

Статья поступила в редакцию 8.02.2018 г.

Хамитов Т.Н.

Национальный центр гигиены труда и профессиональных заболеваний,  
г. Караганда, Республика Казахстан

## ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА РАБОЧИХ ПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА В ПРОЦЕССЕ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

**Цель работы** – физиологическая оценка функционального состояния организма рабочих прокатного производства в процессе трудовой деятельности в зависимости от профессиональной принадлежности.

**Методы исследования.** Объекты исследования: рабочие листопрокатного производства АО «Арселор Миттал – Темиртау». Методы исследования: физиологические и статистические.

**Основные результаты.** Представленные результаты исследования позволили сделать вывод о негативном влиянии прокатного производства на организм рабочих. При этом, несмотря на имеющиеся признаки адаптированности организма к производственным нагрузкам, у отдельных функциональных систем наблюдается снижение резервных возможностей. Степень выраженности уровня функционального напряжения организма зависит от длительности контакта с вредными факторами и степени непосредственного участия в управлении и обслуживании основного технологического процесса прокатного производства.

**Ключевые слова:** прокатное производство; основные и вспомогательные профессии; функциональное напряжение.

**Khamitov T.N.**

*National Center of Labor Hygiene and Occupational Diseases, Karaganda, Republic of Kazakhstan*

### PHYSIOLOGICAL ASSESSMENT OF THE FUNCTIONAL STATE OF ORGANISM OF WORKERS OF THE ROLLING PRODUCTION IN THE COURSE OF EMPLOYMENT

**The purpose of the work** – the work is devoted to the physiological assessment of the functional state of organism of workers of the rolling production in the course of employment, depending on occupational category.

**Methods.** Objects of research: performance of rolling production of JSC «Arcelor Mittal – Temirtau». Research methods: physiological and statistical.

**Results.** The results of the study allowed to conclude that the negative effects of rolling operations on the body of the workers, thus, despite indications of adaptation of the organism to the production activity, the individual functional systems, a decrease in reserve capacity. The severity level of functional tension of organism depends on the duration of contact with harmful factors and the degree of direct participation in the management and maintenance of the main technological process of the rolling production.

**Key words:** rolling production; primary and secondary professions; the functional voltage.

**Т**руд рабочих основных профессий прокатного производства относится преимущественно к операторскому, приближается по своему характеру к умственному труду и влияет, прежде всего, на центральную нервную и сердечно-сосудистую системы, а физиологические изменения, наступающие в них, зависят не столько от продолжительности работы, сколько от напряженности, объема поступающей информации на пульт управления, степени ответственности и эмоциональных факторов [1]. Данные ряда авторов показали, что рабочие прокатного производства в процессе трудовой деятельности подвергаются воздействию определенного комплекса неблагоприятных факторов [2, 3]. В связи с этим, изучение состояния функциональных систем организма операторов и вальцовщиков проводилось путем исследования физиологических сдвигов со стороны центральной нервной и сердечно-сосудистой систем.

**Цель работы** — физиологическая оценка функционального состояния организмов рабочих прокатного производства в процессе трудовой деятельности в зависимости от профессий.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования были рабочие листопркатного АО «Арселор Миттал — Темиртау». Были взяты рабочие основных (операторы, вальцовщики) (89 человек) и вспомогательных (ремонтник, слесарь, токарь, сварщик) профессий (68 человек).

Физиологические исследования, проводимые до и после рабочей смены, включали: 1) измерение частоты сердечных сокращений (ЧСС); 2) систолического (САД) и диастолического (ДАД) артериального давления; 3) ручная динамометрия с определением максимальной мышечной силы (кг) и мышечной (статической) выносливости (сек) [4]; 4) изучение умственной работоспособности с помощью корректурной пробы (кольца Ландольта) с вычислением показателей — количество переработанной информации (Q), количество переработанной информации на 1 знак (q), время, затраченное на выполнение теста (t) [4]; 5) регистрация критической частоты слияния световых мельканий (КЧСМ), времени латентного пери-

### Корреспонденцию адресовать:

ХАМИТОВ Тулеген Нургалиевич,  
100017, Республика Казахстан, г. Караганда, ул. Мустафина, д. 15.  
Тел.: +7 (721-2) 56-52-63; +7 (721-2) 56-10-21.  
E-mail: priemnaya@ncgtpz.kz

### Сведения об авторах:

ХАМИТОВ Тулеген Нургалиевич, канд. мед. наук, директор, Национальный центр гигиены труда и профессиональных заболеваний, г. Караганда, Республика Казахстан. E-mail: priemnaya@ncgtpz.kz

### Information about authors:

KHAMITOV Tulegen Nurgalieovich, candidate of medical sciences, director, National Center of Labor Hygiene and Occupational Diseases, Karaganda, Republic of Kazakhstan. E-mail: priemnaya@ncgtpz.kz

ода сенсомоторной реакции на звук (ЗМР) и свет (СМР) проводилась с помощью программного модуля «Система контроля уровня стресса» [5].

