

УДК: 159.9+331.015

orcid.org/0000-0002-5897-3580

doi.org/10.5281/zenodo.400674

Я.О. Лисенко
Академія музики
імені М. Глінки, м. Дніпро

ПСИХОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ МЕТАЛУРГІЙНИМ ВИРОБНИЦТВОМ

У статті розроблено аналітичну модель організації робіт з ергономічної модернізації людино-машинних систем. Змодельовані пошукові та цільові дослідження на різних етапах розробки та експлуатації людино-машинної системи, починаючи від ескізного проектування і закінчуючи експлуатацією системи. Використані теоретичні, системно-аналітичні та експериментальні методи. Обговорено результати ергономічної модернізації процесів управління металургійним виробництвом у двох країнах за нових (ринкових) економічних умов. Виявлено фактори, що визначають напруженість у діяльності операторів прокатних станів. Сформульовано рекомендації щодо модернізації існуючих технологій та організації праці.

Ключові слова: людино-машинні системи, металургійне виробництво, модернізація, управління, ергономіка.

Я.О. Лисенко

ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМ ПРОИЗВОДСТВОМ

В статье представлена аналитическая модель организации работ по эргономической модернизации человеко-машинных систем. Смоделированы поисковые и целевые исследования на разных этапах разработки и эксплуатации человеко-машинной системы, начиная от эскизного проектирования и заканчивая эксплуатацией системы. Используются теоретические, системно-аналитические и экспериментальные методы. Обсуждаются результаты эргономической модернизации процессов управления металлургическим производством в двух странах в новых (рыночных) экономических условиях. Выявлены факторы, которые определяют напряженность в деятельности операторов прокатных станов. Сформулированы рекомендации по модернизации существующих технологий и организации труда.

Ключевые слова: человеко-машинные системы, металлургическое производство, модернизация, управление, эргономика.

Y.O. Lysenko

PSYCHOLOGICAL PROVIDING OF MODERNIZATION OF PROCESSES OF MANAGEMENT METALLURGICAL PRODUCTIONS

The analytical model of organization of works is developed on ergonomic modernization of the man-machine systems. Searching and having a special purpose researches are modelled on different design and exploitation of the man-machine system times, since the preliminary planning completing exploitation of the system. Theoretical, system-analytical and experimental methods are used.

The results of ergonometric modernization of processes of management of metallurgical operations are discussed in two countries in new (market) economic terms. Factors which stipulate tension in operators activity of rollings mills are exposed. Formulated to recommendation on modernization of existent technologies and organization of labour.

Keywords: man-machine systems, metallurgical production, modernization, management, ergonomics.

Актуальність дослідження. Важкі і напружені умови діяльності операторів-металургів вимагають належного підходу до оптимізації всієї системи «людина-машина». Цей підхід має на увазі врахування особливостей операторської діяльності (в першу чергу психологічних), залучення відповідних методів дослідження і ергономічного проектування.

Постановка проблеми. Врахування психологічних чинників при розробці нових і модернізації наявних технічних засобів діяльності є неодмінною умовою реалізації їх економічної ефективності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Методологічною основою досліджень стала концепція ергономічного забезпечення розробки та експлуатації людино-машинних систем Г. Зараковського [7].

Проблема підвищення ефективності функціонування людино-машинної системи «Прокатний стан» не нова. В результаті аналізу з позицій теорії діяльності опублікованих в різний час досліджень, що стосуються діяльності операторів прокатних станів, може бути виділена низка реально існуючих підходів: технологічний, спрямований на локальну автоматизацію і завантаженість прокатного стану протягом зміни, простої та їх причини; санітарно-гігієнічний, спрямований на оцінку важкості і напруженості праці операторів-прокатників і ергономічний, що зведений, в основному, до раціоналізації пультів управління і організації робочих місць. Зарубіжні дослідники (G. Vedny [1], I. Brito [2], A. Chapanis [3], I. Foley [4], G. Thu [6]) як зовнішні детермінанти психічного навантаження і стресогенних чинників операторів металургійних агрегатів називають особливості технології і рівень автоматизації управління. Аналіз сучасної зарубіжної ергономічної та психологічної літератури виявив наявність теоретичних передумов оптимізації діяльності операторів-металургів у

різних країнах [7]. Наші дослідження продовжують ергономічний напрям оптимізації операторської праці металургів, який розвивався в Україні та Китаї здебільшого фрагментарно.

