

УДК 612.766.1+577.3

## ДИНАМИКА РАБОЧЕЙ НАГРУЗКИ И ЕЕ ОТРАЖЕНИЕ В ПОКАЗАТЕЛЯХ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ДИСПЕТЧЕРОВ ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ

**Бобко Н. А.**

ГУ «Институт медицины труда АМН Украины», г. Киев

На основании 913 человеко-смен наблюдений выявлено, что рост рабочей нагрузки сопровождается ростом напряжения, утомления, стресса, интенсификацией кровообращения и мало сказывается на эффективности умственной деятельности, что отвечает профессиональному требованию надежной работы оператора. Интенсификация кровообращения больше выражена в дневные смены, чем в ночные. Усложнение умственной деятельности больше выражено в конце ночных смен.

**Ключевые слова:** рабочая нагрузка, функциональное состояние, оператор

### Введение

Совершенствование профилактики психосоциальных рисков на рабочих местах определено в числе приоритетных задач ВОЗ на 2008-2017 годы [19]. Характерной чертой труда диспетчеров является выраженная неравномерность нагрузок и непредсказуемость их резкого возрастания в случае возникновения экстремальных ситуаций. На фоне поддержания дорогостоящего состояния «оперативного покоя» [13] – постоянной готовности к действию как основы операторского труда [6] – у диспетчеров формируются состояния утомления, напряжения, стресса, применяемые в классической литературе для описания функциональных состояний работающих в любых профессиях [6, 10, 12]. Неравномерность трудовых нагрузок делает этот контингент хорошей моделью для изучения (психо)физиологической цены возрастания информационных нагрузок. С другой стороны, важность бесперебойного снабжения электроэнергией потребителей определяет экономическую и социальную значимость исследований этого контингента. Однако, малочисленность коллективов диспетчеров является одной из причин недостаточной изученности вопроса и относительно небольшого количества публикаций, которые появляются в последние годы и посвящены иным аспектам труда диспетчеров [3, 4, 7, 8]. *Цель исследования* – выявить колебания рабочей нагрузки диспетчеров электросетей и закономерности ее отражения в показателях функционального состояния.

### Материалы и методы исследования

На рабочих местах в течение 5 месяцев обследованы 19 диспетчеров электросетей (возраста

$43,3 \pm 2,5$  лет при общем стаже работы  $21,7 \pm 2,4$  года), распределявшие электроэнергию по центральному региону Украины и г. Киев (сплошные исследования на двух предприятиях). Рабочая нагрузка оценивалась методом опроса: каждому диспетчеру в конце каждой рабочей смены предлагалось оценить в стандартной 5-бальной шкале общий объем рабочей нагрузки за смену и указать количество ликвидированных событий некоторой средней сложности, очень сложных и чрезвычайно сложных. Показателями функционального состояния обследованных служили субъективные оценки утомления («насколько Вы устали»), напряжения («как долго Вам пришлось быть в напряженном состоянии, решая текущие задачи») и стресса («как часто требовалась полная мобилизация для решения текущих задач») в конце каждой смены в стандартной 5-бальной шкале и объективные показатели выполнения профессионально важных для операторов тестов умственной деятельности (кратковременной памяти на цифры (объем и качество воспроизведения информации), переключения внимания по красно-черным таблицам Шульте-Платонова (время и качество выполнения теста) [9]) и функционирования сердечно-сосудистой системы (ССС), факторами риска формирования патологии которой являются составляющие труда диспетчеров – напряженный, сменный труд, гиподинамия [10, 11, 16, 17], (АДС; АДД; ЧСС; пульсовое давление ПД = АДС – АДД; среднединамическое давление СДД =  $0,42\text{ПД} + \text{АДД}$ ; систолический объем крови СО =  $100 + 0,5\text{ПД} - 0,6\text{АДД} - 0,6\text{В}$  (В – возраст); минутный объем крови МОК = СО · ЧСС; ПСС =  $(\text{СДД} \cdot 1333 \cdot 60) / \text{МОК}$ ; вегетативный индекс Кердо ВИК =  $(1 -$

АДД/ЧСС) · 100 %; индекс недостаточности кровообращения ИНК = АДС/ ЧСС; индексы МОК (ИМОК) и ПСС (ИПСС) [2, 14] и их разность (ИР)), регистрируемые в начале и конце каждой смены. Объем исследований составил 913 рабочих смен (для умственной деятельности — 218 смен). Динамика рабочей нагрузки оценивалась (1) по количественному соотношению рабочих смен с разным объемом рабочей нагрузки, (2) в динамике 8-дневного цикла рабочей недели диспетчеров при 2-дневном чередовании дневных (8:00–20:00) и ночных (20:00–8:00) смен, (3) в динамике 7-дневного недельного цикла колебаний потребности общества в электроэнергии, — предполагающих снижение нагрузки в выходные дни и ночные смены. Использовались методы вариационной статистики, дисперсионный анализ с оценкой достоверности по критериям Стьюдента, Фишера (F), Пиллаи (V) на уровне  $p < 0,05$ .

