

DOI 10.29254/2077-4214-2024-1-172-126-137

UDC 613.6.02-06:331.4:669

¹Sharavara L. P., ²Dmytrukha N. M.

WORKING CONDITIONS AS A RISK FACTOR FOR THE HEALTH OF EMPLOYEES OF A METALLURGICAL ENTERPRISE

¹Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University (Zaporizhzhia, Ukraine)

²State Institution «Kundiiev Institute of Occupational Health

of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine» (Kyiv, Ukraine)

saravalarisa@gmail.com

The metallurgical industry is one of the most developed industries in Ukraine, where employees' workplaces are exposed to harmful and dangerous factors of the production environment of various natures, which can contribute to the development of occupational and work-related pathology. Based on the results of the study protocols and maps of working conditions for 2011-2021, the study of working conditions of workers in the open-hearth, sintering and blast furnace shops of a metallurgical enterprise as a health risk factor was conducted. It has been determined that the working conditions of the employees of the studied workshops are harmful, belong to class 3 of the 4th degree of harmfulness, and correspond to a very high degree of suspected occupational risk. It is established that the leading occupational risk factors at this enterprise include the production microclimate (class 3.4) and the content of dust and chemicals in the air of the working area (classes 3.1-3.4), which in turn requires the use of effective preventive measures aimed at preventing the adverse effects of production factors on the health of workers.

Key words: working conditions, occupational risks, metallurgical enterprise, production factors.

Connection of the publication with planned research works.

The work is a fragment of the research work of the Department of General Hygiene, Medical Ecology and Preventive Medicine of the ZSMPU "Modern risk factors and their prevention in the public health system", state registration number 0123U100215.

Introduction.

The metallurgical industry is one of the most developed production sectors in Ukraine, with the largest number of enterprises located mainly in four regions: Donetsk, Zaporizhzhia, Luhansk, and Dnipro [1]. Workplaces (WP) of metallurgical industry workers are exposed to harmful occupational factors of various nature that can contribute to the development of occupational and work-related pathology [2, 3]. Every year in Ukraine, about 5-8 thousand occupational diseases are registered, and the total morbidity of workers employed in harmful and hazardous working conditions increases by 32-50% due to occupational diseases. An analysis of occupational morbidity by industry shows that the most significant number of cases is registered in the coal (70-79%), metallurgical (2.2-2.8%) and machine-building (2.7-3.8%) industries [4, 5].

The working conditions (WC) of employees of metallurgical enterprises are actively studied and analysed, but due to the modernisation of production, introduction of mechanisation and automation of various technological processes in production, there are changes in the working conditions of employees in the main and auxiliary workshops, which necessitates additional study of them, research of the impact of harmful and dangerous factors of the production environment on workers. Therefore, the issue of studying occupational health and safety in hazardous industries remains relevant and requires attention to develop and implement effective prevention measures [6].

The aim of the study.

To perform a hygienic assessment of the WC of employees of a metallurgical enterprise as a health risk factor.

Object and research methods.

The study of occupational health and safety of WC at WP of a metallurgical enterprise in the open-hearth shop (155 WP of the steelmaking shop and auxiliary steelmaker of the open-hearth furnace), blast furnace shop (77 WP of the blast furnace) and sinter shop (44 WP of the sinter shop) for 2011-2021 was conducted. To assess the WC, 8287 studies of occupational environmental factors were conducted and analysed, including 2366 indicators of the industrial microclimate in warm and cold seasons, 5761 indicators of work area air pollution (WAA), 220 indicators of industrial noise and vibration, and 130 maps of WC to assess the severity and intensity of the work process.

The results of the research were calculated mathematically on a personal computer using the statistical package of the licensed programme "Statistica, version 13" (Copyright 1984-2018 TIBCO Software Inc. All rights reserved. Licence № JPZ8041382130ARCN10-J). The normality of the distribution of quantitative traits was analysed using the Shapiro-Wilk test. The studied parameters had a distribution that differed from the normal one, and therefore, the descriptive statistics were presented in the form of the median with an interquartile range – Me (Q_{25} ; Q_{75}).

The assessment and determination of the WC class of employees were carried out following SSS 3.3.6.042-99 "Sanitary standards of the microclimate of industrial premises" and SSSandR "Hygienic classification of work according to the indicators of harmfulness and dangers of the production environment's factors, difficulty and tension of the labour process" (approved by Order of

the Ministry of Health of Ukraine № 284 of 08.04.2014) (after this referred to as HCofW № 248-2014).

Research results and their discussion.

The professional duties of a sinter operator in a sinter shop during sintering include monitoring the serviceability of sintering and roasting machines during their operation, equipment maintenance (cleaning aspiration ducts, placer hoppers of gas suction vacuum chambers, collectors, multicyclones, exhauster bins, preps, exhaust pipes during sintering or roasting machine shut-downs). During the sintering of the sinter, the employee breaks large pieces of hot sinter on the grates of the hearths, unloads the sinter from the sintering grate bowls, beats the sinter from the grates and hearths, takes samples of the charge, sinter, pellets, sorts the sinter and pellets, and supplies coke. He/she is directly involved in the repair of sinter shop equipment. The sinter operator performs physical work of moderate severity (category II b), which includes work performed while standing, involving walking, moving small (up to 10 kg) loads and is accompanied by moderate physical exertion.

When studying the parameters of the production microclimate, it was found that the median air temperature at the sinter WP in the warm season was 35.2°C, and the temperature ranged from 20.4 to 43°C (TLL 20-22°C), which exceeded the threshold limit level (TLL) by 0.4-13.2°C. The median relative humidity was 35%, with a maximum recorded value of 71%, which is 11% higher than the permissible level. The median air velocity at the sinter WP was 0.5 m/s, with fluctuations ranging from 0.04 to 2.1 m/s, where the maximum value did not meet hygiene requirements (TLL 0.2-0.5 m/s) and exceeded the TLL by 4.2 times. The median intensity level of heat exposure to the sinter from the heated surfaces of the process equipment was 1054 W/m², with a range of 142 to 1852 W/m² (TLL 140 W/m²), which exceeds the permissible level by 2 – 1712 W/m². During the cold season, the median air temperature was 13°C, ranging from 1.9 to 16.5°C. The median relative humidity was 56%, with fluctuations ranging from 34% to 72%, with the maximum value exceeding the TLL by 12% (TLL 40-60%). The median air velocity during this period was 0.6 m/s, with fluctuations ranging from 0.4-1.5 m/s, with the maximum value exceeding the TLL by 3.75 times.

Thus, following the HCofW № 248-2014 criteria, sinters WC is classified as Class 3 of the 4th degree (harmful working conditions) in terms of the industrial microclimate (**table 1**). Employees are exposed to unfavourable microclimatic conditions for 93.5% of their working time and high level of infrared radiation for 87.1%.

The following chemicals were detected in the WAA of sinter: iron sinter, sulphur dioxide, carbon monoxide, ammonia, nitrogen dioxide, manganese oxide, and iron (III) oxide (in terms of

iron). Only the content of iron sinter and iron (III) oxide (in terms of iron) in the WAA exceeded the threshold limit value (TLV). Thus, the median maximum one-time concentration of iron sinter was 25.0 mg/m³ and ranged from 3.0 to 243.1 mg/m³, where the maximum value exceeded the TLV by 60 times, which classifies the working conditions as Class 3 of the 4th degree of hazard. The median maximum one-time concentration of iron (III) oxide (in terms of iron) was 17.7 mg/m³, with minimum and maximum values exceeding the TLV by 2.5 and 3.4 times, respectively, corresponding to Class 3 of the 1st degree of hazard.

