

Особенности адаптивных системных реакций операторов, работающих посменно (по результатам омегометрии)

Актуальность изучения физиологических аспектов труда по сменам не вызывает сомнений, поскольку рост числа людей, занятых сменной работой, является устойчивой тенденцией во всех промышленно развитых странах. Работа по многосменным графикам, существенно нарушая периодичность физиологических процессов, вызывает в организме работающих определенные приспособительные реакции, направленные на формирование новой адаптивной метаболической программы [4].

Перспективной методикой оценки интегральных приспособительных реакций организма является регистрация исходного уровня и вызванной динамики омегопотенциала — устойчивой составляющей сверхмедленных биоэлектрических колебаний милливольтового диапазона [3, 8, 9]. Метод омегометрии применялся для оценки текущего функционального состояния здоровых людей [1, 9] и людей страдающих различными хроническими заболеваниями [3, 8].

Высокая информативность результатов регистрации сверхмедленных биоэлектрических процессов головного мозга при оценке сменной динамики работоспособности и меры напряжения адаптивных систем организма у операторов подтверждена работой Колосова [5], однако исследований вызванной динамики ω -потенциала у сменных рабочих ранее не проводили.

В литературе имеются данные о корреляции между абсолютными значениями ω -потенциала и скоростью зрительно-моторных реакций, памятью, вниманием [1, 8], однако сведений о возможных соотношениях типа ω -граммы с показателями умственной работоспособности нет.

Целью нашей работы явилось изучение особенностей вызванной динамики ω -потенциала после функциональной нагрузки у операторов, работающих посменно, и взаимосвязь динамики ω -потенциала и умственной работоспособности.

Методика

В производственных условиях обследовали 38 операторов-машинистов тепловой электростанции в возрасте 22—42 лет, работающих по 8-часовому 3-сменному графику с ротацией смен через 2 сут в направлении день — ночь — вечер. Во время дневных и ночных смен каждые 4 ч (начиная с 1-го часа работы) регистрировали фоновые значения ω -потенциала после стабилизации — ω -фон, вызванную динамику ω -потенциала после 10 приседаний и ряд показателей высшей нервной деятельности операторов: латентный период (ЛП) простой и сложной зрительно-моторной реакции (ПЗМР и СЗМР соответственно), а также их разброса, кратковременную память (КП), концентрацию и переключение внимания (КВН и ПВН соответственно), работоспособность (РС) головного мозга и функциональную подвижность (ФП) нервных процессов [7]. ω -Потенциал регистрировали электродами марки ЭВЛ-1МЗ.1 в отведении вертекс-тенар правой кисти руки [9]. Дискретные значения ω -потенциала (мВ) после нагрузки записывали каждые 15 с в течение 5 мин. Показатели высшей нервной деятельности оценивали по тестирующим программам на ЭВМ ТАР-34.

При анализе результатов исследований использовали методы вариационной статистики, множественное сравнение по Шеффе [6], кластерный анализ [2], критерий χ^2 .

Анализ сменной динамики ω -фона показал, что в течение дневных смен у обследованных операторов происходит достоверное увеличение значения этого показателя (от 29 до 37 мВ) к концу работы (по сравнению со значением на первый час, $P < 0,05$). В ночное время наблюдалось дальнейшее его увеличение, хотя выраженных сдвигов значения ω -фона на протяжении ночных смен не наблюдалось. Аналогичные изменения ω -фона в цикле день — ночь, трактуемые как повышение нервно-психической напряженности, обнаружены и у операторов автоматизированного химического производства [5].

В зависимости от значения ω -фона закономерно изменялись некоторые психофизиологические функции. С ростом ω -фона достоверно возрастают ЛП ПЗМР и СЗМР, снижается σ СЗМР, ухудшается КП (таблица). Причем в дневную и ночную смены указанные сдвиги имели одинаковую направленность. Согласно некоторым представлениям [8], приведенные результаты свидетельствуют о снижении адаптивных функциональных резервов организма работающих к концу дневной смены и особенно в ночную смену. Повышение физиологической цены деятельности в ночное время, даже если интенсивность производственной нагрузки ниже, чем днем, является хорошо известным фактом [10—12].

