

УДК: 612.766.1+577.3

# ВЛИЯНИЕ УТОМЛЕНИЯ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ОПЕРАТОРОВ УМСТВЕННОГО ТРУДА ПРИ ДВУХДНЕВНОМ ЧЕРЕДОВАНИИ 12-ЧАСОВЫХ СМЕН

Бобко Н.А.

Институт медицины труда АМН Украины, г. Киев

У диспетчеров электрических сетей измерялись ЧСС, АДС и АДД в начале и конце рабочих смен (1826 человеко-наблюдений), а также каждые 2 часа смены (1224 человеко-наблюдений). В конце смены диспетчеры оценивали утомление по 5-балльной шкале. Выявлено, что развитие утомления в дневные смены характеризовалось согласованными изменениями в работе сердечно-сосудистой системы (ССС), в то время как в ночные смены изменения отдельных ее показателей были выражены, но не согласованы. Это может свидетельствовать о вовлеченности центральных механизмов регуляции функциональных взаимодействий в организме в дневное время и преобладании периферических механизмов — в ночное. Парадоксальный характер зависимости внутрисменной динамики показателей функционирования ССС от утомительности выполняемой работы, обнаруживаемый во вторые последовательные 12-часовые смены, вероятно, свидетельствует о нечувствительности человека к увеличению физиологической стоимости выполняемой работы со стороны ССС в стадии истощения ее ресурсов.

**Ключевые слова:** утомление, операторы умственного труда, 12-часовые смены, сердечно-сосудистая система

## Введение

Развитие утомления сопровождается комплексом временных изменений в функционировании организма, обуславливающим снижение работоспособности [3]. В условиях круглосуточного производства изменения, обуславливаемые выполняемой работой, накладываются на изменения, обуславливаемые суточными колебаниями активности функций [8–11]. Сменный режим работы, продленный рабочий день, умственный характер труда — являются факторами риска развития сердечно-сосудистой патологии [4, 5, 7, 12–17].

Цель работы — выявить влияние утомления на функционирование сердечно-сосудистой системы (ССС) операторов преимущественно умственного труда при двухдневном чередовании 12-часовых смен в условиях круглосуточного производства.

## Методы исследования

На рабочих местах многократно обследованы диспетчеры электрических сетей. В начале и конце рабочих смен измерялись АДС, АДД и ЧСС (всего 19 диспетчеров, 913 человеко-смен, 1826 человеко-наблюдений). В течение 3-х рабочих недель измерения проводились каждые 2 часа смены (17 диспетчеров × 4 смены (2 дневные + 2 ночные) × 6 замеров в смену × 3 недели = 1224 человеко-наблюдения). В конце каждой смены диспетчеры оценивали степень своего утомления по 5-балльной шкале. Для каждо-

го замера рассчитывали 8 показателей гемодинамики: пульсовое давление  $ПД = АДС - АДД$ ; систолический объем крови  $СО = 100 + 0,5ПД - 0,6АДД - 0,6В$  (В — возраст диспетчера); минутный объем крови  $МОК = СО \times ЧСС$ ; среднединамическое давление  $СДД = 0,42ПД + АДД$ ; периферическое сопротивление сосудов  $ПСС = (СДД \times 1333 \times 60) / МОК$ ; вегетативный индекс Кердо  $ВИК = (1 - АДД / ЧСС) \times 100\%$ ; индекс недостаточности кровообращения  $НК = АДС / ЧСС$  [1, 6], индекс разности ПСС и МОК (ИР). Каждый зарегистрированный показатель был пересчитан в процентном выражении по отношению к средней статистической величине индивидуальных данных. Анализировалось влияние утомления на показатели работы ССС в конце смены, их изменения от начала к концу смены и на внутрисменную динамику показателей. Данные обработаны с помощью методов вариационной статистики при оценке достоверности различий по Стьюденту на уровне значимости не менее  $p < 0,05$ .

