

- C. 176—178.
7. Akselrod S., Gordon D., Ubel F. A., et al. Power spectral analysis of heart rate fluctuation: A quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control // *Science*—1981.—213.—P. 220—222.
8. Kawamoto M., Tanaka N., Takasaki M. Power spectral analysis of heart rate variability after spinal anaesthesia // *Br. J. Anaesth.*—1993.—71.—P. 523—527.
9. Galletly D. C., Westenberg A. M., Robinson B. J., Corfiatis T. Effect of halothane, isoflurane and fentanyl on spectral components of heart rate variability // *Br. J. Anaesth.*—1994.—72.—P. 177—180.
10. Kimura T., Komatsu T., Hirabayashi A., et al. Autonomic imbalance of the heart during total spinal anesthesia evaluated by spectral analysis of heart rate variability // *Anesthesiology*.—1994.—80.—P. 694—698.
11. Backlund M., Toivonen L., Tuominen M., et al. Changes in heart rate variability in elderly patients undergoing major noncardiac surgery under spinal or general anesthesia // *Reg. Anesth. Pain. Med.*—1999.—24.—P. 386—392.
12. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of

Pacing and Electrophysiology // *European Heart Journal*.—1996.—17.—P. 354—381.

HEART RATE VARIABILITY CHANGES DURING SURGERY STRESS

O. Z. Fomenko, S. V. Wagin, S. I. Zabashnyi

In the present paper the changes of spectral parameters of heart rate variability were investigated in patients with IHD during urological operations under epidural anaesthesia. We aimed to analyze a possibility to use this method for estimation of an operational stress degree and anaesthesia adequacy. The general spectral power, and also spectral power VLF, LF, HF frequency ranges, as well as their relation were determined. By means of spectral analysis of heart rate in patients undergoing urological surgery under multicomponent epidural anaesthesia we found marked depression both of sympathetic and parasympathetic regulation of the heart rate. For patients with similar surgery under a classic epidural anaesthesia an enhancement of sympathetic activity was registered during the surgery, though without marked clinical signs.

УДК 154.4+331.015

ЭРГОНОМИЧЕСКАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ СЛОЖНЫХ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫХ СИСТЕМ В НОВЫХ УСЛОВИЯХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

© А. В. Шевяков, Шу Гао Хан

Дніпропетровський національний університет

Розглянуто питання ергономічної модернізації людино-машинних систем з урахуванням ринкових економічних умов. Висвітлено ергономічні фактори, що детермінують психічну напруженість діяльності операторів. Обґрунтовано необхідність модернізації у межах корективного підходу до ергономічного забезпечення та проектування операторської діяльності.

Авиакосмическая промышленность является традиционной областью внедрения новейших достижений науки и техники, управляемой, обслуживаемой, осваиваемой и используемой человеком. Современное техническое перевооружение этой отрасли вызвано объективными причинами: значимостью в народном хозяйстве стран, оказавшихся в новых для себя (рыночных) условиях; масштабом производства; высоким устойчивым спросом выпускаемой продукции и капитальных затрат на создание и эксплуатацию агрегатов и производств; напряженными условиями труда специалистов. Интенсификация высокоавтоматизированных технологических процессов приводит к необходимости широкого применения и внедрения системы эргономического обеспечения разработки, эксплуатации и модернизации человеко-машинных систем, под ко-

торой понимается совокупность научно-исследовательских, проектно-конструкторских работ и организационных мероприятий, направленных на достижение максимального реализуемого уровня эффективности (эргономичности).

Несмотря на внедрение средств автоматизации, компьютерной техники в производство, роль человека-оператора является ведущей в обеспечении устойчивости функционирования человеко-машинных систем. При этом значительно возрастает общая психическая нагрузка операторов, связанная с ответственностью за результаты осуществляемых действий. Новые условия деятельности операторов требуют соответствующего подхода к модернизации всей системы. Этот подход требует учета психологических особенностей операторской деятельности, привлечения психологических методов исследова-

ния и инженерно-психологического проектирования взаимодействия компонентов в системе «человек-машина-среда» (СЧМС). Учет психологических факторов при разработке новых и модернизации технических средств деятельности является необходимым условием реализации их эффективности.