Обстежено операторів безперервних ширококугових прокатних станів в двох країнах. Дослідження проводилися у виробничих умовах Дніпровського металургійного комбінату і металургійного комбінату «Бансі сталь», між якими існує договір про співробітництво [5].

Предметом дослідження було ергономічне забезпечення (див. рис.) оптимізації праці операторів-прокатників і його взаємозв'язок з виробничою ефективністю соціотехнічної системи. Досліджувалися психологічні, фізіологічні та психофізіологічні чинники інтенсифікації технологічних процесів металургійних виробництв.

Мета статті полягає у визначенні особливостей впливу ергономічних і психологічних чинників на ефективність праці операторів безперервних ширококугових станів за умов модернізації металургійних підприємств двох країн.

Викладення основного матеріалу дослідження. Гіпотеза дослідження: організація спрямованого впливу психологічних чинників дозволяє оптимізувати працю операторів і тим самим інтенсифікувати, підвищити ефективність функціонування сучасної соціотехнічної системи прокатного виробництва.

Перша група методів – традиційні професіографічні, включають спостереження, інтерв'ю і бесіди з фахівцями, аналіз технологічної документації і посадових інструкцій, виявлення порушень операторами режимів обробки металу, наявність аварійних ситуацій і простоїв. Фіксувалися вік, стаж, стать операторів.

Анкетування проводилося для виявлення суб'єктивного ставлення операторів до об'єктивних чинників модернізації технологічного процесу, що впливають на професійне навантаження і психологічну напруженість, які виникають в процесі праці, а також для виявлення основних мотиваційних аспектів операторської діяльності.

Алгоритмічний аналіз праці операторів здійснювався на основі спостережень і експертизи технологічної документації. Проводився аналіз алгоритмів управління на прокатних станах однотипних зливків і за стандартною програмою обтискань. За мету ставилося порівняння кількісних характеристик операторської діяльності по управлінню головним електроприводом і супутніми механізмами.

Для оцінки когнітивної складності виконання алгоритму враховувались не лише характеристики алгоритму, але й дані, отримані в результаті аналізу дій операторів. Для оцінки динаміки функціонального стану операторів використовувалася частота серцевих скорочень (ЧСС) і настановний тремор рук. У дослідженні розглянуто динаміку частоти серцевих скорочень як інтегральну характеристику функціональної напруги організму при продуктивній праці, що характеризується психоемоційним збудженням.

Вимір частоти серцевих скорочень здійснювався за електрокардіографією. Частота тремору рук вимірювалася треморометром з цифровим лічильником.

Як показник стомлюваності операторів використовувалася динамометрія кисті.

Група психологічних методик спрямована на аналіз впливу професійної праці на завантаження психічних функцій операторів, пов'язаних з прийомом, переробкою, зберіганням і відтворенням інформації. Для дослідження напруги психічних функцій застосовувалися методики вивчення пам'яті, уваги, мислення.

При дослідженні пам'яті застосовувалося запам'ятовування чисел з подальшим їх відтворенням.

При дослідженні уваги використовувалися таблиці і коректурні проби. Визначалися характеристики розподілу (ρ_y) і концентрації (κ_y) уваги. Показник концентрації уваги визначався по коректурних пробах за формулою 1[7]:

$$X_{\kappa_y} = (0,5436 \cdot N - 2.807 \cdot n) / T, \quad 1)$$

де X_{κ_y} – показник концентрації уваги (швидкість переробки інформації, біт/с;

N – число проглянутих знаків коректурної проби за час T ;

n – число пропущених і помилково закреслених знаків за час T .

Розподіл уваги оцінювався часом роботи ($T_{рч}$) з першими десятьма парами чисел червоно-чорної таблиці. Як характеристика розподілу уваги (X_{ρ_y}) використовувалася величина $X_{\rho_y} = K_{\rho_y} / T_{рч}$, де K_{ρ_y} – нормуючий коефіцієнт.