## Результаты и их обсуждение

В выборке рабочих смен, где замеры производили в начале и конце работы, были выявлены 66 смен, которые диспетчеры оценили как относительно легкие с точки зрения степени развивающегося утомления, 220 смен — менее чем средней степени утомления, 494 смены — среднего утомления, 113 смен — более чем среднего утомления и 14 смен — очень

сильного утомления. Среди первых дневных смен соответственно: 15, 60, 128, 36 и 5 смен (всего 244 смены), среди вторых последовательных дневных смен — 14, 39, 111, 39 и 5 смен (всего 208 смен), среди первых ночных смен — 22, 66, 126, 28 и 2 смены (всего 244 смены), среди вторых ночных смен — 15, 55, 129, 10 и 2 смены (всего 211 смен).

В целом, независимо от выраженности утомления, в конце рабочих смен ЧСС, СО, МОК, ВИК были ниже, чем в начале, в то время как АДС, АДД, СДД, ПСС, НК, ИР — наоборот, выше ( $p < 0,0001$ ).

Множественный вариационный анализ показал согласованность в изменениях показателей работы ССС в связи с развитием утомления — в конце смен ( $p < 0,0001$ ) и их изменений от начала к концу смен ( $p < 0,005$ ).

В целом, с увеличением утомления в конце рабочих смен увеличивались АДС ( $p < 0,0001$ ), АДД ( $p < 0,011$ ), ЧСС ( $p < 0,016$ ), ПД ( $p < 0,002$ ), СДД ( $p < 0,0001$ ), МОК ( $p < 0,014$ ). Увеличивалась также выраженность повышения АДС ( $p < 0,002$ ), ПД ( $p < 0,01$ ) и СДД ( $p < 0,013$ ) от начала к концу смен, и уменьшалась выраженность снижения ЧСС ( $p < 0,018$ ), что может свидетельствовать о повышении активности ССС.

В конце дневных смен обнаруживались согласованные изменения в работе ССС и достоверные ( $p < 0,05$ ) изменения 3-х отдельных ее показателей в связи с развитием утомления разной степени (АДС и ПД — в обеих дневных сменах, и СО — в первой, СДД — во второй сменах) (табл. 1). В конце ночных смен развитие согласованных изменений в работе ССС не выявлено. При этом достоверно увеличивались значения МОК в конце первой ночной смены и ЧСС — в конце второй. По-видимому, развитие утомления к концу ночных смен в определенной мере маскируется биоритмически обусловленной активизирующей функций в утреннее время суток.

Изменения отдельных показателей работы ССС от начала к концу смены достоверно ( $p < 0,05$ ) зависели от степени утомления в первой дневной смене (5 показателей — АДС, АДД, ПД,

СДД, СО), в первой ночной (6 показателей — АДД, СО, МОК, ПСС, ВИК, ИР) и второй ночной смене (5 показателей — ЧСС, МОК, ПСС, ВИК, ИР) (табл. 2). Согласованность этих изменений была наибольшей во второй дневной смене, и вовсе не выявлена во второй ночной. Возможно, этот факт может отражать взаимное усиление эффектов утомления и суточных изменений активности функций в интервале от утра к вечеру — ввиду сходства их проявлений — с одной стороны, и маскирующее влияние утренней активации организма на развитие утомления к концу ночной смены — с другой. Характер наблюдаемых изменений в ночных сменах свидетельствовал о снижении выраженности уменьшения активации

Таблица 1

Влияние утомления на показатели работы ССС в конце разных смен

Показатели	Дневные смены				Ночные смены				
	1-ая		2-ая		1-ая		2-ая		
	Парн.	Множ.	Парн.	Множ.	Парн.	Множ.	Парн.	Множ.	
АДС	*	}	*	}					
АДД									
ЧСС								*	
ПД	*	}	*	}					
СДД									
СО	*				*				
МОК						*			
ПСС									
НК									
ВИК									
ИР									

Примечания: здесь и в табл. 2: парн. — парный тест; множ. — множественный тест для показателей, указанных фигурной скобкой; \* — влияние утомления достоверно ( $p < 0,05$ ).