### Результаты исследований и их обсуждение

Объем рабочей нагрузки диспетчеры оценили как наименьший в 7 % (64) рабочих смен, ниже среднего — в 29 % (263) смен, как средний — в 51 % (459) смен, выше среднего — в 11 % (102) смен, как очень большой — в 2 % (19) смен (рис. 1). При этом, в 6 сменах оценка отсутствовала. Это связано с тем, что в случае ликвидации крупных (пред) аварийных ситуаций в конце смены диспетчеры не участвовали в исследованиях. При этом, количество ликвидированных событий некоторой средней сложности варьировало от 0 до 10 в разных сменах и неизменно росло с ростом общего объема рабочей нагрузки. Количество очень сложных ликвидированных событий варьировало от 0 до 5, не регистрировалось в сменах с наименьшей нагрузкой и резко возрастало в сменах с нагрузкой выше средней и очень большой. Чрезвычайно сложные события встречались в сменах с очень большим объемом рабочей нагрузки (но не более двух), в единичных случаях — в сменах со средней нагрузкой и ниже средней. В целом, количество ликвидированных событий исследованных трех категорий сложности росло с ростом объема рабочей нагрузки (формируя ее в числе других составляющих).

Показатели субъективной оценки функционального состояния прямо пропорционально с высокой статистической значимостью зависели от объема рабочей нагрузки ( $V = 71,2$ ,  $p < 0,000001$ ), в частности: рабочее напряжение:  $F = 415,7$ ,  $p < 0,000001$

(в наибольшей мере), утомление  $F = 348,0$ ,  $p < 0,000001$ , стресс  $F = 145,5$ ,  $p < 0,000001$ .

Кровообращение в конце рабочих смен также с высокой достоверностью зависело от объема рабочей нагрузки ( $V = 2,4$ ,  $p < 0,000001$ ), в частности — достоверно для АДС, ПД, СДД, ЧСС, ВИК, МОК, на уровне тенденции — для АДД ( $p < 0,09$ ). Изменения свидетельствовали, в целом, об увеличении активации ССС с увеличением объема рабочей нагрузки (рис. 2), что согласуется с данными литературы [10].

Эффективность умственной деятельности в конце смен слабо зависела от рабочей нагрузки ( $V = 1,42$ ,  $p < 0,13$ ). Менее выраженная зависимость эффективности умственной деятельности от

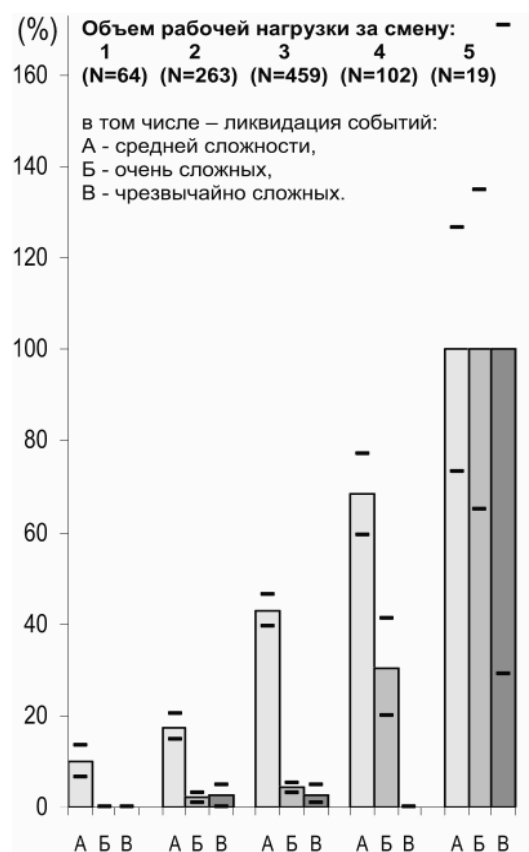
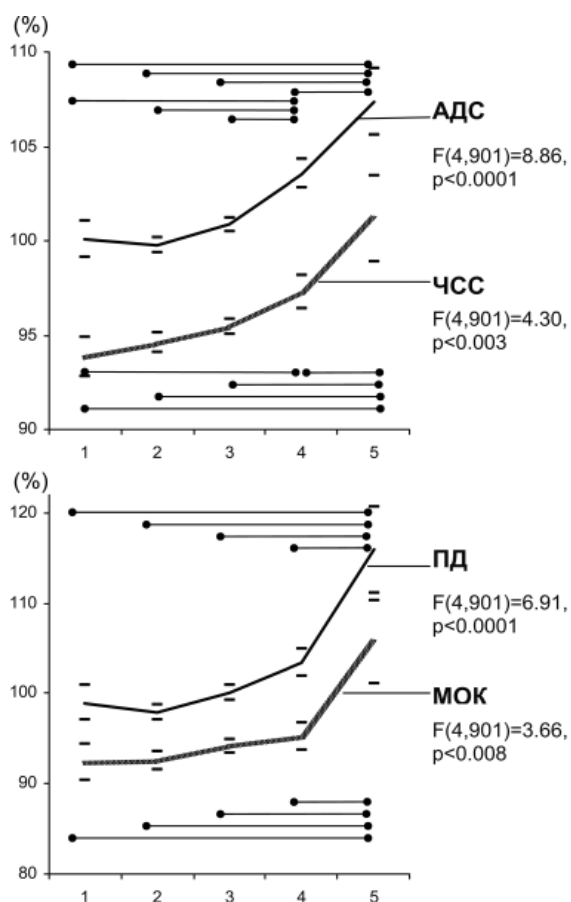