Объектом исследования являлась профессиональная деятельность операторов крупномасштабного металлургического производства, связанного с авиакосмической промышленностью. Исследования проводились в производственных условиях работающих станков Никопольского Южнотрубного металлургического завода (НЮМЗ, Украина) и аналогичного прокатного стана металлургического комбината «Банси-сталь» (провинция Ляонинь, Китай).

Предметом исследования была модернизация деятельности операторов-прокатчиков и ее взаимосвязь с производственной эффективностью человеко-машинной системы «Прокатный стан».

Целью нашего исследования являлось изучение деятельности операторов прокатных станков в новых экономических условиях, а также определение и обоснование возможных направлений модернизации человеко-машинной системы «Прокатный стан», включая разработку конкретных инженерно-психологических рекомендаций и предложений (по совершенствованию технологического процесса, организации труда операторов, совершенствованию технических средств деятельности).

Гипотеза исследования состояла в предположении о существовании специфического психологического фактора модернизации деятельности операторов-прокатчиков, способствующего самосовершенствованию совместной работы операторов и повышению их социально-трудовой активности в новых экономических условиях, характеризующихся повышением уровня автоматизации человеко-машинной системы «Прокатный стан». В этой гипотезе есть две переменные. Первая — психологический фактор модернизации операторской деятельности, а вторая — социально-трудовая активность операторов.

Для достижения поставленной цели нами были поставлены следующие задачи:

1. Выбор и обоснование методов исследования, адекватных особенностям профессиональной деятельности операторов прокатных станков.
2. Психологический анализ деятельности операторов постов управления.
3. Выявление объективных производственных факторов (организационных, технических, технологических, социально-психологических), оказывающих выраженное влияние на эффективность опе-

раторской деятельности и на функциональное состояние операторов прокатных станков.

4. Анализ роли технических средств деятельности в формировании психологической нагрузки операторов.

5. Исследование особенностей совместной деятельности операторов, управляющих процессом прокатки и разработка инженерно-психологических рекомендаций по совершенствованию технических средств деятельности и организации труда операторов.

Методологической основой исследований стала концепция эргономического обеспечения разработки и эксплуатации человеко-машинных систем (см. [1—4] и др.).

Основанием для дифференциации эргономической модернизации от эргономического проектирования могут служить: а) степень (уровень) новизны технического обеспечения проекта человеко-машинной системы; б) глубина учета человеческого фактора при проектировании. Наиболее существенным из этих оснований мы считаем последнее, поскольку в предельном случае оптимальное эргономическое решение может быть достигнуто и при использовании «старых» с технической точки зрения элементов и оборудования рабочих мест. Глубина учета человеческого фактора при проектировании может быть раскрыта следующим образом. В развитии эргономики выделяют два этапа, и соответственно два вида эргономики: коррективную эргономику и проективную, каждую из которых связывают с задачами модернизации систем и с проектированием новых. Методы коррективной эргономики предполагают модернизацию систем по отдельным факторам (психологическим, антропометрическим, физиологическим, гигиеническим — изложенным, как правило, в виде перечня частных эргономических требований, представляющих оптимальное значение того или иного параметра. Проективная эргономика предполагает разработку оптимальной модели трудовой деятельности и в соответствии с ней разработку предмета, средств, системы жизнеобеспечения, процедур освоения деятельности.

Несмотря на очевидную перспективность проективной эргономики, подходы коррективной эргономики не утратили своего значения до сегодняшнего дня, поскольку в новых экономических условиях наблюдается низкая эргономическая проработанность прототипов человеко-машинных систем. Поэтому модернизационный подход дает существенный положительный эффект на основе имеющейся технологической базы и при сокращении сроков разработок.