Таблица 2

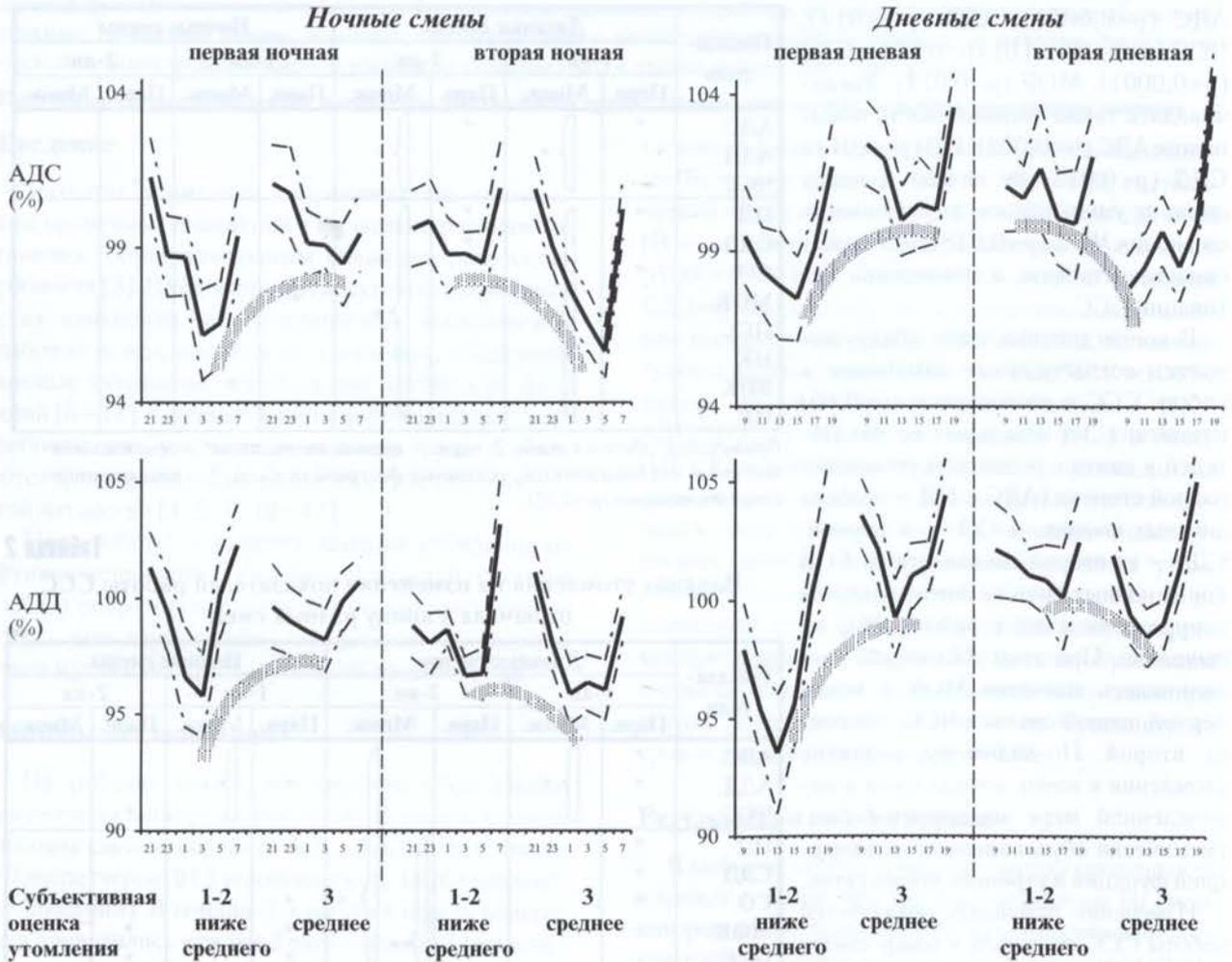
Влияние утомления на изменения показателей работы ССС от начала к концу разных смен