Оценка нервно-эмоциональной напряженности проводилась на основе интеграции показателей гемодинамики, для чего по эмпирической формуле рассчитывался сердечно-сосудистый интегральный показатель (ССИП), предложенный А.А. Шапгала [6]:  $ССИП = (ЧСС \times ДАД^2) / (САД - ДАД) \times 1000$ .

Математическая обработка проводилась при помощи стандартного пакета программ Statistica 8 [7]. Полученные данные обрабатывали общепринятыми методами с определением математического ожидания, среднеквадратического отклонения, ошибки средней и достоверности различия (по Стьюденту). Достоверными считались сдвиги при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты исследования, в процессе производственной деятельности у рабочих основных и вспомогательных профессий листопркатного производства отмечаются признаки утомления, и степень их выраженности зависит от особенностей трудовой деятельности.

О функциональном состоянии ЦНС судили по нейтральным показателям: величине КЧСМ и времени простой рефлексорной реакции на звук и свет. Установлено, что трудовая деятельность работников основных профессий характеризовалась высокой плотностью загрузки рабочего дня и сопровождалась повышенным нервно-эмоциональным напряжением, что выражалось в достоверном увеличении времени сенсомоторной реакции на свет и звук в процессе трудовой деятельности (табл. 1) по сравнению с дорабочим уровнем. Так, увеличение времени реакции ЗМР и СМР на 29,2 % и 18,2 % соответственно ( $P < 0,05$ ) свидетельствует об увеличении процесса утомления со стороны центральной нервной системы. А поскольку основной профессией в прокатном производстве являются операторы, где большая нагрузка отмечается на ЦНС, динамика со стороны скоростных характеристик свидетельствует о высокой нервно-эмоциональной напряженности труда операторов. У вспомогательных процессов подобной динамики не отмечается.

Величина КЧСМ разницы между дорабочими и послерабочими уровнями не имела.

Оценка произвольного внимания и темпа психомоторной деятельности, работоспособности и устойчивости к монотонной деятельности (по кольцам Лан-

Таблица 1  
Функциональное состояние центральной нервной системы операторов  
Table 1  
The functional state of the Central nervous system operators

Показатели	Единицы измерения	Основные профессии		Вспомогательные профессии	
		До работы	После работы	До работы	После работы
КЧСМ	Гц	30,1 ± 0,41	29,9 ± 0,59	30,8 ± 1,56	30,1 ± 2,63
Простая ЗМР	мсек	259,7 ± 7,96	<b>336,0 ± 10,9**</b>	301,8 ± 71,2	321,3 ± 79,3
Простая СМР	мсек	249,4 ± 9,33	<b>304,8 ± 11,4**</b>	263,4 ± 73,1	289,3 ± 88,9
Q	знаков	192,9 ± 2,11	<b>178,4 ± 1,27*</b>	198,6 ± 1,89	195,2 ± 1,72
q	на 1 знак	0,971 ± 0,066	0,889 ± 0,028	1,07 ± 0,059	0,961 ± 0,05
t	минуты	2,91 ± 0,12	<b>3,33 ± 0,19*</b>	3,25 ± 0,21	3,23 ± 0,22
Число ошибок	знаков	5,68 ± 1,15	6,06 ± 0,61	5,02 ± 0,81	<b>8,03 ± 1,14*</b>

Примечание: \* - различия по сравнению с дорабочим уровнем достоверны ( $P < 0,05$ ); КЧСМ - критическая частота слияния световых мельканий; ЗМР - зрительно-моторная реакция; СМР - слухо-моторная реакция.

Note: \* - differences in comparison with duraback level of significant ( $P < 0.05$ ); CFFF - critical frequency of merge of light flashings; VMR - visual-motor reaction; AMR - auditory-motor reaction.

долта) показала, что более выраженные сдвиги отмечались у рабочих основных профессий (табл. 1). В процессе трудовой деятельности однозначной направленности на снижение работоспособности не отмечалось. Так, если количество переработанной информации (Q) в динамике рабочей смены снижалось, что свидетельствовало о высокой психомоторной деятельности, то время ее переработки увеличилось (t), что свидетельствовало о нарастании процессов утомления со стороны умственной работоспособности. Так, если до работы Q и V составляли в среднем  $192,9 \pm 2,11$  знаков и  $2,91 \pm 0,12$  усл. ед. соответственно, то после работы отмечалось достоверное снижение количества переработанной информации до  $178,4 \pm 1,27$  знаков и времени переработки информации до  $3,33 \pm 0,19$  усл.ед. ( $P < 0,05$ ).