Анализ рабочих мест операторов-прокатчиков металлургических заводов Украины (Никопольский Южнотрубный металлургический завод) и Китая (металлургический комбинат «Банси-сталь» в провинции Ляонинь), которые могут быть рассмотрены в качестве систем-аналогов, показывает, что их проектные решения не подчинены единой концепции управления прокатными станами. Компоновка и конструктивные решения основного оборудования — информационных панелей, мнемосхем, пультов и постов управления не соответствуют эргономическим требованиям по обеспечению удобства обзора, эффективности осуществления управляющих и контрольных действий, адекватных рабочих поз операторов. В построении информационных моделей отсутствует принцип компоновки, не выделен основной технологический процесс, не упорядочена информация по функциональным группам, мнемосхемы содержат множество деталей, увеличивающих визуальную насыщенность, но не используемых оператором при управлении. При расположении органов управления на пультах не учтены эргономические принципы компоновки органов управления, предусматривающие кодирование формой, цветом, положением, соответствие структуре действий и требованиям формирования устойчивых навыков. Для обеспечения эргономической модернизации рабочих мест нами предлагается планомерное формирование эргономических и дизайнерских проектных предложений, которые служили бы основой для сбора информации от технологов, операторов, заводских конструкторов для учета ее на стадиях проектирования. В результате этих методических процедур разрабатываются окончательные проекты рабочих мест, которые не противоречат эргономическим требованиям, адекватны технологическим задачам и технически реализуемы.

Методы исследования. Применялись следующие методы:

1. Наблюдение, анализ технической документации, анализ результатов деятельности операторов и выявление связи с уровнем модернизации производства в цехах.
2. Анкетный опрос операторов.
3. Алгоритмическое описание деятельности и анализ структуры управляющих действий операторов.
4. Психологические и психофизиологические исследования функционального состояния операторов, анализ его динамики в связи с профессионально значимыми факторами модернизации СЧМ.
5. Экспертная оценка профессиональной успешности операторов и их социально-трудовой активности.

Первая группа методов — традиционные профессиографические, включают наблюдение, интервью и беседы с операторами, анализ цеховой технологической документации, технологических и должностных инструкций, выявление нарушений операторами режимов обжаты металла, наличие аварийных ситуаций и простоев по вине операторов. Фиксировались независимые переменные — возраст, стаж, пол операторов. Определялись объективные связи эффективности операторской деятельности с эффективностью и качеством работы смежных участков стана. Проводился объективный побригадный анализ работы цехов в соответствии с реальными технико-экономическими показателями. При этом рассчитывался коэффициент уровня модернизации производства по формуле

$$Y_{\text{мп}} = \sqrt[3]{K_{\text{рп}} K_{\text{ис}} K_{\text{пс}}}, \quad (1)$$

где $K_{\text{рп}}$ — коэффициент ритмичности производства, $K_{\text{ис}}$ — коэффициент использования прокатного стана, а также непроизводственные затраты времени, $K_{\text{пс}}$ — коэффициент фактических затрат времени на перевалку стана.

Анкетирование проводилось с целью выявления субъективных отношений операторов к объективным факторам модернизации производственно-технологической среды, оказывающих влияние на формирование профессиональной нагрузки и возникающей в процессе деятельности психологической напряженности, а также с целью выявления основных мотивационных аспектов операторского труда.

Алгоритмическое описание структуры профессиональной деятельности операторов-прокатчиков осуществлялось на основе наблюдений и изучения технологической документации. Проводился анализ алгоритмов управления прокаткой на станах одноплатных слитков и труб по стандартной программе обжаты. Целью анализа ставилось сравнение количественных характеристик операторской деятельности по управлению главным электроприводом стана и сопутствующими механизмами.

Для оценки когнитивной сложности выполнения алгоритма мы учитывали не только «теоретические» характеристики алгоритма, но и статистические данные, полученные в результате исследования управляющих действий операторов. Для оценки функционального состояния операторов использовалась частота сердечных сокращений (ЧСС) и установочный тремор рук. В нашем исследовании мы рассматриваем динамику частоты сердечных сокращений в качестве интегральной характеристики функционального напряжения организма при

продуктивной деятельности, сопровождающейся психоэмоциональным возбуждением.

Измерение частоты сердечных сокращений производилось по электрокардиограмме. Частота тремора рук измерялась с помощью треморометра с цифровым счетчиком.

В качестве индикатора утомляемости операторов использовалась динамометрия.

Группа психологических методик была направлена на исследование влияния профессиональной деятельности на загрузку психических функций операторов, связанных с приемом, переработкой, хранением и воспроизведением информации. Для исследования напряжения психических функций применялись методики изучения памяти, внимания, мышления.

При исследовании памяти применялось запоминание пятизначных чисел с последующим воспроизведением их через 2-3 минуты.

