

Адаптивные возможности операторов с различной динамикой работоспособности при переходе от дневных смен к ночным

У 52 операторов ТЭС, работающих по трехсменным графикам с ротацией смен через 2 и 3 сут, определяли интегральный индекс работоспособности и адаптационную возможность в дневную и ночную смены. Выявлены три типа изменения работоспособности операторов при переходе от дневных смен к ночным. Обнаружено, что у 19 % операторов работоспособность в ночную смену снижается, у 62 % — сохраняется стабильной, у 19 % — улучшается при переходе к ночной работе. У операторов 1-й группы наблюдаются более высокие артериальное давление, периферическое сопротивление сосудов — в обе смены, частота сердечных сокращений — в дневную смену. Структура корреляции физиологических функций у них по сравнению с другими операторами характеризуется большей жесткостью внутрисистемных связей в дневную смену и увеличением силы межсистемных взаимодействий при ослаблении внутрисистемных связей в ночную смену. Адаптационные возможности операторов 2-й и особенно 3-й групп выше.

Введение

Оценка адаптивных возможностей человека в работе по сменным графикам является важным вопросом оптимизации труда сменного персонала [13]. Наиболее часто для оценки пригодности к сменному труду используют индивидуальные различия скорости перестройки циркадной системы с дневной ориентации на ночную [9, 10, 13]. Однако графики с быстрой ротацией смен (через 1—3 сут), широко распространенные на предприятиях с непрерывным циклом производства, не вызывают существенной перестройки естественного ритма физиологических функций из-за непродолжительного периода работы ночью в одном цикле [11, 12]. В связи с этим, для оценки пригодности к сменному труду операторов, занятых в графиках работы с быстрой ротацией смен, необходимы иные подходы. Такой подход может быть, в частности, основан на сравнении показателей адаптивных возможностей операторов в различные смены.

Цель нашего исследования — определить значения этих показателей у операторов, имеющих различную динамику работоспособности при переходе от дневных смен к ночным.

Методика

Исследования проводили в производственных условиях на двух электростанциях. В них участвовало 52 машиниста-оператора в возрасте 22—42 лет. Сменный персонал станций работал по сходным восьмичасовым трехсменным графикам, отличающимся лишь скоростью ротации смен — через 2 и через 3 сут.

После предварительного обучения персонала тестирующим процедурам проводили сменные исследования, во время которых на 1-, 4- и 8-м часу дневных и ночных смен регистрировали следующие показатели: концентрацию и переключение внимания по методике Шульте — Платонова, кратковременную память, латентные периоды простой и сложной зрительно-моторных реакций (ПЗМР и СЗМР соответственно), работоспособность головного мозга и функциональную подвижность по методике, описанной ранее [7], динамичность [4], фоновый

омега-потенциал, артериальное давление ($AD_{\text{сист.}}$ и $AD_{\text{диаст.}}$), частоту сердечных сокращений (ЧСС), мышечную силу и выносливость. Рассчитывали минутный объем крови (МОК), периферическое сопротивление сосудов (ПСС) и вегетативный индекс Кердо (ВИК).

Каждого оператора обследовали в две дневные и две ночные смены. В качестве критерия профессиональной работоспособности операторов использовали суммарный показатель успешности (СПУ), полученный на основе экспертного опроса. Экспертам из числа руководящего состава работников и администрации предлагали анкету экспертного опроса, включающую шкалы успешности работы в нормальной и аварийной обстановке, частоты и характера совершения ошибок в различных производственных ситуациях, самостоятельности, ответственности и т. д. Баллы, набранные по отдельным шкалам, суммировались. Успешность работы каждого оператора оценивали не менее пяти экспертов.

Модифицированным методом индексометрии [3] определяли индивидуальные индексы профессиональной работоспособности операторов для дневных ($I_{\text{дн}}$) и ночных ($I_{\text{н}}$) смен. Индексы $I_{\text{дн}}$ и $I_{\text{н}}$ вычисляли как среднее значение индексов $I_{\text{дн}}$ и $I_{\text{н}}$, которые представляют собой относительные отклонения ряда индивидуальных профессионально важных качеств от средних значений по группе. В исходную матрицу для расчета $I_{\text{дн}}$ и $I_{\text{н}}$ вошли девять показателей, коррелирующих с СПУ на уровне значимости не ниже $P < 0,05$: среднесменные значения показателя работоспособности головного мозга ($r = -0,69$), функциональная подвижность ($r = -0,56$), динамичность ($r = -0,50$), омега-потенциал ($r = -0,34$), кратковременная память ($r = 0,42$), СЗМР ($r = -0,52$), разброс времени выполнения задания на переключение внимания ($r = -0,34$), разброс ПЗМР ($r = 0,30$) и разброс СЗМР в течение смены ($r = 0,25$).