У рабочих вспомогательных профессий подобной динамики не отмечается, за исключением динамики числа сделанных ошибок при выполнении теста — отмечалось достоверное увеличение с  $5,02 \pm 0,81$  знаков до работы и до  $8,03 \pm 1,14$  знаков после нее ( $P < 0,05$ ). Следовательно, трудовая деятельность рабочих основных профессий оказывает более выраженное не-

гативное влияние на уровень функционального напряжения ЦНС в части концентрации внимания и его переключаемости, чем у рабочих вспомогательных профессий; т.е., несмотря на высокое нервно-эмоциональное напряжение в процессе трудовой деятельности, профессиональные качества рабочих оставались на высоком уровне.

Умственный труд, вызывая изменения реактивности центральной нервной системы и ее вегетативных отделов, способствует функциональным сдвигам со стороны сердечно-сосудистой системы. Поэтому частота пульса и показатели артериального давления при нервно-эмоциональном труде могут изменяться по-разному.

В процессе трудовой деятельности у рабочих основных профессий со стороны сердечно-сосудистой системы отмечалась достоверная динамика показателей артериального давления (табл. 2). Так, в динамике рабочей смены отмечалось увеличение показателей ДАД и ЧСС с  $80,4 \pm 2,28$  мм рт. ст. и  $79,8 \pm 2,41$  ударов в минуту соответственно в начале смены, до  $86,1 \pm 2,1$  и  $86,4 \pm 2,17$  соответственно в конце смены ( $P < 0,05$ ).

Таблица 2  
Динамика показателей сердечно-сосудистой системы рабочих  
Table 2  
Dynamics of indicators of cardiovascular system working

Показатели	Единицы измерения	Основные профессии		Вспомогательные профессии	
		До работы	После работы	До работы	После работы
САД	мм рт. ст.	125,4 ± 4,6	126,4 ± 4,4	124,9 ± 4,8	126,2 ± 5,5
ДАД	мм рт. ст.	80,4 ± 2,28	<b>86,1 ± 2,1*</b>	79 ± 6,41	86,7 ± 5,35
ЧСС	уд/мин.	79,8 ± 2,41	<b>86,4 ± 2,17*</b>	80,3 ± 2,49	<b>85,4 ± 2,04*</b>
ССИП	усл. ед.	11,4 ± 0,69	<b>15,8 ± 1,18*</b>	10,9 ± 0,67	<b>13,7 ± 0,57*</b>

Примечание: \* - различия по сравнению с дорабочим уровнем достоверны ( $P < 0,05$ ); САД - систолическое артериальное давление;

ДАД - диастолическое артериальное давление; ЧСС - частота сердечных сокращений; ССИП - сердечно-сосудистый интегральный показатель.

Note: \* - differences in comparison with duraback level of significant ( $P < 0.05$ ); SBP - systolic blood pressure; DBP - diastolic blood pressure; HR - heart rate reduction; CVII - cardiovascular integral indicator.

#### Информация о финансировании и конфликте интересов:

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Таблица 3  
Динамика показателей нервно-мышечного аппарата рабочих  
Table 3  
Dynamics of parameters of the neuromuscular apparatus working

Показатели	Единицы измерения	Основные профессии		Вспомогательные профессии	
		До работы	После работы	До работы	После работы
Мышечная сила	кг	64,9 ± 2,66	68,4 ± 2,45	66,4 ± 2,77	<b>52,6 ± 3,26*</b>
Мышечная выносливость	сек	39,6 ± 2,19	38,3 ± 2,39	45,5 ± 2,89	<b>32,2 ± 3,19*</b>

Примечание: \* - различия по сравнению с дорабочим уровнем достоверны (P < 0,05).

Note: \* - differences in comparison with duraback level of significant (P < 0.05).

Напряженность труда, оцениваемая по частоте пульса [8], соответствует критериям «хорошая» для предсменного периода и «удовлетворительная» для послесменного периода.

Количественная оценка нервно-эмоциональной напряженности труда [6] по сердечно-сосудистому интегральному показателю (ССИП) показала, что труд работников основных профессий соответствует IV степени (14,5-17 усл. ед.) и характеризуется как очень напряженный труд, допустим непрерывно не более 25 % рабочей смены.

У рабочих вспомогательных профессий в динамике рабочей смены отмечалось увеличение показателей ДАД и ЧСС с 79 ± 6,41 мм рт. ст. и 80,3 ± 2,49 ударов в минуту соответственно в начале смены до 86,7 ± 5,35 (не достоверно) и 85,4 ± 2,04 соответственно в конце смены (P < 0,05). Напряженность труда [8] по критериям соответствует критериям рабочих основных профессий. Однако количественная оценка нервно-эмоциональной напряженности труда [6] по ССИП показала существенное отличие данной категории профессиональных групп. Так, труд работников вспомогательных профессий соответствует III степени (12-14,5 усл. ед.) и характеризуется как напряженный труд, допустим непрерывно не более 50 % рабочей смены.