При исследовании внимания использовались красно-черные таблицы, корректурные пробы. Определялись характеристики распределения (РВ) и концентрации (КВ) внимания. Показатель концентрации внимания определялся по корректурным пробам по формуле

$$X_{кв} = (0.5436N - 2.807n)/T \text{ (бит/с)}, \quad (2)$$

где $X_{кв}$ — показатель концентрации внимания (скорость переработки информации), N — число просмотренных знаков корректурной пробы за время T , n — число пропущенных и ошибочно зачеркнутых знаков.

Распределение внимания характеризовалось временем работы $T_{рв}$ с первыми десятью парами чисел красно-черной таблицы. В качестве показателя распределения внимания $X_{рв}$ использовалась величина $X_{рв} = K_{рв}/T_{рв}$, где $K_{рв}$ — нормирующий коэффициент (был принят равным 100 с).

Для оценки динамики показателей мышления нами использовалось время сложения чисел числового ряда T_m , которое определялось как сумма собственно времени решения задачи $T_{мр}$ и «штрафного» времени $T_{мп}$, численно равного модулю разности полученного испытуемым результата (C_p) сложения пяти однозначных чисел каждого из четырех предлагаемых выборов и фактического значения (C_ϕ):

$$\begin{aligned} T_{мш} &= |C_p - C_\phi|, \\ T_m &= T_{мп} + T_{мш}. \end{aligned} \quad (3)$$

В качестве показателя мышления X_m использовалась величина $X_m = K_m/T_m$, с нормирующим коэф-

фициентом $K_m = 100$ с. Характеристика памяти X_n определялась в баллах как $X_n = 5 - n$, где n — общее число ошибок и перестановок цифр при воспроизведении запоминаемого пятизначного числа.

Реактивная (РТ) и личностная (ЛТ) тревожность определялась по шкале самооценки Спилбергера — Ханина.

Применялась следующая последовательность тестирования: кардиография, треморометрия, динамометрия, запоминание пятизначного числа (экспонирование 15 с), корректурная проба, красно-черная таблица, воспроизведение пятизначного числа. Общее время работы с каждой из перечисленных методик позволило проводить обследование непосредственно на рабочих местах операторов.

Для оценки качества деятельности операторов использовался специальный опросный лист эксперта. Деятельность каждого оператора оценивалась экспертами по семи параметрам: производительность; выполнение технологических требований; программы обжатий; качество слитков продукции; количество совершенных ошибок; степень согласованности действий с работой коллектива операторов; характер управления электроприводами стана при прокатке, отношение к порученному делу. Первые шесть параметров характеризуют профессиональное мастерство оператора, а совместно с седьмым дают характеристику профессионального вклада, вносимого оператором в производственный процесс. Экспертами являлись мастер-технолог, начальник смены, заместитель начальника стана, а также три наиболее опытных старших оператора, имеющих большой стаж работы (операторы-инструкторы). Профессиональная деятельность каждого оператора-прокатчика оценивалась девятью экспертами. Проводилась проверка согласованности мнений экспертов.

Испытуемые. В исследовании участвовало 150 операторов прокатных станов НЮТМЗ и металлургического комбината «Банси-сталь», по 75 мужчин и женщин в возрасте 18 — 45 лет, то есть выборка уравнивалась по параметрам пола и возраста.

Обработка результатов. При обработке результатов были использованы традиционные методы математической статистики.

Анализ результатов. Нами проведена декомпозиция человеко-машинной системы управления прокатным станом на соподчиненные подсистемы при системообразующей роли активной деятельности оператора в каждой из них, и оценена сложность операторского труда.

Показатели оценки сложности алгоритмов, выполняемых операторами за цикл прокатки слитка, приведены в табл. 1.

Таблица 1. Эргономическая оценка алгоритмов деятельности операторов

Стан	N	Nл	Va	Кнс	Кнл	Cv	Sk
НЮТМЗ	166	76	3.9	0.4	0.2	0.16	0.25
«Банси-сталь»	246	92	5.8	0.4	0.2	0.12	0.30

Обозначения: N — общее число членов алгоритма; Nл — число логических условий; Va — напряженность выполнения алгоритма (операций в секунду); Кн и Кнл — соответственно нормированные коэффициенты стереотипности и логической сложности операторской деятельности; Cv — коэффициент вариации числа управляющих движений за цикл прокатки; Sk — коэффициент когнитивной сложности выполняемого алгоритма.