Table 1 – WC by indicators of the production microclimate at the sinter WP

Indicators of the production microclimate	Min	Max	Median (Q ₂₅ ;Q ₇₅)	TLL	Working conditions class
Warm period of the year					
Air temperature (°C)	20,4	43	35,2 (31,4;38,6)	20–22	3.1-3.4
Infrared radiation (W/m ²)	142	1852	1054 (432;1316)	≤140	3.1-3.2
Air humidity (%)	19	71	35 (29,9;43,6)	40–60	3.1
Air velocity (m/s)	0,04	2,1	0,5 (0,3;0,6)	0,2–0,5	2-3.2
Cold period of the year					
Air temperature (°C)	1,9	16,5	13,0 (6,9;14,2)	17-19	3.2
Air humidity (%)	34	72	56 (40;60)	40–60	2-3.1
Air velocity (m/s)	0,4	1,5	0,6 (0,4;1,1)	0,4	2-3.2

Due to the fact that unidirectional substances (nitrogen dioxide, carbon monoxide, sulphur dioxide) were present in the sinter WAA, but the sum of the ratios of the actual concentrations of each of them to their TLV was ≥1 (1.21), the working conditions in this case are classified as Class 3 of the 1st degree of hazard (**table 2**). It was found that industrial dust and chemicals in the workers' WAA and exceeding the established TLV affected sinter workers during 93.5% of their working time.

The median equivalent noise level at the sinter WP was 85.4 dB, ranging from 60.5 to 96.4 dB, with the maximum value exceeding the TLL (80 dB) by 16.4 dB, which places the WC in hazard class 3.3.

The median equivalent corrected total vibration level at the sinter WP was 89.02 dB, with vibration levels ranging from 69.1 to 103 dB, with the maximum exceeding the TLL by 11 dB (3.1 WC class). It was found that

Table 2 – Hazardous substances content in the WAA and assessment of the sinter WC

Hazardous substances in the WAA	Concentration, mg/m ³			TLV, mg/m ³	Hazard class	Working conditions class
	Min	Max	Median (Q ₂₅ ; Q ₇₅)			
Iron sinter	3,0	243,1	24,97 (17,3;64,8)	4	3	2-3.4
Sulphurous anhydride	0,65	5,7	5,01 (4,9;5,1)	10	3	3.1
Carbon monoxide	4,9	19,2	7,2 (6,6;8,0)	20	4	
Nitrogen dioxide	0,2	1,2	0,66 (0,2;0,9)	2	3	
Ammonia	1,0	9,1	5,0 (5,0;5,01)	20	4	2
Manganese oxides (disintegration aerosol)	0,08	0,2	0,08 (0,08;0,08)	0,3	2	2
Iron (III) oxide (in terms of iron)	15,2	20,6	17,7 (16,9;18,2)	6	4	2-3.1

industrial noise and general vibration affect workers throughout their working hours.

When assessing the severity of the sinter labour process, it was found that he has a forced working posture during the work shift of about 30% of the total shift duration – working conditions class (WCC) 3.1, the employee performs an average of 332 forced bends over 300 (WCC 3.2), the static load of the muscles of the body and legs was 263124 kg*s (WCC 3.2). In terms of labour intensity, the sinter has a three-shift work schedule (night shift) (WCC 3.1), a working day of 8 hours (WCC 2), and a duration of concentrated observation of about 70% of the work shift (WCC 3.1). Thus, the WCs of sinter are classified as Class 3 of the 3rd degree of hazard in terms of labour intensity and Class 3 of the 1st degree of hazard in terms of tension.

The responsibilities of the open-hearth furnace steelmaker and their assistants include preparing the steelmaking unit for melting, maintaining the technological process of steelmaking in open-hearth furnaces and controlling technological parameters during melting, regulating the supply of charge, necessary additives, fuel and air to the furnace. The steelmaker prepares the steel outlet chute, drains slag and discharges steel into the ladle, ensures timely sampling and determines the readiness of the melting. He/she monitors the proper functioning of the open-hearth furnace and the automation and mechanisms of various furnace equipment. Performs hot and cold repairs of the furnace. Participates in acceptance of the furnace after repairs.

Among the most difficult operations performed by steelmakers are filling furnace sills, introducing various additives into molten steel during metal melting, and processing and closing the tap. These technological operations are performed manually and require significant physical effort from employees (about 80% of the time is spent working with manual labour). The open-hearth furnace steelworker and steelworker's assistant perform heavy physical work (category III), including constant movement, carrying heavy (over 10 kg) loads requiring great physical effort.

Numerous high-temperature sources (molten metal and slag, heated surfaces of the open-hearth furnace, etc.) contribute to creating unfavourable microclimatic conditions at the WP in the warm and cold seasons. It was found that the median air temperature at the WP of the open-hearth furnace steelmakers and their assistants in the warm season was 35.9°C, the air temperature ranged from 26.0 to 59.6°C (TLL 18-20°C) and exceeded the TLL by 6.0-39.6°C. The median relative humidity in the open-hearth furnace shop was 26%, with the relative humidity ranging from 7 to 55%, with the minimum value being 33% below the TLL. The median air velocity at the open-hearth furnace steelmakers and their assistants was 0.6 m/s, ranging from 0.12 to 2.7 m/s, where the minimum and maximum values did not meet the permissible level (TLL 0.5-0.6 m/s), and the maximum value exceeded the TLL by 4.5 times (3.2 WC class). Steelmakers and their helpers are exposed to thermal radiation, the intensity and duration of which varies and depends on the type of steelmaking equipment and the period of the technological process. Thus, the median level of heat exposure intensity averaged 1590 W/m², ranging from 342 to 4240 W/m² (TLL 140 W/m²), exceeding the permissible level by 202 to 4100

W/m². In the cold season, the median air temperature was 28°C, ranging from 23 to 36.5°C, which does not meet the TLL (16-18°C). The median relative humidity was 42%, ranging from 22% to 62% (TLL 40-60%). The median air velocity during this period was 0.5 m/s, with fluctuations ranging from 0.2 to 1.2 m/s, with the maximum value exceeding the TLL by 3 times (3.2 WC class). The median level of heat exposure intensity in the cold season was 1260 W/m², with both the minimum and maximum values exceeding the TLL and ranging from 522 to 3210 W/m² (TLL 140 W/m²). Employees were exposed to unfavourable microclimatic conditions for 94.2% of their working time, and infrared radiation for 88.5%.

According to the data obtained on the indicators of the production microclimate, the workplace of the open-hearth furnace steelmakers and their helpers can be classified as Class 3 of the 4th degree of hazard (harmful working conditions) according to the HCofW № 248-2014.

The concentration of industrial dust and other chemicals in the WAA of workers in the open-hearth shop can reach significant levels. In the WAA of steelmakers and their assistants, sulphur dioxide, carbon monoxide, nitrogen dioxide, crystalline silicon dioxide with a dust content of 2 to 10%, iron (III) oxide (in terms of iron), magnesite, chromium anhydride, nickel, nickel oxides, sulphides and mixtures of compounds were present. Exceedance of the TLV was observed for the content of crystalline silicon dioxide, iron (III) oxide (in terms of iron) and magnesite in the WAA. Thus, the median maximum single concentration of crystalline silicon dioxide was 18.4 mg/m³ with a fluctuation of this indicator in the range from 4.1 to 192.1 mg/m³, where the maximum value exceeded the TLV by 48 times, which places the WC in Class 3 of the 4th degree of harmfulness. The median maximum one-time concentration of iron (III) oxide was 9.1 mg/m³, with a minimum and maximum value ranging from 0.6 to 23.0 mg/m³, where the upper value exceeded the TLV and classified the WC as Class 3 of the 1st hazard level. The median maximum one-time concentration of magnesite in the workers' WAA was 16.1 mg/m³ with a concentration fluctuation from 0.03 to 35.5 mg/m³, exceeding the TLV classifies the WC as Class 3 of the 1st degree of hazard. The WAA of the open-hearth furnace steelmakers and their assistants also contained unidirectional substances (nitrogen dioxide, carbon monoxide, sulfur dioxide) that did not exceed the TLV, but when calculated, the sum of the ratios of the actual concentrations of these substances to their TLV was ≥1 (1.72), the WC, in this case, belongs to Class 3 of the 1st degree of harmfulness (**table 3**).

Workers are exposed to industrial dust and chemicals almost throughout their working hours (94.2%).

The noise sources in the open-hearth shop are steelmaking units, the operation of the electric bridges and overhead cranes; gas flows in the furnace during melt blowdown, freight and railway transport, etc. The median equivalent noise level of the WC of the open-hearth furnace steelmakers and their assistants was 92.9 dBA, with fluctuations ranging from 67.3 to 98.9 dBA, where the maximum value exceeds the TLL by 18.9 dB and places the WC in hazard class 3.3. Industrial noise affects employees throughout their working hours.