Рис. 1. Объем рабочей нагрузки и ее составляющие.

По оси Y — количество ликвидированных за смену событий (%). За 100 % принято среднее количество ликвидированных событий соответствующей сложности при максимальной оценке рабочей нагрузки ("5"). По оси X — сложность ликвидированных событий (А, Б, В — внизу) и субъективная оценка рабочей нагрузки в стандартной 5-балльной шкале с указанием соответствующего числа рабочих смен за период исследований (вверху рисунка). Представлены средние и ошибки.



**Рис. 2.** Зависимость показателей кровообращения от объема рабочей нагрузки.  
 По оси Y – величина показателя в конце смены (%).  
 За 100 % принято индивидуальное среднесуточное значение показателя за весь период исследований. По оси X – объем рабочей нагрузки (в баллах согласно субъективной оценке).  
 Представлены средние и ошибка, результаты дисперсионного анализа. Достоверные ( $p < 0,05$ ) парные различия указаны отрезками.

рабочей нагрузки по сравнению с показателями кровообращения (1) согласуется с теорией П.К. Анохина, согласно которой эффективность реализации системообразующего фактора обеспечивается, прежде всего [1], и (2) соответствует профессиональному требованию надежной работы оператора.

В дневные, как и в ночные, смены сохранялась высоко достоверная ( $p < 0,000001$ ) прямо пропорциональная зависимость рабочего напряжения, утомления и стресса от объема рабочей нагрузки при ведущей роли рабочего напряжения.

Показатели кровообращения в конце дневных смен достоверно ( $V = 1,81, p < 0,002$ ) зависели от объема рабочей нагрузки (в частности: АДС, ЧСС,

ПД, СДД и ВИК), в то время как в конце ночных смен – на уровне тенденции ( $V = 1,34, p < 0,08$ ) (в частности – достоверно: ЧСС и МОК).

Эффективность умственной деятельности в конце дневных смен не зависела от рабочей нагрузки, в конце ночных смен – только переключение внимания ускорялось с увеличением объема выполненной работы ( $p < 0,05$ ), что может отражать «усвоение ритма» по А. А. Ухтомскому [13] при проявлении суточных колебаний, предполагающих наилучшие значения этого показателя утром [5].

В динамике 8-дневного цикла рабочей недели выявлена высоко достоверная зависимость объема рабочей нагрузки от вида и номера смены ( $F = 8,81, p < 0,00007$ ). В дневные смены нагрузка была выше, чем в ночные (рис. 3), и во вторую дневную смену субъективно воспринималась как более высокая, чем в первую ( $p < 0,04$ ), что может быть следствием недостаточности отдыха между 12-часовыми сменами.

Прямо пропорциональная высоко достоверная зависимость рабочего напряжения, утомления и стресса от вида и номера смены обнаруживалась по результатам многомерного ( $V = 3,65, p < 0,000001$ ) и одномерного дисперсионного анализа (для напряжения –  $p < 0,001$ , утомления –  $p < 0,004$ , стресса –  $p < 0,006$ ). Однако, оценки этих показателей в первые и вторые в блоках смены достоверно не отличались, что отражает меньшую их субъективность по сравнению с оценкой рабочей нагрузки.

Активация ССС к концу дневных смен также возрастала по сравнению с ночными ( $V = 2,36, p < 0,000001$ ), в частности – достоверно для АДС, ПД, СДД, ИНК, АДД.