Индивидуальные индексы профессиональной работоспособности операторов с высоким значением СПУ, как правило, меньше среднегрупповых, и, наоборот, индексы операторов с низкими значениями СПУ существенно превышают среднегрупповые [3].

Результаты обрабатывали методами вариационной статистики и корреляционного анализа.

Результаты и их обсуждение

Среднесменные значения анализируемых функций в целом по группе операторов в дневную и ночную смены практически не отличались. Исключение составляли лишь расчетные значения показателей гемодинамики. В ночные смены достоверно понижаются МОК и ВИК. МОК — от $4,4 \pm 0,1$ до $3,9 \pm 0,1$ л, $P < 0,001$, ВИК — от -1 ± 2 до -7 ± 2 , $P < 0,05$ при одновременном росте ПСС — от 1785 ± 57 до $1955 \text{ дин} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{см}^{-5} \pm 52 \text{ дин} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{см}^{-5}$, $P < 0,05$).

Среднегрупповые значения $I_{\text{дн}}$ и $I_{\text{н}}$ различаются незначительно: $I_{\text{дн}} = 1,17 \pm 0,03$, $I_{\text{н}} = 1,12 \pm 0,03$, $I_{\text{дн}} - I_{\text{н}} = 0,05$; $\sigma = 0,28$ усл. ед. Следовательно, в целом по группе в дневную и ночную смены поддерживается достаточно стабильная работоспособность.

Аналогичные данные получены другими авторами [1, 8]. В работе Смирнова и соавт. [8] отсутствие значимых различий между значениями показателей физиологических функций в дневную и ночную смены трактуется как проявление сглаживания кривых суточных ритмов, в работе Бобко [1] — как признак удовлетворительной адаптации к сменному труду. Вместе с тем, сравнение значений $I_{\text{дн}}$ и $I_{\text{н}}$ для каждого оператора индивидуально показало, что их работоспособность при переходе к ночным сменам изменяется разнонаправленно: у одних понижается ($I_{\text{дн}} < I_{\text{н}}$), у других возрастает ($I_{\text{дн}} > I_{\text{н}}$), хотя у большинства операторов $I_{\text{дн}}$ и $I_{\text{н}}$ отличаются незначительно.

С учетом этого выделено три группы операторов. В 1-й группе ($N = 10$, т. е. 19 % общего числа обследованных) разность $\Delta I_{\text{дн}}$ не пре-

вышает $-0,35$ усл. ед., т. е. ниже значения $\Delta\bar{I}_{\text{дн}} - \sigma$. Во 2-ю группу ($N=32$, или 62 % обследованных) вошли операторы, у которых $\Delta I_{\text{дн}}$ составляет от $-0,35$ до $0,21$ усл. ед., т. е. укладывается в границы $\Delta\bar{I}_{\text{дн}} \pm \sigma$, у операторов 3-й группы ($N=10$, или 19 % обследованных) $\Delta\bar{I}_{\text{дн}}$ больше $0,21$ усл. ед., т. е. выше, чем $\Delta\bar{I}_{\text{дн}} \pm \sigma$.

Сравнение выделенных групп по показателям сердечно-сосудистой системы показало, что адаптивная возможность операторов с разными значениями $\Delta I_{\text{дн}}$ существенно различается (таблица). В 1-й группе наблюдались более высокие АД и ПСС, чем во 2-й и особенно в 3-й группах. Различия значений этих показателей выражены в дневное и ночное время работы. У операторов 1-й группы в дневную смену также наблюдалась достоверно более высокая ЧСС ($P < 0,01$). По возрасту и стажу операторы выделенных групп достоверно не различались.