Показатели	Дневные смены				Ночные смены					
	1-ая		2-ая		1-ая		2-ая			
	Парн.	Множ.	Парн.	Множ.	Парн.	Множ.	Парн.	Множ.		
АДС	*	}		}		}		}		
АДД	*						*			
ЧСС										*
ПД	*	}		}		}		}		
СДД	*									
СО	*						*			
МОК							*			*
ПСС							*			*
НК										*
ВИК							*			*
ИР							*			*

сердечной деятельности (в конце смены по сравнению с началом) и о снижении выраженности увеличения сосудистого звена регуляции кровообращения с увеличением выраженности утомления.

Выраженные согласованные изменения в активности ССС при увеличении утомления, обнаруженные в дневных сменах, вероятно, отражают работу центральных механизмов регуляции функционирования организма в процессе приспособления к выполнению производственной деятельности разной сложности (утомительности) в дневное время. Отсутствие согласованности в изменениях показателей работы ССС, обнаруженное в ночных сменах в ответ на увеличение утомления, на фоне выраженной зависимости изменений отдельных показателей, по-видимому, отражает активность периферических механизмов регуляции сердечно-сосудистой деятельности.

Преобладание центральных механизмов регуляции сердечно-сосудистой деятельности в течение дневных смен, и периферических механизмов — на протяжении ночных, обнаруженное при увеличении утомления, может отражать принципиальные различия в базовых механизмах обеспечения операторской деятельности на фоне развивающегося утомления в дневные и ночные смены. Сходные различия выявлены в наших более ранних исследованиях — нормальный тип саморегуляции кровообращения, обнаруживаемый в первые рабочие смены (равный вклад сердечного и сосудистого звеньев ССС), при накоплении утомления, во вторые 12-часовые смены, изменялся на прогностически неблагоприятный с точки зрения развития сердечно-сосудистой патологии [1]: сосудистый — во вторых дневных сменах, сердечный — во вторых ночных [2].



**Рисунок.** Отражение утомления в показателях работы сердечно-сосудистой системы диспетчеров электрических сетей (n=17, N=1224).

Примечание. По оси абсцисс — время суток (в часах).

В выборке рабочих смен, где замеры производились каждые 2 часа, было выявлено 11 смен, которые диспетчеры оценили как относительно легкие, 55 смен — менее чем средней степени утомления, 114 смен — среднего утомления, 18 смен — более чем среднего утомления и 5 смен — очень сильного утомления. Среди первых дневных смен соответственно: 3, 14, 27, 6 и 1 смена (всего 51 смена), среди вторых последовательных дневных смен — 3, 12, 30, 3 и 2 смены (всего 50 смен), среди первых ночных смен — 3, 14, 24, 8 и 2 смены (всего 51 смена), среди вторых ночных смен — 2, 15, 33, 1 и 0 смен (всего 51 смена). Проводился совместный анализ данных, полученных в течение легких смен и смен менее чем средней степени утомления, в связи с небольшим количеством таких смен. Смены с более, чем средней степенью утомления, и очень сильным утомлением в анализ не включались в связи с их недостаточным количеством.

В первых сменах — как дневных, так и ночных — увеличение утомления приводило к увеличению минимально достигаемых в течение смены уровней АДС и АДД, что свидетельствует об адекватном увеличении активации ССС для обеспечения выполняемой деятельности при возросших требованиях производства (рисунок). Во вторых последовательных сменах при малой рабочей нагрузке АДС и АДД находились на таких же уровнях, как при средней нагрузке в первых сменах. При увеличении нагрузки до среднего уровня АДС падало, АДД изменялось незначительно, что является неадекватной реакцией и иллюстрирует сложность таких условий для физиологического обеспечения деятельности. Этот парадоксальный эффект может быть обусловлен накоплением утомления и недостаточностью отдыха и восстановления истраченных ресурсов организма между последовательными 12-часовыми сменами.