When assessing the severity of the work process of a steel-maker of an open-hearth furnace and their helpers, it was found that the employee lifts and moves up to 24.7 kg during a work shift (WCC 3.1), has a static load per shift when holding a load with one hand 240 kg*s, with two hands 77160 kg*s, with the participation of the muscles of the body and legs 201600 kg*s (WCC 3.2), is in a tilted position for more than 27.3% of the total shift duration (WCC 3.1), performs an average of 224 forced torso bends of more than 300 (WCC 3.1), has horizontal movement in space (transitions due to the technological process during the shift) up to 7 km (WCC 2). In terms of labour intensity, the worker has three-shift work (night shift work), which corresponds to Class 3 of the 1st degree of hazard, has a load on the visual analyser (blinding effect of molten metal), has an intellectual load (solving complex issues with a choice according to a known algorithm), which places the WC in Class 3 of the 1st degree of hazard.

Thus, the WCs of the open-hearth furnace steelworkers and their assistants are classified as 3rd class of the 3rd degree of hazard in terms of hard work and 3rd class of the 2nd degree of hazard in terms of intensity.

The blast furnace operator's functional responsibilities include producing iron and slag, drying the casting trough, and replacing tuyere and cooling devices during the maintenance of blast furnaces. Prepares iron and slag troughs and other equipment for iron and slag production. Prepares slag ladles for receiving slag and fills cast iron ladles with coke fines. Monitors the flow of iron and slag in the troughs during their release. Regulates the filling of ladles. Operates the appropriate equipment during blast furnace operations, casting iron and slag. Participates in the repair of furnace equipment. The blast furnace operator performs heavy physical work (category III), which includes work associated with constant movement, carrying significant (over 10 kg) loads that require great physical effort.

As a result of the assessment of the WC in terms of microclimatic indicators, it was found that the median air temperature in the warm season was 35.80°C with temperature fluctuations ranging from 25.9 to 57.40°C (TLL 18-200°C), with a maximum excess of TLL by 37.40°C. The median relative humidity in the blast furnace shop was 36%, with fluctuations ranging from 15% to 55%. The air velocity at WP of the blast furnace operator ranged from 0.3 to 1.5 m/s with a median of 0.6 m/s, with the maximum value exceeding the TLL (TLL 0.5-0.6 m/s) by 2.5 times. The median level of heat exposure intensity was 2468 W/m², with fluctuations ranging from 2100 to 4320 W/m² (TLL 140 W/m²). During the cold season, the median air temperature was 30.4°C, with temperatures ranging from 11.5 to 35°C. The median relative humidity was 43%, with fluctuations ranging from 4 to 59% (TLL 40-60%). The median air velocity during this period was 0.4 m/s, with fluctuations ranging

Table 3 – Content of hazardous substances in the WAA and assessment of the WC of the open-hearth furnace steelmaker and their assistants

Hazardous substances in the WAA	Concentration, mg/m ³			TLV, mg/m ³	Hazard class	Working conditions class
	Min	Max	Median (Q ₂₅ ;Q ₇₅)			
Crystalline silicon dioxide with a dust content of 2 to 10%	4,1	192,1	18,4 (11,8;33,3)	4	3	3.1-3.4
Sulphurous anhydride	2,4	10,3	5,7 (5,0;6,4)	10	4	3.1
Carbon monoxide	6,0	23,0	9,0 (8,0;12,0)	20	4	
Nitrogen dioxide	0,05	10,7	1,3 (1,1;1,7)	2	3	
Magnesite	0,03	35,5	16,1 (7,4;24,3)	10	4	2-3.1
Chromium anhydride	0,002	0,006	0,002 (0,002;0,002)	0,01	1	2
Iron (III) oxide (in terms of iron)	0,6	23,0	9,1 (6,1;13,7)	6	4	2-3.1
Nickel, nickel oxides, sulphides and mixtures of compounds	0,03	0,2	0,03 (0,03;0,03)	0,05	2	2-3.2

from 0.3-0.8 m/s and exceeding the maximum value of the TLL by two times. Unfavourable microclimatic conditions affect the blast furnace operator for a long time during the work shift (88.7%). The median intensity level of thermal exposure in the cold season was 846 W/m², with fluctuations ranging from 246 to 1460 W/m² (TLL 140 W/m²). The blast furnace operator is exposed to an increased level of infrared radiation for 69.8% of the working time.

According to HCofW № 248-2014, the blast furnace operator's operating conditions can be classified as Class 3 of the 4th degree of hazard (harmful working conditions).

The WAA of a blast furnace operator contains sulphur dioxide, carbon monoxide, nitrogen dioxide, crystalline silicon dioxide with a dust content of 2 to 10%, iron (III) oxide (in terms of iron), manganese oxide, naphthalene, blast furnace slag dust, phenol, aluminium oxide, and carbon dust. The TLV was exceeded for crystalline silicon dioxide, iron (III) oxide (in terms of iron), blast furnace slag dust, carbon dust, and aluminium oxide. The median maximum one-time concentration of crystalline silicon dioxide was 14.8 mg/m³. It ranged from 1.8 to 201.9 mg/m³, where the maximum value exceeded the TLV by 50.3 times and thus classified the working conditions as Class 3 of the 4th degree of hazard. The median maximum one-time concentration of iron (III) oxide was 7.8 mg/m³ with a minimum and maximum value ranging from 3.0 to 25.2 mg/m³, which exceeded the TLV by 4.2 times at the maximum value and corresponds to Class 3 of the 2nd degree of hazard. The median maximum one-time concentration of blast furnace slag dust in the workers' WAA was 27.9 mg/m³, with dust concentrations ranging from 9.5 to 93.3 mg/m³. These concentrations exceeded the TLV by 1.6 and 15.6 times, which places the WC in Class 3 of the 4th degree of hazard. The median maximum one-time concentration of carbon dust in the employees' WAA was 5.7 mg/m³, with a fluctuation in the range from 1.0 to 61.9 mg/m³, where the maximum value exceeded the TLV by 10 times and thus classified the working conditions as Class 3 of the 3rd degree of hazard. The median maximum one-time concentration of aluminium oxide in the WAA was 51.2 mg/m³ with a concentration fluctuation from 35.7 to 66.3 mg/m³ and exceeding the TLV

Table 4 – Generalised assessment of the factors of the working environment of employees of a metallurgical enterprise

Production factor Occupation	Microclimate	Dust	Chemical factor	Noise	Vibration	Labour intensity	Difficulty of work	General assessment of working conditions	Risk level
Sinter workshop									
Sinter	3.4	3.4	3.1	3.3	3.1	3.1	3.3	3.4	Very high
Blast furnace workshop									
Blast furnace operator	3.4	3.4	3.4	3.3	-	3.2	3.3	3.4	Very high
Open-hearth furnace workshop									
Steelmaker / steelmaker's assistant of the open-hearth furnace	3.4	3.4	3.2	3.3	-	3.2	3.3	3.4	Very high

by 17.9 and 33.2 times, which places the WC in Class 3 of the 4th degree of hazard.

The WAA of a blast furnace operator also contained chemicals that did not exceed the TLVs but had a unidirectional effect (nitrogen dioxide, carbon monoxide, sulphur dioxide). In the calculation, the sum of the ratios of the actual concentrations of each of them to their TLVs was ≥ 1 (1.6); thus, the pollutants, in this case, belong to Class 3 of the 1st degree of harmfulness. Industrial dust and chemicals are exposed to the blast furnace operator during 83.7% of the work shift.

At the WP, industrial noise affects the employee during the entire work shift. The median equivalent noise level at the WP of a blast furnace operator was 81.9 dBA with a minimum and maximum value ranging from 72 to 101.1 dBA, where the maximum value significantly exceeds the TLL (80 dBA) and places the WC in hazard class 3.3.