В качестве основных факторов, детерминирующих сложность и напряженность профессиональной деятельности, операторы-прокатчики называют организационные и технологические факторы. Операторы более нового и производительного стана металлургического комбината «Банси-сталь» оценивают свою профессиональную нагрузку выше, чем операторы стана НЮТМЗ.

Отмечается высокая достоверность различий оценок операторами «Банси-сталь» и НЮТМЗ операционной нагрузки, а также степени влияния на напряженность технологических и организационных факторов производства ($p < 0.01$). Нами выявлены значимые различия (на уровне $p < 0.05$) в оценке старшими операторами станов когнитивной составляющей профессиональной нагрузки и влияния на нее технологических факторов. Старшие операторы в большей мере (по сравнению с операторами манипуляторов) ощущают влияние социально-психологических факторов на их профессиональную нагрузку. Удовлетворенность трудом и оценка значимости труда возрастают по мере роста квалификации рабочих.

При анализе информационного взаимодействия операторов и технологического процесса прокатки, управляемого посредством комплекса технических устройств, нами установлено, что при относительно стабильном времени прокатки слитка (коэффициенты вариации составляют соответственно 2.8 % для стана НЮТМЗ и 5.2 % для стана «Банси-сталь»), вариативность количества управляющих движений старших операторов за цикл прокатки составляет соответственно 16 % (НЮТМЗ) и 12 % («Банси-сталь»). Для операторов манипуляторов этих станов вариативность составляет соответственно 26 % и 21 %. С целью выявления причин имеющей место стохастичности деятельности нами был проведен сравнительный анализ загрузки операторов при управлении отдельными механизмами. Оказалось, что за цикл прокатки в среднем 38 % движений старших операторов НЮТМЗ относится к управлению главным приводом (на «Банси-сталь» — 39 %), 31 % — к управлению нажимным устройством («Банси-сталь» — 25 %), 17 % —

Таблица 2. Интенсивность V перемещений органов управления и вариативность Cv управляющих движений операторов

Операторы	V, движений/с		Cv, %	
	«Банси-сталь»	НЮТМЗ	«Банси-сталь»	НЮТМЗ
Старшие операторы	2.9	2.7	27	28
Операторы манипуляторов	2.1	2.8	23	27

передним рольгангом (на «Банси-сталь» — 24 %) и 13 % (на «Банси-сталь» — 12 %) задним рольгангом.

Напряженность труда операторов, управляющих прокаткой, характеризуется показателями интенсивности управляющих движений за стадию обработки слитка. Мы считаем возможным предположить, что сложившийся двигательный стереотип операторов характеризуется степенью стабильности показателя интенсивности перемещений органов управления, оцениваемой величиной его коэффициента вариации. Имеет смысл говорить об активной «адаптации» операторов-прокатчиков к процессу, средствам и условиям деятельности. Полученные усредненные показатели сведены в табл. 2.

Подтверждением активного «приспособления» операторами технологии к своим психофизиологическим возможностям и условиям деятельности служит повышение вариативности времени (в 6 раз) обработки слитка и количества управляющих движений (в 3 раза) в одноименных пропусках по сравнению с высокой стабильностью этих показателей за полный цикл прокатки слитка.

В табл. 3 приведены средние значения коэффициентов вариации, используемые в качестве показателей напряженности психофизиологических и психологических функций для операторов станов НЮТМЗ и «Банси-сталь». Диапазон коэффициентов вариации от 10 до 20 % соответствует средней напряженности, свыше 20 % — высокой, менее 10 % — низкой. Приведены показатели, характеризующие напряженность частоты сердечных сокращений (ЧСС), тремора (ТР), концентрации

Таблица 3. Средние значения коэффициентов вариации (Cv, %) показателей психических функций операторов-прокатчиков

Психические функции	Старшие операторы		Операторы манипуляторов	
	НЮТМЗ	«Банси-сталь»	НЮТМЗ	«Банси-сталь»
КВ	23.0±5.5	17.8±9.6	19.9±7.5	16.8±8.5
РВ	21.3±7.0	36.1±9.8	17.5±9.0	24.2±11.8
П	33.6±23.1	37.1±25.8	40.4±24.1	31.7±23.6
М	12.9±4.9	14.1±7.0	12.5±7.2	12.5±8.5
ТР	33.1±12.6	38.2±6.9	37.5±16.9	40.0±17.8
ЧСС	8.1±4.9	5.8±1.9	6.9±4.4	7.8±3.3