Таким образом, принципиальные различия в физиологическом обеспечении эффективности производственной деятельности диспетчеров, выявляемые в разные рабочие смены, по-видимому, свиде-

тельствуют о достаточно высокой физиологической цене ночных работ и последовательных 12-часовых смен, что актуализирует необходимость дальнейших исследований с целью разработки новых технологий для облегчения приспособления операторов умственного труда к сменным и ночным работам, в том числе — мониторингования функционального состояния, разработки специальных режимов труда и отдыха, профилактических мероприятий по отношению к развитию чрезмерного утомления.

## Выводы

1. Согласованность изменений показателей работы ССС, выявляемая при увеличении утомления в дневных сменах, может отражать вовлеченность центральных механизмов регуляции функциональных взаимодействий в организме для обеспечения операторской деятельности на фоне развивающегося утомления. Достоверные изменения преимущественно отдельных показателей работы ССС в ответ на увеличение утомления, выявляемые в ночные смены, по-видимому, свидетельствуют о большей выраженности периферических механизмов регуляции работы ССС.
2. Характер изменений в функционировании ССС при увеличении утомления, вероятно, сходен с таковым, развивающимся в ходе суточного цикла в интервале от утра до вечера, и, напротив, противоположен характеру изменений от вечера до утра.
3. Парадоксальный характер зависимости внутрисменной динамики показателей функционирования ССС от утомительности выполняемой работы, обнаруживаемый во вторые последовательные 12-часовые смены, вероятно, свидетельствует о нечувствительности человека к увеличению физиологической стоимости выполняемой работы со стороны ССС в стадии истощения ее ресурсов.

4. Навакатикян А.О., Крыжановская В.В. Возрастная работоспособность лиц умственного труда. — К.: Здоров'я, 1979. — 256 с.

5. Соколов Е.И., Белова Е.В. Эмоции и патология сердца. — М.: Наука, 1983. — 302 с.

6. Храмов Ю.А., Вебер В.Р. Вегетативное обеспечение и гемодинамика при гипертонической болезни. — Новосибирск: Наука, 1985. — 129 с.

7. Boggild, H., Knuttson, A. Shift work, risk factors and cardiovascular disease // Scand. J. Work Environ. Health. — 1999. — V.25. — P. 85–99.

## Литература

1. Аринчин Н.И., Кулаго Г.В. Гипертоническая болезнь как нарушение саморегуляции кровообращения. — Минск: Наука и техника, 1969. — 104 с.

2. Бобко Н.А. Работа серцево-судинної системи диспетчерів електричних мереж за умов 12-годинних змін // Фізіол. журн. — 2001. — Т.47, №5. — С. 82–86.

3. Навакатикян А.О., Кальниш В.В., Крыжановская В.В. Утомление // Физиология и гигиена умственного труда. — К.: Здоров'я, 1987. — С. 59–78.

8. Colquhoun W.P., Costa G., Folkard S., Knauth P. Shiftwork. Problems and Solutions.– Frankfurt am Main; Berlin; Bern; New York; Paris; Wien: Lang, 1996.– 224 p.

9. Folkard S. Circadian rhythms and hours of work//Psychology at Work/P.Warr (ed.).– London: Penguin Books, 1987.– P. 30–52.

10. Harma M. Circadian adaptation to shift work. A review//Shiftwork in the 21st Century/S.Hornberger, P.Knauth, G.Costa, S.Folkard (eds.).– Frankfurt am Main; Berlin; Bern; Bruxelles; New York; Oxford; Wien: Lang, 2000.– P. 125–130.

11. Knutsson A. Health disorders of shift workers//Occup. Med.– 2003.– V.53.– P. 103–108.

12. Knutsson A. Association between shiftwork and coronary heart disease: a review of recent findings and mechanisms of action//Shiftwork 2000. Implications

for Science, Practice and Business/Ed. by T.Marek, H.Oginska, J.Pokorski et al.– Krakow, 2000.– P. 99–117.