When assessing the severity of the work process of a blast furnace operator, it was found that he lifts and moves up to 15 kg during a work shift (WCC 2), has a static load per shift when holding a load with one hand 180 kg*s, with two hands 2040 kg*s, with the participation of body and leg muscles 141230 kg*s (WCC 3.1), is in a tilted position for more than 27% of the total shift duration (WCC 3.1), performs an average of 379 forced bends over 300 (WCC 3.2), has horizontal movement in space (transitions due to the technological process during the shift) up to 5 km (WCC 2). In terms of labour intensity, sinter operators work in three shifts (night shift), which corresponds to Class 3 of the 1st degree of hazard, has a load on the visual analyser (blinding effect of molten metal), has an intellectual load (solving complex issues with a choice according to a known algorithm), and the time spent passively observing the techno-

logical process is 12% of the work shift, which places the working conditions in Class 3 of the 1st degree of hazard.

Thus, a blast furnace operator's WC, in terms of labour intensity, belongs to Class 3 of the 3rd degree of hazard and, in terms of intensity, to Class 3 of the 2nd degree of hazard.

The analysis of the factors of the production environment on the WP of workers in the sintering, open-hearth and blast furnace shops of a metallurgical enterprise allows us to conclude that the overall assessment of the WC for all occupations at this enterprise belongs to class 3 of the 4th degree of hazard, which corresponds to a very high level of occupational risk (table 4).

Conclusions.

1. The obtained results of the general assessment of the WC of employees of a metallurgical enterprise following the "Hygienic classification of work according to the indicators of harmfulness and dangers of the production environment's factors, difficulty and tension of the labour process" № 248 indicate that the WCs are harmful and belong to the 3rd class of the 4th degree of harmfulness and correspond to a very high degree of suspected occupational risk.

2. The leading unfavourable factors of the production environment among workers in the sintering, open-hearth and blast furnace shops include the production microclimate (class 3.4), the content of dust and chemicals in the WAA (class 3.1-3.4), high levels of industrial noise (class 3.3), hard work and intensity (class 3.1-3.3), which form a high risk of occupational and work-related pathology, and an increase in the incidence of morbidity with temporary disability. The data obtained confirm the need for further in-depth study of the factors of the production environment and the application of effective preventive measures to prevent the adverse effects of production factors on the health of workers in this industry.

Prospects for further research.

Industrial dust is one of the leading risk factors for workers at a metallurgical enterprise, where significant exceedances of the TLV have been established. Therefore, it is planned to study further industrial aerosols for the content of ultrafine suspended particles of various sizes and their chemical composition in various technological processes.

**УМОВИ ПРАЦІ ЯК ФАКТОР РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я ПРАЦІВНИКІВ
МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА**¹Запорізький державний медико-фармацевтичний університет (м. Запоріжжя, Україна)²ДУ «Інститут медицини праці імені Ю.І. Кундієва» НАМН України (м. Київ, Україна)

saravalarisa@gmail.com

Металургійна галузь є однією із розвинутих галузей виробництва в Україні де на робочих місцях працівників присутні шкідливі та небезпечні фактори виробничого середовища різної природи, які можуть сприяти розвитку професійної та виробничо-зумовленої патології. За результатами протоколів дослідження та карт умов праці за 2011-2021 рр. проведено дослідження умов праці працівників мартенівського, агломераційного та доменного цехів металургійного підприємства як фактору ризику для здоров'я. Визначено, що умови праці у працівників досліджених цехів є шкідливими і належать до 3 класу 4 ступеня шкідливості та відповідають дуже високій мірі підозрюваного професійного ризику. Встановлено, що до провідних факторів професійного ризику на даному підприємстві відноситься виробничий мікроклімат (3.4 клас) та вміст пилу та хімічних речовин у повітрі робочої зони (3.1–3.4 клас), що в свою чергу потребує застосування ефективних профілактичних заходів, спрямованих на попередження несприятливого впливу виробничих чинників на стан здоров'я працівників.

Ключові слова: умови праці, професійні ризики, металургійне підприємство, виробничі чинники.

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

Проведена робота є фрагментом науково-дослідної роботи кафедри загальної гігієни, медичної екології та профілактичної медицини ЗДМФУ «Сучасні фактори ризику та їх профілактика в системі громадського здоров'я», № державної реєстрації 0123U100215.

Вступ.

Металургійна галузь є однією із розвинутих галузей виробництва в Україні, найбільша кількість підприємств якої розташовані в основному у чотирьох областях країни: Донецька, Запорізька, Луганська та Дніпропетровська [1]. На робочих місцях (РМ) працівників металургійної галузі присутні шкідливі виробничі фактори різної природи, які можуть сприяти розвитку професійної та виробничо-зумовленої патології [2, 3]. Щорічно в Україні реєструється близько 5-8 тисяч професійних захворювань та збільшується на 32-50% загальна захворюваність працівників, зайнятих в шкідливих та небезпечних умовах праці, за рахунок виробничо обумовлених захворювань. Аналіз випадків професійної захворюваності за галузями виробництва свідчить, що найбільша їх кількість реєструється у вугільній (70-79%), металургійній (2,2-2,8%) та машинобудівній (2,7-3,8%) галузях [4, 5].

Умови праці (УП) працівників металургійних підприємств активно вивчаються та аналізуються, але за рахунок модернізації виробництва, впровадження процесів механізації та автоматизації різних технологічних процесів на виробництві відбуваються зміни умов праці працівників в основних та допоміжних цехах, що обумовлює необхідність додаткового їх вивчення, дослідження впливу шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища на працюючих. Тому питання вивчення УП у шкідливих галузях виробництва залишається актуальним та потребує уваги для розробки і впровадження ефективних заходів профілактики [6].

Мета дослідження.

Провести гігієнічну оцінку УП працівників металургійного підприємства як фактору ризику для здоров'я.

Об'єкт і методи дослідження.

Проведено дослідження УП на РМ працівників металургійного підприємства мартенівського цеху (155 РМ сталевара та підручного сталевара мартенівської печі), доменного (77 РМ горнового доменної печі) та агломераційного цехів (44 РМ агломератника) за 2011-2021 рр. Аналіз чинників виробничого середовища проводили за результатами власних досліджень та протоколів дослідження відомчої лабораторії підприємства. Для оцінки УП було проведено та проаналізовано 8287 досліджень факторів виробничого середовища, з них 2366 показників виробничого мікроклімату у теплий та холодний періоди року, 5761 показників забруднення повітря робочої зони (ПРЗ), 220 показників виробничого шуму та вібрації, 130 карт УП для оцінки важкості та напруженості трудового процесу.

Результати досліджень розраховані математично на персональному комп'ютері з використанням статистичного пакету ліцензійної програми «Statistica, версія 13» (Copyright 1984-2018 TIBCO Software Inc. All rights reserved. Ліцензія № JPZ8041382130ARCN10-J). Нормальність розподілу кількісних ознак аналізували за допомогою тесту Шапіро-Уїлка. Досліджувані параметри мали розподіл, що відрізняється від нормального, у зв'язку з чим описова статистика була надана у вигляді медіани з міжквартильним розмахом – Me (Q_{25} ; Q_{75}).

Оцінка та визначення класу УП працівників проводилася згідно з ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарними нормами мікроклімату виробничих приміщень» та ДСНтаП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» (затверджена наказом МОЗ України № 284 від 08.04.2014 р.) (далі ГКП №248- 2014).

Таблиця 1 – УП за показниками виробничого мікроклімату на РМ агломератника

Показники виробничого мікроклімату	Min	Max	Медіана (Q ₂₅ ; Q ₇₅)	ГДР	Клас умов праці
Теплий період року					
Температура повітря (°C)	20,4	43	35,2 (31,4;38,6)	20–22	3.1-3.4
Інфрачервоне випромінювання (Вт/м²)	142	1852	1054 (432;1316)	≤140	3.1-3.2
Вологість повітря (%)	19	71	35 (29,9;43,6)	40–60	3.1
Швидкість руху повітря (м/с)	0,04	2,1	0,5 (0,3;0,6)	0,2–0,5	2-3.2
Холодний період року					
Температура повітря (°C)	1,9	16,5	13,0 (6,9;14,2)	17-19	3.2
Вологість повітря (%)	34	72	56 (40;60)	40–60	2-3.1
Швидкість руху повітря (м/с)	0,4	1,5	0,6 (0,4;1,1)	0,4	2-3.2

Результати дослідження та їх обговорення.

