



ЮГОЗАПАДЕН УНИВЕРСИТЕТ
„НЕОФИТ РИЛСКИ“

Mag. Eng. Vasil Damyanov Chobanov

Research on basic technological parameters of the working
environment to increase efficiency, safety and ergonomics in
light industry

ABSTRACT

for awarding educational and scientific PhD degree in the field of
higher education: 5. Technical Sciences, Professional field: 5.1.
Mechanical Engineering, PhD program "Machines and processes in the
light industry" on the topic

**Research on basic technological parameters of the working
environment to increase efficiency, safety and ergonomics in
light industry**

Scientific supervisor: Assoc. Prof. PhD Ivan Amudzhev

Blagoevgrad, 2025

This dissertation contains abbreviations used, an introduction, eight chapters, conclusions, and cited literature. The general his volume is 126 pages, from which 7 pages of used literature. 26 figures and 17 tables are included. The cited literature covers 103 titles.

The dissertation was discussed on 04.06.2025 at a department meeting of department "Machine engineering" of the Technical faculty of Southwestern university "Neofit Rilski" - Blagoevgrad.

The public presentation on the dissertation work will take place on 10.07.2025 year from 15.00 hours in hall 339, UK No. 1 on open meeting of the scientific jury, appointed by order No. 1268 / 10.06.2025 of the Rector of the South-West University "Neofit Rilski", composed of:

Scientific jury:

Prof. PhD Eng. Snezina Angelova Andonova Assoc.

Prof. Dr. Raya Asenova Stoyanova

Prof. PhD Dimitar Stefanov Dimitrov Assoc.

Prof. Dr. Danko Hristov Tonev

Assoc. Prof. PhD George Georgiev Komitov

CONTENTS

GENERAL CHARACTERISTICS OF THE DISSERTATION WORK

- 1. Current status of the problem. 5.**
- 2. Purpose and tasks of the dissertation work 6.**

CONTENTS ON DISSERTATION WORK

Chapter I. Analysis on the research of the state of light industry in terms of working conditions 8.

Chapter II. Analysis of research on the main technological parameters of the working environment to increase the efficiency of safety and ergonomics in the light industry 10.

Chapter III. Methods used to conduct the research .12.

Chapter IV. Analysis of light industry sectors. 17.

Chapter V. Analysis of the working environment in the garment industry with prospects of increasing efficiency for safety and ergonomics 21.

Chapter VI. Study of the degree of significance of the generalized factors on safety performance and ergonomics 30.

Chapter VII. Research into the influence of air temperature and physiological regime of work on efficiency on labor in the sewing industry 34.

Chapter VIII. Research into the influence of illumination and physiological regime of work and rest on efficiency on safety. 51.

Contributions on the dissertation work 60.

List with publications. 63.

General characteristic on the dissertation labor

1. Current affairs on the problem

In light industry, there is a particular interest in safety and health on the workers represent the factors of the working environment, such as: lighting of the working area place; temperature and humidity on the work environment, noise, vibrations, physiological the regime on work and row others, everyone from which is was subject on scientific interpretation.

In the context of the studies and analyses of research to increase the effectiveness of occupational safety and ergonomics in light industry, the purpose of the dissertation is to examine the influence of the main parameters of the work environment on increasing the effectiveness of safety and ergonomics in light industry.

One of the most developed branches of light industry (established by applying a screening experiment) is the tailor, because of which she is an object and of the dissertation. The relevance of the problem comes down to the fact that the processes in garment production are very and different, as separately for everyone from them it is not studied efficiency from applications physiological regime of work and rest during work.

2. Goals and tasks on the dissertation work

Some dependencies between individual factors and certain optimization criteria have been studied .

In our study, we aim to explore ways to define technological breaks depending on how they are implemented.

In the production process it usually occurs a leading factor, exerting adverse impact.

Our goal is to sift out and identify this very factor and to explore its impact on the health of workers.

The workload factor of workers is also of great importance for the health status and productivity of labor. Therefore, it is necessary to investigate how the health of workers could be preserved and improved by introducing an appropriate physiological regime of work and rest.

The scientific studies reviewed revealed that the combined impact of various factors of the work environment on health has not been studied in detail. and safety on the workers at implementation of different physiological work and rest regimes during work.

Therefore, the purpose of the dissertation is to investigate the influence of the main technical parameters of the work environment on increasing the efficiency of safety and ergonomics in light industry.

In this one connection are brought out the following tasks:

1. To carry out an analysis of the light industry sectors and to conduct a screening experiment to test the hypothesis that the garment industry has the broadest social significance of the light industry sectors for southwestern Bulgaria.
2. To conduct a strengths and weaknesses analysis (SWOT analysis) of the factors determining the working environment in the garment industry.
3. To carry out an analysis of the stages of designing the organization of labor in the garment industry
4. To analyze and summarize the factors of the working environment in the garment industry with inspection increase on safety efficiency and ergonomics.
5. Analysis of criteria for efficiency and optimization of safety and health processes in the sewing industry.

6. Summary of a classifier for safety and health in the garment industry.
7. Research the degree of significance of the summarized factors on safety and ergonomics effectiveness.
8. Study the influence of the factors determined with the highest degree of significance, individually and jointly, on criteria for optimizing safety and health.

Chapter I. Analysis on the research for the state of light industry regarding working conditions

Monitoring the work process should be aimed at monitoring one of the main factors, namely the parameters of the work environment, which is also our goal in the study.

The introduction of specific technological processes, the use of specific materials and raw materials in production, the work equipment used, and others determine the industry-specific and specific requirements.

To ensure healthy and safe conditions on labor in the enterprise is necessary yes be determined etc. structure on the areas on impact.

When organizing activities in this direction, efforts should be focused on the following main areas:

1. Technical safety;
2. Social and hygienic conditions;
3. Psycho-physiological conditions;
4. Psycho-social conditions;
5. Aesthetic conditions.

Key performance indicators on labor activity are quantitative and qualitative measures used to review the organization's performance against set goals. To outline the areas for improvement by attitude of equipment, conditions, organization and workforce.

According to the standards adopted at the European and national level, the factors of working conditions are:

- Physical;
- Chemical;
- Biological;
- Psychophysiological;
- Ergonomic;
- Organizational;
- Others harmful factors.

Depending on their mode of action, factors can influence in different ways – positively or negatively. Therefore the "factor" can be determined as influential aspect.

as some kind of driving force. They can be the cause not only for emergence of danger or harm and also for physical injury or material damage.

Chapter II. Analysis of the research of the main technological parameters of the working environment to increase efficiency, safety and ergonomics in light industry

Numerous studies have been conducted on various technological factors on individual criteria to increase safety efficiency. on work [41,43]. For example, The relationship between pollution and heart disease in light industry has been studied [4]; between cotton dust exposure and long-term deterioration of lung function [10]; between rotating night shift work and the risk of ischemic stroke [11]. stroke [7]; between the work on shifts and the risk of coronary disease on the heart at women [18] and As a result of studies of this nature, a number of limit values for individual technological factors are derived [14].

In light industry, of particular interest are technological factors, such as: lighting in the workplace; temperature and humidity of the workplace environment [6]; noise [5]; vibrations [11]; the regime on work [7, 18] and a number of others, each of which has been the subject of scientific treatment.

Some dependencies between individual factors and certain optimization criteria have also been studied [4, 7, 10, 18].

No it is enough researched, however, the joint influence of workplace lighting and the physiological regime of work and rest on the vision of workers, as well as the influence of the microclimate, respectively the temperature of the working environment and the physiological regime of work and rest on the safety and health of workers.

Through selected criteria and assessment on the need for research on the influence on the specific ones factors of the work environment on workers could help managers make judgments when deciding to introduce an appropriate physiological regime of work and rest during work.

The classification and synchronization of the action of factors is a prerequisite for the timely identification of risks and the identification of measures.

The dissertation research, analysis and evaluation were conducted to establish the influence of work environment factors on the health, safety and work capacity of workers.

In the context of the studies and analyses of research to increase the effectiveness of occupational safety and ergonomics in light industry, it is necessary in the dissertation work to examine the influence of the main factors of the work environment to increase the effectiveness of safety and ergonomics in light industry.

The production process in the light industry, respectively. in the sewing industry is characterized by a specific condition and features. The most widespread and most effective is the so-called flow production method.

Chapter III. Methods used to conduct the research

III.1. risk assessment method

Scientifically based methods were used to solve the tasks set. A three-factor risk assessment method was used to identify the risk.

Risk assessment is a comparison of reality with defined criteria. For each potential hazard, the elements and parameters of that risk are determined.

The elements of risk are: Severity of risk, bearing on losses or harm and period from the working hours during which workers are under the influence of adverse factors determine the Exposure.

On the basis on the elements on the risk graded, the relative grading, presented in the dissertation in tabular form, is summarized by degree of risk.

III.2. Application of mathematical methods in occupational safety research

III.2.1. Survey - expert study to realize the goal and objectives of the research

The dissertation used the method of the English mathematician Kendall [1, 2, 8] to carry out the questionnaire-expert study to implement the relevant tasks. It includes the methods for statistically analysis on expert assessments, by determining:

- the coefficient on concordat by Kendall:

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

- the amount from the grades on everyone factor ξ_i :

$$\xi_i = \sum_{j=1}^k x_{ij} \quad (\text{III.2})$$

where: k – number of experts; n – number of factors to be ranked; x_{ij} – rank estimate of the i -th factor by the j -th expert;

- the average amount on the grades $\bar{\xi}$:

$$\bar{\xi} = \frac{\sum_{i=1}^n \xi_i}{n} \quad (\text{III.3})$$

According to [1. 8], for the conducted experiment it is appropriate to perform the statistical analysis of the concordance coefficient W using the Pearson criterion.

For the goal is determines estimated value on criterion Pearson χ_R^2 :

$$\chi_R^2 = k(n-1)W \quad (\text{III.4})$$

Determines is and the table /border/ value on

Pearson's criteria χ_T^2 , as is report: f - the degree on freedom; r – the level of importance:

$$\chi_T^2 = f \left\{ \begin{array}{l} f = n - 1 \\ r = 0.5 \end{array} \right\} \quad (\text{III.5})$$

After comparison on received χ_R^2 and χ_T^2 are establishes the extent to which the hypothesis of statistical significance of the coincidence coefficient W is confirmed at the selected significance level.

III.2.2. Method for applying two-factor analysis of variance

In the study of the influence of various factors of the work environment in this dissertation, a two-factor analysis of variance was applied. The application of this method includes the determination of [1.4]:

$$M_B = \frac{\sum X_B}{n} \text{ - medium by factor } F_n \quad (III.6)$$

$$H_A = \frac{\sum_{a=1}^{ma} X_A}{mb} \text{ - medium by factor } F \quad (III.7)$$

$$M_{AB} = \frac{\sum X_{AB}}{m} \text{ - average for one subgroup} \quad (III.8)$$

Q_t - amount from the squares of deviations by factor F_A

$$Q_t = mb \sum (H_A - \bar{X})^2 \quad (III.9)$$

Q_c - amount from the squares on deviations by factor F_{in}

$$Q_c = ma \sum (M_B - \bar{X})^2 \quad (\text{III.10})$$

Q_{tc} - amount from the squares on deviations on the variation in the interaction

$$Q_{tc} = m \sum [(M_{AB} - \bar{X}) - (H_A - \bar{X}) - (M_B - \bar{X})] \quad (\text{III.11})$$

Q_z - within-group variation

$$Q_z = \sum (X_{AB} - M_{AB})^2 \quad (\text{III.12})$$

For assessment on dispersions, received at In the two-factor analysis of variance, Fisher's exact test is used [5,6].

For the goal is determines F – criterion for the results of the experiment (F_E) and the tabular values of the F – criterion (F_T):

$$F_{EA} = \frac{S_A^2}{S_Z^2} \quad (\text{III.13})$$

$$F_{EB} = \frac{S_B^2}{S_Z^2} \quad (\text{III.14})$$

$$F_{\underline{E}AB} = \frac{S_A^2}{S_Z^2} \quad (\text{III.15})$$

$$\begin{aligned} f_1 &= a - 1 \\ F_{TA} \{f_2 &= abm - ab\} \\ r &= 0.05 \end{aligned} \quad (\text{III.16})$$

$$\begin{aligned}
 f_1 &= b - 1 \\
 F_{TB} \{f_2 &= abm - ab\} \\
 r &= 0.05
 \end{aligned}
 \tag{III.17}$$

If the experimental value for a given factor is bigger from the table value on Fisher's criterion, therefore, it is assumed that the relevant factor significantly influences the selected optimization criterion at the selected significance level.

III.3. Method for measuring the values of work environment factors.

The proposed order for measuring temperature, the relative humidity and speed of air movement in workplaces and work areas for establishment on the conditions on labor is fully compliant with the existing Standard. The terms used in this standard and their definitions are according to BNS.

Chapter IV. Analysis on the industries in light industry

As a result of the analysis, it can be summarized that that the main ones industries on the light industries in our country are the sewing industry, textile industry, chemical industry, food industry, publishing industry and woodworking industry.

Research on the main technological parameters on the working environment for increase the effectiveness of safety and ergonomics in the various branches of light industry are specific and it is difficult to cover each of them in detail and in depth. In this regard, a

screening experiment was carried out, with the help of which the individual sectors were ranked. basic industries on the light industry by their degree of social significance for southwestern Bulgaria.

The individual main branches of light industry in our country are given in Table IV.1.

Table IV. 1. Basic industries on light industry in our country

Code on the factor	Basic industries on light industry in our country
X_1	Sewing industry
X_2	Textile industry
X_3	Chemical industry
X_4	Food industry
X_5	Publishing house industry
X_6	Woodworking industry

On the basis on the ones made studies and analyses [4,5,6,7] is created questionnaire map, in which is given code of each of the six main branches of light industry in our country (table IV.1).

The results obtained for the values of the sum of the grades for everyone factor, are given in table IV.2.

Table IV.2. Amount from the grades on the experts for each factor

F actor No.	1	2	3	4	5	6
Amount from ratings ξ_i	54	14	42	48	20	31

After the statistical processing of the results of the questionnaire-expert study using the methodology for statistical analysis of expert assessments of English mathematician Kendal [1,2,8], described in head III and by (III.1,III.2.III.3., III.4. and III.5.) are received the following results for:

- the coefficient on concordat by Kendall:

$$W = 0.72048 \quad (IV.1)$$

-the estimated value on Pearson's criteria $\chi_R^2 =$
36.023777 (IV.2)

-table value on Pearson's criterion

$$\chi_T^2 = 11.07 \quad (IV.3)$$

At the determination on the table value Pearson's criterion is selected significance level $r=0.5$.

The obtained estimated value of the Pearson criterion is greater than the tabular value, therefore, the hypothesis of statistical significance of the coincidence coefficient W is confirmed at the selected level on significance. i.e., can to claims with a confidence probability of 0.95% that the experts' estimates are consistent.

In result on the implemented research and analyses, it can be summarized:

1. A screening experiment was carried out using Kendall's methodology, as a result of which the individual Light industry sectors are ranked according to their degree of social importance for southwestern Bulgaria, as shown in Fig. IV.1.
2. Sifted (determined) are the factors /the sectors of light industry/, which have the highest social significance for southwestern Bulgaria, as follows:
 - X_1 – the garment industry;
 - X_4 – the food industry;
 - X_3 – chemical industry.

