

ПРИЛОЖЕНИЕ НА МАТЕМАТИЧЕСКИ МЕТОДИ ПРИ ИЗСЛЕДВАНЕ НА БЕЗОПАСНОСТТА НА ТРУДА В ЛЕКАТА ПРОМИШЛЕНОСТ

Васил Чобанов и Иван Амуджев

Югозападен университет „Неофит Рилски, Технически факултет, Катедра
„МАШИННО ИНЖЕНЕРСТВО“, ул. Иван Михайлов № 66, 2700 Благоевград
vchobanov@swu.bg

Резюме:

Един от основните отрасли на леката промишленост, който има особено широка социална значимост у нас е шевната индустрия. Ето защо, предмет на изследванията в настоящата работа ще бъдат основни технологични параметри на работната среда, които влияят върху ефективността на безопасността и ергономията в шевната промишленост.

За редица видове индустриални производства е установено, че отделни технологични параметри влияят върху повишаването на ефективността за безопасност и ергономия на труда. По отношение на шевната индустрия, също е изследвано влиянието на отделни основни фактори на условията на труд върху безопасността на труда и ергономията. Важно е да се отбележи, обаче, че въпроса с извеждането на степента на влияние на отделните фактори, определящи условията на труд, които влияят на безопасността на труда и ергономията в шевната индустрия не е изследван достатъчно задълбочено у нас.

В контекста на гореизложеното, целта на настоящата работа е да се изследва приоритетната значимост на множеството фактори на условията на труд в шевната индустрия, влияещи върху безопасността на труда и ергономията и да се отсеят най-значимите от тях чрез ранжирането (подреждането) им.

За реализиране на тази цел е планирано провеждането на отсейващ експеримент.

Въз основа на направените проучвания и анализи е създадена анкетна карта, в която са включени 9 обобщени фактора, влияещи върху безопасността на труда и ергономията в шевната индустрия. Проведено е анкетно-експертно проучване за приоритетната значимост на тези фактори. Осъществен е отсейващ експеримент по методика на Кендал, в резултат на който, факторите, влияещи върху безопасността на труда и ергономията в шевната индустрия са ранжирани по приоритетна значимост. Отсяти (определени) са факторите, които най-съществено (с най-висок приоритет) влияят върху безопасността на труда и ергономията в шевната индустрия.

Получените резултати дават основание да се конкретизира приоритетната значимост на тези фактори. Това в значителна степен прецизира и облекчава работата при експертния анализ на безопасността на труда и ергономията в шевната индустрия.

Keywords: *технологични параметри, безопасност на работа, отсейващ експеримент.*

APPLICATION OF MATHEMATICAL METHODS IN THE STUDY OF OCCUPATIONAL SAFETY AND ERGONOMICS IN THE LIGHT INDUSTRY

Vasil Chobanov, Ivan Amudzhev

South-West University “Neofit Rilski”, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Ivan Mikhailov Street, № 66, Blagoevgrad, Bulgaria
vchobanov@swu.bg

ABSTRACT:

One of the main branches of the light industry, which has a particularly wide social significance in Bulgaria, is the sewing industry. Therefore, the subject of research in this work will be basic technological parameters of the working environment that affects the safety performance and ergonomics in the sewing industry. For a large number of industrial production types individual technological parameters have been found to influence the increase in safety and ergonomics performance. With regard to the sewing industry, the influence of individual basic factors of working conditions on occupational safety and ergonomics has also been investigated. It is important to note, however, that the issue of deriving the degree of influence of individual factors determining working conditions that affect occupational safety and ergonomics in the sewing industry has not been studied in sufficient depth in Bulgaria.

In the context of the above, the aim of the present work is to investigate the importance of the numerous factors of working conditions in the sewing industry affecting occupational safety and ergonomics and to sift out the most significant of them by ranking (ordering) them.

