4	0,11	0,11	0,10	0,10
5	0,11	0,10	0,10	0,10
6	0,09	0,11	0,11	0,11
7	0,10	0,10	0,09	0,10
8	0,11	0,11	0,11	0,11
9	0,11	0,11	0,11	0,11
10	0,03	0,03	0,05	0,03
11	0,05	0,05	0,05	0,05
12	0,11	0,11	0,11	0,11

На третьем этапе экспертная группа с помощью коэффициента вариации определила степень согласованности мнений экспертов о весомости эргономических показателей и их значений.

Среднее значение нормированного коэффициента весомости i-го эргономического показателя [3]

$$\overline{M_i'} = \sum_{j=1}^{\beta} M_{ij}' / \beta, \qquad (2)$$

где β – число экспертов.

Коэффициент вариации эргономических показателей [2]

$$V_i = S_i / \overline{M_i'}, \qquad (3)$$

где S_i – среднее квадратичное отклонение коэффициента весомости i-го эргономического показателя.

Таблица 2

Определение согласованности мнений экспертов о коэффициентах весомости показателей

Номер показателя	M_i'	Отклонения d_i во мнении экспертов				Σd^2	S_i	V_i
		1	2	3	4			
1	0,02	0,000	0,000	0,000	0,002	0,0000	0,0009	0,040
2	0,08	0,007	-0,003	0,004	-0,007	0,0001	0,0055	0,067
3	0,07	-0,012	0,000	0,008	0,005	0,0002	0,0076	0,102
4	0,10	-0,004	-0,003	0,004	0,005	0,0001	0,0040	0,039
5	0,10	-0,007	0,005	0,001	0,002	0,0001	0,0044	0,044
6	0,10	0,017	-0,004	-0,008	-0,006	0,0004	0,0101	0,096
7	0,10	-0,001	-0,001	0,006	-0,004	0,0001	0,0037	0,038
8	0,11	0,001	0,002	-0,002	0,000	0,0000	0,0015	0,013
9	0,11	0,001	0,002	-0,002	0,000	0,0000	0,0015	0,013
10	0,04	0,002	0,003	-0,010	0,005	0,0001	0,0059	0,168
11	0,05	-0,003	-0,003	0,006	0,001	0,0001	0,0037	0,073
12	0,11	0,001	0,002	-0,002	0,000	0,0000	0,0015	0,013

Таблица 3

Определение согласованности мнений экспертов о значении показателей

Номер показателя	k_i	Отклонение d_i во мнении экспертов				Σd^2	S_i	V_i
		1	2	3	4			
1	4,25	0,25	0,25	0,75	0,25	0,75	0,43	0,10
2	2,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,50	0,20
3	2,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,50	0,20
4	5	0	0	0	0	0	0	0
5	5	0	0	0	0	0	0	0
6	4,25	0,25	0,75	0,25	0,25	0,75	0,43	0,10
7	5	0	0	0	0	0	0	0
8	2	0	0	0	0	0	0	0
9	5	0	0	0	0	0	0	0
10	3,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,50	0,20
11	5	0	0	0	0	0	0	0
12	4,5	0,5	-0,5	0,5	-0,5	2	0,71	0,14

Таблица 4

Сводная таблица взвешенных эргономических показателей МВГ1

Номер показателя	k_i	M_i'	$M_i' \times k_i$
1	4,25	0,02	0,09
2	2,5	0,08	0,20
3	2,5	0,07	0,18
4	5,0	0,10	0,50
5	5,0	0,10	0,50
6	4,25	0,10	0,43
7	5,0	0,10	0,50
8	2,0	0,11	0,22
9	5,0	0,11	0,55
10	3,5	0,04	0,14
11	5,0	0,05	0,25
12	5,0	0,11	0,55

Учитывая, что коэффициент вариации эргономических показателей $V_i = 0 \div 0{,}2$, что является средней степенью согласованности мнений экспертов [2], группа перешла к расчету обобщенного эргономического показателя по формуле

$$K_{эрг} = \sum_{i=1}^{n} \overline{M_i'} \cdot \overline{K_i}, \qquad (4)$$

где $\overline{K_i}$ – среднее балльное значение i-го показателя; n – количество показателей, входящих в обобщеный показатель.

Результаты расчетов представлены в табл.2-4.

Для данных табл.4 $K_{эрг} = 4{,}1$. Такое значение обобщенного показателя означает, что эргономичность оцениваемой модели соответствует допустимым значениям нормативных требований и не оказывает неблагоприятного влияния на состояние здоровья работающего.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зверевич В.В.* Человеческий фактор в маркшейдерском деле / В.В.Зверевич, Г.И.Коршунов, В.К.Рыбкин. СПб: Недра, 1998. 184 с.

2. Методические рекомендации по оценке соответствия производственного оборудования эргономическим требованиям. М.: Изд-во ВЦНИИОТ ВЦСПС, 1982. 59 с.

3. Эргономика и безопасность труда / Л.П.Боброва-Голикова, О.М.Мальцева, Н.А.Коханова, А.Н.Строкина. М.: Машиностроение, 1985. 112 с.