Таблица 4. Средние значения показателей психических функций операторов-прокатчиков ($M \pm m$)

Функция	Старшие операторы		Операторы манипуляторов	
	НЮТМЗ	«Банси-сталь»	НЮТМЗ	«Банси-сталь»
КВ	21.5±0.2	11.2±0.2	21.1±0.2	11.4±0.1
РВ	13.1±2.1	12.5±2.0	11.6±2.0	13.9±1.6
П	4.1±0.9	4.4±0.6	5.0±1.0	4.8±0.6
М	31.6±5.5	33.0±8.0	33.2±9.6	30.7±7.8
РТ	40±2	32±7	41±4	35±7
ЛТ	40±3	35±8	42±3	38±5
В	32±6	36±4	31±5	35±3
С	11±3	12±4	10±2	11±2

(КВ) и распределения (РВ) внимания, памяти (П) и мышления (М).

Сравнение напряженности ЧСС у операторов двух прокатных станов показало, что профессиональная деятельность старших операторов стана «Банси-сталь», более мощного и современного, является более напряженной, чем старших операторов стана НЮТМЗ. Требования распределения внимания на большое число управляемых механизмов (а на НЮТМЗ — еще и внешнюю световую сигнализацию), а также концентрация внимания в рабочей зоне прокатки (усиливаемая наличием пробуксовок валков) подтверждаются показателями напряженности психических функций. По данным табл. 3 и 4 видно, что у операторов стана «Банси-сталь» доминирует напряженность распределения внимания по сравнению с его концентрацией. У операторов стана НЮТМЗ, вынужденных на основании зрительной информации из рабочей зоны распознавать начало возникновения пробуксовок валков, доминирует напряжение функции концентрации внимания по сравнению с его распределением. Таким образом, системы управления двух станов-аналогов обладают специфичностью.

Психологический анализ деятельности операторов двух прокатных станов подтверждается результатами исследования напряжения кратковременной

памяти. Необходимость запоминания старшими операторами стана «Банси-сталь» до 26 программ обжаты (против 14 для стана НЮТМЗ), реализация которых осуществляется путем заданного раствора валков в каждом из 14 пропусков, приводит к увеличению напряжения оперативной памяти. С другой стороны, более сложная калибровка валков стана НЮТМЗ (содержащая пять калибров против четырех для стана «Банси-сталь») приводит к увеличению вклада операторов манипуляторов в реализацию программ обжаты, устанавливающих слиток против одного из нормативно заданных калибров. В результате напряжения памяти у операторов манипуляторов стана НЮТМЗ превалирует над напряжением этой психической функции операторов манипуляторов стана «Банси-сталь» (табл. 4).

При исследовании психологических эргофакторов нами было определено негативное влияние на характеристики деятельности операторов-прокатчиков следующих показателей: 1) ритмичность подачи слитков из нагревательных печей; 2) качество их прогрева и наличия слоя окалины; 3) своевременность удаления слитков из зоны нагрева, определяемая ритмичностью и безаварийностью работы «принимающих» металл участков. Нами разработаны варианты модернизированных режимов труда и отдыха операторов и сформулированы предложения по совершенствованию технических средств деятельности.

Анализ изменения психофизиологических показателей при работе операторов по внутрисменным графикам позволяет проследить также динамику развития состояния утомления, установив связь между реальной деятельностью и психическим состоянием, которое сопровождает эту деятельность. В табл. 5 приводится изменение ЧСС операторов прокатных станов в зависимости от выполняемых функций. Видно, что переход операторов к активным действиям по управлению главным приводом стана приводит к увеличению ЧСС в среднем на 5 %. Уровень ЧСС в конце паузы отражает, по-видимому, не состояние покоя, а степень предупредительной иннервации, которая получает выражение в предрбочем усилении физиологических процессов, и тем самым содействует более благоприятному протеканию их во время работы. Снижение (в среднем на 7 %) ЧСС у операторов, управляющих в течение часа манипуляторами стана НЮТМЗ, говорит о монотонном характере деятельности. Последние данные согласуются с приведенными в табл. 1 показателями стереотипности и логической сложности алгоритмов, что подтверждает обоснованность выводов по результатам теоретических и

Таблица 5. Частота сердечных сокращений операторов-прокатчиков в зависимости от выполняемых функций ($M \pm m$)

ЧСС	Старшие операторы		Операторы манипуляторов	
	НЮТМЗ	«Банси-сталь»	НЮТМЗ	«Банси-сталь»
После часа работы	85.1±10.9	75.5±10.8	75.7±11.7	75.9±15.1
После часа отдыха	82.3±11.5	75.0±10.5	79.5±10.4	73.3±15.5

эмпирических исследований.