In order to realize this goal, an essay experiment is planned. On the basis of the research and analysis, a questionnaire was created, which included 9 generalized factors affecting occupational safety and ergonomics in the sewing industry. An expert survey was conducted on the priority importance of these factors. A Kendall's tau and scatterplot experiment was conducted, as a result of which the factors influencing occupational safety and ergonomics in the sewing industry were ranked by priority importance. The factors that most significantly (with the highest priority) influence occupational safety and ergonomics in the sewing industry are identified. The obtained results give grounds to specify the priority importance of these factors. This greatly refines and simplifies the work in the expert analysis of occupational safety and ergonomics in the sewing industry.

Keywords: *technological parameters, work safety, distraction experiment.*

УВОД

Един от основните отрасли на леката промишленост, който има особено широка социална значимост у нас е шевната индустрия. Ето защо, предмет на изследванията в настоящата работа ще бъдат основни технологични параметри на работната среда, които влияят върху ефективността на безопасността и ергономията в шевната промишленост.

В резултат на направеното проучване, може да се обобщи, че са осъществявани редица изследвания за влиянието на отделни фактори на работната среда върху безопасността и ергономията в различни сфери на леката промишленост. За редица видове индустриални производства е установено, че отделни технологични параметри влияят върху повишаването на ефективността за безопасност и ергономия на труда. По отношение на шевната индустрия, също е изследвано влиянието на отделни основни фактори на условията на труд върху безопасността на труда и ергономията [===]. Важно е да се отбележи, обаче, че въпроса с извеждането на степента на влияние на отделните фактори, определящи условията на труд, които влияят на безопасността на труда и ергономията в шевната индустрия не е

изследван достатъчно задълбочено у нас.

В контекста на гореизложеното, целта на настоящата работа е да се изследва приоритетната значимост на множеството фактори на условията на труд в шевната индустрия, влияещи върху безопасността на труда и ергономията и да се отсеят най-значимите от тях чрез ранжирането (подреждането) им. Получените резултати ще създадат условия в значителна степен да се прецизира и облекчи работата при експертния анализ на безопасността на труда и ергономията в шевната индустрия.

УСЛОВИЯ ЗА ПРОМЕЖДАНЕ НА ЕКСПЕРИМЕНТА

Направено е обстойно проучване на факторите, определящи условията на труд в шевната индустрия, които влияят върху безопасността на труда и ергономията.

В резултат на направения анализ са обобщени факторите на условията на труд в шевната индустрия, влияещи върху безопасността на труда и ергономията, които са дадени в таблица 1.

Таблица 1. Основни фактори на условията на труд в шевната индустрия

Код на фактора	Фактори на условията на труд в шевната индустрия, влияещи върху безопасността на труда и ергономията
X ₁	Шум
X ₂	Осветление
X ₃	Влажност
X ₄	Температура на работната среда
X ₅	Вибрации
X ₆	Околна среда
X ₇	Работна поза
X ₈	Запращеност
X ₉	Режим на работа

Въз основа на направените проучвания и анализи [1,2,3,4,5,6,7,8] е създадена анкетна карта, в която е даден код на всеки от деветте обобщени фактора, влияещи върху безопасността на труда и ергономията (таблица 1).

Анкетната карта е попълнена от 12 специалисти – експерти по безопасност и здраве, технолози, организатори на производството, управители и мениджъри в български конфекционни фирми; преподаватели по безопасност на труда и технология на облекло в професионални гимназии и висши училища у нас. Всеки експерт е направил ранжиране на факторите според своето виждане за степента на тяхното върху безопасността на труда и ергономията. На анкетираните е поставено условието да поставят различна оценка на всеки фактор.

МЕТОД НА РАБОТА

За обработка на резултатите от проведеното анкетно-експертно проучване се използва методиката за статистически анализ на експертни оценки на английския математик Кендал [14,15,16].

За целта се определят:

- коефициента на конкордация по Кендал:

$$W = \frac{12 \sum_{i=1}^n (\xi_i - \bar{\xi})^2}{k^2 n (n^2 - 1)}$$

- сумата от оценките на всеки фактор ξ_i :

$$\xi_i = \sum_{j=1}^k x_{ij}$$

където: k – брой на експертите; n – брой на факторите, подлежащи на ранжиране; x_{ij} – ранговата оценка на i-тия фактор от j-тия експерт;
- средната сума на оценките $\bar{\xi}$:

$$\bar{\xi} = \frac{\sum_{i=1}^n \xi_i}{n}$$

Методът за статистически анализ на стойността на коефициента на конкордация W се избира според броя на факторите и експертите [14].