Эффективность умственной деятельности зависела от вида и номера смены на уровне тенденции ( $V = 1,51, p < 0,12$ ), в частности – наиболее выражено ( $p < 0,06$ ) – качество переключения внимания, которое в конце второй дневной смены (субъективно – наиболее нагруженной) было хуже ( $p < 0,05$ ), чем в любой другой. Другие показатели обнаруживали тенденцию к ухудшению в дневные (более нагруженные) смены по сравнению с ночными. Ухудшение умственной деятельности при увеличении рабочей нагрузки согласуется с данными литературы [15, 18].

В динамике 7-дневного недельного цикла в дневные смены выявлена достоверная зависимость объема рабочей нагрузки от дня недели и отсутствие статистически значимой зависимости в ночные смены (рис. 4). При этом, в субботу и воскресенье

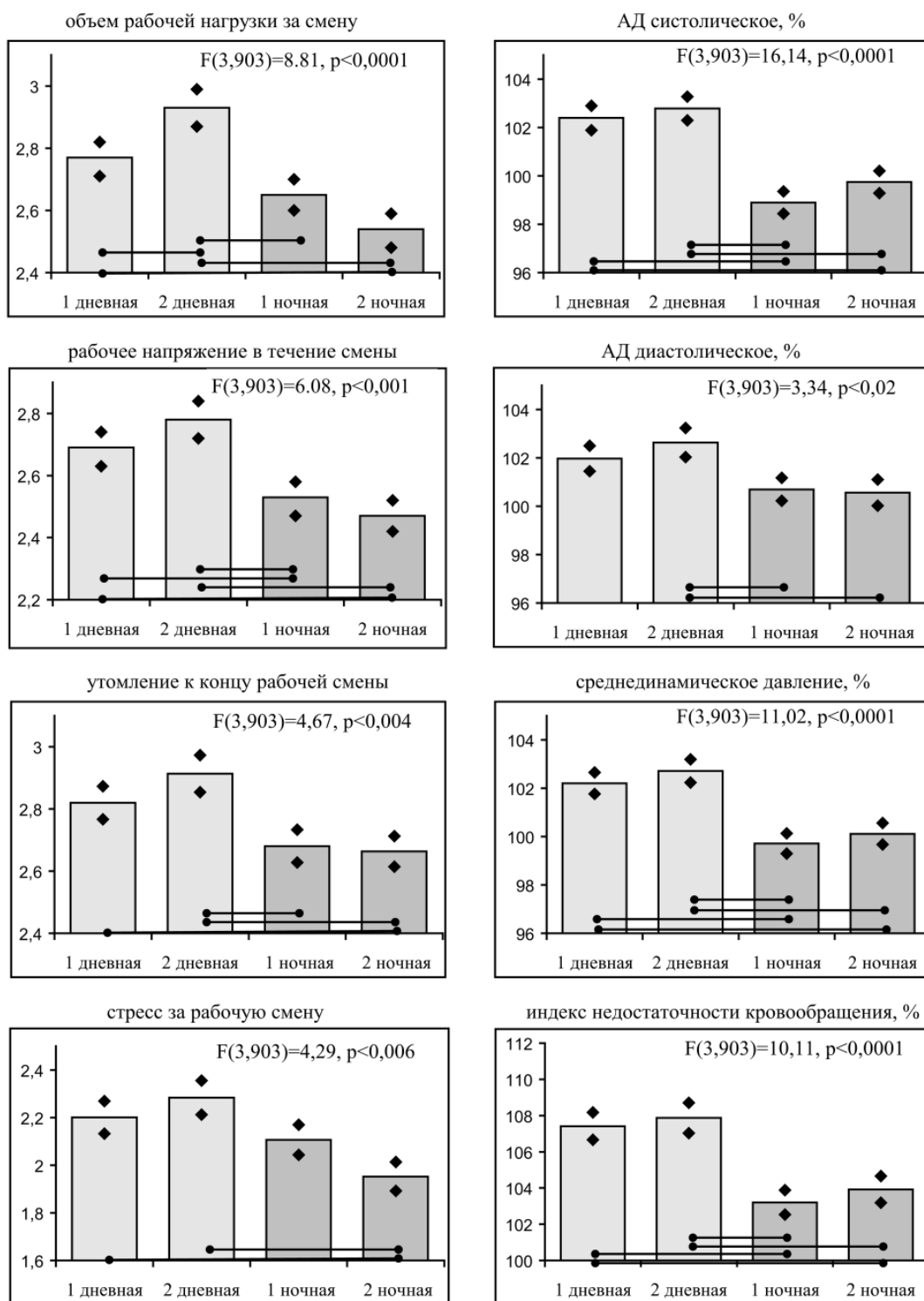


Рис. 3. Колебания объема рабочей нагрузки и показателей функционального состояния диспетчеров на протяжении 8-суточного цикла рабочей недели.