Изучение структуры межсистемной и внутрисистемной корреляции также свидетельствует о пониженной адаптивной возможности операторов 1-й группы (рисунок: 1 — АД_{сист.}, 2 — ЧСС, 3 — ВИК, 4 — ϕ -потенциал, 5 — концентрация внимания, 6 — переключение внимания, 7 — время решения задания на кратковременную память, 8 — кратковременная память, 9 — ПЗМР, 10 — динамичность, 11 — функциональная подвижность, 12 — мышечная выносливость, 13 — мышечная сила; I — достоверность связи на уровне $P < 0,05$; II — $P < 0,01$; III — $P < 0,001$; IV — внутрисистемные, V — межсистемные связи). Уже в дневную смену у них наблюдается существенно большее число жестких связей между показателями одной системы и между показателями разных систем. В ночную смену внутрисистемные корреляции ослабевают и возрастает жесткость межсистемных связей.

У операторов 3-й группы в дневную смену преобладают внутрисистемные взаимодействия, а межсистемные связи слабые и их мало. В ночную смену у операторов этой группы усиливаются внутрисистемные, а не межсистемные взаимодействия. По структуре корреляции операторы 2-й группы занимают промежуточное положение. Относительная автономность функционирования отдельных систем, характерная для операторов 3-й группы, считается признаком удовлетворительной адаптации, а наличие большого числа межсистемных

Среднесменные значения показателей сердечно-сосудистой системы у операторов с различной динамикой работоспособности при переходе от дневных (Д) к ночным (Н) сменам ($M \pm m$)

Показатель	1-я группа		2-группа		3-я группа	
	Д	Н	Д	Н	Д	Н
Систолическое артериальное давление, мм рт. ст.	135 ± 2 $P_2 < 0,05$ $P_3 < 0,001$	123 ± 2 $P_3 < 0,05$	123 ± 1 $P_1 < 0,05$ $P_3 < 0,001$	123 ± 1 $P_3 < 0,01$	119 ± 2 $P_1 < 0,001$ $P_2 < 0,001$	116 ± 2 $P_1 < 0,05$ $P_2 < 0,01$
Диастолическое артериальное давление, мм рт. ст.	84 ± 2 $P_2 < 0,01$ $P_3 < 0,001$	83 ± 2 $P_3 < 0,05$	78 ± 1 $P_1 < 0,01$ $P_3 < 0,01$	80 ± 1	73 ± 1 $P_1 < 0,001$ $P_2 < 0,01$	78 ± 1 $P_1 < 0,05$
Частота сердечных сокращений, мин ⁻¹	85 ± 2 $P_2 < 0,01$ $P_3 < 0,001$	77 ± 1	78 ± 1 $P_1 < 0,01$	73 ± 1	78 ± 1 $P_1 < 0,01$	76 ± 1
Минутный объем крови, л	$4,6 \pm 0,2$	$3,9 \pm 0,2$	$4,7 \pm 0,1$	$3,9 \pm 0,1$	$4,7 \pm 0,2$	$4,1 \pm 0,1$
Периферическое сопротивление сосудов, $\text{дин} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{см}^{-5}$	1829 ± 81 $P_3 < 0,05$	2093 ± 94 $P_3 < 0,05$	1695 ± 50	1965 ± 72	1556 ± 70 $P_1 < 0,05$	1847 ± 83 $P_1 < 0,05$
Возраст, г	32 ± 2		33 ± 1		33 ± 2	
Стаж, г	10 ± 2		11 ± 1		14 ± 2	

Примечание. P_1, P_2, P_3 — показатели достоверности отличия значений по сравнению соответствующей группой.

Во 2-ю группу
у которых $\Delta I_{\text{дн}}$
тятся в границы
обследованных)

ечно-сосудистой
ров с разными
В 1-й группе
особенно в 3-й
ены в дневное
ную смену так-
(0,01). По воз-
не различались.
ой корреляции
ожности опера-
ВИК, 4 — ω -по-
внимания, 7 —
8 — кратковре-
функциональная
нная сила; I —
II — $P < 0,001$;
ке в дневную
жестких связей
ми разных си-
ослабляются

адают внутри-
ые и их мало.
внутрисистем-
е корреляции
ожение. Отно-
х систем, ха-
наком удовле-
межсистемных

операторов
(Д)