Според [14], за проведения експеримент е целесъобразно статистическия анализ на коефициента на конкордация W да се осъществи с помощта на критерия на Пиърсън.

За целта се определя разчетната стойност на критерия Пиърсън χ_R^2

$$\chi_R^2 = k(n-1)W$$

Определя се и таблична χ_T^2 /гранична/ стойност на критерия Пиърсън, като се отчитат: f – степента на свобода; r – нивото на значимост:

$$\chi_T^2 = f \begin{cases} f = n - 1 \\ r = 0,5 \end{cases}$$

След сравняване на получените χ_R^2 и χ_T^2 се установява доколко хипотезата за статистическа значимост на коефициента на съвпадение W се потвърждава при избраното ниво на значимост.

АНАЛИЗ НА ПОЛУЧЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ

Получените резултати за стойностите на сумата от оценките за всеки фактор, определени по (2), са дадени в таблица 2.

Таблица 2. Сума от оценките на експертите за всеки фактор

№ на фактора	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сума от оценки ξ_i	59	97	38	87	24	17	69	50	100

След статистическата обработка на резултатите от анкетно – експертното проучване са получени следните резултати:

$$W = 0,86908 \quad (6)$$

$$\chi^2_R = 83,43168 \quad (7)$$

$$\chi^2_T = 15,507 \quad (114,717 > 16,919) \quad (8)$$

Разчетната стойност на критерия на Пийрсън е по-голяма от табличната стойност, следователно, хипотезата за статистическа значимост на коефициента на съвпадение W се потвърждава при избраното ниво на значимост, дадено в (5). Т.е., може да се твърди с доверителна вероятност 0,95%, че оценките на експертите са съгласувани.

ИЗВОДИ

В резултат на осъществените изследвания и анализи, може да се обобщи:

1. Направена е класификация на факторите на условията на труд в шевната индустрия, влияещи върху безопасността на труда и

ергономията;

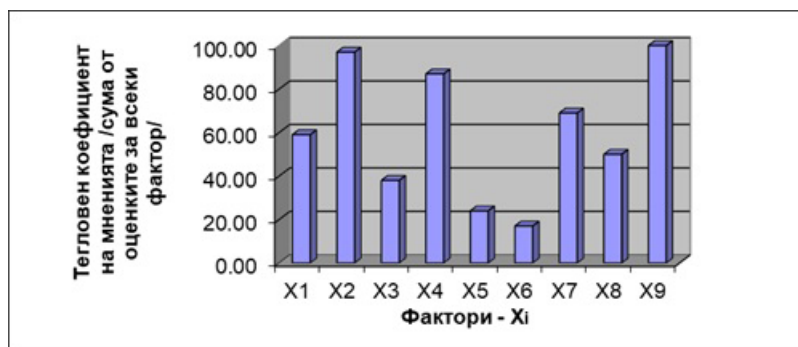
2. Осъществен е отсеиващ експеримент по методика на Кендал, в резултат на който факторите на условията на труд в шевната индустрия, влияещи върху безопасността на труда и ергономията са ранжирани по приоритетна значимост, както е показано на фиг. 1.

3. Отсяти (определени) са факторите, които най-съществено (с най-висок приоритет) влияят върху безопасността на труда и ергономията:

X9 – режим на работа;

X2 – осветление;

X4 – температура на работната среда.



Фигура 1. Хистограма на експертните мнения

4. Получените резултати създават условия да се намали броят на факторите, с които да се провеждат изследвания и анализи, и да се разработват математически модели на процесите за повишаване на ефективността на безопасността на труда. Това е една добра основа, определяща факторите, чието влияние върху избрани критерии за оптимизация, ще бъдат предмет на анализ в бъдещи изследвания.