По оси X – вид смены, по оси Y слева – субъективная оценка показателя в 5-бальной шкале, справа – величина объективного показателя в конце смены (100 % – индивидуальная средняя). Представлены: средняя и ошибка, результаты дисперсионного анализа. Достоверные ( $p < 0,05$ ) парные различия указаны отрезками.

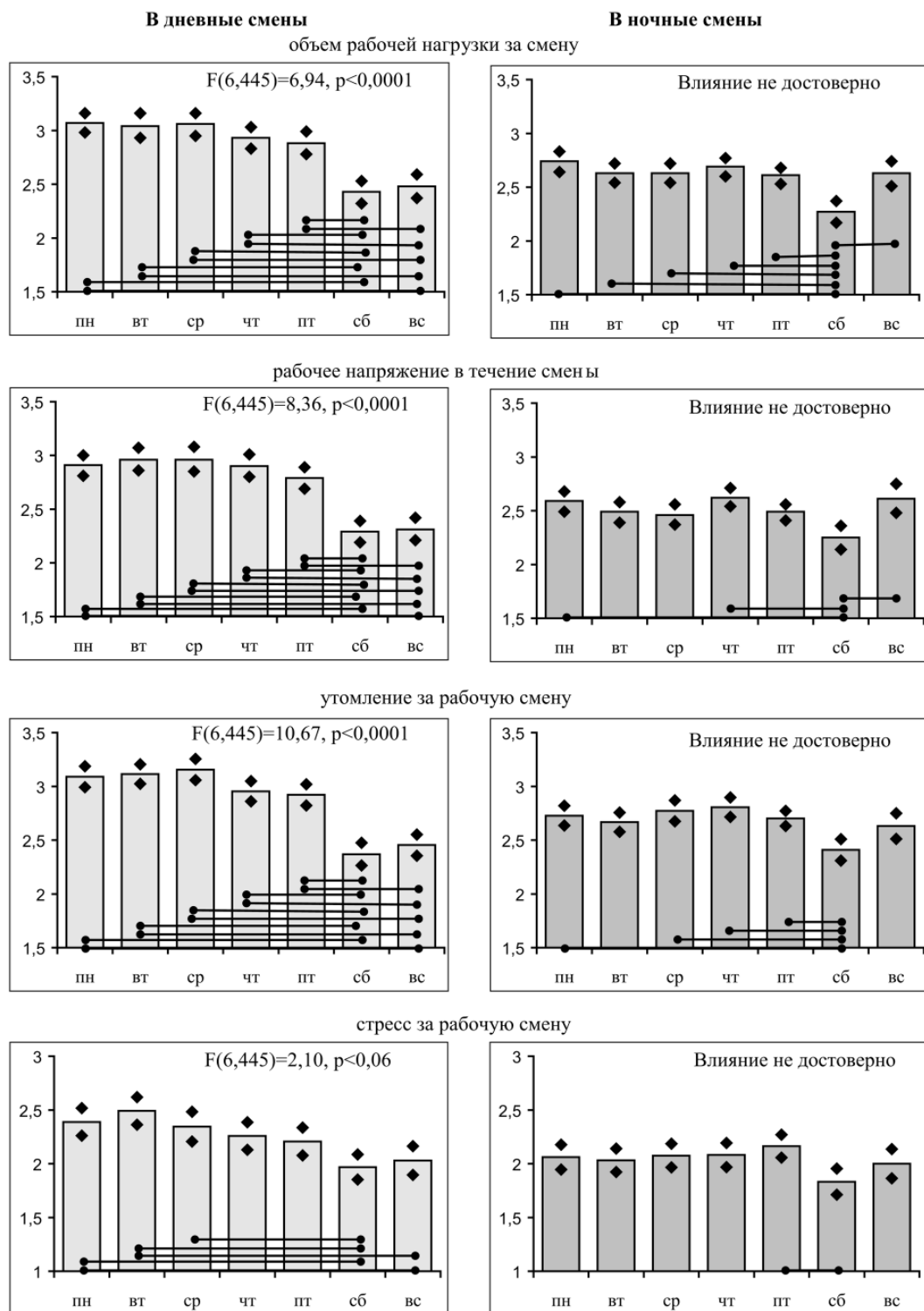


Рис. 4. Колебания объема рабочей нагрузки и субъективной оценки функционального состояния диспетчеров на протяжении недели.