3-я группа

Д	Н
---	---

9 ± 2	116 ± 2
$P_1 < 0,001$	$P_1 < 0,05$
$P_2 < 0,001$	$P_2 < 0,01$

3 ± 1	78 ± 1
$P_1 < 0,001$	$P_1 < 0,05$
$P_2 < 0,01$	

8 ± 1	76 ± 1
$P_1 < 0,01$	

$7 \pm 0,2$	$4,1 \pm 0,1$
-------------	---------------

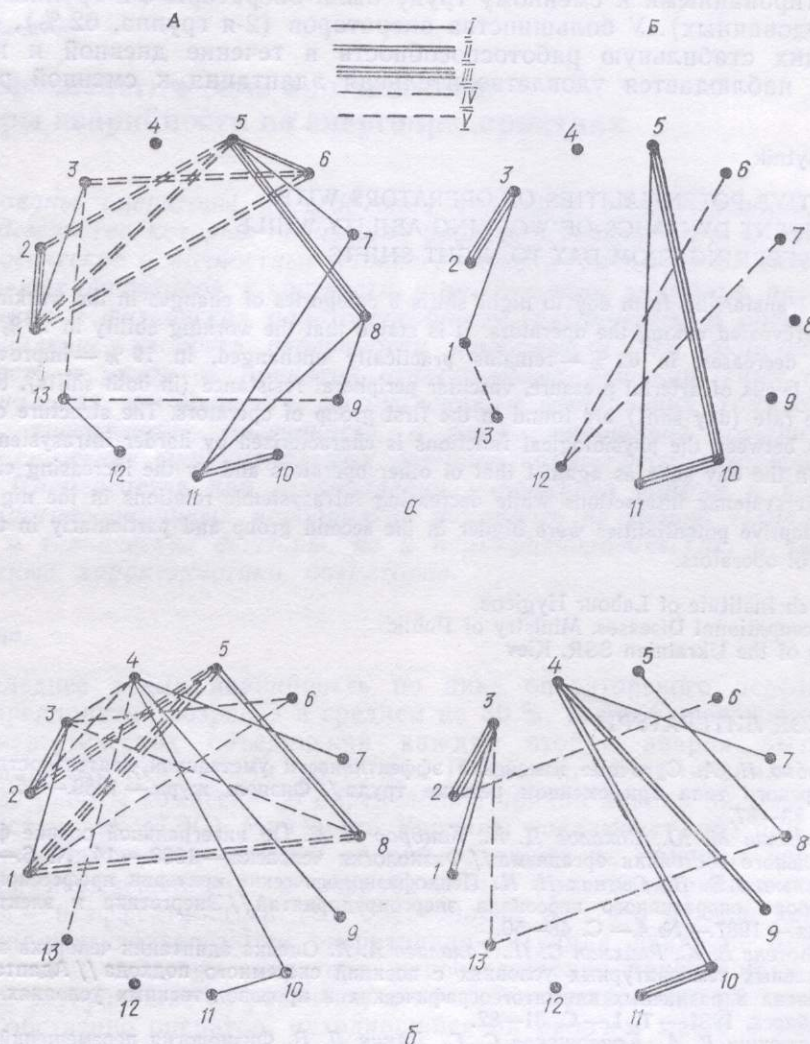
6 ± 70	1847 ± 83
$P_1 < 0,05$	$P_1 < 0,05$

33 ± 2
14 ± 2

ний по сравнению

91. Т. 37. № 5

связей свидетельствует о напряжении адаптивных механизмов [2] и повышении активности центральных механизмов регуляции [5, 6]. По нашему мнению, однако, наиболее вероятным механизмом повышения жесткости корреляции является взаимная синхронизация ритмов функциональных структур. Согласно закону перемежающейся активности Крыжановского (цит. по Степановой [9]), в состоянии относительного покоя ритмы отдельных функционирующих структур не синхронизированы друг с другом, и, наоборот, взаимная синхронизация ритмов рассматривается как признак функционального напряжения.



Структура корреляции физиологических функций у операторов 1-й (А) и 3-й (Б) групп с различной динамикой работоспособности при переходе от дневных (а) к ночным (б) сменам.

Таким образом, установлено, что динамика работоспособности операторов при переходе от дневных смен к ночным имеет индивидуальный характер. При этом возможны три основных варианта: снижение работоспособности в ночную смену по сравнению с таковой в дневную смену (1-я группа), сохранение практически стабильной работоспособности в дневную и ночную смены (2-я группа) и повышение работоспособности в ночную смену (3-я группа).