13. Murata K., Yano E., Shinozaki T. Cardiovascular dysfunction due to shift work//J. Occup. Environ. Med.– 1999.– V.41.– P. 748–753.

14. Pashkov F.J. Is stress linked to heart disease? The evidence grows stronger [clinical conference]//Cleve Clin. J. Med.– 1999.– V.66.– P. 75–77.

15. Rosa, R. Performance, alertness and sleep after 3–5 years of 12h shifts: a follow-up study//Work and Stress.– 1991.– V.5.– P. 107–116.

16. Spurgeon A., Harrington J.M., Cooper C.L. Health and safety problems associated with long working hours: a review of the current position//Occup. Environ. Med.– 1997.– V.54.– P. 367–375.

17. Tenkanen L., Harma M., Sjoblom T. Shiftwork as a risk factor of coronary heart disease//Tyoterveiset, Special issue «Ergonomics».– 1997.– P. 16–17.

## ВПЛИВ ВТОМИ НА ФУНКЦІОНУВАННЯ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ ОПЕРАТОРІВ РОЗУМОВОЇ ПРАЦІ ПРИ ДВОДЕННОМУ ЧЕРГУВАННІ 12-ГОДИННИХ ЗМІН

**Бобко Н.А.**

Інститут медицини праці АМН України, м. Київ

У диспетчерів електричних мереж вимірювали ЧСС, АТС і АТД на початку і наприкінці робочих змін (1826 людино-спостережень), а також кожні 2 години зміни (1224 людино-спостережень). Наприкінці зміни диспетчери оцінювали втому за 5-бальною шкалою. Виявлено, що розвиток втоми в денні зміни характеризувався взаємозалежними змінами в роботі серцево-судинної системи (ССС), тоді як у нічні зміни варіації окремих її показників були виражені, але не взаємопов'язані. Це може свідчити про залучення центральних механізмів регуляції функціональних взаємодій в організмі у денні години і перевагу периферичних механізмів – вночі. Парадоксальний характер залежності внутрішньозмінної динаміки показників функціонування ССС від утомливості виконуваної роботи, що виявлявся у другі послідовні 12-годинні зміни, певне, свідчить про нечутливість людини до збільшення фізіологічної вартості виконуваної роботи з боку ССС у стадії виснаження її ресурсів.

**Ключові слова:** втома, оператори розумової праці, 12-годинні зміни, серцево-судинна система

## EFFECT OF FATIGUE ON CARDIOVASCULAR SYSTEM FUNCTIONING IN HUMAN-OPERATORS OF MENTAL WORK UNDER 2-DAY ROTATION OF 12-HOUR SHIFTS

**Bobko N.A.**

Institute for Occupational Health of AMS of Ukraine, Kyiv

Heart rate, systolic and diastolic blood pressures were registered in electricity distribution network controllers at the beginning and the end of the working shift (1826 subject-observations) and also every 2 hours during a shift (1224 subject-observations). Controllers evaluated their fatigue at the end of a shift using 5 anchor scale. It was revealed that fatigue development at the day shifts was characterised by interactive changes in functioning of the cardiovascular system (CVS), while at night shifts the changes in some of its parameters were pronounced, but not interactive. This could evidence the involvement of the central regulation mechanisms for the body functional interactions at the day time and predominance of the peripheric mechanisms at night. Paradoxical character of the dependence of within-shift variations in parameters of CVS functioning on the fatigue level caused by the performed work done, that was revealed at the second consecutive 12-hour shifts, probably, evidences the insensitivity of a human being to the increase of the physiological cost of the performed work done on the part of the CVS at the stage of the exhaustion of its resources.

**Key words:** fatigue, human-operators of mental work, 12-hour shifts, cardiovascular system

Поступила 25.07.05

**Контактное лицо:** Бобко Н.А., старший научный сотрудник лаборатории физиологии умственного труда, Институт медицины труда АМН Украины, ул. Саксаганского, 75, Киев 01033, Украина, тел.: (044) 289-46-05