По оси X – день недели (для ночных смен – день начала смены), по оси Y – оценка показателя в 5-балльной шкале. Представлены: средняя и ошибка, результаты дисперсионного анализа. Достоверные ( $p < 0,05$ ) парные различия указаны отрезками.

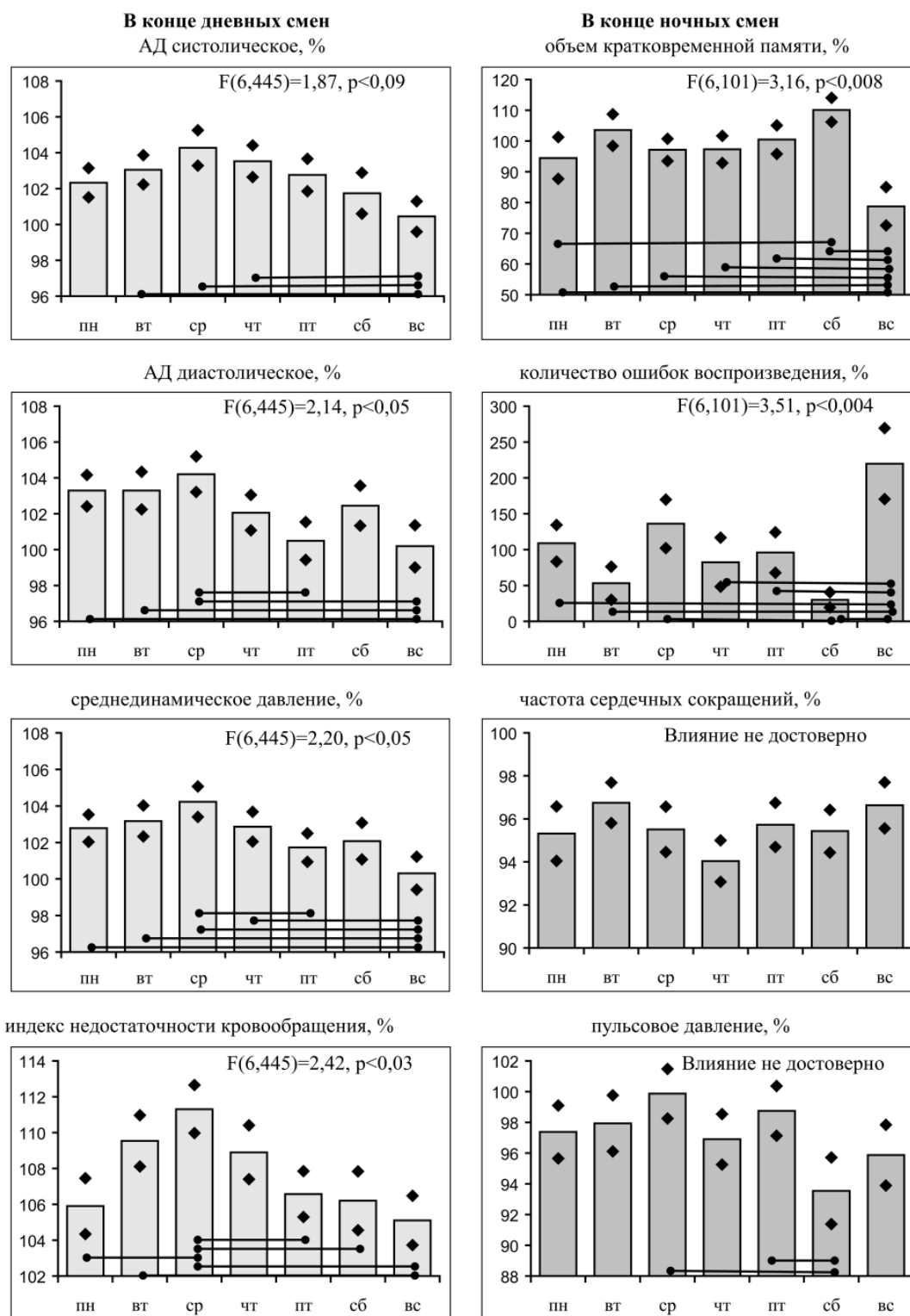


Рис. 5. Колебания объема рабочей нагрузки и показателей кровообращения диспетчеров на протяжении недели.

По оси X – день недели (для ночных смен – день начала смены), по оси Y – величина показателя в конце смены (100 % – индивидуальная средняя). Остальные обозначения такие же, как на рис. 4.