Переход в ходе прокатки с одной программы обжаты на другую не изменяет стереотипности и ритма работы операторов. Это связано с тем, что характер операций остается неизменным, изменяется лишь их последовательность. Психофизиологические показатели подтверждают: изменение программы обжаты не отражается на ЧСС и треморе. Таким образом, изменение программы прокатки (технологический фактор) не вызывает у операторов эмоционального напряжения и изменения уровня функционирования сердечно-сосудистой системы.

Более выраженное влияние на психофизиологические процессы и функциональное состояние операторов оказывает внезапное изменение характеристик средств деятельности (САУ электроприводом механизма стана), индикатором которого является увеличение ЧСС у старших операторов с 81 ± 7 до 89 ± 4 уд/мин. Это еще раз подтверждает ведущую роль средств деятельности (комплекса САУ) как эргофактора, влияющего на функциональное состояние операторов-прокатчиков. Особенно это характерно для стана НЮТМЗ в связи с большей по сравнению с «Банси-сталь» модернизацией характера труда старших операторов при изменении рабочих мест. Эти изменения касаются прежде всего информационной стороны деятельности. Сравнение относительных коэффициентов сложности алгоритмов операторской деятельности показывает, что для стана НЮТМЗ у старшего оператора он в 2.5 раза превышает величину аналогичной характеристики алгоритма оператора манипуляторов. Сравнение этих показателей для стана «Банси-сталь» дает величину 1.5. Субъективная оценка старшими операторами стана НЮТМЗ когнитивной составляющей профессиональной нагрузки в среднем в 1.2 раза выше, чем оценка когнитивной нагрузки манипуляторщиками этого же стана. Динамика ЧСС у старших операторов подтверждает снижение нагрузки на сердечно-сосудистую систему при выполнении обязанностей манипуляторщика.

Таблица 6. Психологические показатели операторов-прокатчиков в группах с различной профессиональной успешностью ($M \pm m$)

Показатели	Группы профессиональной успешности		
	1 — наивысшая	2 — средняя	3 — низшая
Возраст, лет	45.5±7.0	42.0±5.2	36.5±10.5
Стаж, лет	18.0±9.5	15.5±7.5	12.5±10.0
Тревожность реактивная	43.0±0.5	35.5±7.5	39.5±2.5
Тревожность личностная	42.5±6.5	38.5±5.5	37.5±8.5
ЧСС, уд/мин	95.5±15.5	82.5±8.5	85.5±15.3
Экспертная оценка	89.0±2.5	95.5±3.5	75.3±5.0
Социально-трудовая активность	14.5±3.5	15.5±2.5	12.5±2.3
Удовлетворенность трудом	75.3±15.8	75.5±17.4	55.5±15.1
Профессиональная нагрузка	65.6±5.2	63.6±4.7	64.5±4.5
Значимость труда	85.8±5.7	75.0±9.5	83.2±4.3

Анализ динамики психических функций приводит к выводу о наибольшей стабильности функций распределения внимания и оперативной памяти в течение смены. Время выполнения теста с черно-красной таблицей в течение смены в большинстве случаев имеет тенденцию к уменьшению. Мы интерпретируем результаты исследования распределения внимания исходя из представления о том, что наиболее важная для работы психическая функция сохраняется (и развивается в процессе деятельности) с целью обеспечения оптимальной эффективности профессиональной деятельности оператора, в том числе за счет напряжения других систем человека.

В результате оценки эффективности деятельности по критерию, связывающему производительность и энергозатраты, все операторы стана «Банси-сталь» были условно разделены на три группы: 1) наиболее успешные в профессиональном отношении; 2) операторы, имеющие средние показатели успешности; 3) наименее успешные операторы.