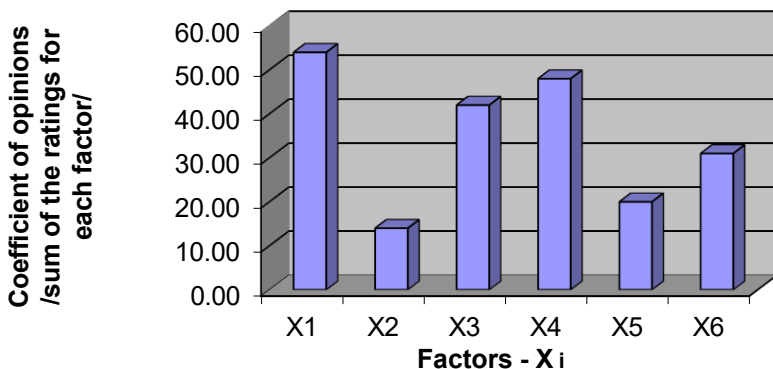


Figure IV.1 Histogram on the experts opinions

3. As a result of specifying the priority social significance of individual industries on the light industry for southwestern Bulgaria, research on basic parameters of the working environment to increase efficiency, safety and ergonomics in the present labor are targeted to the sewing industry.

Chapter V. Analysis of the working environment in the garment industry with inspection increase on efficiency for safety and ergonomics

After an analysis, Figure V.1 summarizes the strengths and weaknesses of the garment industry.

With ice the done analysis on figure V.2.1 is given the general form of the design the organization of labor in stages.

Our study analyzed the impact of working environment temperature on workers' performance and safety. Working conditions are often determined by as combination from two or more factors such as vibrations, noise, dust, etc.

The factors on the working environment, as temperature, humidity, etc., combined with natural vibrations, can have an even more negative impact on people's health.

Changes in time of some factors could lead to changes in the equipment structure, such as cracks, corrosion and other pathologies, which are very slow and could be defined as quasi-static or static. On the other hand, there are events caused by environmental actions that exhibit a dynamic nature.

To maintain a favorable microclimate, it is necessary to maintain the working environment factors within the values specified in the BNS.

The main preventive measures can be defined in two directions:

1. The premises and the furnishings in them;
2. The created organization on work.

The factors (noise, temperature, humidity, etc.) have been analyzed in detail. vibrations, lighting, chemical substances, biological agents and etc.), which influence on the health and safety of workers.

In our research we are experimented by introducing different work durations, we can establish the most favorable duration, as well as the ways of using breaks.

Table V.1 summarizes factors determining work and rest regimes.

Table: V.1. Factors, determining the regimes on work and rest

Determinant factors	Description on the factors
	Predominantly standing, over 1/2 from the working time
Movements by time at work	Weak intensive
Physical efforts	Static load
Working environment	Established microclimate
Organization on production	Single shift mode on work
Equipment	Specific for production
Voltage	Physical and psychological

Considering all this, it can be said that the physiological regime of work and rest is based on scientific data and facts, which should be developed and implemented so as to achieve the best possible effect.

By introducing an effective physiological work regime during work, effective working capacity, increase in labor productivity, as well as quality of labor and improvement of working capacity, and protection of the health of workers is achieved.

The criteria for efficiency and optimization of safety and health processes in the sewing industry have been derived.

A generalized classifier for safety and health in the sewing industry has been developed.

Summary of a classifier for safety and health in the garment industry.

For the needs of our study, we had to create a classifier for ensuring occupational health and safety, presented in Figure V.2.

CLASSIFIER FOR SAFETY AND HEALTH IN A SEWING COMPANY
1. INSURANCE ON MACHINERY, EQUIPMENT AND WORKING EQUIPMENT 1.1. Selection of appropriate technological equipment that meets the required standards. 1.2. Delivery and installation of equipment by authorized and qualified specialists. 1.3. Getting to know with the equipment and technological his parameters.

1.4. Performing preliminary tests for safe operation of the equipment before putting it into operation

1.5. Development and compliance with work safety instructions

2. MEASURES FOR SAFETY WHEN CARRYING OUT REPAIRS AND SUPPORT

2.1. Compliance with the specified sequence described in the passport (technological documentation) of the machine or equipment.

2.2. Providing the necessary materials for repair and maintenance. Avoiding the use of homemade tools.

2.3. Recording in the repair and maintenance log the types of activities and the dates on which they were performed.

3. SAFETY RULES WHEN PERFORMING ON TECHNOLOGICAL PROCESSES

3.1. Development of safety and health technology maps

3.2. Development of a procedure for securing raw materials, materials and products from an authorized supplier

- 3.3. Workplace and work site safety.
- 3.4. Posting safety instructions in a visible place and in an appropriate manner
- 3.5. Development of operational documentation and introduction on organizational safety measures
- 3.6. Marking, signaling and coloring the work area to achieve safety.

4. INSURANCE ON SAFETY AND WORK ERGONOMICS

PROCESS

- 4.1. Development of physiological norms and compliance with the established norms of the work process
- 4.2. Developing a rational work regime based on the physical capabilities of workers.
- 4.3. Designation of places or areas for rest during work outside the workplace
- 4.4. Compliance with safety requirements for special protection of persons protected by law

5. USE OF BUILDINGS AND PREMISES – REQUIREMENTS FOR SAFETY

- 5.1. Ensuring structural integrity of production premises in accordance with building and fire safety standards
- 5.2. Maintaining and cleaning safe traffic routes. Signaling emergency routes.

6. INSURANCE ON COLLECTIVE PROTECTION EQUIPMENT AGAINST

THE CONDITIONS ON WORK

Performing periodic measurements to establish the values of working environment factors.

- 6.1. Priority provision of collective protective equipment. Training in their use and periodic inspection of their suitability.
- 6.2. Documentation on the results.

7. INSURANCE ON PERSONAL FUNDS FOR PROTECTION TOWARDS THE CONDITIONS ON WORK

- 7.1. Determining the needs for personal protective equipment, their type and wear periods.
- 7.2. Denial of access to work to persons who do not use the PPE provided to them

7.3. Provision of special work clothing if necessary.

7.4. Training in their use and periodic checking of their suitability.

8. INSURANCE ON HEALTHY AND SANITARY AND HOUSEHOLD SERVICE

8.1. Provision on medical equipment for providing first aid – a medical kit with medications and dressings.

8.2. Training of staff in providing pre-medical care.

8.3. Maintaining sanitary facilities according to the number of employees and their needs

8.4. Conduct on periodic medical examinations by age groups, according to the specified deadlines.

8.5. Providing the enterprise with an occupational health service.

9. PREVENTION ON DISASTERS, ACCIDENTS AND OCCUPATIONAL ACCIDENTS

9.1. Identifying and analyzing possible safety and health risks in the event of an accident or disaster.

- 9.2. Development of emergency plans and their placement them on prominent places on the territory of the enterprise.
- 9.3. Establish an organization for interaction with other institutions in case of need.
- 9.4. Creating rules for action in the event of an occupational accident. Investigating and recording incidents.
- 9.5. Annual development of the emergency and fire hazard plan.

10. TRAINING, BRIEFING AND INFORMATION ON THE WORKERS FOR SAFE WORK METHODS

- 10.1. Training of the manager, executive staff and the specialists by units through period one year for safety and health.
- 10.2. Training of staff holding a position for which is requires qualification and legal capacity
- 10.3. Development on programs for the types of briefings and their implementation, according to the requirements.
- 10.4. Development and approval of a company safety policy statement by management.

- 10.5. Уведомяване на работещите за съществуващите евентуални рискове на работното място.
- 10.6. Провеждане на събрания на представителите на комитетите и групите по условия на труд.
- 10.7. Анализирание на силните и слабите страни на предприятието по безопасност и здраве.
- 10.8. Внедряване на интегрирана система за управление на безопасността.

Figure V.5.2. Classifier for safety and health in the garment industry.

Chapter VI. Study of the degree of significance of generalized factors on safety and ergonomics effectiveness

A survey-expert study was conducted on the priority importance of the factors summarized in Chapter V.3., influencing the effectiveness of safety, health and ergonomics. A screening experiment was carried out using the Kendall methodology, 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 have been screened out (identified). For this purpose the methodology described in chapter III.2.1 is used.

As a result of the analysis, the factors of working conditions in the sewing industry that affect occupational safety and ergonomics have been summarized and are given in table VI.2.

Table VI.2. Main factors of the conditions at work in the sewing industry

Factor code	Factors of working conditions in the sewing room industry, influential on occupational safety and ergonomics
X ₁	Noise
X ₂	Lighting
X ₃	Humidity
X ₄	Temperature
X ₅	Vibrations
X ₆	Surrounding environment
X ₇	Working posture
X ₈	Dustiness
X ₉	Regime of work

On the basis on the ones made studies and analyses [4, 5, 6, 7], a questionnaire was created in which a code was given for each of the nine summarized factors influencing occupational safety and ergonomics (Table 1).

The questionnaire was completed by 12 specialists – safety and health experts, technologists, production organizers, managers and supervisors in Bulgarian clothing companies; teachers in “Safety in labor and technology of clothing” in professional high schools and higher schools. Every expert has made a ranking of the factors according to his/her own vision for the degree of their influence on safety on labor and ergonomics.

The respondents were asked to place different assessment on everyone factor. The results obtained for the values of the sum of the scores for each factor, determined according to (III.2), are given in Table VI.1.

Table: VI.1 Amount from the grades on the experts for each factor

No. of the factor	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Amount from ratings ξ_i	59	97	38	87	24	17	69	50	100

After statistical processing of the results of questionnaire - expert survey According to (III.1.), (III.2.), (III.3.) and (III.4.) the following results were obtained:

$$W = 0,86908 \quad (VI.1)$$

$$\chi^2_R = 83.43168 \quad (VI.2)$$

$$\chi^2_T = 15,507 \quad (114,717 > 16,919) \quad (VI.3)$$

The estimated value of the Pearson criterion is greater than the tabulated value, therefore, the hypothesis for statistical significance on The coefficient of agreement W is confirmed at the selected significance level $\alpha = 0.05$, i.e. it can be stated with a confidence probability of 0.95% that the experts' assessments are consistent.

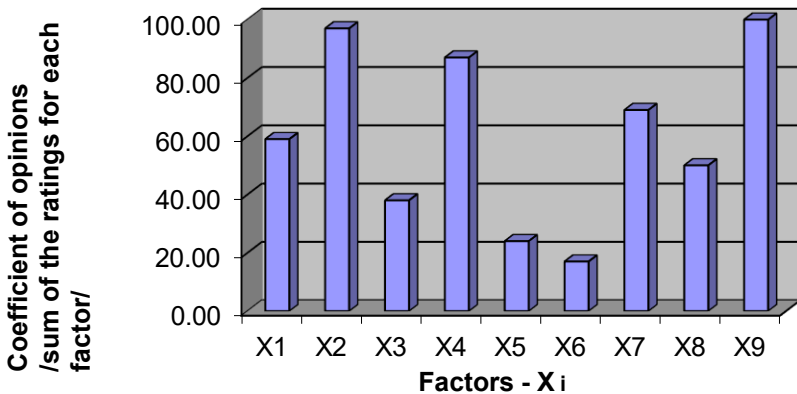


Fig: VI.1. Histogram on the experts opinions

1. The results obtained create conditions to reduce the number of factors with which to conduct research and analysis, and to develop mathematical models of processes to increase the effectiveness of occupational safety. This is a good base, determining the factors, whose influence on selected criteria for optimization, will be subject of analysis in future research.

2. The results obtained provide grounds to specify the priority importance of these factors . This significantly refines and simplifies the work of expert safety analysis on labor and ergonomics in the sewing industry.

Chapter VII. Research the influence on air temperature and physiological work regime on labor efficiency in the sewing room industry

VII.1. Conditions for conducting on the experiment

The human body has the ability to both give off and receive heat. The workload and intensity of work determine the amount of heat exchange. Heat exchange is directly dependent on the climatic factors of the surrounding environment.

The human body has the ability to adapt to the factors of the production microclimate , but only within a certain range. Outside this range, conditions are created for a feeling of heat or cold and discomfort is caused in the worker. If the human body is subjected to prolonged exposure to low or high temperatures, its protective functions weaken and this leads to colds or deterioration of the general health of the workers.

In the area with ironing machines and equipment it is important technological processes yes are optimized, so that there is no excess of moisture and heat, which can lead to to worsening conditions at work environment (in terms of on the temperature and humidity on air). On the other hand, any change in the type of processed textile material, imposes and change of the technological parameters for moisture-heat treatment, and this can also be a prerequisite for deterioration of working conditions. Therefore, it is particularly important that the parameters of the working environment are constantly monitored over time in order to ensure their maintenance at a constant level and, accordingly, occupational safety.

One from the main ones parameters on the working environment in the garment industry, the subject of a number of scientific studies, is the air temperature, which is measured through certain intervals from time [9]. No were held enough research with continuously

reading the air temperature, which is of great importance meaning, especially in the working zone with machines and facilities for moisture-heat treatment. This motivates the research in the present work to focus on one of the main areas in the garment factory of a sewing company - the moisture-heat treatment area, using a computer-integrated measuring system for continuous monitoring of air temperature [9].

Achieving optimal air temperature is a complex optimization task. On the one hand, maintaining a colder environment reduces dexterity and impairs the efficiency of movements; in a warmer environment, receptivity deteriorates and vigilance is reduced, and on the other hand, at temperatures close to the limit values regulated in the BNS, a risk of illness appears.

In addition, a different interval is set in the BNS permissible values for the temperature on the air for the cold period of the year and for the warm period.

Therefore, it is planned to conduct two experiments: the first experiment - for a cold period; the second experiment - for a warm period of the year.

The variants of the factor F_A (air temperature - T , °C) are in the borders, determined by BNS [9], as follows:

- for the cold period experiment: $F_{A1} = 19$ °C; $F_{A2} = 23$ °C;

- for the warm period experiment: $F_{A1} = 27^{\circ} \text{C}$; $F_{A2} = 24^{\circ} \text{C}$.

The first version of the $F_{A \text{ factor}}$ is reported in 2023 and the second option, reported in 2024 Mr. in both experiments.

The options on the factor F_{In} (physiological operating regime) are the same for both experiments and are as follows:

F_{B1} - option 1: start of the working day - 8.00 a.m.; technological break - 10.00 ÷ 10.30 a.m.; lunch break - 12:00 ÷ 1:00 h.; technological rest - 15.00 ÷ 15.30 h.; end on the working one day - 5:00 p.m.;

F_{B2} - option 2: start of the working day - 8.00 a.m.; technological rest - 9.50 ÷ 10.00 h.; lunch rest - 11:30 h. ÷ 12:00; technological rest - 13.30 ÷ 1:40 p.m.; technological break - 3:00 p.m. ÷ 3:10 p.m.; end of the working day - 5:00 p.m.

In the cold period experiment, two repeated observations are conducted for both variants. on the factor F_{In} : first option – through January and February; second option – in November and December of the respective year.

At the experiment for warm period is conduct two repeated observations for both variants of the factor F_{In} : first option – through May and through June month; second option – through July and August month on the relevant year.

The research is carried out in one of the main sections of the garment factory – the moisture-heat recovery zone (WHR). There are 19 workers in this zone and both experiments were conducted with them.

The sewing company is housed in a one-story building with a total area of 480 m², where there are separate work areas covering the entire technological process. The building answers on constructive, construction and fire safety standards for the implementation of sewing production. The relevant systems for purifying the air of the working environment have been built, i.e. the premises have a common ventilation system. There is also the possibility of natural ventilation.

The layout of the production room with the location of the workplaces, doors, windows and ventilation is given on Figure VII.1.1.