В вызванной динамике ω -потенциала после функциональной нагрузки обнаружены существенные индивидуальные различия, в связи с чем была проведена классификация наблюдавшихся ω -грамм с помощью кластерного анализа. При классификации учитывали направленность сдвигов биоэлектрического потенциала в различные временные диапазоны и положение кривой относительно ω -фона. В результате было выделено 12 типов ω -грамм. Структура связей указанных типов представлена дендограммой на рис. 1. Регистрируемые типы ω -грамм отчетливо разбиваются на два отрицательно коррелирующих кластера А и Б. Кривые, им принадлежащие, имеют противоположную направленность: ω -граммы кластера А характеризуются тенденцией к снижению ω -потенциала после нагрузки, кластера Б — тенденцией к его возрастанию.

Число типов ω -грамм, наблюдавшихся у каждого из обследованных в динамике одного цикла день — ночь, заметно различалось (от четырех до девяти). Вместе с тем, частота регистрации отдельных типов

Показатели высшей нервной деятельности у операторов при различных фоновых уровнях (ω -фон) ω -потенциала ($M \pm m$)

Показатель	Дневная смена			Ночная смена		
	ω -фон < 30 мВ	ω -фон = 30÷45 мВ	ω -фон > 45 мВ	ω -фон < 30 мВ	ω -фон = 30÷45 мВ	ω -фон > 45 мВ
Простая зрительно-моторная реакция						
латентный период, мс	188±6 (2,3)	200±5 (1,3)	218±5 (1,2)	191±6 (2,3)	206±5 (1,3)	217±5 (1,2)
разброс	40±4	39±3	39±2	45±4	41±3	42±3
Сложная зрительно-моторная реакция						
латентный период, мс	370±11 (2,3)	395±9 (1)	409±11 (1)	390±9 (3)	396±10 (3)	439±8 (1,2)
разброс	106±7 (2,3)	95±4 (1,3)	82±6 (1,2)	102±7 (2,3)	95±6 (1)	92±4 (1)
Кратковременная память, % предъявленных чисел	55±2 (2)	52±2	50±2 (1)	50±2 (3)	49±3	47±2 (1)
Продолжительность, с:						
концентрации внимания	80±3	74±3	75±2	76±2	72±2	80±2
переключения внимания	64±2	60±2	63±2	68±2	65±2	65±2

Примечание. Цифрами 1—3 (в скобках) обозначена достоверность отличий ($P < 0,05$) от соответствующей группы: 1—от группы с ω -фоном < 30 мВ, 2—от группы с ω -фоном = 30÷45 мВ, 3—от группы с ω -фоном > 45 мВ.

ω -грамм оказалась существенно зависящей от уровня ω -фона (рис. 2). Применение критерия χ^2 показало, что чем больше различаются уровни ω -фона, тем больше различия соответствующей им структуры ω -грамм. Так, для уровней: ω -фон < 30 мВ и ω -фон $= 30,1 \div 35$ мВ различия структуры ω -грамм недостоверны, для уровней: ω -фон < 30 мВ и ω -фон $= 35,1 \div 40$ мВ структуры достоверно отличаются ($P < 0,05$),