У формулі 2[7] для оцінки показників мислення використовувався час складання чисел ряду (T_m), який визначався як сума часу рішення задачі ($T_{мр}$) і «штрафного» часу ($T_{мш}$), рівного модулю різниці отриманого

результату (C_p) складання однозначних чисел кожного з запропонованих виборів і фактичного значення (C_f), тобто

$$T_{MШ} = |C_p - C_f|, \text{ а } T_M = T_{MP} - T_{MШ} \quad 2)$$

Як показник мислення (X_m) використовувалася величина $X_M = K_M/T_M$, з нормуючим коефіцієнтом $K_M=100c$. Характеристика пам'яті (X_n) визначалася в балах як $X_n = 5 - n$, де n – кількість помилок і перестановок цифр при відтворенні числа, що запам'ятовується.

Реактивна (РТ) і особистісна (ОТ) тривожність визначалися за методикою дослідження самооцінки Ч. Спілбергера – Ю. Ханіна.

Застосовувалася наступна послідовність тестування: кардіографія, треморометрія, динамометрія, запам'ятовування чисел (експонування 15 с), коректурна проба, червоно-чорна таблиця, відтворення чисел. Загальний час роботи з кожною з перерахованих методик дозволив проводити обстеження на робочих місцях.

Для оцінки якості праці використовувалося спеціальне опитування експертів. Діяльність оцінювалася експертами за сімома параметрами: продуктивність; виконання технологічних вимог, програми обтискань; якість злиwkів продукції; кількість припущених помилок; міра узгодженості функцій управління в роботі колективу операторів; характер управління електроприводами стану при прокатці, ставлення до дорученої справи. Перші шість параметрів характеризують професійну майстерність, а спільно з сьомим надають характеристику професійного внеску оператора у виробничий процес. Експертами виступали майстер-технолог, начальник зміни, заступник начальника стану, а також три найбільш досвідчених оператори-інструктори. Професійна діяльність кожного оператора оцінювалася дев'ятьма експертами. Проводилася перевірка узгодженості оцінок експертів.

Тест Люшера використано для дослідження емоційних аспектів функціонального стану операторів-прокатників і їх ставлення до чинників модернізованого металургійного виробництва [6].

Усі перелічені методи апробовано на підставі професіографічного аналізу праці операторів прокатних станів у системах-аналогах та прототипах.

У дослідженні брали участь по 200 операторів прокатних станів України і Китаю, з них по 100 чоловіків і жінок в кожній країні у віці 17 – 46 років, тобто вибірка зрівнювалася по параметрах статі і віку.

При обробці результатів використані традиційні методи математичної статистики в інтерпретації Г.З. Бедного [1].

Проведено декомпозицію соціотехнічної системи управління прокатним станом на супідрядні підсистеми при системоутворюючій ролі активної діяльності оператора в кожній з них, і оцінена складність операторської праці.

Показники оцінки складності алгоритмів управління за цикл прокатки зливка наведені в табл. 1.

Серед основних чинників, що детермінують складність і напруженість професійної праці, оператори виокремлюють організаційні та технологічні. Оператори більш нового й найпродуктивнішого стану металургійного комбінату «Бансі – сталь» у Китаї оцінюють професійне навантаження вище, аніж оператори українського прокатного стану.

Відмітимо високу достовірність відмінностей оцінок операторами всіх станів операціонального навантаження, а також міри впливу на діяльність технологічних і організаційних чинників виробництва ($p < 0,01$).

Таблиця 1

Ергономічна оцінка складності алгоритмів
діяльності операторів

Стан	N	N _л	V _а	K _{нс}	K _{нл}	C _v	S _к
Україна	166	76	3,9	0,4	0,2	0,16	0,25
Китай	246	92	5,8	0,4	0,2	0,12	0,30

Примітка. N – загальна кількість членів алгоритму; N_л – число логічних умов; V_а – напруженість виконання алгоритму (операцій за секунду); K_{нс} і K_{нл} – відповідно нормовані коефіцієнти стереотипності і логічної складності операторської діяльності; C_v – коефіцієнт варіації числа рухів за цикл прокатки; S_к – коефіцієнт когнітивної складності алгоритму.

Виявлено значущі відмінності (на рівні $p < 0,05$) у оцінці операторами когнітивної складової професійного навантаження і впливу на неї технологічних чинників металургійного виробництва. Старші оператори більшою мірою (в порівнянні з маніпуляторщиками) відчувають вплив соціально-психологічних чинників на їх професійне навантаження. Задоволе-

ність працюю та оцінка значущості праці зростають у міру зростання кваліфікації робітників.