Со стороны показателей нервно-мышечного аппарата выраженные изменения отмечались у рабочих вспомогательных профессий, при этом различия имели место не только в мышечной силе, но и в мышечной выносливости (рис. 3). Так, если уровень мышечной силы у рабочих вспомогательных профессий до смены в среднем составлял 66,4 ± 2,77 кг, то после работы отмечалось достоверное снижение до 52,6 ± 3,26 кг (P < 0,05). Подобная картина отмечалась по показателям, характеризующим мышечную выносливость, до работы ее средний уровень составлял 45,5 ±

2,89 сек, после работы – 32,2 ± 3,19 сек (P < 0,05). У рабочих основных профессий достоверных изменений в течение рабочей смены по показателям нервно-мышечного аппарата не отмечалось.

Это говорит о том, что у рабочих вспомогательных профессий в трудовой деятельности превалирует мышечный компонент, в то время как у рабочих основных профессий – умственный.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о негативном влиянии прокатного производства на организм рабочих; при этом, несмотря на имеющиеся признаки адаптированности организма к производственным нагрузкам, у отдельных функциональных систем наблюдается снижение резервных возможностей.

## ВЫВОДЫ:

Производственные факторы негативно отражаются на адаптивных процессах и уровне функционального напряжения организма рабочих в процессе производственной деятельности. Степень выраженности уровня функционального напряжения организма зависит от длительности контакта с вредными факторами и степени непосредственного участия в управлении и обслуживании основного технологического процесса прокатного производства.

У рабочих основных профессий отмечается увеличение уровня функционального напряжения со стороны сердечно-сосудистой системы, нарастание процессов утомления со стороны умственной работоспособности при высокой психомоторной деятельности и его переключаемость, общей работоспособности, в отличие от рабочих вспомогательных профессий, у которых производственная деятельность отражается на уровне напряжения сердечно-сосудистой системы и нервно-мышечного аппарата.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Apreleva H.H., Setko N.P. Hygienic characteristics of working conditions and their influence on the functional state of the Central nervous system of workers of the main professions of secondary processing of nonferrous metals. *Population health and habitat*. 2015; (2): 12-15. Russian (Анрелева Н.Н., Сетко Н.П. Гигиеническая характеристика условий труда и их влияние на функциональное состояние центральной нервной системы рабочих основных профессий вторичной обработки цветных металлов //Здоровье населения и среда обитания. 2015. № 2. С. 12-15.)
2. Reshetova SV. Occupational health of workers in manufacturing copper products, rolled and filling method. Cand. med.sci. abstracts diss. Ekaterinburg, 2006. 19 p. Russian (Решетова С.В. Гигиена труда рабочих в производстве медной продукции катаным и наполнительным способом: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Екатеринбург, 2006. 19 с.)
3. Gorskaya TV., Pototskiy EP. The assessment of working conditions in the metallurgical plants. *Metallurg*. 2006; (4): 29-32. Russian (Горская Т.В., Поточкий Е.П. Оценка условий труда в металлургических цехах //Металлург. 2006. № 4. С. 29-32.)

4. Gorshkov SI, Zolina ZM, Moykin YuV. Research methods in physiology of labor. M.: Medicine Publ., 1974. 225 p. Russian (Горшков С.И., Золина З.М., Мойкин Ю.В. Методики исследований в физиологии труда. М.: Медицина, 1974. 225 с.)
5. Hardware-software complex Healthcare Express. <https://mks.ru/product/zdex/> Russian (Аппаратно-программный комплекс ЗДОРОВЬЕ-ЭКСПРЕСС. <https://mks.ru/product/zdex/>)
6. Shaptala AA, Sautkin VS. Hygiene of labor in the rolling industry. Kiev: Health Publ., 1988. 95 p. Russian (Шаптала А.А., Сауткин В.С. Гигиена труда в прокатном производстве. Киев: «Здоровье», 1988. 95 с.)
7. Rebrova OYu. Statistical analysis of medical data. The use of the software package Statistica. M.: MediaSphere, 2006. 312 p. Russian (Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ Statistica. М.: МедиаСфера, 2006. 312 с.)
8. Aver'yanov VS, Vinogradova OV, Kapustin KG at al. The functional state of the operators and it system integrators determinants. *Human physiology*. 1984; 10(1): 23-30. Russian (Аверьянов В.С., Виноградова О.В., Капустин К.Г. и др. Функциональное состояние операторов и его системотехнические детерминанты // Физиология человека. 1984. Т. 10, № 1. С. 23-30.)