До професійних обов'язків агломератника агломераційного цеху під час спікання агломерату відноситься спостереження за справністю агломераційних та випалювальних машин під час їх роботи, обслуговування обладнання (очистка аспіраційних повітроводів, бункерів розсіпу газовідсмоктувальних вакуум-камер, колекторів, мультициклонів, улітів екстаустерів, прямок, випускних труб під час зупинок агломераційних або випалювальних машин). Під час спікання агломерату працівник розбиває великі шматки гарячого агломерату на решітках течок, проводить вивантаження агломерату із спікальних решітчастих чаш, відбиває агломерат від колосників та течок, відбирає проби шихти, агломерату, обкотишів, сортує агломерат та обкотиші, постачає кокс. Приймає безпосередню участь у ремонті устаткування агломераційного цеху. Агломератник виконує фізичні роботи середньої важкості (категорія II б) куди належать роботи, які виконуються стоячи, пов'язані з ходінням, переміщенням невеликих (до 10 кг) вантажів та супроводжуються помірним фізичним напруженням.

При дослідженні параметрів виробничого мікроклімату встановлено, що медіана температури повітря на РМ агломератника у теплий період року склала 35,2°C та показник температури коливався в межах від 20,4 до 43°C (ГДР 20-22°C), що перевищувало гранично допустимий рівень (ГДР) на 0,4-13,2°C. Медіана відносної вологості склала 35% з максимальним зареєстрованим показником 71%, що на 11% вище

від допустимого рівня. Медіана швидкості руху повітря на РМ агломератника склала 0,5 м/с з коливанням показника в межах від 0,04 до 2,1 м/с, де максимальне значення не відповідає гігієнічним вимогам (ГДР 0,2-0,5 м/с) і перевищує ГДР у 4,2 рази. Медіана рівня інтенсивності теплового опромінення агломератника від нагрітих поверхонь технологічного устаткування склала 1054 Вт/м² з коливанням показника в межах від 142 до 1852 Вт/м² (ГДР 140 Вт/м²), що перевищує допустимий рівень на 2 – 1712 Вт/м². В холодний період року медіана температури повітря склала 13°C і коливалась в межах від 1,9 до 16,5°C. Медіана відносної вологості склала 56% з коливанням цього

показника в межах від 34 до 72%, де максимальний показник перевищував ГДР на 12% (ГДР 40-60%). Медіана швидкості руху повітря у цей період склала 0,6 м/с з коливанням показників у межах від 0,4-1,5 м/с, де максимальний показник перевищував ГДР у 3,75 разів.

Таким чином, відповідно до критеріїв ГКП №248-2014 УП агломератника за показниками виробничого мікроклімату відносяться до 3 класу 4 ступеня (шкідливі умови праці) (табл. 1). Неприятливі мікрокліматичні умови впливають на працівників протягом 93,5% робочого часу, високий рівень інфрачервоного випромінювання – 87,1%.

У ПРЗ агломератника визначалися наступні хімічні речовини: залізний агломерат, ангідрид сірчистий, вуглецю оксид, аміак, азот діоксид, марганець оксид, заліза (III) оксид (у перерахунку на залізо). Перевищення гранично допустимої концентрації (ГДК) спостерігалось лише за вмістом у ПРЗ залізного агломерату та заліза (III) оксиду (у перерахунку на залізо). Так, медіана максимально разової концентрації залізного агломерату склала 25,0 мг/м³ і коливалась у межах від 3,0 до 243,1 мг/м³, де максимальний показник перевищував ГДК у 60 разів, що відносить умови праці до 3 класу 4 ступеня шкідливості. Медіана максимально разової концентрації заліза (III) оксиду (у перерахунку на залізо) склала 17,7 мг/м³, мінімальні та максимальні значення перевищували ГДК у 2,5 та 3,4 рази, що відповідає 3 класу 1 ступеню шкідливості.

У зв'язку з тим, що у ПРЗ агломератника були присутні речовини односпрямованої дії (азот діоксид, вуглецю оксид, ангідрид сірчистий) які не перевищували ГДК, але при розрахунку сума відношень фактичних концентрацій кожної з них до їх ГДК склала ≥ 1 (1,21), умови праці у цьому випадку відносять до 3 класу 1 ступеня шкідливості (табл. 2). Встановлено, що виробничий пил і хімічні речовини, які були присутні у ПРЗ працівників і перевищували встановлені ГДК, впливають на агломератників протягом 93,5% робочого часу.

Медіана еквівалентного рівня шуму на РМ агломератника склала 85,4 дБ, показник коливався в межах від 60,5

Таблиця 2 – Вміст шкідливих речовин у ПРЗ та оцінка УП агломератників

Шкідливі речовини у ПРЗ	Концентрація, мг/м³			ГДК, мг/м³	Клас небезпеки	Клас умов праці
	Min	Max	Медіана (Q ₂₅ ; Q ₇₅)			
Залізний агломерат	3,0	243,1	24,97 (17,3;64,8)	4	3	2-3.4
Ангідрид сірчистий	0,65	5,7	5,01 (4,9;5,1)	10	3	3.1
Вуглецю оксид	4,9	19,2	7,2 (6,6;8,0)	20	4	
Азоту діоксид	0,2	1,2	0,66 (0,2;0,9)	2	3	
Аміак	1,0	9,1	5,0 (5,0;5,01)	20	4	2
Марганцю оксиди (аер. дезінтеграції)	0,08	0,2	0,08 (0,08;0,08)	0,3	2	2
Залізо (III) оксид (у перерахунку на залізо)	15,2	20,6	17,7 (16,9;18,2)	6	4	2-3.1

до 96,4 дБА, де максимальний показник перевищував ГДР (80 дБ) на 16,4 дБ, що відносить УП до 3.3 класу шкідливості.

Медіана еквівалентного коректованого рівня загальної вібрації на РМ агломератника складала 89,02 дБ, рівень вібрації коливався в межах від 69,1 до 103 дБ, де максимальний показник перевищував ГДР на 11 дБ (3.1 клас УП). Встановлено, що виробничий шум та загальна вібрація впливають на працівників протягом всього робочого часу.

При оцінці важкості трудового процесу агломератника встановлено, що він має вимушену робочу позу протягом робочої зміни близько 30% від загальної тривалості зміни – клас умов праці (КУП) 3.1, працівник виконує в середньому 332 вимушених нахилів більше 30° (КУП 3.2), величина статичного навантаження м'язів корпусу та ніг становила 263124 кг*с (КУП 3.2). За показниками напруженості праці агломератник має тризмінну працю (робота у нічну зміну) (КУП 3.1), тривалість робочого дня 8 годин (КУП 2), тривалість зосередженого спостереження близько 70% робочої зміни (КУП 3.1). Таким чином, УП агломератника за показниками важкості праці відносяться до 3 класу 3 ступеню шкідливості, за показниками напруженості до 3 класу 1 ступеню шкідливості.

До обов'язків сталевару мартенівської печі і їх підручних входить підготовка сталеплавильного агрегату до плавки, ведення технологічного процесу виплавки сталі в мартенівських печах та регулювання технологічними параметрами під час плавлення, регулювання подавання шихти, необхідних добавок, палива та повітря в піч. Сталевар проводить підготовку сталевипускного жолоба, слив шлаку і випуск сталі в розливний ківш, забезпечує своєчасний відбір проб та визначає готовність плавки. Стежить за справним станом мартенівської печі, роботи автоматики та механізмів різного устаткування печі. Виконує гарячий та холодний ремонт печі. Бере участь у прийманні печі після ремонтів.

Серед найбільш важких операцій, які виконує сталевар, є підсіпка порогів печей, введення в розплавлену сталь різноманітних добавок під час плавки металу, оброблення та закриття льотки. Ці технологічні операції виконуються вручну і вимагають значних фізичних зусиль від працівників (близько 80 % робочого часу займає робота з застосуванням ручної праці). Сталевар мартенівської печі та підручний сталевару виконує важку фізичну роботу (категорія III) куди належать роботи, пов'язані з постійним переміщенням, перенесенням значних (понад 10 кг) вантажів, які потребують великих фізичних зусиль.