При аналізі інформаційної взаємодії операторів і технологічного процесу прокатки, керованого за допомогою комплексу технічних пристроїв, встановлено, що при відносно стабільному часі прокатки зливка (коефіцієнти варіації складають відповідно 2,8% для прокатного стану в Україні, 3,5% і 5,2% для стану в Китаї), варіативність кількості рухів старших операторів за цикл прокатки складає відповідно 16% (Україна) і 12% (Китай). Для операторів маніпуляторів варіативність складає відповідно 26% і 21%. З метою виявлення причин стохастичності діяльності проведено порівняльний аналіз завантаження операторів при управлінні окремими механізмами. Виявилось, що за цикл прокатки в середньому 37% рухів старших операторів відноситься до управління головним приводом (в Україні – 35%, у Китаї – 39%), а 26% – до управління натискувальним пристроєм (в Україні – 28%, у Китаї – 25%), 17% – переднім рольгангом (в Україні – 20%, у Китаї – 14%) і 11% (в Україні – 10%, у Китаї – 12%) – заднім рольгангом.

Напруженість діяльності операторів характеризується показниками інтенсивності переміщень органів управління (за секунду) та варіативністю рухів за стадію обробки зливка (у відсотках). Можливо передбачити, що руховий стереотип операторів характеризується певною мірою інтенсивності переміщень органів управління, що оцінюється величиною коефіцієнта варіації. Має сенс говорити про активну «адаптацію» операторів до процесу діяльності.

У табл.2 наведені середні значення коефіцієнтів варіації як показники напруженості психофізіологічних і психологічних функцій для операторів прокатних станів. Діапазон коефіцієнтів варіації від 10 до 20% відповідає середній напруженості, понад 20% – високій, менше 10% – низькій. Наведено показники, що характеризують напруженість частоти серцевих скорочень (ЧСС), тремору, концентрації і розподілу уваги, пам'яті і мислення.

Порівняння напруженості ЧСС операторів прокатних станів в двох країнах показало, що професійна діяльність старших операторів прокатного стану в Китаї є більш напруженою, аніж старших операторів українського стану. Вимоги розподілу уваги на значну кількість керованих механізмів, а також концентрація уваги в робочій зоні (підсилювана наявніс-

тю пробуксовки) підтверджуються показниками напруженості психічних функцій.

За даними табл. 2 і 3 видно, що в китайських операторів домінує розподіл уваги в порівнянні з її концентрацією. В операторів українських станів, вимушених на підставі зорової інформації з робочої зони розпізнавати пробуксовку валків, домінує напруга концентрації уваги в порівнянні з її розподілом. Таким чином, системи управління прокатних станів-аналогів є специфічними.

Таблиця 2

Коефіцієнти варіації (%) показників психічних і фізіологічних функцій операторів прокатних станів

Функція	Оператори маніпуляторів		Старші оператори	
	Україна	Китай	Україна	Китай
концентрації уваги	19,9±7,5	16,8±8,5	23,0±5,5	17,8±9,6
розподілу уваги	17,5±9,0	24,2±11,8	21,3±7,0	36,1±9,8
пам'яті	40,4±24,1	31,7±23,6	33,6±23,1	37,1±25,8
мислення	12,5±7,2	12,5±8,5	12,9±4,9	14,1±7,0
тремору	37,5±16,9	40,0±17,8	33,1±12,6	38,2±6,9
напруженості частоти серцевих скорочень	6,9± 4,4	7,8±3,3	8,1±4,9	5,8±1,9

Психологічний аналіз діяльності операторів підтверджується результатами дослідження напруження короткочасної пам'яті.

Необхідність запам'ятовування старшими операторами до 26 програм обтискань у Китаї (проти 14 для стану в Україні), реалізація яких здійснюється шляхом заданого положення валків в кожному з 14 пропусків, призводить до збільшення напруги оперативної пам'яті. З іншого боку, складніше калібрування валків станів України (що містить п'ять калібрів проти чотирьох для китайського стану) призводить до збільшення вкладу операторів маніпуляторів в реалізацію програм обтискань, що встановлюють зливки проти одного з нормативно заданих калібрів. В результаті напруга пам'яті в операторів маніпуляторів станів України переважає над напругою цієї психічної функції операторів маніпуляторів стану в Китаї .

Висновки і перспективи розвитку напрямку. Зіставлення ефективності діяльності операторів прокатних станів та їх психологічних характе-

ристик призводить до висновку про існування невивадкового впливу мотиваційних аспектів і особових чинників на професійну «успішність» персоналу.