The individual types of jobs, illustrated in Figure VII.1.1 ., are as follows:

- 1 - working places for work with universal and special sewing machines /20 pieces/;
- 2 - working place on the technologist /1 number/;
- 3 - working places with machines for humid- heat treatment /19 pieces/;
- 4 - working places for cutting /2 the number/;
- 5 - workplaces for control and packaging /2pc/

The lighting is mixed, like artificial lighting is luminescent and is located in straight line over the individual working places. The type lighting in everyone from conducted experiments no is changes. By time on the experiments were measured and the following parameters: noise, dust and air humidity in the working ones premises. The received results for the values on these parameters are approximately constant values and are in the frames on the maximum permissible norms set in the Bulgarian standards.

In the production premises shown below in Figure VII.1.1 A heating system has been built using eco-pellets as raw material. There are also air conditioners in the working premises. Under these conditions the first variant of the factor has been implemented F_A in Experiment I and in Experiment II.

Subsequently, to achieve a more favorable microclimate, the room was additionally air-conditioned and ventilated. Under these conditions, the second variant of the factor F_A was implemented. in Experiment I and in Experiment II.

To study the influence of air temperature and physiological work regime on the effectiveness of occupational safety in the sewing industry, a two-factor analysis of variance [5.6] is used, where:

$m = 2$ – number of repeated observations at each point of the experimental design;

$a = 2$ – number variants on the factor F_A

$b = 2$ – number of variants of the factor F_B ;

VII.2. Results from held experiment.

As a result of the experiments conducted, a change in the general state of health was established. of the workers from the moisture-heat treatment area of the garment shop of a sewing company when changing the variants of the factors F_A and F_B .

The results for the relative share on workers with worsened total healthy condition compared to The total number of workers in the ironing section are given respectively:

- in table 1. – for cold period /Experiment 1/;

- in table 2. – for the warm period /Experiment 2/. **Table:**

VII.2.1. Relative share of workers with worsened total healthy condition compared to the general number on the workers in the zone for moisture-heat processing in sewing company /Experiment 1/

	$F_{A1}=19^{\circ}\text{C}$		$F_{A2}=23^{\circ}\text{C}$	
Physiological regime on work - option 1 - F_{B1}	6 pcs. 31.58%	5 pcs. 26.32 %	4 pcs. 21.05 %	5 pcs. 26.32 %
Physiological regime on work - option 2 - F_{B2}	3 pcs. 15.79 %	2 pcs. 10.53 %	1 pc. 5.26 %	2 pcs. 10.53 %

Table: VII.2.2. Relative share on the workers with a deteriorated general health condition compared to the total number of workers in the heat and humidity zone processing in sewing company /Experiment 2/

	F _{A1} =27 °C		F _{A2} =24 °C	
Physiological regime of operation - option 1 - F _{B1}	5 pcs. 26.32 %	4 pcs. 21.05 %	3 pcs. 15.79 %	4 No. 21.05 %
Physiological regime of operation - option 2 - F _{B2}	1 pc. 5.26 %	2 pcs. 10.53 %	2 pcs. 10.53 %	1 No. 5.26 %

The results of Experiment I are illustrated in Figure VII.2.1. and Figure VII.2.2. The results of Experiment II are illustrated in Figure VII.2.3. and Figure VII.2.4.

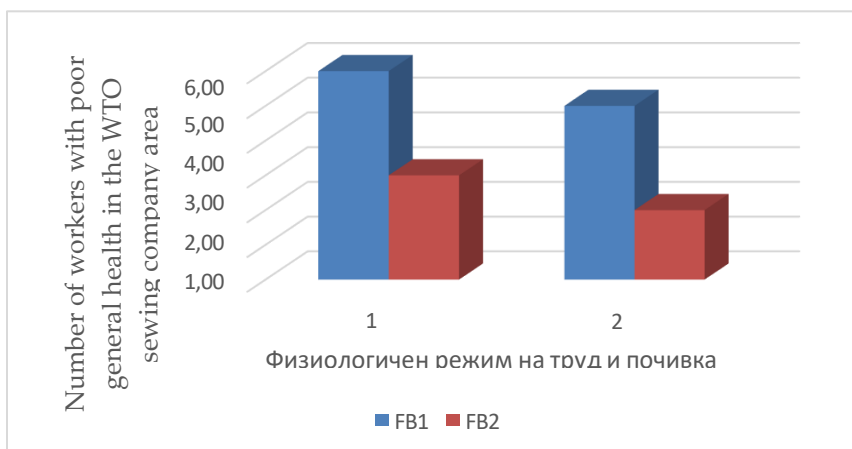


Figure VII.2.1. Results for Experiment I and Option F_{A1}

It is important to note that the second variant of the factor F_A Experiment I and Experiment II were conducted with additionally installed air conditioners. This improves the microclimate of the working environment and contributes to increasing the effectiveness of occupational safety in the sewing enterprise.

The analysis of the results shows that the reported general health status of workers in the second variant of the factor F_A is better, both for Experiment I and Experiment II, compared to the general health of workers in the first variant of the factor F_A .

About the $F_{B \text{ factor}}$ /physiological work regime/ it can be summarized that the results for the general health of workers in the second variant of this factor are better in both experiments, compared to the first variant of the factor.

This can clear yes is see on figure VII.2.1., figure VII.2.2., figure VII.2.3., and Figure VII.2.4.

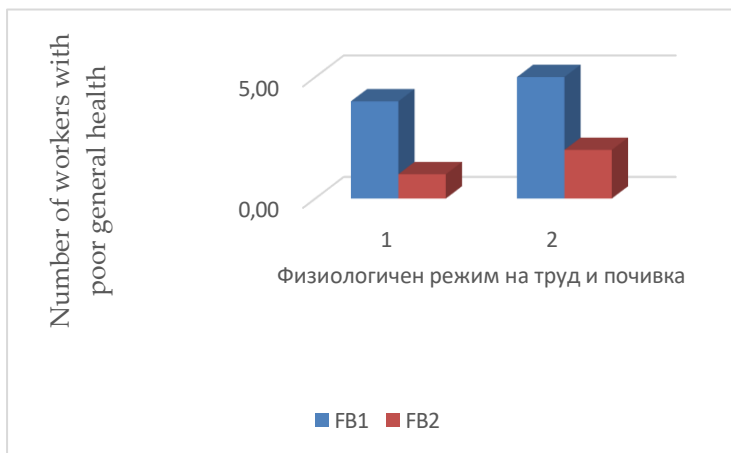


Figure VII.2.2. Results for Experiment I and option F_{A2}

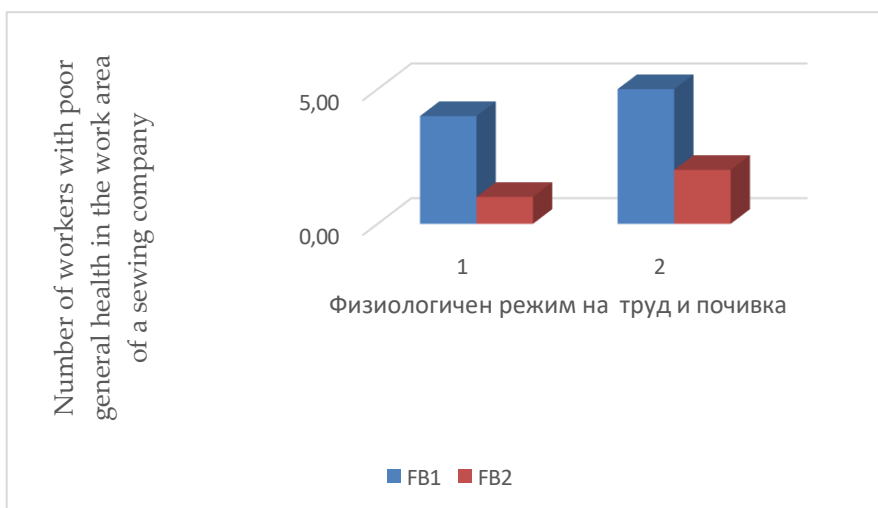


Figure VII.2.3. Results for Experiment II and variant F_{A1}

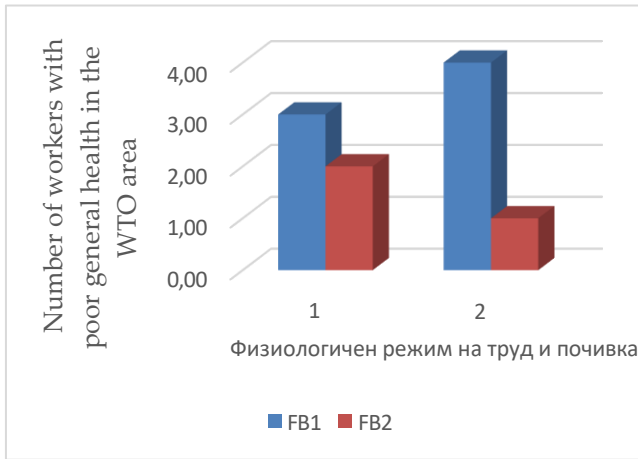


Figure VII.2.4. Results for Experiment II and variant F_{A2}

As a result of the calculations made using the methodology described in chapter III.2.2. for experiment 1, the following results were obtained:

$H_{A1}=21.06\%$; $H_{A2}=15.79\%$; $M_{B1}=26.32\%$; $M_{B2}=10.53\%$;
 $M_{A1B1}=28.95\%$; $M_{A2B1}=23.69\%$; $M_{A1B2}=13.16\%$; $M_{A2B2}=7.9\%$.

After performing the two-factor analysis of variance [5, 6], the results for the corresponding sum of squares of deviations and the corresponding variance for Experiment 1 were obtained, given in Table VII.2.3.

**Table: VII.2.3. Sumy from squares of deviations
and dispersions for Experiment 1**

	Sum of squares of deviations a	Dispersion
1. Between the groups of factor F _A	Qt = 55,546	$S_A^2 = \frac{Q_t}{f_A} = 55,546$
2. Between the groups of factor F _B	Qc = 498,648	$S_B^2 = \frac{Q_w}{f_B} = 498,648$
3. Between interaction groups is on F _A and F _{In}	Qtc = 0.0004	$S_{AB}^2 = \frac{Q_{tc}}{f_{AB}} = 0.0004$
4. Internal group	Qz = 55.4406	$S_Z^2 = \frac{Q_Z}{f_Z} = 13.8601$ 5

After the calculations made using the methodology described in chapter III.2.2. for experiment 2, the following results were obtained:

H_{A1} = 15.79%; H_{A2} = 13.1575%; M_{B1} = 21.0525%;
M_{B2} = 7.89%; M_{A1B1} = 23.685%; M_{A2B1} = 18.42%;
M_{A1B2} = 7.895%; M_{A2B2} = 7.895%.

The results for the corresponding sum of squares of deviations and for the corresponding variance for Experiment 2 are given in Table VI.2.4.

Table VII.2.4. Sumy from squares on deviations and dispersions for Experiment 2

	Sum of squares of deviations a	Dispersion
5. Between the groups of factor F _A	Qt = 13.86	$S_A^2 = \frac{Q_t}{f_A} = 13.86$
6. Between the groups of factor F _B	Qc = 346.2396	$S_B^2 = \frac{Q_c}{f_B} = 346.2396$
7. Between interaction groups yes on F _A and F _{In}	Qtc = 13.86	$S_{AB}^2 = \frac{Q_{tc}}{f_{AB}} = 13.86$
8. Internal group	Qz = 55.49315	$S_Z^2 = \frac{Q_Z}{f_Z} = 13.873287$ 5

After comparison on received values for F – the criterion (from the experimental results) with the tabular values on criterion on Fischer, **can to draw the following conclusions:**

- The change in the factor " air temperature" / F_A / in the corresponding intervals, as during the warm period on the year, so and through the cold period, no influences essential on the deterioration of the total healthy condition on the workers from the zone for hygrothermal processing on garment section in a sewing company at the chosen one level of significance $r = 0.05$;

- The type of physiological regime of operation /the factor F_{In} / at Experiment 1 and Experiment 2 significantly affects the results of the general health of workers in the heat and moisture treatment area of a garment section in a sewing factory company at the chosen one level on significance $r = 0.05$;

- The combined impact of both factors / F_A and F_{In} / no shows statistically significant influence on the general healthy condition of workers in the heat and moisture treatment area of a garment section in a sewing company at the selected level on significance and through the cold one, and through the warm one period of the year.

It can be summarized that in the experiments conducted, the change in the levels of the factor F_A

(temperature on air) is approximately in the environment on the interval allowed by the BNS [5,6]. It is assumed that this is the reason for the statistically insignificant influence of this factor on the health status of workers.

It is important to note that the implementation of the second variant of the factor F_A Experiment 1 and Experiment 2 are carried out with additionally installed air conditioners. This improves the microclimate of the working environment and contributes to increasing the efficiency of labor safety in the sewing company. For example, from the analysis of the second variant of the factor F_A it is better, both for Experiment 1 and Experiment 2, compared to the general health of the workers in the first variant of the factor F_A .

Regarding the factor F_B /physiological work regime /, it can be summarized that the results for general health confluence on the workers at the second a variant of this factor are better in both experiments, compared to the first variant of the factor.

To increase efficiency in ensuring safe working conditions, air temperature is continuously monitored over time using a computer-integrated measurement system. This allows for constant feedback on the microclimate in the workroom and for rapid corrective measures to be taken to maintain a constant air temperature.

VII.3. CONCLUSION:

As a result of the research and analysis carried out, it can be summarized:

3. A classification /ranking/ of the factors of working conditions in the garment industry has been made, affecting occupational safety and ergonomics;
4. A screening experiment was carried out using Kendall's methodology, as a result of which the factors of working conditions in the sewing industry, influencing occupational safety and ergonomics, were ranked by priority importance, as shown in Fig. VI..1.
5. Sifted (defined) are the factors, which most significantly (with the highest priority) affect the safety on labor and ergonomics in the sewing industry
 - X₉ – regime on work;
 - X₂ – lighting;
 - X₄ – temperature the air

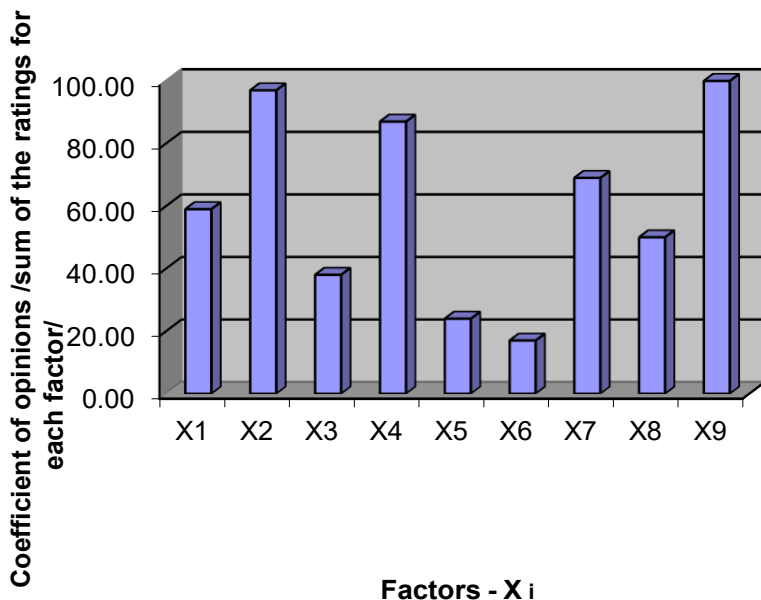


Fig: VI.1. Histogram on the experts opinions

6. The received results create conditions to reduce the number of factors with which to conduct research and analysis, and to develop mathematical models of processes to increase the effectiveness of occupational safety. This is a good basis for determining the factors whose influence on selected optimization criteria will be the subject of analysis in future studies.

7. The results obtained provide grounds to specify the priority importance of these factors. This significantly refines and simplifies the work of expert safety analysis on labor and ergonomics in the sewing industry.