5. Получените резултати дават основание да се конкретизира приоритетната значимост на тези фактори. Това в значителна степен прецизира и облекчава работата при експертния анализ на безопасността на труда и ергономията в шевната индустрия.

References:

[1] Wernli, K.; Astrakianakis, G.; Camp, J.; Ray, R.; Chang, C.; Li, G.; Thomas, D.; Checkoway, H.; Seixas, N. Development of a job exposure matrix (JEM) for the textile industry in Shanghai. *Journal of occupational and environmental hygiene* 2006, 3, 521-529.

[2] Zanardi, F.; Harris, E.; Brown, T.; Rice, S.; Palmer, K.; Coggon, D. Mortality from diabetes and ischaemic heart disease in textile workers. *Occupational and Environmental Medicine* 2011, 68, 172-175.

[3] Brown, D.; Feskanich, D.; Sanchez, B.; Rexrode, K.; Schernhammer, E.; Elisabeth, L. Rotating night shift work and the risk of ischemic stroke. *American Journal of Epidemiology* 2009, 169, 1370-1377.

[4] Christiani, D.; Ye, T.; Zhang, S.; Wegman, D.; Eisen, E.; Ryan, L.; Olenchok, S.; Pothier, L.; Dai, H. Cotton dust and endotoxin exposure and long-term decline in lung function: results of a longitudinal study. *American journal of industrial medicine* 1999, 35, 321-331.

[5] Kawachi, I.; Colditz, G.; Stampfer, M.; Willett, W.; Manson, J.; Speizer, F.; Hennekens, C. Prospective study of shift work and risk of coronary heart disease in women. *Circulation* 1995, 92, 3178-3182.

[6] Colovic, G. 3-Determining time of technological operations in clothing production, *Management of Technology Systems in Garment Industry* 2011, pp.

43-79.

[7] Chowdhury, S.; Hamada, Y.; Ahmed, Kh. Experimental evaluation of subjective thermal perceptions for sewing activity. *Energy and Buildings* 2017, 149, 450-462.

[8] Wijewardane, S.; Jayasinghe, M. Thermal comfort temperature range for factory workers in warm humid tropical climates. *Renewable Energy* 2008, Volume 33, Issue 9, 2057-2063.

[9] BSS ISO 1999 Acoustics — Estimation of noise-induced hearing loss, 2014.

[10] BSS EN ISO 9612 Acoustics – Determination of occupational noise exposure - Engineering method, 2009.

[11] Bhatnagar, A. Environmental cardiology: studying mechanistic links between pollution and heart disease. *Circulation research* 2006, 99, 692-705.

[12] Gelbke, H.; Goen, T.; Maurer, M.; Sulsky, S. A review of health effects of carbon disulfide in viscose industry and a proposal for an occupational exposure limit. *Critical Reviews in Toxicology* 2009, 39(Suppl 2), 1-126.

[13] Andonova, Sn. Mathematical modeling of the thermo-mechanical fusing process. *Vlakna a Textil Journal* 2020, Volume 27, Issue 3, 3-7.

[14] Damyanov, G. Mathematical methods for the planning of an experiment in the research in the textile industry, 1rd ed.; IOT: Sofia, Bulgaria, 1977, pp. 81-98.

[15] Andonova, Sn. Application of mathematical methods in sewing technologies, 1rd ed.; University Publishing House of the “N. Rilski” University: Blagoevgrad, Bulgaria, 2006, pp. 38-57.

[16] Andonova, Sn., Milieva, P. and Hodjova, F., Ranging of constructional parts of sewing articles according to their effect on the quality and productivity, *International scientific conference “Unitech 08 - Gabrovo”*, ISSN 1313-230X, proceedings - volume II, pp. 315-319, 2008.

[17] Orysiak J., Młynarczyk M., Irzmańska E. The effect of exposure to cold on dexterity and temperature of the skin and hands. *Int J Occup Saf Ergon.* 2024 Mar;30(1):64-71. doi: 10.1080/10803548.2023.2293387. Epub 2024 Jan 8. PMID: 38191297.