Численні високотемпературні джерела (розплавлений метал та шлак, нагріті поверхні мартенівської печі тощо) сприяють створенню на РМ несприятливих мікрокліматичних умов як у теплий, так і холодний період року. Встановлено, що медіана температури повітря на РМ сталевару мартенівської печі і їх підручних у теплий період року складала 35,9°C, температура повітря коливалася в межах від 26,0 до 59,6°C (ГДР 18-20°C) та перевищувала ГДР на 6,0-39,6°C. Медіана відносної вологості у мартенівському цесі складала 26%, відносна вологість повітря коливалася в межах від 7 до 55% де мінімальний показник був менше ГДР на 33%. Медіана швидкість руху повітря на РМ сталевару мартенівської печі і їх підручних складала 0,6 м/с,

показник коливався в межах від 0,12 до 2,7 м/с де мінімальний та максимальний показники не відповідали допустимому рівню (ГДР 0,5-0,6 м/с) з перевищенням ГДР по максимальному показнику у 4,5 разів (3.2 клас УП). Сталевари та їх підручні піддаються впливу теплового опромінення, інтенсивність і тривалість якого коливається і залежить від виду сталеплавильного обладнання та періоду технологічного процесу. Так, медіана рівня інтенсивності теплового опромінення в середньому складала 1590 Вт/м², показник коливався в межах від 342 до 4240 Вт/м² (ГДР 140 Вт/м²) з перевищенням допустимого рівня на 202 – 4100 Вт/м². В холодний період року медіана температури повітря складала 28°C, з коливанням показника від 23 до 36,5°C, що не відповідає ГДР (16-18°C). Медіана відносної вологості складала 42%, з коливанням цього показника в межах від 22 до 62% (ГДР 40-60%). Медіана швидкості руху повітря у цей період складала 0,5 м/с, показники коливався у межах від 0,2 до 1,2 м/с, де максимальне значення перевищував ГДР у 3 рази (3.2 клас УП). Медіана рівня інтенсивності теплового опромінення в холодний період року складала 1260 Вт/м², як мінімальний так і максимальний показники перевищували ГДР і коливалися в межах від 522 до 3210 Вт/м² (ГДР 140 Вт/м²). Несприятливі мікрокліматичні умови впливають на працівників протягом 94,2% робочого часу, інфрачервоне випромінювання – 88,5%.

Згідно отриманих даних щодо показників виробничого мікроклімату УП сталевару мартенівської печі та їх підручних за ГКУ №248- 2014 можна віднести до 3 класу 4 ступеня шкідливості (шкідливі умови праці).

В ПРЗ працівників мартенівського цеху концентрація виробничого пилу та інших хімічних речовин може досягати значних величин. У ПРЗ сталевару та їх підручних були присутні ангідрид сірчистий, вуглецю оксид, азот діоксид, кремнію діоксид кристалічний при вмісті у пилу від 2 до 10%, заліза (III) оксид (у перерахунку на залізо), магнезит, ангідрид хромовий, нікель, нікелю оксиди, сульфіді і суміші з'єднань. Перевищення ГДК спостерігалось за вмістом у ПРЗ кремнію діоксиду кристалічного, заліза (III) оксиду (у перерахунку на залізо) та магнезиту. Так, медіана максимально разової концентрації кремнію діоксиду кристалічного складала 18,4 мг/м³ з коливанням цього показника у межах від 4,1 до 192,1 мг/м³, де максимальний показник перевищував ГДК у 48 разів, що відносить УП до 3 класу 4 ступеня шкідливості. Медіана максимально разової концентрації заліза (III) оксиду складала 9,1 мг/м³, з мінімальним та максимальним значенням від 0,6 до 23,0 мг/м³, де верхній показник перевищував ГДК і відносить УП до 3 класу 1 ступеню шкідливості. Медіана максимально разової концентрації магнезиту у ПРЗ працівників складала 16,1 мг/м³ з коливанням концентрації від 0,03 до 35,5 мг/м³, перевищення ГДК відносить УП до 3 класу 1 ступеня шкідливості. У ПРЗ сталевару мартенівської печі і їх підручних були присутні також речовини односпрямованої дії (азот діоксид, вуглецю оксид, ангідрид сірчистий), які не перевищували ГДК, але при розрахунку сума відношень фактичних концентрацій цих речовин до їх ГДК складала ≥ 1 (1,72), УП у цьому випадку відносяться до 3 класу 1 ступеня шкідливості (табл. 3).

Виробничий пил та хімічні речовини впливають на працівників майже протягом всього робочого часу (94,2%).

Таблиця 3 – Вміст шкідливих речовин у ПРЗ та оцінка УП сталевару мартенівської печі і їх підручних

Шкідливі речовини у ПРЗ	Концентрація, мг/м ³			ГДК, мг/м ³	Клас небезпеки	Клас умов праці
	Min	Max	Медіана (Q ₂₅ ; Q ₇₅)			
Кремнію діоксид кристалічний при вмісті у пилу від 2 до 10%	4,1	192,1	18,4 (11,8;33,3)	4	3	3.1-3.4
Ангідрид сірчистий	2,4	10,3	5,7 (5,0;6,4)	10	4	3.1
Вуглецю оксид	6,0	23,0	9,0 (8,0;12,0)	20	4	
Азоту діоксид	0,05	10,7	1,3 (1,1;1,7)	2	3	
Магнезит	0,03	35,5	16,1 (7,4;24,3)	10	4	2-3.1
Ангідрид хромовий	0,002	0,006	0,002 (0,002;0,002)	0,01	1	2
Залізо (III) оксид (у перерахунку на залізо)	0,6	23,0	9,1 (6,1;13,7)	6	4	2-3.1
Нікель, нікелю оксиди, сульфід і суміші з'єднань	0,03	0,2	0,03 (0,03;0,03)	0,05	2	2-3.2

Джерелом шуму у мартенівському цеху є сталеплавильні агрегати, робота електромостових та завалявальних кранів, газові потоки в печі при продуванні плавки, вантажний та залізничний транспорт тощо. Медіана еквівалентного рівня шуму на РМ сталевару мартенівської печі та їх підручних склала 92,9 дБА з коливанням показника в межах від 67,3 до 98,9 дБА де максимальний показник перевищує ГДР на 18,9 дБ і відносить УП до 3.3 класу шкідливості. Виробничий шум впливає на працівників протягом всього робочого часу.

При оцінці важкості трудового процесу сталевару мартенівської печі та їх підручних встановлено, що працівник підіймає та переміщує протягом робочої зміни до 24,7 кг (КУП 3.1), має величину статичного навантаження за зміну при утриманні вантажу однією рукою 240 кг*с, двома руками 77160 кг*с, за участю м'язів корпусу та ніг 201600 кг*с (КПУ 3.2), перебуває в нахиленому положенні понад 27,3 % від загальної тривалості зміни (КУП 3.1), виконує в середньому 224 вимушених нахилів тулуба більше 30° (КУП 3.1), має переміщення у просторі по горизонталі (переходи, обумовлені технологічним процесом протягом зміни) до 7 км (КПУ 2). За показниками напруженості праці має тризмінну працю (робота у нічну зміну), що відповідає 3 класу 1 ступеню шкідливості, має навантаження на зоровий аналізатор (сліпуча дія розплавленого металу), має інтелектуальне навантаження (вирішення складних питань з вибором за відомим алгоритмом), що відносить УП до 3 класу 1 ступеня шкідливості.

Таким чином, УП сталевару мартенівської печі та їх підручних за показниками важкості праці відносяться до 3 класу 3 ступеню шкідливості, за показниками напруженості до 3 класу 2 ступеню шкідливості.

До функціональних обов'язків горнового доменної печі входить випуск чавуну та шлаку, сушіння ливарної канави, заміна фурми та охолоджувальних приладів під час обслуговування доменних печей. Готує чавунні та шлакові жолоби та інше устаткування до випуску чавуну та шлаку. Готує шлаковозні ковші для приймання шлаку, засипає чавуновозні ковші коксовим дрібняком. Стежить за потоком чавуну та шлаку в жолобах під час їх випуску. Регулює наповнення ковшів. Керує відповідним обладнанням під час

виконання горнових робіт та розливанні чавуну та шлаку. Бере участь у ремонтах устаткування горна. Горновий доменної печі виконує важку фізичну роботу (категорія III) куди належать роботи, пов'язані з постійним переміщенням, перенесенням значних (понад 10 кг) вантажів, які потребують великих фізичних зусиль.