Chapter VIII. Study of the influence of illumination and the physiological regime of work and rest on efficiency on safety

VIII.1. Conditions for conducting on the experiment

The characteristics of technological processes in the sewing industry impose specific requirements. to the main ones technological parameters of the work environment to increase safety efficiency at work. Illumination is the other an important factor, identified in Chapter VI as a major factor influencing safety and health. In this regard, a two-factor analysis of variance was carried out to examine the influence of lighting and the physiological regime of work and rest on safety effectiveness.

In this way, using mathematical methods of analysis and evaluation, it is established how significant the influence of illumination is, both individually and jointly. and physiological regime of labor and

rest on visual tension on workers in the garment industry.

In the tailor's industry exist activities that mainly load local muscle groups. They are characterized by motor monotony and forced working posture. Depending on the assessment of the risk at work, different models of physiological work and rest regimes are introduced during work, a namely: frequent, but with small duration and rare, but with bigger duration holidays. In this relationship, when conducting the two-factor dispersion analysis analysis, the options on the factor F_A /physiological regime of work/ are, as follows:

F_{A1} = option 1: start of the working day - 8.00 a.m.; technological break - 10.00 ÷ 10.30 a.m.; lunch break - 12:00 ÷ 1:00 h.; technological rest - 3.00 ÷ 3.30 h.; end on the working one day - 5:00 h.;
 F_{A2} = option 2: home on the working one day - 8.00 a.m. ;
technological rest - 9.50 ÷ 10.00 h.; lunch rest - 11:30 h. ÷ 12:00 pm; technological rest - 1.30 ÷ 1.40 p.m.; technological break - 3.00 ÷ 3.10 p.m.; end of the working day - 5:00 p.m.

Especially important factor at implementation on work activity in the sewing industry is illumination.

Light is an external factor through which all necessary perceptions and sensations are achieved.

Providing the necessary light It starts at the design stage of the work space and workplace. The implementation and maintenance of lighting systems is also of great importance.

Illumination standards for different workplaces are different and are determined by the Bulgarian Occupational Safety and Health Administration [8]. Poor lighting can cause vision impairment.

With poor visibility, more mistakes are made and the likelihood of accidents increases.

Unpleasant visual sensations can lead to to visual fatigue, a from there and to general fatigue of the person.

The values of the variants of the factor F_B (illuminance in the working room, L_x), are within the limits, staked in BNS BNS [8] and are, as follows:

$$F_{B1} = 200, \\ L_x; F_{B2} = \\ 350, L_x.$$

The two-factor method was applied to conduct the study. analysis of variance, described in Chapter III.2.2. [83, 86], where:

X – the percentage of workers with a deterioration observed on vision at the periodic reviews,

conducted on employees in the selected company out of the total number of employees in the company;

$m = 2$ – number of repetitions for each of the combinations of factor variants for two years – for 2023 and 2024;

$a = 2$ – number variants on the factor F

A ; $b = 2$ - number variants on the factor

$\overline{F}_B$;

$\overline{X}$ -general arithmetic mean.

VIII.2. Results from conducted research.

The results obtained from the conducted research are presented in table VIII.2.1.

Table: VIII.2.1. Results for the number of workers with observed deterioration of vision during periodic reviews, held on employees in the selected company for the different variants of the factors F_A and F_B

	Fa1 /physiological regime of operation- option 1/		Fa2 /physiological regime of operation- option 2/	
illumination $F_{B1} = 200, Lx$	23 pcs. 27.38%	17 pcs. 20.24 %	14 pcs. 16.67 %	9 pcs. 10.71 %
illumination $F_{B2} = 350, Lx$	20 pcs. 23.81 %	13 pcs. 15.48 %	11 pcs. 13.10 %	6 pcs. 7.14 %

After conducting the research and making the calculations by the methodology, described in Chapter III.2.2. the following results were obtained: M

$$M_{A1B1}=23.81\% \quad (\text{VIII.1})$$

$$M_{A2B1}=13.69\%; \quad (\text{VIII.2})$$

$$M_{A1B2}=19.645\%; \quad (\text{VIII.3})$$

$$M_{A2B2}=10.12\%; \quad (\text{VIII.4})$$

Q_t - amount from the squares on deviations by factor F_A

$$Q_t = mb \sum (H_A - \bar{X})^2 \quad (\text{VIII.5})$$

Q_c - amount from the squares on deviations by factor F_B

$$Q_c = ma \sum (M_B - \bar{X})^2 \quad (\text{VIII.6})$$

Q_{tc} - amount from the squares on deviations on the variation in the interaction

$$Q_{tc} = m \sum [(M_{AB} - \bar{X}) - (H_A - \bar{X}) - (M_B - \bar{X})] \quad (\text{VIII.7})$$

Q_z - within-group variation

$$Q_z = \sum (X_{AB} - M_{AB})^2 \quad (\text{VIII.8})$$

Q – general dispersion

$$Q = \sum (X - \bar{X})^2 \quad (\text{VIII.9})$$

The degrees on freedom is determine, as follows:

$$f_A = a - 1 \quad (\text{VIII.10})$$

$$f_B = b - 1 \quad (\text{VIII.11})$$

$$f_{AB} = (a-1)(b-1) \quad (\text{VIII.12})$$

$$f_z = abm - ab \quad (\text{VIII.13})$$

$$f = abm - 1 \quad (\text{VIII.14})$$

After processing the results according to the mentioned methodology in Chapter III /(III.6) ÷(III.17)/ [83, 86], results for the individual components of the variance were obtained, given in Table VIII.2.2.

Table: VIII.2.2. The sum of the squares of the deviations, the degrees on freedom and the dispersions

Amount from the squares of deviations	Degree at liberty	Dispersion
9. Between the Fa factor groups Qt = 192.8648	f1 = 1	$S^2 = \frac{Q_t}{f_A} = 192.8648$
10. Between the groups on factor Fb Qc = 29,954	f2 = 1	$S^2 = \frac{Q_c}{f_B} = 29,954$
11. Between the interaction groups of Fa and Fb Qtc = 0.00005	f3 = 1	$S^2 = \frac{Q_{tc}}{f_{AB}} = 0.00005$
12. Internal group QZ = 95.70585	f4 = 14	$S^2 = \frac{Q_Z}{f_Z} = 23.926462$

It is necessary to estimate the resulting variances. For the goal is used Fischer's criteria to determined the

relevant estimated and tabular F-criterion values:

$$F_{RA} = \frac{S_A^2}{S_Z^2} = 8,0607319 \quad (\text{VIII.15})$$

$$F_{RB} = \frac{S_B^2}{S_Z^2} = 1,251919 \quad (\text{VIII.16})$$

$$F_{RAB} = \frac{S_{AB}^2}{S_Z^2} = 0,0000020897 \quad (\text{VIII.17})$$

$$\begin{aligned} f_1 &= a - 1 \\ F_{TA} \{ f_2 &= abm - ab \} = 7,71 \\ r &= 0,05 \end{aligned} \quad (\text{VIII.18})$$

$$\begin{aligned} f_1 &= b - 1 \\ F_{TB} \{ f_2 &= abm - ab \} = 7,71 \\ r &= 0,05 \end{aligned} \quad (\text{VIII.19})$$

$$\begin{aligned} f_1 &= (a - 1)(b - 1) \\ F_{TAB} \{ f_2 &= abm - ab \} = 7,71 \\ r &= 0,05 \end{aligned} \quad (\text{VIII.20})$$

VIII. Conclusions

1. Held is two-factor dispersion analysis to establish the significance of the influence of the factors: F_A – the physiological regime of work and F_{In} – the change in illumination in the interval 200÷350, Lx, on the visual strain of employees in a medium-sized company. The number of workers with observed deterioration of vision during periodic examinations of employees is used as a quantitative measure of the optimization criterion "visual strain".

2. Through this mathematical-statistical method of analysis and assessment is proven, that the influence on the factor F_A /physiological regime of operation/ on visual tension is substantially, a the influence on the factor F_B /illuminance, when changing from 200÷350, Lx/, as well as the joint influence of the two factors on the visual strain of the employees in the selected company is insignificant. In the conducted studies, the change in the levels of the factor F_B /illuminance, Lx/ is within the range allowed by the BNS [83]. We assume that this is the reason for the reported insubstantial influence on this factor on the number of workers with observed vision deterioration.

3. These results create conditions for mathematical modeling on technological processes for increase efficiency for safety on work in the garment industry. They can to serve for taking fast and accurate solutions with inspection insurance on safe working conditions in the respective company, which determines their applied-scientific nature.

CONTRIBUTIONS ON DISSERTATION WORK

Applied science contributions:

1. An analysis of the importance of the sectors of the light industry in southwest Bulgaria, as is attached mathematical method for assessment. It is confirmed. the hypothesis, that the sewing room industry there is the broadest social importance of the light industry branches in southwestern Bulgaria.

2. An analysis of the technological parameters has been carried out on the working environment, which influence on efficiency on safety and ergonomics in the sewing industry. Through a screening experiment, the technological parameters of the the working environment, which most importantly affect safety and ergonomics in the sewing industry. The hypothesis has been proven that the parameters of the working environment, which are with highest degree of influence on efficiency on safety and ergonomics in the sewing room industry are: the regime of work and rest; lighting; temperature of the working environment.

3. The influence of work environment parameters on criteria for optimizing safety and ergonomics in the sewing industry has been studied.

4. By applying a two-factor dispersion analysis are proven the hypotheses, that:

- the change on the parameter «temperature in the air» in the relevant intervals (allowed by the BNS), both during the warm period of the year and during the cold period on the year, no influences substantially on the deterioration on the general healthy condition of workers in the moisture-heat treatment area of a garment section in a sewing company with continuous air temperature readings for the selected significance level;

- the type on physiological regime of work significantly affects the results for the general health of workers in the heat and moisture treatment area of a garment section in a sewing company at the selected significance level, both during the warm period of the year and during the cold period of the year;

- the combined impact of both factors «temperature on the air" and "the kind" of physiological work regime "does not have a statistically significant impact on overall health condition on the workers from the zone for moisture-heat treatment of a garment section in a sewing company at the selected level of significance during both the cold and warm periods of the year.

5. The influence of operating parameters was studied. environment on visual tension of employees in the sewing room industry. Through the application of two-factor dispersion analysis are proven hypotheses that:

- physiological regime of work significantly affects the results for the visual strain of employees in the selected company at the selected level of significance;

- the change on illumination in the interval 200÷350, Lx no influences essential on visual tension at the selected level of significance;

- the combined impact on the two factors "physiological regime of work" and "illumination" (in the interval 200÷350, Lx) no has a statistically significant effect on visual acuity at the selected significance level.

Applied contributions:

1. Development on classifier for safety and health in a sewing enterprise.

LIST With PUBLICATIONS PO THE DISSERTATION THESIS

1. Chobanov, V., " *Research on the influence of air temperature and physiological work regime on the efficiency of occupational safety in the sewing industry* ", International Conference on Electronics, Engineering Physics and Earth Science (EEPES'25), Alexandroupolis, Greece, 18–20 June 2025, accepted for publication in the Proceedings of the Conference MDPI Engineering Proceedings on April 14, 2025, ISSN: 2673-4591, indexed in Scopus, <https://www.mdpi.com/journal/engproc>
2. Chobanov, V., Amudzhev, Iv., " *Study of basic parameters of the working environment to increase the efficiency of work safety in the clothing industry* ", Tekstil I obleklo, ISSN 1310-912X (Print), ISSN 2603-302X (Online), issue 1, 2024.
3. Chobanov, V., Amudzhev, Iv., " *Application of mathematical methods in the study of occupational safety and ergonomics in the light industry* ", presented at XXVI National Textile Conference NTC 2024, 17-19 October 2024, Koprivchtitsa, Bulgaria, Tekstil I obleklo, ISSN 1310-912X (Print), ISSN 2603-302X (Online), accepted for printing in issue 11-12, 2024.
4. Chobanov, V., " *Analysis of the branches of the light industry in south-western Bulgaria* " , Tekstil I obleklo, ISSN 1310-912X (Print), ISSN 2603-302X (Online), issue 5, 2024.

I declare, that the present dissertation contains original results, received at conducted from I have conducted scientific research (with the support and assistance of my scientific supervisor). The results that have been obtained, described and/or published are described in the "Publications" section.

This dissertation has not been applied for the acquisition of a scientific degree at another higher education school, university or scientific institute.



ЮГОЗАПАДЕН УНИВЕРСИТЕТ
„НЕОФИТ РИЛСКИ“

Маг. инж. Васил Дамянов Чобанов

Изследване на основни технологични параметри на
работната среда за повишаване ефективността за
безопасност и ергономия в леката промишленост

АВТОРЕФЕРАТ

за присъждане на образователна и научна степен „доктор“ в
област на висше образование: 5. Технически науки

Професионално направление: 5.1. Машинно инженерство
Докторска програма „Машини и процеси в леката промишленост“
на тема

**Изследване на основни технологични параметри на
работната среда за повишаване ефективността за
безопасност и ергономия в леката промишленост**

Научен ръководител: доц. д-р Иван Амуджев

Благоевград, 2025

Настоящият дисертационен труд съдържа използвани съкращения, въведение, осем глави, изводи и цитирана литература. Общият му обем е 126 страници, от които 7 страници използвана литература. Включени са 26 фигури и 17 таблици. Цитираната литература обхваща 103 заглавия.

Дисертационният труд е обсъден на 04.06.2025 год. на заседание на катедрен съвет на катедра „Машинно инженерство“ към Технически факултет при Югозападен университет „Неофит Рилски“ – Благоевград.

Публичната защита на дисертационния труд ще се състои от на 10.07.2025 год. от 15.00 часа в зала 339, УК № 1 на открито заседание на научното жури, определено със заповед № 1268 / 10.06.2025 год. на Ректора на Югозападен университет „Неофит Рилски“ в състав:

Научно жури:

Проф. д-р инж. Снежина Ангелова Андонова

Доц. д-р Рая Асенова Стоянова

Проф. д-р Димитър Стефанов Димитров

Доц. д-р Данко Христов Тонев

Доц. д-р Георги Георгиев Комитов

СЪДЪРЖАНИЕ

ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

- 3. Актуалност на проблема 5.**
- 4. Цел и задачи на дисертационния труд 6.**

СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Глава I. Анализ на изследванията за състоянието на леката промишленост по отношение на условията на труд 8.

Глава II. Анализ на изследванията на основните технологични параметри на работната среда за повишаване на ефективността за безопасност и ергономия в леката промишленост 10.

Глава III. Използвани методи за провеждане на изследванията 12.

Глава IV. Анализ на отраслите в леката промишленост. 17.

Глава V. Анализ на работната среда в шевната индустрия с оглед повишаване на ефективността за безопасност и ергономия 21.

Глава VI. Изследване на степента на значимост на обобщените фактори върху ефективността за безопасност и ергономия 30.

Глава VII. Изследване влиянието на температурата на въздуха и физиологичния режим на работа върху ефективността на труда в шевната индустрия 34.

Глава VIII. Изследване влиянието на осветеността и физиологичния режим на труд и почивка върху ефективността на безопасността..... 51.

Приноси на дисертационния труд 60.

Списък с публикации..... 63.

Обща характеристика на дисертационния труд

3. Актуалност на проблема

В леката промишленост особен интерес за безопасността и здравето на работещите представляват факторите на работната среда, като: осветеност на работното място; температура и влажност на работната среда, шум, вибрации, физиологичен режима на работа и редица други, всеки от които е бил предмет на научна трактовка.

В контекста на направените проучвания и анализи на изследванията за повишаване на ефективността на безопасността на труда и ергономията в леката промишленост, целта на дисертационният труд е да се изследва влиянието на основните параметри на работната среда за повишаване на ефективността за безопасност и ергономия в леката промишленост.