В табл. 6 приведены значения психологических показателей, дифференцированные в зависимости от профессиональной успешности старших операторов.

Наши исследования показали, что наиболее успешные операторы имеют наивысший индекс социально-трудовой активности при высоком показателе удовлетворенности трудом. Операторы низшей (третьей) группы профуспешности характеризуются низкой социально-трудовой активностью, неадекватно (слишком высоко) оценивают свою профессиональную нагрузку и недооценивают влияния на нее организационных факторов производства.

Завышенный уровень притязаний, отражающийся в оценке значимости своей деятельности, в условиях низкой объективной оценки ее результатов со стороны руководства проявляется в снижении удовлетворенности операторов этой группы трудом. Мы отмечаем повышение уровня тревожности как среди «наиболее успешных», так и среди «наименее успешных» операторов. Это можно объяснить следующим образом: у операторов первой группы тревожность повышается за счет мобилизованности в труде; у операторов третьей группы — вследствие неоптимальности деятельности, неадекватности самооценки и недостаточной профессиональной адаптации.

Подобные факты были установлены и для другой категории металлургов-операторов Новолипецкого металлургического комбината [5, 6], что может являться подтверждением информативности системы оценочных показателей, использованных в наших исследованиях. Для большинства использованных методик нами установлена вполне удовлетворительная валидность (не ниже 0.7).

1. Зараковский Г. М., Павлов В. В. Закономерности функционирования эргатических систем. — К.: Наук. думка, 1992.— 358 с.
2. Зараковский Г. М. Психофизиологический анализ трудовой деятельности. — М.: Наука, 1996.—113 с.
3. Зинченко В. П., Мунипов В. М. Основы эргономики. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989.—344 с.
4. Трофімов Ю. Л. Інженерна психологія та ергономічне забез-

печення виробничої діяльності / Психологія. — Київ: Либідь.—С. 512—538.

5. Шевяков А. В. Динамика функционального состояния операторов при различном качестве дисплейных видеокладов // Физиология человека.—1994.—30, № 4.—С. 76—82.
6. Шевяков А. В. Значимость навыка работы с дисплеем в системе психофизиологического отбора операторов АСУ ТП прокатного стана // Физиология человека.—1996.—22, № 3.—С. 108—112.
7. Шевяков А. В. Математическая модель для оценки эффективности деятельности операторов в крупномасштабных производствах // Математическое моделирование в психологических и педагогических исследованиях и обучении: Тез. докл. междунар. конф. — Днепропетровск, 1996.—С. 34—35.
8. Шевяков А. В. Психофизиологический подход к оценке эмоциональной напряженности деятельности в автоматизированной системе / Роль эмоционального компонента в человеческой деятельности и мировосприятии: Матер. междунар. конф. — Днепропетровск, 1997.—С. 72—76.

ERGONOMICAL MODERNIZATION OF PERSON — MACHINE COMPLICATED SYSTEMS UNDER NEW CONDITIONS OF FUNCTIONING

A.V. Shevyakov, Shu Gao Han

The issue of ergonomic modernisation of person — machine systems, taking into account new (market) economical conditions, is under discussion in this article. Ergonomic factors that determines a psychical strain in operators' activity are analyzed. The necessity of modernization under the limits of adjusting approach to the ergonomic ensuring and marking projects of operators' activity is grounded.

УДК 154.4+331.015

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРОВ ПРИ ПОМОЩИ ТЕСТА ЛЮШЕРА

© А. В. Шевяков, Шу Гао Хан

Дніпропетровський національний університет

Стаття присвячена дослідженню функціонального стану операторів у зв'язку з модернізацією виробництва за нових (ринкових) економічних умов у контексті відповідного ергономічного забезпечення широкомасштабної людино-машинної системи. Для досліджень використано тест Люшера.

Цветоассоциативное тестирование применялось для исследования эмоциональных аспектов функционального состояния операторов и отношения их к профессионально значимым факторам модернизированного металлургического производства, связанного с авиакосмической промышленностью.

Известно, что функциональное состояние, тесно

связанное с работоспособностью человека-оператора, определяется совокупностью психофизиологических (соматических) факторов, мотивационных и эмоциональных аспектов [9]. При этом под эмоциональным аспектом функционального состояния мы понимаем целостную характеристику эмоциональных переживаний субъекта в процессе выполнения