Таблиця 3

Показники психічних функцій операторів прокатних станів ($M \pm m$)

Функція	Оператори маніпуляторів		Старші оператори	
	Україна	Україна	Україна	Китай
концентрації уваги	11,4±0,1	11,2±0,2	11,2±0,2	21,5±0,2
розподілу уваги	11,6±2,0	13,1±2,1	13,1±2,1	13,9±1,6
пам'яті	5,0±1,0	4,1±0,9	4,1±0,9	4,8±0,6
мислення	30,7±7,8	31,6±5,5	31,6±5,5	33,0±8,0
реактивна тривожність	41±4	40±2	40±2	35±7
особистісна тривожність	42±3	40±3	40±3	38±5
вік	31±5	32±6	32±6	35±3
стаж	10±2	11±3	11±3	11±2

Ергономічна оцінка операторської праці довела, що модернізація прокатних станів потребує врахування психологічних чинників (складність і напруженість роботи, функціональний стан фахівців) як при розробці технологічних режимів (програм обтискань), так і при створенні локальних і комплексних систем автоматизації, при вдосконаленні організаційного та інформаційного забезпечення операторської діяльності в період експлуатації соціотехнічної системи. Рівень організації металургійного виробництва виявляється в таких показниках функціонування прокатних станів, як ефективність, ритмічність, безперервність, потужність і впливає на соціально-психологічний статус фахівців, психологічний клімат в колективі, задоволеність працею. Суб'єктивні якості операторів (соціально-трудова активність, задоволеність працею, значущість праці) впливають на успішність професійної діяльності та функціональні стани. Важливе значення при цьому має рівень мотивації, відношення до діяльності й соціально-трудова активність. У відборі і розставлянні операторських кадрів на прокатних станах нових поколінь у обох країнах необхідне врахування не лише технічних чинників, але й психологічних особливостей фахівців. В умовах Китаю проблема підбору і розставлення фахівців-операторів має бути розглянута в аспекті надання психологічної допомоги добросовісному працівникові у використанні власних психологічних ресурсів з максимальною ефективністю завдяки національним установкам,

що існують в Китаї, на забезпечення індивідуальної ефективності діяльності. В Україні до цього аспекту проблеми додається вимога виявлення недобросовісних працівників, а не лише недостатньо кваліфікованих. Методичний комплекс дослідження професійно-важливих психологічних якостей операторів (професійної уваги, оперативної пам'яті, оперативного мислення) можливо використовувати для їх професійного відбору й подальшої професійної підготовки. Перспективи подібних ергономічних досліджень вбачаються в створенні психологічної й ергономічної теорії інтенсифікації функціонування високоавтоматизованих технологічних процесів металургійного виробництва, які можуть стати конкурентною перевагою в умовах соціально-економічної кризи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bedny G.Z. Activity theory: history, research and application / G.Z. Bedny, M. Seglin, D. Meister // *Theoretical Issues in Ergonomics Science*. – 2010. — Vol. 2, № 3. — PP. 168-206.
2. Brito J.C. About women and work: towards the construction of a female work ergonomics / J.C. Brito // *Designing for everyone* / Ed. by Queinnec, F. Daniellou. — L.: Taylor and Francis, 2011. — PP. 17-22.
3. Chapanis A. Research techniques in human engineering / A. Chapanis. — Baltimore: J. Hopkins University Press, 2012. — PP. 121-125.
4. Foley J.D. Fundamentals of Interactive Computer Graphics / J.D. Foley. — Reading: Addison-Wesley, 2014. — PP. 73-86.
5. http://project.ukrinform.ua/company/dniprovskyi_metalurgiiinyi_kombinat_64696.
6. Thu G. The bases of psychology intensification of high-automatized processes under the condition of metal production (for instance Ukraine, Russia and China) / G. Thu // *Experimentelle Psychologie / Abstract der 45. Tagung experimenteller arbeitender Psychologen*. — Kiel, 2013. — P. 211.
7. Zarakovsky G. The concept of theoretical evaluation of operators' performance derived from activity theory / G. Zarakovsky // *Theoretical Issues in Ergonomics Science*. — 2014. — Vol.5. — № 4. — PP. 313-337.

Надійшла до редколегії 24.11.2016