Един от най-развитите отрасли от леката промишленост (установено, чрез прилагане на отсейващ експеримент) е шивашката, поради което тя е обект и на дисертацията. Актуалността на проблема се свежда до това, че процесите в шевното производство са много и различни, като поотделно за всеки от тях не е проучена ефективността от прилагания физиологичен режим на труд и почивка по време на работа.

4. Цели и задачи на дисертационния труд

Изследвани са някои зависимости между отделните фактори и определени критерии за оптимизация.

В нашето изследване целим да проучим начините за определянето на технологичните почивки в зависимост от това как се прилагат.

В производствения процес обикновено се проявява един водещ фактор, оказващ неблагоприятно въздействие.

Нашата цел е да отсеем и идентифицираме именно този фактор и да изследваме неговото влияние върху здравето на работещите.

Факторът натоварване на работещите също е от съществено значение за здравословното състояние и производителността на труда. За това е необходимо да се изследва, как би могло да се запази и подобри здравето на работещите при въвеждане на подходящ физиологичен режим на труд и почивка.

От проучените научни изследвания се установи, че не е подробно изследвано комбинираното влияние на различните фактори на работната среда върху здравето и безопасността на работещите при прилагане на различни физиологични режими на труд и почивка по време на работа.

Ето защо целта на дисертационният труд е да се да се изследва влиянието на основните технически параметри на работната среда за повишаване на ефективността за безопасност и ергономия в леката промишленост.

В тази връзка са изведени следните задачи:

9. Да се осъществи анализ на отраслите в леката промишленост и да се проведе отсейващ експеримент за проверка на хипотезата, че шевната промишленост има най-широко социално значение от отраслите в леката промишленост за югозапада България.
10. Да се осъществи анализ на силните и слабите страни (SWOT анализ) на факторите, определящи работната среда в шевната промишленост.
11. Да се осъществи анализ на етапите на проектирането на организацията на труда в шевната промишленост
12. Да се осъществи анализ и да се обобщят факторите на работната среда в шевната индустрия с оглед повишаване на ефективността за безопасност и ергономия.
13. Анализ на критериите за ефективност и оптимизация на процесите за безопасност и здраве в шевната индустрия.

14. Обобщаване на класификатор за безопасност и здраве в шевната промишленост.
15. Изследване степента на значимост на обобщените фактори върху ефективността за безопасност и ергономия.
16. Изследване влиянието на определените с най-висока степен на значимост фактори по отделно и съвместно върху критерии за оптимизация на безопасността и здравето.

Глава I. Анализ на изследванията за състоянието на леката промишленост по отношение на условията на труд

Наблюдението на трудовия процес следва да бъде насочен към следене на един от основните фактори, а именно параметрите на работната среда, което е и наша цел в проучването.

Въвеждането на специфични технологични процеси, използването на конкретни материали и суровини в производството, използваното работно оборудване и други определят отрасловите и конкретни изисквания.

За осигуряване на здравословни и безопасни условия на труд в предприятието е необходимо да бъде определена т.н. структура на областите на въздействие.

При организиране на дейността в тази насока усилията трябва да бъдат насочени към следните основни области:

6. Техническа безопасност;
7. Социално-хигиенни условия;
8. Психо-физиологически условия;
9. Психо-социални условия;
10. Естетически условия.

Ключови показатели за изчисление на ефективността на трудовата дейност са количествени и качествени измерители, използвани за преглед на дейността на организацията спрямо поставените цели. Те очертават областите за подобрене по отношение на оборудване, условия, организация и работна сила.

Според приетите стандарти на европейско и национално ниво факторите на условията на труд биват:

- Физични;
- Химични;
- Биологични;
- Психофизиологични;
- Ергономични;
- Организационни;
- Други вредни фактори.

Според начина си на действие факторите могат да влияят по различен начин – положително или отрицателно. Ето защо „фактора“, може да се определи

като някаква движеща сила. Те могат да станат причина не само за възникване на опасност или вреда а и за физическо нараняване или материална щета.

Глава II. Анализ на изследванията на основните технологични параметри на работната среда за повишаване на ефективността за безопасност и ергономия в леката промишленост

Провеждани са множество изследвания на различни технологични фактори върху отделни критерии за повишаване на ефективността на безопасността на работа [41,43]. Например, изследвана е връзката между замърсяването и сърдечните заболявания в леката промишленост [4]; между експозицията на памучен прах и дългосрочното влошаване на белодробната функция [10]; между работата на ротационни нощни смени и риска от исхемичен инсулт [7]; между работата на смени и риска от коронарна болест на сърцето при жени [18] и редица други. В резултат на изследвания от такъв характер се извеждат и редица гранични стойности за отделни технологични фактори [14].

В леката промишленост особен интерес представляват технологични фактори, като: осветеност на работното място; температура и влажност на работната среда [6]; шум [5]; вибрации [11]; режима на

работа [7, 18] и редица други, всеки от които е бил предмет на научна трактовка.

Изследвани са и някои зависимости между отделните фактори и определени критерии за оптимизация [4, 7, 10, 18].

Не достатъчно е изследвано, обаче, съвместното влияние на осветеността на работното място и физиологичния режим на труд и почивка върху зрението на работниците, както и влиянието на микроклимата, респ.температурата на работната среда и физиологичния режим на труд и почивка спрямо безопасността и здравето на работещите.

Чрез избрани критерии и оценка на необходимостта от изследване на влиянието на конкретните фактори на работната среда върху работещите би могло да подпомогне мениджърите да направят преценка при вземане на решение за въвеждане на подходящ физиологичен режим на труд и почивка по време на работа.

Класифицирането и синхронизирането на действието на факторите е предпоставка за по-навременното идентифициране на рисковете и набелязване на мерки.

В дисертационния труд е направено проучване, анализ и оценка за установяване на влиянието на факторите на работната среда върху здравето, безопасността и работоспособността на работещите.

В контекста на направените проучвания и анализи на изследванията за повишаване на ефективността на безопасността на труда и ергономията в леката промишленост е необходимо в дисертационния труд е да се изследва влиянието на основните фактори на работната среда за повишаване на ефективността за безопасност и ергономия в леката промишленост.

Производствения процес в леката промишленост респ. в шевната индустрия се характеризира със специфично състояние и особености. Като най-разпространен и най-ефективен се използва т.н. поточен метод на производство.

Глава III. Използвани методи за провеждане на изследванията

III.4. Три факторен метод за оценяване на риска

За решаването на поставените задачи са използвани научно обосновани методи. За идентифицирането на риска е използван три факторен метод за оценяване на риска.

Оценката на риска представлява сравняване на действителността с определените критерии. За всяка евентуална опасност се определят елементите и параметрите на този риск.

Елементите на риска са: Тежест на риска, понасянето на загуби или Вредата и периода от

работното време, през което работещите се намират под влияние на неблагоприятни фактори определят Експозицията.

Въз основа на елементите на риска, градирани по степен на риска е обобщено относителното степенуване, предствени в дисертацията в табличен вид.

III.5. Приложение на математически методи при изследване на безопасността на труда

III.5.1. Анкетно – експертно проучване за реализиране на целта и задачите на изследванията

В дисертационния труд е използван метода на английския математик Кендел [1, 2, 8] за осъществяване на анкетно – експертното проучване за реализиране на съответните задачи. Той включва методите за статистически анализ на експертни оценки, чрез определяне на:

- коефициента на конкордация по Кендал:

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

- сумата от оценките на всеки фактор ξ_i :

$$\xi_i = \sum_{j=1}^k x_{ij} \quad (\text{III.2})$$

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 $\bar{\xi}$:

$$\bar{\xi} = \frac{\sum_{i=1}^n \xi_i}{n} \quad (\text{III.3})$$

Според [1. 8], 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 :

$$\chi_R^2 = k(n-1)W \quad (\text{III.4})$$

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

$$\chi_T^2 = f \left\{ \begin{array}{l} f = n - 1 \\ r = 0,5 \end{array} \right\} \quad (\text{III.5})$$

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.

III.5.2. Метод за приложение на двуфакторен дисперсионен анализ

При изследването на влиянието на различни фактори на работната среда в настоящия дисертационен труд е приложен двуфакторен дисперсионен анализ. Приложението на този метод включва определянето на [1.4]:

$$M_B = \frac{\sum X_B}{ma} \quad \text{- средни по фактор } F_B \quad (\text{III.6})$$

$$H_A = \frac{\sum X_A}{mb} \quad \text{- средни по фактор } F_A \quad (\text{III.7})$$

$$M_{AB} = \frac{\sum X_{AB}}{m} \quad \text{- средна за една подгрупа} \quad (\text{III.8})$$

Q_t - сума от квадратите на отклоненията по фактор F_A

$$Q_t = mb \sum (H_A - \bar{X})^2 \quad (\text{III.9})$$

Q_c - сума от квадратите на отклоненията по фактор F_B

$$Q_c = ma \sum (M_B - \bar{X})^2 \quad (\text{III.10})$$

Q_{ic} - сума от квадратите на отклоненията на вариацията при взаимодействието

$$Q_{ic} = m \sum [(M_{AB} - \bar{X}) - (H_A - \bar{X}) - (M_B - \bar{X})] \quad (\text{III.11})$$

Q_z - вътрешногруппова вариация

$$Q_z = \sum (X_{AB} - M_{AB})^2 \quad (\text{III.12})$$

За оценка на дисперсиите, получени при двуфакторния дисперсионен анализ, се използва критерия на Фишер [5,6].

За целта се определя F – критерия за резултатите от експеримента (F_E) и табличните стойности на F – критерия (F_T):

$$F_{EA} = \frac{S_A^2}{S_Z^2} \quad (\text{III.13})$$

$$F_{EB} = \frac{S_B^2}{S_Z^2} \quad (\text{III.14})$$

$$F_{EAB} = \frac{S_{AB}^2}{S_Z^2} \quad (\text{III.15})$$

$$\begin{aligned} f_1 &= a - 1 \\ F_{TA} \{f_2 &= abm - ab\} \\ r &= 0,05 \end{aligned} \quad (\text{III.16})$$

$$\begin{aligned} f_1 &= b - 1 \\ F_{TB} \{f_2 &= abm - ab\} \\ r &= 0,05 \end{aligned} \quad (\text{III.17})$$

Ако експерименталната стойност за даден фактор е по-голяма от табличната стойност на критерия на Фишер, следователно се приема, че съответния фактор влияе съществено върху избрания критерий за оптимизация при избраното ниво на значимост.

III.6. Метод за измерване на стойностите на факторите на работната среда.

Предложеният ред за измерване на температурата, относителната влажност и скоростта на движение на въздуха на работните места и работните зони за установяване на условията на труд е съобразен изцяло със съществуващият Стандарт. Термините, използвани в настоящия стандарт, и техните определения са по БДС.

Глава IV. Анализ на отраслите в леката промишленост

В резултат на направения анализ, може да се обобщи, че основните отрасли на леката промишленост у нас са шевната промишленост, текстилната промишленост, химическата промишленост, хранително-вкусовата, издателската и дървообработващата.

Изследванията на основните технологични параметри на работната среда за повишаване

ефективността за безопасност и ергономия в различните отрасли на леката промишленост са специфични и е трудно да се обхване обстойно и задълбочено всеки от тях. В тази връзка, е осъществен отсейващ експеримент, с чиято помощ са ранжирани отделните основни отрасли на леката промишленост по степента им на социална значимост за югозападна България.

Отделните основни отрасли на леката промишленост у нас са дадени в таблица IV.1.

Таблица IV. 1. Основни отрасли на леката промишленост у нас

Код на фактора	Основни отрасли на леката промишленост у нас
X_1	Шевна промишленост
X_2	Текстилна промишленост
X_3	Химическа промишленост
X_4	Хранително-вкусова промишленост
X_5	Издателска промишленост
X_6	Дървообработваща промишленост

Въз основа на направените проучвания и анализи [4,5,6,7] е създадена анкетна карта, в която е даден код на всеки от шесте основни отрасли на леката промишленост у нас (таблица IV.1).

Получените резултати за стойностите на сумата от оценките за всеки фактор, са дадени в таблица IV.2.

Таблица IV.2. Сума от оценките на експертите за всеки фактор

№ на фактора	1	2	3	4	5	6
Сума от оценки ξ_i	54	14	42	48	20	31

След статистическата обработка на резултатите от анкетно – експертното проучване по методиката за статистически анализ на експертни оценки на английския математик Кендал [1,2,8], описана в глава III и по (III.1,III.2.III.3., III.4. и III.5.) са получени следните резултати за:

-коефициента на конкордация по Кендал:

$$W = 0,72048 \quad (IV.1)$$

-разчетната стойност на критерия Пиърсън $\chi_R^2 = 36,023777$ (IV.2)

-табличната стойност на критерия Пиърсън

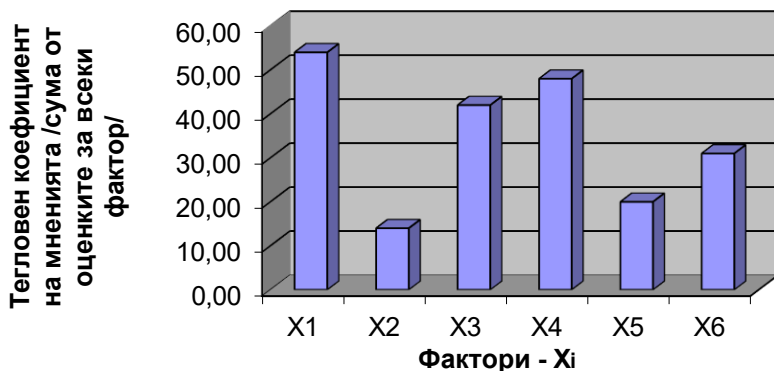
$$\chi_T^2 = 11,07 \quad (IV.3)$$

При определянето на табличната стойност на критерия на Пиърсън е избрано ниво на значимост $r=0,5$.

Получената разчетна стойност на критерия на Пиърсън е по-голяма от табличната стойност, следователно, хипотезата за статистическа значимост на коефициента на съвпадение W се потвърждава при избраното ниво на значимост. т.е., може да се твърди с доверителна вероятност 0,95%, че оценките на експертите са съгласувани.

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

4. Осъществен е отсейващ експеримент по методика на Кендал, в резултат на който отделните отрасли на леката промишленост са ранжирани според степента на социалната им значимост за югозападна България, както е показано на фиг. IV.1.
5. Отсяти (определени) са факторите /отраслите на леката промишленост/, които имат най-висока социална значимост за югозападна България, както следва:
 - X_1 – шевната промишленост;
 - X_4 – хранително-вкусовата промишленост;
 - X_3 – химическата промишленост.



Фигура IV.1 Хистограма на експертните мнения

6. В резултат на конкретизирането на приоритетната социална значимост на отделните отрасли на леката промишленост за югозападна България, изследванията на основни параметри на работната среда за повишаване ефективността за безопасност и ергономия в настоящия труд са насочени към шевната индустрия.

Глава V. Анализ на работната среда в шевната индустрия с оглед повишаване на ефективността за безопасност и ергономия

След направен анализ на фигура V.1. са обобщени силните и слаби страни в шевната индустрия.

След направения анализ на фигура V.2.1 е даден общия вид на проектирането на организацията на труда по етапи.

Проведеното от нас проучване анализира влиянието на температурата на работната среда върху работоспособността на работещите, както и тяхната безопасност. Често пъти условията на труд се определят като комбинация от два или повече фактора, като например вибрации, шум, прах и др.