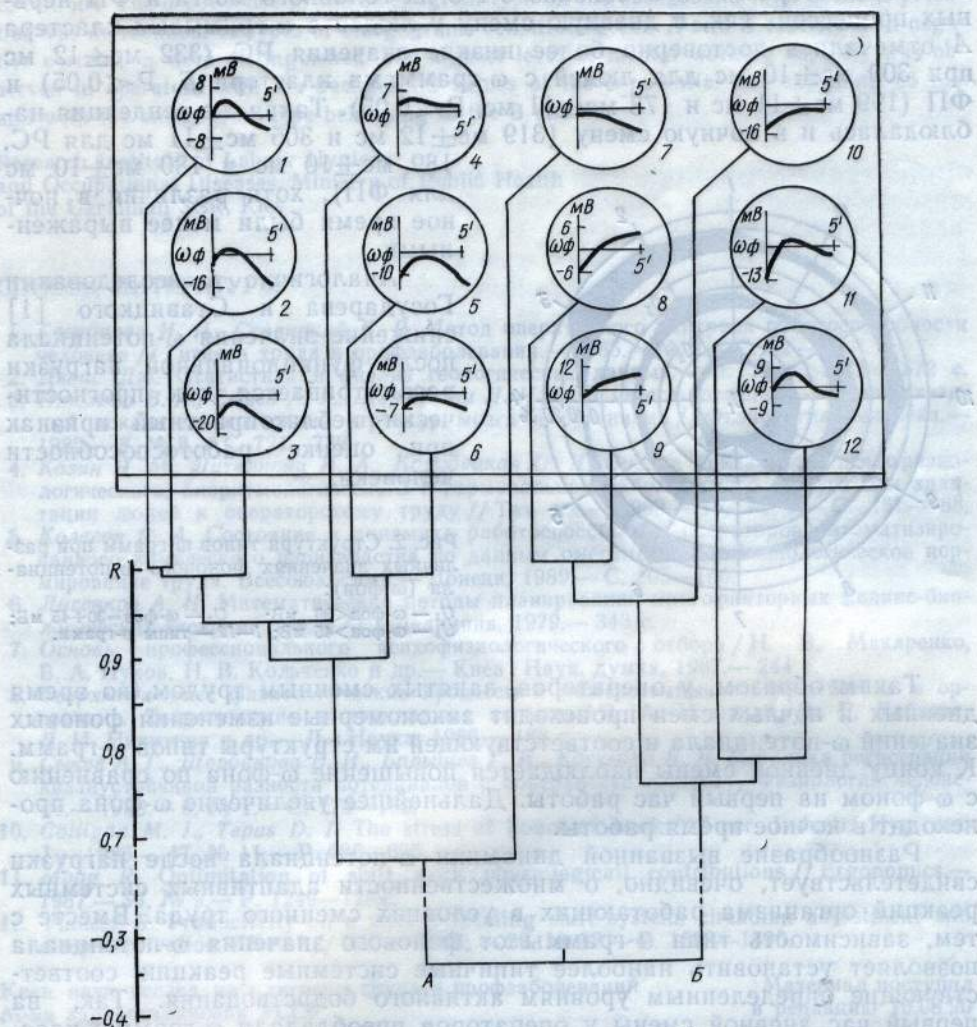


Рис. 1. Дендрограмма структуры связи типов ω -грамм, наблюдавшихся у операторов ТЭС:

1—12 — типы ω -грамм, R — коэффициент корреляции, А—Б — кластеры ω -грамм.

для уровней: ω -фон < 30 мВ и ω -фон $= 40,1 \div 45$ мВ различия достоверны при $P < 0,01$. Аналогичные результаты получены и при сравнении структуры других уровней ω -фона.

При этом, по мере увеличения ω -фона снижается удельный вес кривых кластера Б и повышается — кластера А. Полярные соотношения частоты встречаемости ω -грамм выделенных кластеров наблюдались при ω -фоне < 30 мВ и ω -фоне > 50 мВ ($P < 0,01$).

Соответственно фоновым значениям ω -потенциала на первый час дневной смены в структуре ω -грамм преобладали кривые кластера Б (особенно 8—10-й типы). В конце дневной смены соотношение кривых кластеров А и Б было приблизительно одинаковым, а во время ночной смены чаще встречались кривые кластера А (в частности 2-й, 3-й и 6-й типы). Различия структуры достоверны по критерию χ^2 ($P < 0,05$).