По результатам исследования сердечно-сосудистой системы и структуры внутри- и межсистемной корреляции операторы выделенных групп характеризуются различной адаптивной возможностью. У операторов 1-й группы регистрируются достоверно более высокие АД и ПСС

в течение дневной и ночной смен, ЧСС — в дневную смену. Структура корреляции физиологических функций у них отличается большей жесткостью внутрисистемных связей в дневную смену и увеличением силы межсистемных взаимодействий при ослаблении внутрисистемных связей в ночную смену. Это свидетельствует о большем напряжении регуляторных механизмов и соответственно большей «цене» адаптации у операторов 1-й группы по сравнению с операторами 2-й и 3-й групп.

Таким образом, можно полагать, что операторы 1-й группы (19 % обследованных) плохо адаптированы к сменному труду. Наиболее адаптированными к сменному труду были операторы 3-й группы (19 % обследованных). У большинства операторов (2-я группа, 62 %), сохраняющих стабильную работоспособность в течение дневной и ночной смен, наблюдается удовлетворительная адаптация к сменной работе.

N. I. Sytnik

ADAPTIVE POTENTIALITIES OF OPERATORS WITH DIFFERENT DYNAMICS OF WORKING ABILITY WHILE TRANSFERRING FROM DAY TO NIGHT SHIFTS

While transferring from day to night shifts 3 categories of changes in the working ability are revealed among the operators. It is stated that the working ability in 19 % of operators decreases, in 62 % — remains practically unchanged, in 19 % — improves. The higher levels of arterial pressure, vascular peripheral resistance (in both shifts), the heart systole rate (day shift) are found in the first group of operators. The structure of correlations between the physiological functions is characterized by harder intrasystemic relations in the day shift as against that of other operators and by the increasing effects of the intersystemic interactions while decreasing intrasystemic relations in the night shift. The adaptive potentialities were higher in the second group and particularly in the third group of operators.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобко Н. А. Суточные изменения эффективности умственной деятельности операторского типа при сменном режиме труда // Физиол. журн. — 1989. — 35, № 6. — С. 83—87.
2. Гедылин М. Ю., Соколов Д. К., Кандрор И. С. Об интегральной оценке функционального состояния организма // Физиология человека. — 1988. — 14, № 6. — С. 957.
3. Кальниш В. В., Сытник Н. И. Психофизиологические критерии профессионального отбора оперативного персонала энергопредприятий // Энергетика и электрификация. — 1987. — № 4. — С. 48—50.
4. Мартенс В. К., Райхман С. П., Талалаев А. А. Оценка адаптации человека в экстремальных температурных условиях с позиций системного подхода // Адаптация человека в различных климатогеографических и производственных условиях. — Новосибирск, 1981. — Т. 1. — С. 81—82.
5. Матюшин В. А., Кривошеков С. Г., Демин Д. В. Физиология перемещений человека и вахтовый труд. — Новосибирск, 1986. — 204 с.
6. Основы профессионального психофизиологического отбора / Н. В. Макаренко, Б. А. Пухов, Н. В. Кольченко и др. — Киев : Наук. думка, 1987. — 244 с.
7. Смирнов К. М., Ахметшин Р. Х., Кольцов А. А., Фаустов С. Л. Особенности труда дежурного персонала тепловых электростанций в ночную смену // Физиология человека. — 1989. — 15, № 6. — С. 140—141.
8. Степанова С. И. Биоритмические аспекты проблемы адаптации. — М. : Наука, 1980. — 241 с.
9. А. с. 1607777 СССР, А1 А 61 В 5/16. Способ профотбора операторов / Н. В. Макаренко, В. В. Кальниш, Н. И. Сытник. — Оpubл. 23.11.90, Бюл. № 43.
10. Hildebrandt G. Individual differences in susceptibility to night and shift work // Night and shift work: longterm effects and their prevention / Eds. Haider M. Koller M. — New York, 1985. — P. 109—116.
11. Kogi K. Comparison of resting conditions between various shift rotation systems for industrial workers // Night and shift work. Biol. and social aspects. Proc. 5-th Int. Symp. Ronen, 1980. — Oxford etc., 1981. — P. 417.
12. Monk T. Advantages and disadvantages of rapidly rotating shift schedules. A Circadian Viewpoint // Human Factors. — 1986. — 28, N 5. — P. 553—559.