Факторите на работната среда, като температура, влажност и др., съчетани с естествените вибрации, могат да окажат още по-негативно влияние върху здравословното състояние на хората.

Промените във времето на някои фактори биха могли да доведат до промени в конструкцията на оборудването, като пукнатини, корозия и други патологии, които са много бавни и биха могли да се определят като квазистатични или статични. От друга страна съществуват събития предизвикани от околни действия, които проявяват динамичен характер.

За поддържането на благоприятен микроклимат е необходимо факторите на работната среда да се поддържат в стойности, определени в БДС.

Основните превантивни мерки могат да се определят в две направления:

3. Помещенията и обзавеждането в тях;
4. Създадената организация на работа.

Анализирани са подробно факторите (шум, температура, влажност, вибрации, осветление, химични вещества, биологични агенти и др.), които влияят върху здравето и безопасността на работещите.

В нашето изследване сме експериментирали чрез въвеждане на различна продължителност на работата да установим най-благоприятната продължителност, както и начините на ползване на почивките.

В таблица V.1. са обобщени фактори, определящи режимите на труд и почивка.

Таблица: V.1. Фактори, определящи режимите на труд и почивка

Определящи фактори	Описание на факторите
Движения по време на работа	Преобладаващо правостояща, над 1/2 от работното време
Физически усилия	Слабо интензивни
Работна среда	Статично натоварване
Организация на производството	Установен микроклимат
Оборудване	Едноменен режим на работа
Напрежение	Специфично за производството
	Физическо и психологическо

Отчитайки всичко това може да се каже, че физиологичният режим на труд и почивка стъпва на научни данни и факти, които следва да се развиват и въвеждат, така че да се постигне възможно най-добър ефект.

Чрез въвеждането на ефективен физиологичен режим на труд по време на работа се постигане и ефективна работоспособност, увеличаване се

производителността на труд, както и качеството на труда, и се постига подобряването на работоспособността и опазването на здравето на работещите.

Изведени са критериите за ефективност и оптимизация на процесите за безопасност и здраве в шевната индустрия.

Изработен е обобщен класификатор за безопасност и здраве в шевната промишленост.

Обобщаване на класификатор за безопасност и здраве в шевната промишленост.

За нуждите на нашето проучване се наложи да създадем класификатор за осигуряване на здравето и безопасността на труд, представен на фигура V.2.

КЛАСИФИКАТОР ЗА БЕЗОПАСНОСТ И ЗДРАВЕ В ШЕВНО ПРЕДПРИЯТИЕ
1. ОСИГУРЯВАНЕ НА МАШИНИ, СЪОРЪЖЕНИЯ И РАБОТНО ОБОРУДВАНЕ 1.4. Избор на подходящо технологично оборудване, отговарящо на необходимите стандарти. 1.5. Доставка и монтаж на оборудването от оторизирани и квалифицирани специалисти. 1.6. Запознаване с оборудването и технологичните му параметри.

1.6. Извършване на предварителни проби за безопасна работа на оборудването, преди въвеждането му в експлоатация

1.7. Изработване и спазване на инструкциите за безопасност при работа

2. МЕРКИ ЗА БЕЗОПАСНОСТ ПРИ ИЗВЪРШВАНЕ НА РЕМОНТ И ПОДДРЪЖКА

2.1. Спазване на определената последователност описана в паспорта (технологична документация) на машината или оборудването.

2.2. Обезпечаване на необходимите материали за ремонта и поддържането. Избягване използването на самоделно направени инструменти.

2.3. Отбелязване в дневника за ремонт и поддръжка видовете дейности и датите на които са извършени.

3. ПРАВИЛА ЗА БЕЗОПАСНОСТ ПРИ ИЗВЪРШВАНЕ НА ТЕХНОЛОГИЧНИ ПРОЦЕСИ

3.1. Разработване на технологични карти за безопасност и здраве

3.2. Разработване на процедура за осигуряване на суровини, материали и продукти от оторизиран доставчик

- 3.3. Обезопасяване на работното място и работна площадка.
- 3.4. Поставяне на видно място и подходящ начин на инструкциите за безопасна работа
- 3.5. Разработване на оперативна документация и въвеждане на организационни мерки за безопасност
- 3.6. Означаване, сигнализиране и оцветяване на работната зона за постигане на безопасност.

4. ОСИГУРЯВАНЕ НА БЕЗОПАСНОСТ И ЕРГНОМИЧНОСТ НА ТРУДОВИЯ ПРОЦЕС

- 4.1. Изработване на физиологични норми и спазване на определените норми на работния процес
- 4.2. Разработване на рационален режим на труд спрямо физическите възможности на работниците.
- 4.3. Определяне на места или зони за почивка по време на работа извън работното помещение
- 4.4. Спазване на изискванията за безопасност за специална защита на защитени от закона лица

5. ИЗПОЛЗВАНЕ НА СГРАДИ И ПОМЕЩЕНИЯ – ИЗИСКВАНИЯ ЗА БЕЗОПАСНОСТ

- 5.1. Осигуряване на конструктивна цялост на производствените помещения съгласно строителните и противопожарни норми
- 5.2. Поддържане и почистване на пътищата за движение безопасни. Сигнализиране на аварийните пътища.

6. ОСИГУРЯВАНЕ НА КОЛЕКТИВНИ СРЕДСТВА ЗА ЗАЩИТА СПРЯМО УСЛОВИЯТА НА ТРУД

Извършване на периодични измервания за установяване на стойностите на факторите на работната среда.

- 6.1. Приоритетно осигуряване на колективни средства на защита. Обучение за използването им и периодична проверка за годността им.
- 6.2. Документиране на резултатите.

7. ОСИГУРЯВАНЕ НА ЛИЧНИ СРЕДСТВА ЗА ЗАЩИТА СПРЯМО УСЛОВИЯТА НА ТРУД

- 7.1. Определяне на нуждите от лични предпазни средства, техния вид и срокове на износване.
- 7.2. Недопускане до работа лица, които не използват осигурените им ЛПС

7.3. Осигуряване на специално работно облекло при необходимост.

7.4. Обучение за използването и перидична проверка за годността им.

8. ОСИГУРЯВАНЕ НА ЗДРАВНО И САНИТАРНО-БИТОВО ОБСЛУЖВАНЕ

8.1. Осигуряване на медицинско оборудване за оказване на долекарска помощ – медицинска аптечка с медикаменти и превързочни материали.

8.2. Обучение на персонала за оказване на долекарска помощ.

8.3. Поддържане на санитарно-битовите помещения съгласно броя на работещите и техните нужди

8.4. Провеждане на периодични медицински прегледи по възрастови групи, съгласно определените срокове.

8.5. Обезпечаване на предприятието със служба по трудова медицина.

9. ПРЕДОТВРЯВАНЕ НА БЕДСТВИЯ, АВАРИИ И ТРУДОВИ ЗЛОПОЛУКИ

9.1. Идентифициране и анализиране на възможните рискове за безопасност и здраве при опасност от авария или бедствие.

- 9.2. Разработване на аварийни планове и поставянето им на видни места на територията на предприятието.
- 9.3. Създаване на организация за взаимодействие с други институции в случай на нужда.
- 9.4. Създаване на правила за действие в случай на трудова злополука. Обследване и протоколиране на инцидентите.
- 9.5. Ежегодно произраване на плана за авариинна и пожарна опасност.

10. ОБУЧЕНИЕ, ИНСТРУКТАЖ И ИНФОРМИРАНЕ НА РАБОТЕЩИТЕ ЗА БЕЗОПАСНИ МЕТОДИ НА РАБОТА

- 10.1. Обучение на ръководния, изпълнителския персонал и специалистите по звена през период една година за безопасност и здраве.
- 10.2. Обучение на персонал, заемащ длъжност за която се изисква квалификация и правоспособност
- 10.3. Разработване на програми за видовете инструктажи и провеждането им, съгласно изискванията.
- 10.4. Разработване и утвърждаване на декларация за политиката по безопасност на предприятието от ръководството.

- 10.5. Уведомяване на работещите за съществуващите евентуални рискове на работното място.
- 10.9. Провеждане на събрания на представителите на комитетите и групите по условия на труд.
- 10.10. Анализирание на силните и слабите страни на предприятието по безопасност и здраве.
- 10.11. Внедряване на интегрирана система за управление на безопасността.

Фигура V.5.2. Класификатор за безопасност и здраве в шевната промишленост.

Глава VI. Изследване на степента на значимост на обобщените фактори върху ефективността за безопасност и ергономия

Проведено е анкетно-експертно проучване за приоритетната значимост на обобщените фактори в глава V.3., влияещи върху ефективността за безопасност, здраве и ергономия. 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. За целта се използва методиката, описана в глава III.2.1.

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 VI.2.

Таблица VI.2. 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
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 [4, 5, 6, 7] е създадена анкетна карта, в която е даден код на всеки от деветте обобщени фактора, влияещи върху безопасността на труда и ергономията (табл.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 .

Всеки експерт е направил ранжиране на факторите според своето виждане за степента на тяхното влияние върху безопасността на труда и ергономията.

На анкетираните е поставено условието да поставят различна оценка на всеки фактор. Получените резултати за стойностите на сумата от оценките за всеки фактор, определени по (III.2), са дадени в табл. VI.1.

Таблица: VI.1 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

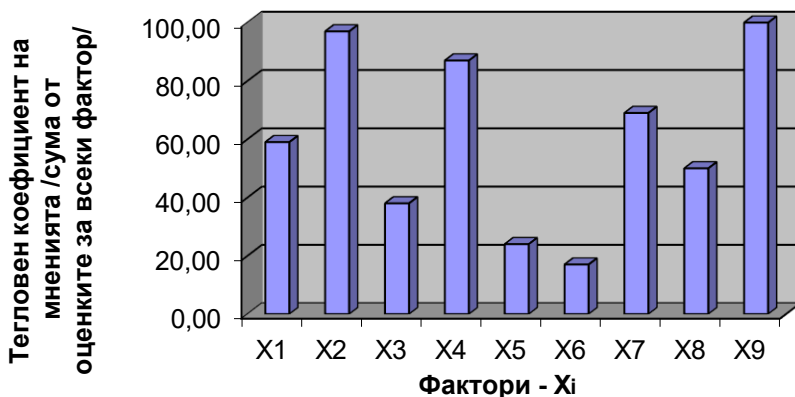
След статистическата обработка на резултатите от анкетно – експертното проучване по (III.1.), (III.2.), (III.3.) и (III.4.) са получени следните резултати:

$$W = 0,86908 \quad (VI.1)$$

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

$$\chi^2_T = 15,507 \quad (114,717 > 16,919) \quad (VI.3)$$

Разчетната стойност на критерия на Пиърсън е по-голяма от табличната стойност, следователно, хипотезата за статистическа значимост на коефициента на съвпадение W се потвърждава при избраното ниво на значимост $\alpha = 0,05$ т.е. може да се твърди с доверителна вероятност 0,95%, че оценките на експертите са съгласувани.



Фиг: VI.1. Хистограма на експертните мнения

1. Получените резултати създават условия да сенамали 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.

2. 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.

Глава VII. Изследване влиянието на температурата на въздуха и физиологичния режим на работа върху ефективността на труда в шевната индустрия

VII.4. Условия за провеждане на експеримента

Човешкият организъм притежава способността както да отдава така и да приема топлина. Натовареността и интензивността на труда определят количеството топлообмен. Топлообменът е в пряка зависимост от климатичните фактори на обкръжаващата среда.

Човешкият организъм притежава способността да се приспособява спрямо факторите на производствения микроклимат, но само в определен диапазон. Извън този диапазон се създават предпоставка за усещане за топло или студено и се предизвиква дискомфорт у работещия. Ако човешкият организъм е подложен на продължително влияние на ниски или високи температури, неговите защитни функции отслабват и се стига до простудни заболявания или влошаване на общото здравословно състояние на работещите.

В зоната с машини и съоръжения за гладене е важно технологичните процеси да са оптимизирани, за да няма преразход на влага и топлина, което може да доведе до влошаване условията на работната среда (по отношение на температурата и влажността на въздуха). От друга страна, всяка промяна на вида на обработвания текстилен материал, налага и промяна на технологичните параметри за влаго-топлинна обработка, а това също може да е предпоставка за влошаване на условията на труд. Ето защо, е особено важно, параметрите на работната среда да се отчитат постоянно във времето, за да се осигури в максимална степен поддържането им на постоянно ниво и съответно безопасността на труда.

Един от основните параметри на работната среда в шевната индустрия, предмет на редица научни изследвания, е температурата на въздуха, която е отчитана през определени интервали от време [9]. Не са провеждани достатъчно изследвания с непрекъснато

отчитане на температурата на въздуха, което е от голямо значение, особено в работната зона с машини и съоръжения за влаго-топлинна обработка. Това мотивира изследванията в настоящата работа да се насочат към една от основните зони в конфекционния цех на шевна фирма - зоната за влаго-топлинна обработка, като се използва компютърно-интегрирана измервателна система за непрекъснато следене на температурата на въздуха [9].

Постигането на оптимална температура на въздуха е сложна оптимизационна задача. От една страна, при поддържане на по-студена среда се намалява сръчността и се влошава ефективността на движенията; при по-топла среда се влошава възприемчивостта и бдителността е намалена, а от друга страна, при температури близки до граничните стойности, регламентирани в БДС, се появява риск от заболяване.

Освен това, в БДС е заложен различен интервал от допустими стойности за температурата на въздуха за студения период от годината и за топлия период.

Ето защо, се планира провеждането на два експериманта: първи експеримент – за студен период; втори експеримент – за топъл период от годината.

Вариантите на фактора F_A (температура на въздуха - T , $^{\circ}\text{C}$) са в границите, определени от БДС [9], както следва:

- за експеримента за студен период: $F_{A1}=19^{\circ}\text{C}$;
 $F_{A2}=23^{\circ}\text{C}$;

- за експеримента за топъл период: $F_{A1}=27^{\circ}\text{C}$; $F_{A2}=24^{\circ}\text{C}$.

Първият вариант на фактора F_A се отчита през 2023 г., а вторият вариант, се отчита през 2024 г. и при двата експеримента.

Вариантите на фактора F_B (физиологичен режим на работа) са еднакви и за двата експеримента и са, както следва:

F_{B1} - вариант 1: начало на работния ден - 8.00 ч.; технологична почивка - 10.00 ÷ 10.30 ч.; обедна почивка - 12:00 ÷ 1:00 ч.; технологична почивка - 15.00 ÷ 15.30 ч.; край на работния ден - 17:00 ч.;

F_{B2} - вариант 2: начало на работния ден - 8.00 ч.; технологична почивка - 9.50 ÷ 10.00 ч.; обедна почивка - 11:30 ч. ÷ 12:00; технологична почивка - 13.30 ÷ 13.40 ч.; технологична почивка - 15.00 ÷ 15.10 ч.; край на работния ден - 17:00 ч.

При експеримента за студен период се провеждат по две повторни наблюдения за двата варианта на фактора F_B : първи вариант – през януари и февруари месец; втори вариант – през ноември и през декември месец на съответната година.

При експеримента за топъл период се провеждат по две повторни наблюдения за двата варианта на фактора F_B : първи вариант – през май и през юни месец; втори вариант – през юли и август месец на съответната година.

Изследванията се осъществяват за един от основните участъци от конфекционния цех – зоната за влажно-топлинна обратка /ВТО/. В тази зона има 19 работници и с тях са проведени и двата експеримента.

Шевната фирма се помещава в едноетажна сграда с обща площ от 480 м², където са обособени работни зони, обхващащи целия технологичен процес. Сградата отговаря на конструктивните, строителните и пожаробезопасни норми за осъществяване на шевно производство. Изградени са съответните системи за пречистване на въздуха на работната среда, т.е. помещенията са с обща вентилационна система. Съществува и възможност за естествена вентилация.