в дневные смены объем рабочей нагрузки был ниже, чем в рабочие дни. В ночные смены — только в ночь на воскресенье. Это можно связывать с увеличением рабочей нагрузки в ночь на понедельник в связи с плановым выводом оборудования из эксплуатации. Ввод оборудования осуществляется с 14–15 часов пятницы и продолжается до утра субботы. Согласно данным литературы, в эти две ночи плотность поступающих сигналов увеличивается на треть (составляя около 400 сигналов в час, в то время как в другие смены — немногим более 300 в час [7]).

Для показателей напряжения, утомления и стресса зависимости аналогичны.

Кровообращение в конце дневных смен зависело от дня недели на уровне тенденции ( $V = 1,19$ ,  $p < 0,14$ ); достоверно зависели ИНК, АДД, ПД; АДС — на уровне тенденции (рис. 5). При этом, в среду активация ССС была наибольшей, в воскресенье — наименьшей. Учитывая практически одинаковый объем рабочей нагрузки в рабочие дни (см. рис. 4), параболическая зависимость интенсивности кровообращения от дня недели с максимумом в среду может служить проявлением закона Джеркса-Додсона и отражать фазу парадоксальной реакции на рабочую нагрузку. Снижение интенсивности кровообращения в воскресенье может быть следствием снижения рабочей нагрузки. Тенденция к повышению АДД в субботу может быть обусловлена большей ригидностью показателя по сравнению с АДС и «затягиванием» 5-дневного «удержания» обеспечения высокого рабочего напряжения.

Умственная деятельность в конце дневных смен от дня недели не зависела.

В конце ночных смен, напротив, кровообращение от дня недели не зависело. Однако, зависела умственная деятельность ( $V = 1,59$ ,  $p < 0,04$ ) при ведущей роли кратковременной памяти: после наименее нагруженных смен (в ночь на воскресенье) отмечались наилучшие показатели объема памяти и качества выполнения этого теста, после смен на понедельник — напротив, наихудшие (см. рис. 5).

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности (1) текущего мониторинга состояния диспетчеров доступными методами как инструменте

самонаблюдения и (2) совершенствования режимов их труда и отдыха с учетом недельной динамики рабочей нагрузки и показателей функционального состояния — для сохранения здоровья и продления эффективного профессионального долголетия.

## Выводы

1. Рост рабочей нагрузки диспетчеров электросетей сопровождается ростом субъективно воспринимаемого рабочего напряжения, утомления и стресса. При этом, самооценка функционального состояния менее субъективна, чем рабочей нагрузки, и потому более предпочтительна для текущего мониторинга состояния.
2. Рабочая нагрузка оценивается диспетчерами электросетей в дневные смены выше, чем в ночные; в дневные смены в рабочие дни — выше, чем в выходные дни (что согласуется с недельным циклом потребности общества в электроэнергии); в ночные смены — снижается только в ночь на воскресенье (что связано с особенностями технологического цикла).
3. Рост рабочей нагрузки сопровождается интенсификацией кровообращения. В дневные смены — преимущественно за счет сосудистого звена, в ночные смены выражена слабо (отражая слабое обеспечение деятельности со стороны ССС ночью), и реализуется за счет сердечного звена. В динамике 7-дневной недели наибольшая интенсивность кровообращения в дневные смены выявлена в среду, наименьшая — в воскресенье.
4. Рост рабочей нагрузки мало сказывается на эффективности умственной деятельности диспетчеров, что соответствует профессиональному требованию надежной работы. Однако, в ряде случаев выявлено ухудшение показателей при увеличении рабочей нагрузки. После ночных смен зависимость умственной деятельности от рабочей нагрузки выявляется чаще, чем после дневных, и ее разнонаправленность для разных функций отражает рассогласование в деятельности функциональной системы и худшее функциональное состояние операторов к концу ночных смен по сравнению с дневными.

## Литература

1. Анохин П. К. Узловые вопросы теории функциональной системы / П. К. Анохин. — М. : Наука, 1980. — 196 с.