У результаті оцінки УП горнового доменної печі за показниками мікрокліматичних показників встановлено, що медіана температури повітря у теплий період року склала 35,8°C з коливанням температури в межах від 25,9

до 57,4°C (ГДР 18-20°C), з максимальним перевищенням ГДР на 37,4°C. Медіана відносної вологості у доменному цесі склала 36% з коливання цього показника в межах від 15 до 55%. Швидкість руху повітря на РМ горнового доменної печі коливалася від 0,3 до 1,5 м/с з медіаною 0,6 м/с де максимальний показник перевищував ГДР (ГДР 0,5-0,6 м/с) у 2,5 рази. Медіана рівня інтенсивності теплового опромінення склала 2468 Вт/м² з коливанням показника в межах від 2100 до 4320 Вт/м² (ГДР 140 Вт/м²). В холодний період року медіана температури повітря склала 30,4°C, показники температури в цей період коливалися в межах від 11,5 до 35°C. Медіана відносної вологості склала 43% з коливанням цього показника в межах від 4 до 59% (ГДР 40-60%). Медіана швидкості руху повітря у цей період склала 0,4 м/с, з коливанням у межах від 0,3-0,8 м/с та перевищенням максимального показника ГДР у 2 рази. Неприятливі мікрокліматичні умови впливають на горнового протягом тривалого часу робочої зміни (88,7%). Медіана рівня інтенсивності теплового опромінення в холодний період року склала 846 Вт/м² з коливанням в межах від 246 до 1460 Вт/м² (ГДР 140 Вт/м²), підвищений рівень інфрачервоного випромінювання діє на горнового протягом 69,8% робочого часу.

За ГКП №248- 2014 УП горнового доменної печі, за показниками виробничого мікроклімату, можна віднести до 3 класу 4 ступеня шкідливості (шкідливі умови праці).

У ПРЗ горнового доменної печі присутні ангідрид сірчистий, вуглецю оксид, азот діоксид, кремнію діоксид кристалічний при вмісті у пилу від 2 до 10%, заліза (III) оксид (у перерахунку на залізо), марганцю оксид, нафталін, пил доменного шлаку, фенол, алюмінію оксид та вуглецевий пил. Перевищення ГДК спостерігалось за вмістом у ПРЗ кремнію діоксида кристалічного, заліза (III) оксиду (у перерахунку на залізо), пилу доменного шлаку, вуглецевого пилу та алюмінію оксиду. Медіана максимально разової концентрації кремнію діоксида кристалічного склала 14,8 мг/м³ і коливалася у межах від 1,8 до 201,9 мг/м³, де максимальне значення перевищувало ГДК у 50,3 рази і таким чином відносить умови праці до 3 класу 4 ступеня шкідливості. Медіана максимально разової концентрації заліза (III) оксиду склала 7,8

мг/м³ з мінімальним та максимальним значенням від 3,0 до 25,2 мг/м³, що мало перевищення ГДК за максимальним показником у 4,2 рази і відповідає 3 класу 2 ступеню шкідливості. Медіана максимально разової концентрації пилу доменного шлаку у ПРЗ працівників складала 27,9 мг/м³, концентрація пилу коливалася від 9,5 до 93,3 мг/м³, що перевищувала ГДК у 1,6 та 15,6 разів, що відносить УП до 3 класу 4 ступеня шкідливості. Медіана максимально разової концентрації вуглецевого пилу у ПРЗ працівників складала 5,7 мг/м³, з коливанням показника в межах від 1,0 до 61,9 мг/м³ де максимальне значення перевищувало ГДК у 10 разів і таким чином відносить умови праці до 3 класу 3 ступеня шкідливості. Медіана максимально разової концентрації алюмінію оксиду у ПРЗ складала 51,2 мг/м³ з коливанням концентрації від 35,7 до 66,3 мг/м³ та перевищенням ГДК у 17,9 та 33,2 рази, що відносить УП до 3 класу 4 ступеня шкідливості.

У ПРЗ горнового доменної печі також були присутні хімічні речовини які не перевищували ГДК, але мали односпрямовану дію (азот діоксид, вуглецю оксид, ангідрид сірчистий). При розрахунку сума відношень фактичних концентрацій кожної з них до їх ГДК складала ≥ 1 (1,6), таким чином УП у цьому випадку відносяться до 3 класу 1 ступеня шкідливості. Виробничий пил та хімічні речовини впливають на горнового доменної печі протягом 83,7% робочої зміни.

На РМ горнового доменної печі присутній виробничий шум, який діє на працівника протягом всієї робочої зміни. Медіана еквівалентного рівня шуму на РМ горнового доменної печі складала 81,9 дБА з мінімальним та максимальним значенням в межах від 72 до 101,1 дБА, де максимальний показник значно перевищує ГДР (80 дБА) і відносить УП до 3.3 класу шкідливості.

При оцінці важкості трудового процесу горнового доменної печі встановлено, що він підіймає та переміщує протягом робочої зміни до 15 кг (КУП 2), має величину статичного навантаження за зміну при утриманні вантажу однією рукою 180 кг*с, двома руками 2040 кг*с, за участю м'язів корпусу та ніг 141230 кг*с (КПУ 3.1), перебуває в нахиленому положенні понад 27 % від загальної тривалості зміни (КУП 3.1), виконує в середньому 379 вимушених нахилів більше 30° (КУП 3.2), має переміщення у просторі по горизонталі (переходи, обумовлені технологічним процесом протягом зміни) до 5 км (КПУ 2). За показниками напруженості праці агломератників має тризмінну працю (робота у нічну зміну), що відповідає 3 класу 1 ступеню шкідливості, має навантаження на зоровий аналізатор (сліпуча дія розплавленого металу), має інтелектуальне навантаження (вирішення складних питань з вибором за відомим алгоритмом), час пасивного спостереження за технологічним процесом складає 12% від часу робочої зміни, що відносить умови праці до 3 класу 1 ступеня шкідливості.

Таким чином, УП горнового доменної печі за показниками важкості праці відносяться до 3 класу 3

Таблиця 4 – Узагальнена оцінка факторів виробничого середовища працівників металургійного підприємства

Виробничий фактор Професія	Мікроклімат	Пил	Хімічний фактор	Шум	Вібрація	Напруженість праці	Важкість праці	Загальна оцінка умов праці	Рівень ризику
Агломераційний цех									
Агломератник	3.4	3.4	3.1	3.3	3.1	3.1	3.3	3.4	Very high
Доменний цех									
Горновий доменної печі	3.4	3.4	3.4	3.3	-	3.2	3.3	3.4	Very high
Мартенівський цех									
Сталевар/ підручний сталевару мартенівської печі	3.4	3.4	3.2	3.3	-	3.2	3.3	3.4	Very high

ступеню шкідливості, за показниками напруженості до 3 класу 2 ступеню шкідливості.

Проведений аналіз чинників виробничого середовища на РМ працівників агломераційного, мартенівського та доменного цехів металургійного підприємства дає змогу дійти висновку, що загальна оцінка УП для всіх професій на цьому підприємстві відносяться до 3 класу 4 ступеня шкідливості, що відповідає дуже високому рівню професійного ризику (табл. 4).

Висновки.

1. Отримані результати загальної оцінки УП працівників металургійного підприємства відповідно до «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» № 248 свідчать про те, що УП є шкідливими і належать до 3 класу 4 ступеня шкідливості і відповідають дуже високій мірі підозрюваного професійного ризику.