Обращает внимание низкое число ω -грамм, соотносимое со значе-

нием оптимального функционирования механизмов нейрогуморальной регуляции системных реакций (12-й тип), что объясняется, очевидно, особенностями трудовой деятельности операторов (интенсивная производственная нагрузка, ответственность, сменность и т. д.).

Сопоставление типа ω -граммы с анализируемыми психофизиологическими функциями показало, что принадлежность ω -граммы испытуемых к кластерам А и Б связано с РС их головного мозга и ФП нервных процессов. Так, в дневную смену у людей с ω -граммами кластера А отмечались достоверно более низкие значения РС ($332 \text{ мс} \pm 12 \text{ мс}$ при $309 \text{ мс} \pm 10 \text{ мс}$ для людей с ω -граммами кластера Б, $P < 0,05$) и ФП ($199 \text{ мс} \pm 11 \text{ мс}$ и $178 \text{ мс} \pm 11 \text{ мс}$, $P < 0,05$). Такая же тенденция наблюдалась и в ночную смену ($319 \text{ мс} \pm 12 \text{ мс}$ и $305 \text{ мс} \pm 11 \text{ мс}$ для РС, $189 \text{ мс} \pm 10 \text{ мс}$ и $180 \text{ мс} \pm 10 \text{ мс}$ для ФП), хотя различия в ночное время были менее выраженными.

Аналогично в исследовании Государева и Ставицкого [1] снижение значения ω -потенциала после функциональной нагрузки рассматривается как прогностически неблагоприятный признак при оценке работоспособности человека.

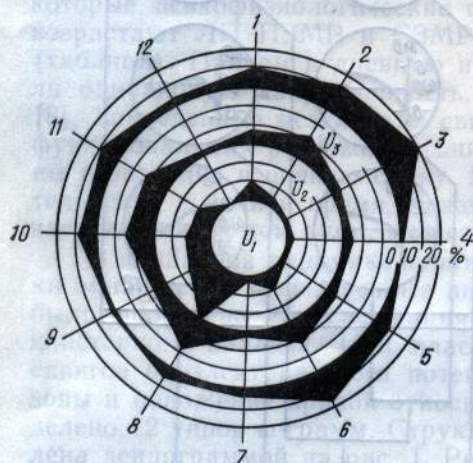


Рис. 2. Структура типов ω -грамм при различных значениях фонового ω -потенциала (ω -фон):

U_1 — ω -фон < 30 мВ; U_2 — ω -фон $= 30 \div 45$ мВ;
 U_3 — ω -фон > 45 мВ; 1–12 — типы ω -грамм.

Таким образом, у операторов, занятых сменным трудом, во время дневных и ночных смен происходят закономерные изменения фоновых значений ω -потенциала и соответствующей им структуры типов ω -грамм. К концу дневной смены наблюдается повышение ω -фона по сравнению с ω -фоном на первый час работы. Дальнейшее увеличение ω -фона происходит в ночное время работы.

Разнообразие вызванной динамики ω -потенциала после нагрузки свидетельствует, очевидно, о множественности адаптивных системных реакций организма работающих в условиях сменного труда. Вместе с тем, зависимость типа ω -граммы от фонового значения ω -потенциала позволяет установить наиболее типичные системные реакции, соответствующие определенным уровням активного бодрствования. Так, на первый час дневной смены у операторов преобладали ω -граммы кластера Б, характеризующиеся тенденцией к повышению значения ω -потенциала после нагрузки. В конце дневной смены наблюдалось приблизительно одинаковое соотношение кривых кластеров А и Б. В ночную смену у операторов достоверно чаще встречались ω -граммы кластера А, характеризующиеся снижением значений ω -потенциала после нагрузки. Число ω -грамм, соотносимых со значением оптимального функционирования механизмов нейрогуморальной регуляции, было небольшим в обе смены.