Схемата на производственото помещение с разположението на работните места, вратите, прозорците и вентилацията е дадена на Фигура VII.1.1.

Отделните видове работни места, илюстрирани на Фигура VII.1.1., са следните:

- 1 - работни места за работа с универсални и специални шевни машини /20 броя/;
- 2 - работно място на технолога /1 брой/;
- 3 - работни места с машини за влажно-топлинна обработка /19 броя/;
- 4 - работни места за рязане /2 броя/;
- 5 - работни места за контрол и опаковане /2 броя/ .

Осветлението е смесено, като изкуственото осветление е луминесцентно и е разположено в прав ред над отделните работни места. Видът осветление във всеки от проведените експерименти не се променя.

По време на експериментите бяха измерени и следните параметри: шум, запрашеност и влажност на въздуха в работните помещения. Получените резултати за стойностите на тези параметри са приблизително постоянни стойности и са в рамките на максимално допустимите норми, определени в българските стандарти.

В производствените помещения показани по-долу на фигура VII.1.1 е изградена отоплителна система, използваща еко-пелети като суровина. В работните помещения има и климатици. При тези условия е реализиран първият вариант на фактора F_A в Експеримент I и в Експеримент II.

Впоследствие, за постигане на по-благоприятен микроклимат, помещението е допълнително климатизирано и вентилирано. При тези условия е реализиран вторият вариант на фактора F_A в Експеримент I и в Експеримент II.

За изследването на влиянието на температурата на въздуха и физиологичния режим на труд върху ефективността на безопасността на труда в шевната индустрия се използва двуфакторен дисперсионен анализ [5.6], където:

$m = 2$ – брой повторни наблюдения във всяка точка от плана на експеримента;

$a = 2$ – брой варианти на фактора F_A ;

$b = 2$ - брой варианти на фактора F_B ;

VII.5. Резултати от проведения експеримент.

В резултат на проведените експерименти, е установена промяната на общото здравословно състояние на работниците от зоната за влаго-топлинна обработка от конфекционния цех на шевна фирма при промяната на вариантите на факторите F_A и F_B .

Резултатите за относителния дял на работниците с влошено общо здравословно състояние спрямо общия брой на работниците в участъка за гладене са дадени съответно:

- в таблица 1. – за студен период /Експеримент 1/;

- в таблица 2. – за топъл период /Експеримент 2/.

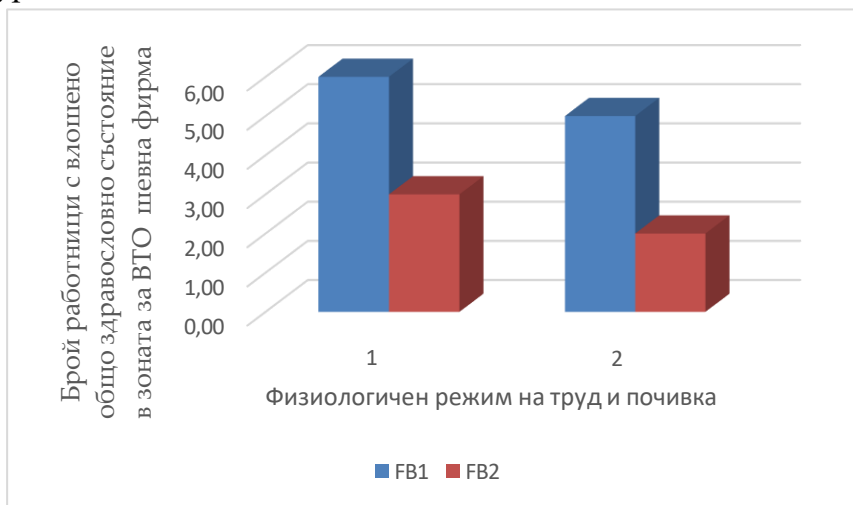
Таблица: VII.2.1. Относителен дял на работниците с влошено общо здравословно състояние спрямо общия брой на работниците в зоната за влаго-топлинна обработка в шевна фирма /Експеримент 1/

	$F_{A1}=19^{\circ}\text{C}$		$F_{A2}=23^{\circ}\text{C}$	
Физиологичен режим на работа - вариант 1 - F_{B1}	6 бр. 31,58%	5 бр. 26,32 %	4 бр. 21,05 %	5 бр. 26,32 %
Физиологичен режим на работа - вариант 2 - F_{B2}	3 бр. 15,79 %	2 бр. 10,53 %	1 бр. 5,26 %	2 бр. 10,53 %

Таблица: VII.2.2. Относителен дял на работниците с влошено общо здравословно състояние спрямо общия брой на работниците в зоната за влаготоплинна обработка в шевна фирма /Експеримент 2/

	$F_{A1}=27^{\circ}\text{C}$		$F_{A2}=24^{\circ}\text{C}$	
Физиологичен режим на работа - вариант 1 - F_{B1}	5 бр. 26,32 %	4 бр. 21,05 %	3 бр. 15,79 %	4 бр. 21,05 %
Физиологичен режим на работа - вариант 2 - F_{B2}	1 бр. 5,26 %	2 бр. 10,53 %	2 бр. 10,53 %	1 бр. 5,26 %

Резултатите от Експеримент I са илюстрирани на Фигура VII.2.1. и Фигура VII.2.2. Резултатите от Експеримент II са илюстрирани на Фигура VII.2.3. и Фигура VII.2.4.



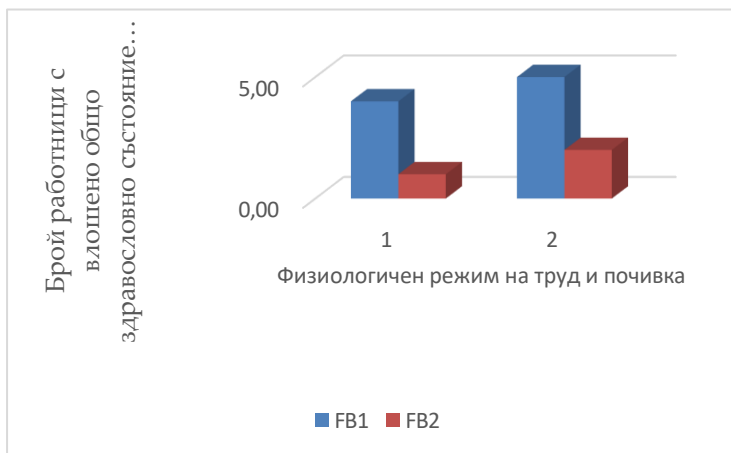
Фигура VII.2.1. Резултати за Експеримент I и вариант F_{A1}

Важно е да се отбележи, че вторият вариант на фактора F_A в Експеримент I и Експеримент II е проведен с допълнително инсталирани климатици. Това подобрява микроклимата на работната среда и допринася за повишаване на ефективността на безопасността на труда в шевното предприятие.

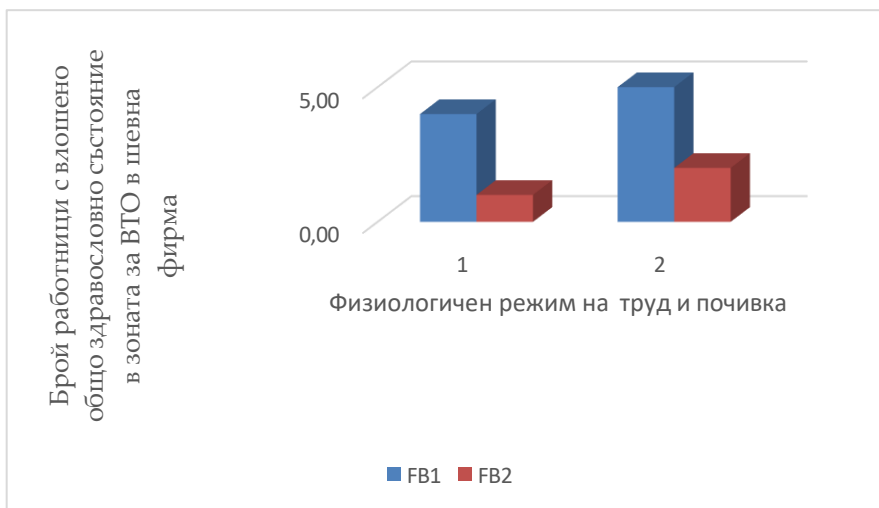
Анализът на резултатите показва, че отчетеното общо здравословно състояние на работниците във втория вариант на фактора F_A е по-добро, както за Експеримент I, така и за Експеримент II, в сравнение с общото здравословно състояние на работниците в първия вариант на фактора F_A .

Относно фактора F_B /физиологичен режим на работа/ може да се обобщи, че резултатите за общото здравословно състояние на работещите при втория вариант на този фактор са по-добри и в двата експеримента, в сравнение с първия вариант на фактора.

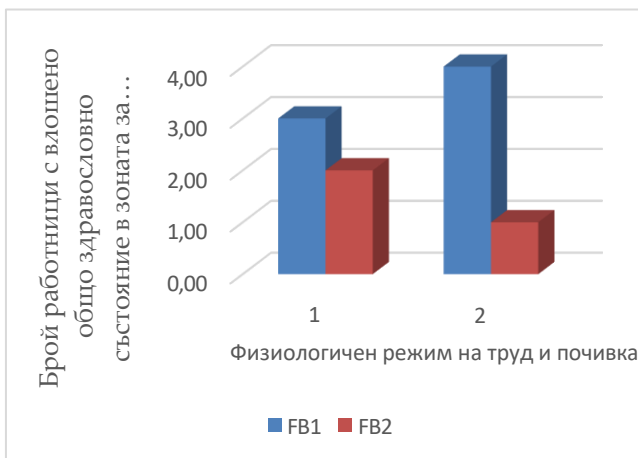
Това може ясно да се види на фигура VII.2.1., фигура VII.2.2., фигура VII.2.3., и фигура VII.2.4.



Фигура VII.2.2. Резултати за Експеримент I и вариант F_{A2}



Фигура VII.2.3. Резултати за Експеримент II и вариант F_{A1}



Фигура VII.2.4. Резултати за Експеримент II и вариант F_{A2}

В резултат на направените пресмятания по методиката, описана в глава III.2.2. за експеримент 1, са получени следните резултати:

$H_{A1}=21,06\%$; $H_{A2}=15,79\%$; $M_{B1}=26,32\%$; $M_{B2}=10,53\%$;
 $M_{A1B1}=28,95\%$; $M_{A2B1}=23,69\%$; $M_{A1B2}=13,16\%$; $M_{A2B2}=7,9\%$.

След осъществяване на двуфакторния дисперсионен анализ [5, 6], са получени резултати за съответната сума от квадратите на отклоненията и за съответната дисперсия за Експеримент 1, дадени в таблица VII.2.3.

Таблица: VII.2.3. Суми от квадрати на отклоненията и дисперсии за Експеримент 1

	Сума от квadratите на отклоненият a	Дисперсия
1. Между групите на фактор F _A	Q _t = 55,546	$S_A^2 = \frac{Q_t}{f_A} = \frac{55,546}{55,546}$
2. Между групите на фактор F _B	Q _c = 498,648	$S_B^2 = \frac{Q_w}{f_B} = \frac{498,648}{f_B}$
3. Между групите на взаимодействи е на F _A и F _B	Q _{tc} = 0,0004	$S_{AB}^2 = \frac{Q_{tw}}{f_{AB}} = \frac{0,0004}{f_{AB}}$
4. Вътрешно групова	Q _z = 55,4406	$S_Z^2 = \frac{Q_z}{f_z} = \frac{55,4406}{5}$

След направените пресмятания по методиката, описана в глава III.2.2. за експеримент 2, са получени следните резултати:

N_{A1}=15, 79 %; N_{A2}=13,1575 %; M_{B1}=21,0525 %;
M_{B2}=7,895 %; M_{A1B1}=23,685 %; M_{A2B1}=18,42;
M_{A1B2}=7,895 %; M_{A2B2}=7,895 %.

Резултатите за съответната сума от квадратите на отклоненията и за съответната дисперсия за Експеримент 2 са дадени в таблица VI.2.4.

Таблица VII.2.4. Суми от квадрати на отклоненията и дисперсии за Експеримент 2

	Сума от квадратите на отклоненият а	Дисперсия
5. Между групите на фактор F_A	$Q_t = 13,86$	$S_A^2 = \frac{Q_t}{f_A} = 13,86$
6. Между групите на фактор F_B	$Q_c = 346,2396$	$S_B^2 = \frac{Q_c}{f_B} = 346,2396$
7. Между групите на взаимодействи е на F_A и F_B	$Q_{tc} = 13,86$	$S_{AB}^2 = \frac{Q_{tc}}{f_{AB}} = 13,86$
8. Вътрешно групова	$Q_z = 55,49315$	$S_z^2 = \frac{Q_z}{f_z} = 13,873287$ 5

След сравняване на получените стойности за F – критерия (от експерименталните резултати) с табличните стойности на критерия на Фишер, **могат да се направят следните изводи:**

- Промяната на фактора «температура на въздуха» $/F_A/$ в съответните интервали, както през топлия период на годината, така и през студения период, не влияе съществено върху влошаването на общото здравословно състояние на работниците от зоната за влаготоплинна обработка на конфекционен участък в шевна фирма при избраното ниво на значимост $r = 0,05$;

- Видът на физиологичния режим на работа /факторът $F_B/$ при Експеримент 1 и Експеримент 2 влияе съществено върху резултатите за общото здравословно състояние на работниците от зоната за влаготоплинна обработка на конфекционен участък в шевна фирма при избраното ниво на значимост $r = 0,05$;

- Комбинираното въздействие на двата фактора $/F_A$ и $F_B/$ не оказва статистически значимо влияние върху общото здравословно състояние на работниците от зоната за влаготоплинна обработка на конфекционен участък в шевна фирма при избраното ниво на значимост и през студения, и през топлия период на годината.

Може да се обобщи, че при проведените експерименти, промяната на нивата на фактора F_A (температура на въздуха) е приблизително в средата на

интервала, допустим от БДС [5,6]. Приема се, че това е причината за констатираното статистически незначимо влияние на този фактор върху здравословното състояние на работниците.

Важно е да се отбележи, че провеждането на втория вариант на фактора F_A Експеримент 1 и при Ексеримент 2 се осъществява при допълнително инсталирани климатици. Това подобрява микроклимата на работната среда и допринася за повишаване на ефективността за безопасността на труда в шевната фирма. Например, от анализа на втория вариант на фактора F_A е по-добро, както за Експеримент 1, така и за Експеримент 2, в сравнение с общото здравословно състояние на работниците при първия вариант на фактора F_A .

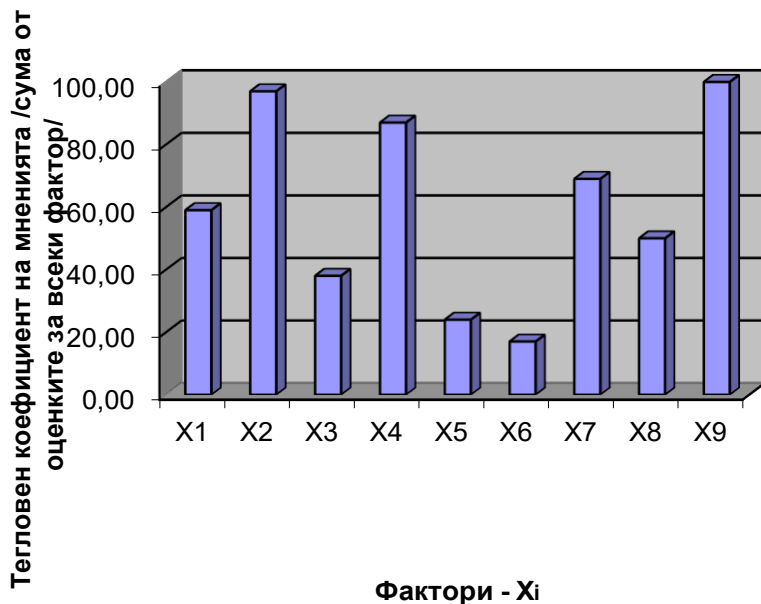
По отношение на фактора F_B / физиологичен режим на работа /, може да се обобщи, че резултатите за общото здравословно състояние на работниците при втория вариант на този фактор са по-добри и при двата експеримента, в сравнение с първия вариант на фактора.