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

3. Бобко Н. А. Возрастно-стажевые изменения кровообращения у диспетчеров электрических сетей в динамике чередования смен разной утомительности / Н. А. Бобко // Укр. журн. з пробл. медицини праці.– 2008.– № 4 (16).– С. 42–48.
4. Бобко Н. А. Робота серцево-судинної системи диспетчерів електричних мереж за умов 12-годинних змін / Н. А. Бобко // Фізіол. журн.– 2001.– 47, № 5.– С. 82–86.
5. Бобко Н. А. Суточные колебания активности психофизиологических функций операторов сменного труда в условиях повышенного рабочего напряжения и их связь с возрастом и стажем работы / Н. А. Бобко // Укр. журн. з пробл. медицини праці.– 2006.– № 1.– С. 26–32.
6. Виноградов М. И. Актуальные проблемы физиологии труда / М. И. Виноградов.– М. : Знание, 1967.– 32 с.
7. Єна Т. А. Гігієнічна і психофізіологічна оцінка професійної діяльності диспетчерів енергосистем / Т. А. Єна // Укр. журн. з пробл. медицини праці.– 2008.– № 1 (13).– С. 13–19.
8. Єна Т. А. Психофізіологічні кореляти професійної діяльності диспетчерів енергосистем / Т. А. Єна, В. В. Кальниш // Укр. журн. з пробл. медицини праці.– 2009.– № 3 (19).– С. 41–45.
9. Макаренко Н. В. Теоретические основы и методики профессионального психофизиологического отбора военных специалистов / Н. В. Макаренко.– Киев, 1996.– 336 с.
10. Навакатилян А. О. Физиология и гигиена умственного труда / А. О. Навакатилян, В. В. Крыжановская, В. В. Кальниш.– К. : Здоров'я, 1987.– 157 с.
11. Особенности формирования перенапряжения при высоких психоэмоциональных нагрузках и сменном режиме труда / [О. И. Юшкова, Л. П. Кузьмина, А. С. Порошенко, А. В. Капустина] // Медицина труда и промышленная экология.– 2008.– № 4.– С. 1–8.
12. Селье Г. Концепция стресса как мы ее представляем в 1976 году / Г. Селье // Новое о гормонах и механизме их действия.– Киев: Наукова думка, 1977.– С. 27–51.
13. Ухтомский А. А. Доминанта / А. А. Ухтомский.– М.– Л. : Наука, 1966.– 273 с.
14. Храмов Ю. А. Вегетативное обеспечение и гемодинамика при гипертонической болезни / Ю. А. Храмов, В. Р. Вебер.– Новосибирск: Наука, 1985.– 129 с.
15. A real-time assessment of work stress in physicians and nurses / [Rutledge T., Stucky E., Dollarhide A. et al.] // Health Psychol.– 2009.– 28(2).– P. 194–200.
16. A review of the effect of the psychosocial working environment on physiological changes in blood and urine / [Hansen A. M., Larsen A. D., Rugulies R. et al.] // Basic Clin Pharmacol Toxicol.– 2009.– 105(2).– P. 73–83.
17. Exercise workload, cardiovascular risk factor evaluation and the risk of stroke in middle-aged men // [Kurl S., Sivenius J., Mäkitallio T. H. et al.] // J. Intern Med.– 2009.– 265(2).– P. 229–237.
18. The role of perceptual load in object recognition / [Lavie N., Lin Z., Zokaei N., Thoma V.] // J. Exp Psychol Hum Percept Perform.– 2009.– 35(5).– P. 1346–1358.
19. Workers' health: global plan of action // Sixtieth World Health Assembly - WHA60. 26. Agenda item 12. 13. 23 May 2007.

**Бобко Н. А.**

### **ДИНАМІКА РОБОЧОГО НАВАНТАЖЕННЯ ТА ЙОГО ВІДОБРАЖЕННЯ У ПОКАЗНИКАХ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ДИСПЕТЧЕРІВ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ**

ДУ «Інститут медицини праці АМН України», м. Київ

На підставі 913 людино-змін спостережень виявлено, що зростання робочого навантаження супроводжується зростанням напруги, втоми, стресу, інтенсифікацією кровообігу і мало позначається на ефективності розумової діяльності, що відповідає професійній вимозі надійної роботи оператора. Інтенсифікація кровообігу більше виражена в денні зміни, ніж у нічні. Ускладнення розумової діяльності більше виражено наприкінці нічних змін.

**Ключові слова:** робоче навантаження, функціональний стан, оператор

**Bobko N.A.**

### **WORKLOAD DYNAMICS AND ITS REFLECTION IN PARAMETERS OF FUNCTIONAL STATE IN ELECTRICITY DISTRIBUTION NETWORK CONTROLLERS**

SI «Institute for Occupational Health of AMS of Ukraine», Kyiv

Based on 913 subject-shift observations it was revealed that the increase in workload is accompanied by increase in strain, fatigue, stress, bloodcirculatory intensification and shows little effect on cognitive performance, that meets the professional demand of the reliable operator work. Bloodcirculatory intensification is more pronounced in the day shift than at night. Complications of cognitive performance were more pronounced at the end of the night shifts.

**Keywords:** workload, functional state, human-operator

*Надійшла: 16.02.2010*

**Контактна особа:** Бобко Наталія Андріївна, старший науковий співробітник лабораторії фізіології розумової праці, ДУ «Інститут медицини праці АМН України», 75, вул. Саксаганського, Київ 01033, Україна. Тел.: (44) 289-46-05.