Изучение взаимоотношения ω -фона и типа ω -граммы с психофизиологическими функциями показало, что более высокая умственная работоспособность наблюдается у операторов, имеющих в течение рабочего цикла значения ω -фона не более 45 мВ и тип ω -граммы, принадлежащий кластеру Б.

Полученные результаты позволяют уточнить физиологическое значение сверхмедленных биоэлектрических процессов головного мозга для оценки функционального состояния здоровых людей и рассматривать фоновое значение ω -потенциала и тип ω -граммы в качестве показателей, отражающих умственную работоспособность операторов.

PECULIARITIES OF ADAPTIVE SYSTEM REACTIONS IN OPERATORS
ENGAGED IN SHIFT WORK (ACCORDING TO THE OMEGAMETRY)

The evoked dynamics of the ω -potential and its relation to some parameters of mental working capacity in operators working at steam power plants were studied under production conditions. The dependence of the omegagram type on the background level of the ω -potential was determined. 12 types of omegagrams constituting two A and B clusters with negative correlation were distinguished. The highest level of mental working capacity was observed in operators with the background values of the ω -potential not exceeding 45 mV and with the omegagram type belonging to the B cluster.

Research Institute of Labour Hygiene
and Occupational Diseases, Ministry of Public Health
of the Ukrainian SSR, Kiev

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Государев И. П., Ставицкий К. Р. Метод оперативного контроля работоспособности человека // Гигиена труда и профзаболевания.— 1985.— № 2.— С. 22—25.
2. Девис Дж. Статистика и анализ геологических данных.— М.: Мир, 1977.— 572 с.
3. Илюхина В. А., Сычев А. Г., Щербакова Н. И. и др. Омега-потенциал — количественный показатель состояний структур мозга и организма // Физиология человека.— 1982.— 8, № 5.— С. 721—732.
4. Казин Э. М., Литвинова И. А., Коробецкая О. Н. Оценка показателей психофизиологического, биоритмологического и гормональнометаболического статуса при адаптации людей к операторскому труду // Там же.— 1989.— 15, № 1.— С. 167—168.
5. Колесов С. А. Состояние и динамика работоспособности операторов автоматизированного химического производства по данным омегаметрии // Физиологическое нормирование труда. Всесоюз. симп.— Донецк, 1989.— С. 105—106.
6. Лисенков А. Н. Математические методы планирования многофакторных медико-биологических экстриментов.— М.: Медицина, 1979.— 343 с.
7. Основы профессионального психофизиологического отбора / Н. В. Макаренко, Б. А. Пухов, Н. В. Кольченко и др.— Киев: Наук. думка, 1987.— 244 с.
8. Сверхмедленные физиологические процессы и межсистемные взаимодействия в организме. Теоретические и прикладные аспекты / В. А. Илюхина, З. Г. Хабаева, Л. И. Никитина и др.— Л.: Наука, 1986.— 188 с.
9. Сычев А. Г., Щербакова В. И., Барышев Г. И., Костенко В. В. Методика регистрации квазистойчивой разности потенциалов с поверхности головы // Физиология человека.— 1980.— 6, № 1.— С. 178—180.
10. Colligan M. J., Tepas D. I. The stress of hours of work // Amer. Industr. Hyg. ass. J.— 1986.— 47, № 11.— P. 686—695.
11. Moog R. Optimization of shift work: physiological contributions // Ergonomics.— 1987.— 30, № 9.— P. 1249—1259.
12. Vidacek S. Productivity on a weekly rotating shift system: circadian adjustment and sleep deprivation effects? // Ibid.— 1986; — 29, № 12.— P. 1583—1590.

Киев, науч.-исслед. ин-т гигиены труда и профзаболеваний
М-ва здравоохранения УССР

Материал поступил
в редакцию 10.08.90