За повишаване на ефективността при осигуряване на безопасни условия на труд, температурата на въздуха се отчита постоянно във времето, като се използва компютърно-интегрирана измервателна система. Това дава възможност за осигуряване на постоянна обратна връзка с микроклимата в работното помещение и вземане на бързи коригиращи мерки за поддържане на постоянна температура на въздуха.

VII.6. ИЗВОДИ:

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

3. Направена е класификация /ранжиране/ на факторите на условията на труд в шевната индустрия, влияещи върху безопасността на труда и ергономията;
4. Осъществен е отсейващ 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 показана на фиг.VI..1.
5. Отсяти (определени) са факторите, които най-съществено (с най-висок приоритет) влияят върху безопасността на труда и ергономията в шевната индустрия
X₉ – режим на работа;
X₂ – осветление;
X₄ – температура на въздуха



Фиг: VI.1. Хистограма на експертните мнения

6. 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.

7. 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.

Глава VIII. Изследване влиянието на осветеността и физиологичния режим на труд и почивка върху ефективността на безопасността

VIII.3. Условия за провеждане на експеримента

Характерните особености на технологичните процеси в шевната индустрия, налагат специфични изисквания към основните технологични параметри на работната среда за повишаване ефективността за безопасност при работа. Осветеността е другият важен фактор, определен в глава VI, като основен фактор, влияещ върху безопасността и здравето. В тази връзка е осъществен двуфакторен дисперсионен анализ за изследване влиянието на осветеността и физиологичният режим на труд и почивка върху ефективността на безопасността.

По този начин, като се използват математически методи за анализ и оценка, се установява доколко е съществено по отделно и съвместно влиянието на осветеността и физиологичния режим на труд и

почивка върху зрителното напрежение на работниците в шевната индустрия.

В шивашката промишленост съществуват дейности, които натоварват предимно локални мускулни групи. Те се характеризират с двигателна монотонност и принудителна работна поза. В зависимост от оценката на риска при работа, се въвеждат различни модели на физиологичен режим на труд и почивка по време на работа, а именно: чести, но с малка продължителност и редки, но с по-голяма продължителност почивки. В тази връзка, при провеждане на двуфакторния дисперсионен анализ, вариантите на фактора F_A /физиологичен режим на работа/ са, както следва:

F_{A1} = вариант 1: начало на работния ден - 8.00 ч.; технологична почивка - 10.00 ÷ 10.30 ч.; обедна почивка - 12:00 ÷ 1:00 ч.; технологична почивка - 3.00 ÷ 3.30 ч.; край на работния ден - 5:00 ч.;

F_{A2} = вариант 2: начало на работния ден - 8.00ч. ; технологична почивка - 9.50 ÷ 10.00 ч.; обедна почивка - 11:30 ч. ÷ 12:00 p.m.; технологична почивка - 1.30 ÷ 1.40 ч.; технологична почивка - 3.00 ÷ 3.10 ч.; край на работния ден - 5:00 ч.

Особено важен фактор при осъществяване на трудова дейност в шевната индустрия е осветеността.

Светлината представлява външен фактор, чрез който се постига получаването на всички необходими възприятия и усещания.

Осигуряването на необходимата светлина започва още на етап проектиране на работното помещение и работното място. Съществено значение има и изпълнението и поддържането на осветителните уредби.

Нормите за осветеност за различните работни места са различни и се определят с БДС [8]. При недобро осветление може да се получи увреждане на зрението.

При лоша зрителност се допускат повече грешки и вероятността от злополуки се повишава.

Неприятните зрителни усещания могат да доведат до зрителна умора, а от там и до обща умора на човека.

Стойностите на вариантите на фактора F_B (осветеността в работното помещение, L_x), са в границите, заложиени в БДС БДС [8] и са, както следва:

$$F_{B1} = 200, L_x;$$

$$F_{B2} = 350, L_x.$$

За провеждане на изследването е приложен метода на двуфакторният дисперсионен анализ, описан в глава III.2.2. [83, 86], където:

X – процента на работниците с констатирано влошаване на зрението при периодичните прегледи,

провеждани на служителите в избраната фирма от общия брой на служителите във фирмата;

$m = 2$ – брой повторения за всяка от комбинациите от варианти на факторите за две години – за 2023 г. и 2024 г.;

$a = 2$ – брой варианти на фактора F_A ;

$b = 2$ – брой варианти на фактора F_B ;

$\bar{X}$ -обща средноаритметична.

VIII.4. Резултати от проведените изследвания.

Получените резултати от проведените изследвания са представени в таблица VIII.2.1.

Таблица: VIII.2.1. Резултатите за броя на работниците с констатирано влошаване на зрението при периодичните прегледи, провеждани на служителите в избраната фирма при различните варианти на факторите F_A и F_B

	Fa1 /физиологичен режим на работа- вариант 1/		Fa2 /физиологичен режим на работа- вариант 2/	
осветеност $F_{B1} = 200, Lx$	23 бр. 27,38%	17 бр. 20,24 %	14 бр. 16,67 %	9 бр. 10,71 %
осветеност $F_{B2} = 350, Lx$	20 бр. 23,81 %	13 бр. 15,48 %	11 бр. 13,10 %	6 бр. 7,14 %

След провеждане на изследванията и направените пресмятания по методиката, описана в глава III.2.2. са получени следните резултати:

$$M_{A1B1}=23,81\% \quad (\text{VIII.1})$$

$$M_{A2B1}=13,69\%; \quad (\text{VIII.2})$$

$$M_{A1B2}=19,645\%; \quad (\text{VIII.3})$$

$$M_{A2B2}=10,12\%; \quad (\text{VIII.4})$$

Q_t - сума от квадратите на отклоненията по фактор F_A

$$Q_t = mb \sum (H_A - \bar{X})^2 \quad (\text{VIII.5})$$

Q_c - сума от квадратите на отклоненията по фактор F_B

$$Q_c = ma \sum (M_B - \bar{X})^2 \quad (\text{VIII.6})$$

Q_{ic} - сума от квадратите на отклоненията на вариацията при взаимодействието

$$Q_{ic} = m \sum [(M_{AB} - \bar{X}) - (H_A - \bar{X}) - (M_B - \bar{X})] \quad (\text{VIII.7})$$

Q_z - вътрешногруппова вариация

$$Q_z = \sum (X_{AB} - M_{AB})^2 \quad (\text{VIII.8})$$

Q - обща дисперсия

$$Q = \sum (X - \bar{X})^2 \quad (\text{VIII.9})$$

Степените на свобода се определят, както следва:

$$f_A = a - 1 \quad (\text{VIII.10})$$

$$f_B = b - 1 \quad (\text{VIII.11})$$

$$f_{AB} = (a-1)(b-1) \quad (\text{VIII.12})$$

$$f_z = abm - ab \quad (\text{VIII.13})$$

$$f = abm - 1 \quad (\text{VIII.14})$$

След обработка на резултатите по упоменатата методика в глава III /(III.6) ÷(III.17)/ [83, 86], са получени резултати за отделните компоненти на дисперсията, дадени в таблица VIII.2.2.

Таблица: VIII.2.2. Сумата от квадратите на отклоненията, степените на свобода и дисперсиите

Сума от квадратите на отклоненията	Степен на свобода	Дисперсия
9. Между групите на фактор Fa Qt = 192,8648	f1 = 1	$S_A^2 = \frac{Q_A}{f_A} = 192,8648$
10. Между групите на фактор Fb Qc = 29,954	f2 = 1	$S_B^2 = \frac{Q_c}{f_B} = 29,954$
11. Между групите на взаимодействие на Fa и Fb Qtc = 0,00005	f3 = 1	$S_{AB}^2 = \frac{Q_{tc}}{f_{AB}} = 0,00005$
12. Вътрешно групова Qz = 95,70585	f4 = 14	$S_Z^2 = \frac{Q_z}{f_z} = 23,926462$

Необходимо е да се оценят получените дисперсии. За целта се използва критерия на Фишер, като се

определят съответните разчетни и таблични стойности на F – критерия:

$$F_{RA} = \frac{S_A^2}{S_Z^2} = 8,0607319 \quad (\text{VIII.15})$$

$$F_{RB} = \frac{S_B^2}{S_Z^2} = 1,251919 \quad (\text{VIII.16})$$

$$F_{RAB} = \frac{S_{AB}^2}{S_Z^2} = 0,0000020897 \quad (\text{VIII.17})$$

$$\begin{aligned} f_1 &= a - 1 \\ F_{TA} \{ f_2 &= abm - ab \} = 7,71 \\ r &= 0,05 \end{aligned} \quad (\text{VIII.18})$$

$$\begin{aligned} f_1 &= b - 1 \\ F_{TB} \{ f_2 &= abm - ab \} = 7,71 \\ r &= 0,05 \end{aligned} \quad (\text{VIII.19})$$

$$\begin{aligned} f_1 &= (a - 1)(b - 1) \\ F_{TAB} \{ \quad f_2 &= abm - ab \quad \} = 7,71 \\ r &= 0,05 \end{aligned} \quad (\text{VIII.20})$$

VIII. Изводи

4. Проведен е двуфакторен дисперсионен анализ за установяване значимостта на влиянието на факторите: F_A – физиологичният режим на работа и F_B – промяната на осветеността в интервала $200 \div 350$, Lx, върху зрителното напрежение на служителите в средно голяма фирма. Като количествен измерител на критерия за оптимизация „зрително напрежение“ се използва броя на работниците с констатирано влошаване на зрението при провежданите периодични прегледи на служителите.

5. Чрез този математико-статистически метод за анализ и оценка е доказано, че влиянието на фактора F_A /физиологичен режим на работа/ върху зрителното напрежение е съществено, а влиянието на фактора F_B /осветеността, при промяната ѝ от $200 \div 350$, Lx/, както и съвместното влияние на двата фактора върху зрителното напрежение на служителите в избраната фирма е несъществено. При проведените изследвания промяната на нивата на фактора F_B /осветеност, Lx/ е в интервал, допустим от БДС [83]. Допускаме, че това е причината за отчетеното несъществено влияние на този фактор върху броя на работниците с констатирано влошаване на зрението.

6. Тези резултати създават условия за математическо моделиране на технологичните процеси за повишаване ефективността за безопасност на работа в шевната индустрия. Те могат да послужат за вземане на бързи и точни решения с оглед осигуряване на безопасни условия на труд в съответната фирма, което обуславя приложно-научния им характер.

ПРИНОСИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Научно-приложни приноси:

6. Направен е анализ на значимостта на отраслите на леката промишленост в югозападна България, като е приложен математически метод за оценка. Потвърдена е хипотезата, че шевната индустрия има най-широко социално значение от отраслите на леката промишленост в югозападна България.

7. Осъществен е анализ на технологичните параметри на работната среда, които влияят върху ефективността на безопасността и ергономията в шевната промишленост. Чрез проведен отсейващ експеримент са ранжирани технологичните параметри на работната среда, които най-съществено влияят върху безопасността и ергономията в шевната промишленост. Доказана е хипотезата, че параметрите на работната среда, които са с най-висока степен на влияние върху ефективността на безопасността и ергономията в шевната промишленост са: режима на труд и почивка; осветлението; температурата на работната среда.

8. Изследвано е влиянието на параметри на работната среда върху критерии за оптимизация на безопасността и ергономията в шевната промишленост.

9. Чрез приложението на двуфакторен дисперсионен анализ са доказани хипотезите, че:

- промяната на параметъра «температура на навъздуха» в съответните интервали (допустими от БДС), както през топлия период на годината, така и през студения период на годината, не влияе съществено върху влошаването на общото здравословно състояние на работниците от зоната за влаготоплинна обработка на конфекционен участък в шевна фирма при непрекъснато отчитане температурата на въздуха за избраното ниво на значимост;

- видът на физиологичния режим на работа влияе съществено върху резултатите за общото здравословно състояние на работниците от зоната за влаготоплинна обработка на конфекционен участък в шевна фирма при избраното ниво на значимост, както през топлия период на годината, така и през студения период на годината;

- комбинираното въздействие на двата фактора «температура на въздуха» и „видът на физиологичния режим на работа“ не оказва статистически значимо влияние върху общото здравословно състояние на работниците от зоната за влаготоплинна обработка на конфекционен участък в шевна фирма при избраното ниво на значимост и през студения, и през топлия период на годината.

10. Изследвано е влиянието на параметри на работната среда върху зрителното напрежение на служителите в шевната индустрия. Чрез приложението на двуфакторен дисперсионен анализ са доказани хипотезите, че:

- физиологичният режим на работа влияе съществено върху резултатите за зрителното напрежение на служителите в избраната фирма при избраното ниво на значимост;

- промяната на осветеността в интервала $200 \div 350$, Lx не влияе съществено върху зрителното напрежение при избраното ниво на значимост;

- комбинираното въздействие на двата фактора „физиологичният режим на работа“ и „осветеността“ (в интервала $200 \div 350$, Lx) не оказва статистически значимо влияние върху зрителното напрежение при избраното ниво на значимост.

Приложни приноси:

1. Разработване на класификатор за безопасност и здраве в шивно предприятие.

СПИСК С ПУБЛИКАЦИИ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

5. Chobanov, V., „*Research on the influence of air temperature and physiological work mode on the efficiency of occupational safety in the sewing industry*“, International Conference on Electronics, Engineering Physics and Earth Science (EEPES'25), Alexandroupolis, Greece, 18–20 June 2025, accepted for publication in the Proceedings of the Conference MDPI Engineering Proceedings on April 14, 2025, ISSN: 2673-4591, indexed in Scopus, <https://www.mdpi.com/journal/engproc>
6. Chobanov, V., Amudzhev, Iv., „*Study of basic parameters of the working environment to increase the efficiency of work safety in the clothing industry*“, Tekstil I obleklo, ISSN 1310-912X (Print), ISSN 2603-302X (Online), issue 1, 2024.
7. Chobanov, V., Amudzhev, Iv., „*Application of mathematical methods in the study of occupational safety and ergonomics in the light industry*“, presented at XXVI National Textile Conference NTC 2024, 17-19 October 2024, Koprivchtitsa, Bulgaria, Tekstil I obleklo, ISSN 1310-912X (Print), ISSN 2603-302X (Online), accepted for printing in issue 11-12, 2024.
8. Chobanov, V., „*Analysis of the branches of the light industry in south-western Bulgaria*“, Tekstil I obleklo, ISSN 1310-912X (Print), ISSN 2603-302X (Online), issue 5, 2024.

ДЕКЛАРАЦИЯ ЗА ОРИГИНАЛНОСТ

Декларирам, че настоящата дисертация съдържа оригинални резултати, получени при проведени от мен научни изследвания (с подкрепата и съдействието на научния ми ръководител) Резултатите, които са получени, описани и/или публикувани са описани в раздел „Публикации“.

Настоящата дисертация не е прилагана за придобиване на научна степен в друго висше учебно училище, университет или научен институт.