2. До провідних несприятливих чинників виробничого середовища серед працівників агломераційного, мартенівського та доменного цехів відносяться виробничий мікроклімат (3.4 клас), вміст у ПРЗ пилу та хімічних речовин (3.1–3.4 клас), високий рівень виробничого шуму (3.3 клас), важкість та напруженість праці (3.1–3.3 клас), які формують високий ризик виникнення професійної та виробничо зумовленої патології, підвищення рівня захворюваності з тимчасовою втратою працездатності. Отримані данні підтверджують необхідність у подальшому поглибленому дослідженні факторів виробничого середовища і застосуванні ефективних профілактичних заходів, спрямованих на попередження несприятливого впливу виробничих чинників на стан здоров'я працівників у цій галузі.

Перспективи подальших досліджень.

У зв'язку з тим, що виробничий пил є одним із провідних факторів ризику для працівників металургійного підприємства, де встановлені значні перевищення ГДК, надалі планується провести дослідження промислового аерозолі на вмісту в ньому ультрадисперсних зважених частинок різного розміру та їх хімічного складу при різних технологічних процесах.

References / Література

1. Orekhova OV. Profesiyna zakhvoryuvannist u pratsivnykiv hirnycho-metallurhiynoyi haluzi Ukrainy. Visnyk problem biolohiyi ta medytsyny. 2015;4.2(125):104-111. [in Ukrainian].
2. Sevalnev AI, Sharavara LP, Chernyak AI. Znyzhennya profesiynykh ryzykiv na zdorovya pratsivnykiv modernizovanoho metallurhiynoho pidpryyemstva. Zaporizkyy medychnyy zhurnal. 2015;1(88):87-90. [in Ukrainian].
3. Pavlenko OI. Vyznachennya dopustymoho terminu roboty v umovakh suchasnoho metallurhiynoho vyrobnytstva. Zbirnyk naukovykh prats spivrobotnykiv NMAPO im. PL Shupyka. 2018;29:380-392. Dostupno: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpsnmapo_2018_29_37. [in Ukrainian].
4. Andrushchenko TA, Basanets AV. Vyrobnychi faktory khimichnoho ta fizychnoho pokhodzhennya v suchasniy vuhilnyi promyslovosti Ukrainy: yikhniy vplyv na rozvytok profesiyno obumovlenoyi patolohiyi. Ukrayinskyy zhurnal z problem medytsyny pratsi. 2015;3(44):75-82. [in Ukrainian].
5. Hornostay OB. Rozvytok profesiynykh zakhvoryuvan v Ukraini. Naukovyy visnyk NLTU Ukrainy. 2013;26:396-401. [in Ukrainian].
6. Nagorna AM, Sokolova MP, Witte PM, Kononova IG, Pyatnytsia-Gorpinchenko NK. The state of occupational morbidity during the period of legislative changes in Ukraine. Ukrayinskyy zhurnal z problem medytsyny pratsi. 2016;1(46):3-17. [in Ukrainian].

УМОВИ ПРАЦІ ЯК ФАКТОР РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я ПРАЦІВНИКІВ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Шаравара Л. П., Дмитруха Н. М.

Резюме. Вступ. Металургійна галузь є однією з провідних галузей виробництва в Україні, де на робочих місцях працівників різних виробничих ділянок присутні шкідливі виробничі фактори різної природи, які підвищують ризик розвитку професійної та виробничо-зумовленої захворюваності.

Мета. Провести гігієнічну оцінку умов праці працівників металургійного підприємства як фактору ризику для здоров'я.

Об'єкт і методи дослідження. Проведено дослідження факторів виробничого середовища на робочих місцях працівників мартенівського, доменного та агломераційного цехів за період 2011-2021 рр. за результатами власних досліджень та протоколів дослідження: 2366 показників виробничого мікроклімату, 5761 показників забруднення повітря робочої зони, 220 показників виробничого шуму та вібрації, 130 карт умов праці для оцінки важкості та напруженості трудового процесу.

Результати. Встановлено, що до провідних факторів виробничого середовища на робочих місцях працівників агломераційного, мартенівського та доменного цехів відноситься виробничий мікроклімат (3.4 клас) та вміст виробничого пилу у повітрі робочої зони (3.4 клас). Також, у повітрі робочої зони всіх працівників присутні хімічні речовини які відносять умови праці до 3.1–3.4 класу та виробничий шум, який перевищує гранично допустимий рівень і відповідає 3.3 класу шкідливості. Умови праці в усіх цехах за показниками важкості та напруженості праці відповідають 3.1–3.3 класу. Умови праці на металургійному підприємстві характеризуються комплексом несприятливих чинників, що формує високий ризик виникнення професійної та виробничо-зумовленої захворюваності.

Висновки. Отримані результати загальної оцінки умов праці працівників металургійного підприємства відповідно до «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» (затверджена наказом МОЗ України № 284 від 08.04.2014 р.) свідчать про те, що умови праці є шкідливими і належать до 3 класу 4 ступеня шкідливості та відповідають дуже високій мірі підозрюваного професійного ризику.

Ключові слова: умови праці, професійні ризики, металургійне підприємство, виробничі чинники.

WORKING CONDITIONS AS A RISK FACTOR FOR THE HEALTH OF EMPLOYEES OF A METALLURGICAL ENTERPRISE

Sharavara L. P., Dmytrukha N. M.

Abstract. Introduction. The metallurgical industry is one of the leading manufacturing in Ukraine, where harmful production factors of various nature are present at the employees' workplaces of various production sites, which increase the risk of developing occupational and production-related diseases.

Aim. To carry out a hygienic assessment of the employees' working conditions of a metallurgical enterprise as a risk factor for health.

Materials and methods. A study of the production environment's factors at the employees' workplaces of the open hearth shop, blast furnace, and sintering workshops was conducted for the period from 2011-2021 based on the results of own research and scientific protocols: 2366 indicators of the industrial microclimate, 5761 indicators of air pollution in the working area, 220 indicators of industrial noise and vibration, 130 maps of working conditions to assess the difficulty and intensity of the labor process.

The results. It was established, that the leading factors of the production environment at the workplaces of the workers of the sintering, open hearth and blast furnace shops include the production microclimate (class 3.4) and the content of industrial dust in the air of the working area (class 3.4). Also, in the air of the working area of all employees, there were chemicals that attribute working conditions to class 3.1–3.4 and industrial noise that exceeded the maximum permissible level and corresponds to 3.3 class of harm. Working conditions in all workshops correspond to class 3.1-3.3 in terms of labor difficulty and intensity. Working conditions at a metallurgical enterprise are characterized by a complex of unfavorable factors, which creates a high risk of occupational and production-related morbidity.

Conclusions. The obtained results of the general assessment of the employees' working conditions of the metallurgical enterprise in accordance with the «Hygienic classification of work according to the indicators of harmfulness and dangerous of the production environment's factors, difficulty and tension of the labor process» (approved by the order of the Ministry of Health of Ukraine № 284 from 04.08.2014) indicate that the work conditions are harmful and belong to the 3rd class of the 4th degree of harmfulness and correspond to a very high degree of suspected occupational risk.

Key words: working conditions, professional risks, metallurgical enterprise, production factors.

ORCID and contributionship: / ORCID кожного автора та їх внесок до статті:

Sharavara L. P.: <https://orcid.org/0000-0001-9102-3686>^{ABDF}

Dmytrukha N. M.: <https://orcid.org/0000-0001-9161-3889>^{ABDF}

Conflict of interest / Конфлікт інтересів:

The authors declare no conflict of interest. / Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Sharavara Larysa Pavlivna / Шаравара Лариса Павлівна

Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University / Запорізький державний медико-фармацевтичний університет

Ukraine, 69000, Zaporizhzhia, 26 Mayakovsky Avenue / Адреса: Україна, 69000, м. Запоріжжя, проспект Маяковського 26

Tel.: 0992717757 / Тел.: 0992717757

E-mail: saravaralarisa@gmail.com

A – Work concept and design, **B** – Data collection and analysis, **C** – Responsibility for statistical analysis, **D** – Writing the article, **E** – Critical review, **F** – Final approval of the article / **A** – концепція роботи та дизайн, **B** – збір та аналіз даних, **C** – відповідальність за статичний аналіз, **D** – написання статті, **E** – критичний огляд, **F** – остаточне затвердження статті

Received 22.08.2023 / Стаття надійшла 22.08.2023 року

Accepted 01.02.2024 / Стаття прийнята до друку 01.02.2024 року