УДК 612.825.8 + 613.685

ПРОГНОЗУВАННЯ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЯЛЬНОСТІ ДИСПЕТЧЕРІВ ЕНЕРГОСИСТЕМ

Єна Т. А., Кальниш В. В.**ДУ «Інститут медицини праці НАМН України», м. Київ**

Проведено психофізіологічне дослідження диспетчерів енергосистем за умов змодельованих на тренажерах аварійних та штатних режимів роботи обладнання. Розроблено розв'язувальні правила для оцінки та прогнозування психофізіологічних якостей, а також ефективності професійної діяльності диспетчерів енергосистем, які працюють в різних режимах функціонування енергетичних мереж.

Ключові слова: диспетчери енергосистем, професійно важливі якості, ефективність діяльності, моделювання аварійних і штатних ситуацій

Вступ

У ряді професій електроенергетики діяльність персоналу здійснюється за ускладнених умов, що можуть сприяти зниженню надійності діяльності та завдавати шкоду, пов'язану з соціальними, економічними та екологічними наслідками аварій. За цих умов до працівників, які забезпечують вироблення та розподіл електроенергії, ставляться підвищені вимоги як в площині професійних навичок, так і в площині їхніх психофізіологічних можливостей забезпечення діяльності [1, 2, 6, 8, 14]. Понад усе це стосується такої складної професії, як диспетчер енергосистем, у функціональні обов'язки якого входить організація ефективного управління енергетичними потужностями та встановлення оптимальних режимів розподілу електроенергії в регіонах країни.

Характерною рисою праці диспетчерів енергосистем є нерівномірне інформаційне навантаження за умов дефіциту часу і підвищеної емоційної напруги з високою відповідальністю за якість своєї праці. Підвищення рівня ефективності та надійності праці диспетчерів енергосистем може бути досягнуто за рахунок розробки заходів щодо покращення їхнього функціонального стану. За таких умов вкрай важливим є створення і впровадження нових більш інформативних і точних методів прогнозування рівня ефективності діяльності, а також проведення передзмінного контролю та моніторингу професійно важливих психофізіологічних якостей в різних режимах роботи обладнання (штатних та аварійних).

Аналіз даних літератури дозволив всебічно розглянути проблему щодо особливостей діяльності

диспетчерів енергосистем та встановити, що сучасні дослідження в більшості безпосередньо обходять питання успішності операторської праці та її фізіологічного забезпечення в робітників, працюючих за різних умов функціонування обладнання [3–5, 7, 10, 12, 13, 15]. Це дало поштовх для поглибленого вивчення діяльності цих спеціалістів в штатних та аварійних ситуаціях, а також розробки методів оцінки та прогнозування трансформацій стану диспетчерів в штатних та аварійних ситуаціях.

Мета дослідження — науково обґрунтувати та розробити комплекс прийомів для отримання оцінки та прогнозу психофізіологічних якостей, а також успішності професійної діяльності диспетчерів енергосистем в штатних та аварійних ситуаціях.

Матеріали та методи дослідження

Дослідження здійснювали під час тренування диспетчерів енергосистем у Вінницькому навчальному центрі та при проведенні міжрегіональних змагань цих спеціалістів у Кримському навчальному центрі. При моделюванні штатної та аварійної ситуацій обстежено 33 чоловіків у віці від 29 до 50 років (у Вінниці — 18 чоловіків, у Криму — 15 чоловіків). Визначення психофізіологічного статусу здійснювалося за допомогою спеціально створеного комп'ютерного комплексу тестів, що включав широковідомі методики та їхні модифікації [9]. Визначали швидкість простої та складної зорово-моторної реакції, швидкість переробки інформації (методика «Кільця Ландольта», кількість вірних відповідей), стабільність виконання професійних дій (кількість помилок при дослідженні швидкості

складної зорово-моторної реакції), врівноваженість нервових процесів (методика «Відчуття часу», у. о.), концентрація уваги (методика «Переплутані лінії», кількість вірних відповідей), переключення уваги (методика «Чорно-червоні таблиці», кількість помилок), селективність уваги (методика «Шкали», кількість помилок), обсяг короточасної зорової пам'яті (методика «Пам'ять на числа», кількість вірних відповідей), обсяг короточасної слухової пам'яті (методика «Пам'ять на числа», кількість вірних відповідей), якість логічного мислення (методика «Числові ряди», кількість помилок), рівень успішності абстрактного мислення (методика «Встановлення закономірностей», кількість вірних відповідей). Матеріали досліджень проаналізовані з використанням методів варіаційної статистики за допомогою пакета програм STATISTICA 6.0, зокрема, застосовували метод покрокового множинного кореляційного аналізу.

Психофізіологічне дослідження у Вінницькому центрі під час моделювання штатних та аварійних ситуацій здійснювалося в 2 етапи: на початку та після проведення навантажувального тренування диспетчерського персоналу на тренажерах оперативних перемикачів (о 9.00 та о 15.00 годині відповідно). Змагання в Кримському навчальному центрі складались з розв'язання за певний обмежений період часу змодельованих на тренажерах оперативних перемикачів аварійних ситуацій та штатних бланкових перемикачів. Різні етапи змагання відбувалися в першій та другій половині дня. Психофізіологічне обстеження проводили перед та після кожного етапу змагань (о 10.00 та 11.00, 14.00 та 15.00 годині). Висока вмотивованість до виконання тренувальних та тестових завдань визначалась великим прагненням диспетчерів зайняти кращі місця на змаганнях, які супроводжувались відповідним вагомим матеріальним та іншими видами заохочень. Загальний час обстеження однієї людини всіма методиками тривав 50–70 хв і коливався в залежності від рівня її ПВЯ.

Результати дослідження та їх обговорення

Одним із важливих питань сучасної гігієнічної науки є індивідуальний психофізіологічний контроль і прогнозування поточної працездатності операторів. Для оцінки та розробки медичних і організаційних заходів, спрямованих на поліпшення ефективності діяльності диспетчерів енергосистем, за допо-

могою покрокового множинного регресійного аналізу була доказана наявність достовірних залежностей ($R = 0,39-0,94$; $p < 0,05$) між комплексом професійно важливих якостей та ефективністю праці диспетчерів, а також між комплексом компонентів, що характеризують ефективність праці, та окремими психофізіологічними параметрами у цих працівників за умов їхньої роботи в штатному та аварійному режимах. Визначені залежності були представлені у вигляді системи розв'язувальних правил. Завдяки цим правилам можна здійснювати оцінку та прогнозування психофізіологічного статусу та успішності діяльності диспетчера енергосистеми. Це дає змогу, по-перше, за параметрами ефективності діяльності диспетчерів енергосистем, отриманих в результаті тренування на тренажерах оперативних перемикачів при моделюванні штатної або аварійної ситуацій, здійснювати оцінку їх психофізіологічного статусу та визначати, які професійно важливі якості погіршились, і тому потребують подальшого тренування та вдосконалення; по-друге, за параметрами психофізіологічних якостей проводити прогнозування результатів майбутньої діяльності диспетчерів в штатній та аварійній ситуаціях. Це, в свою чергу, дає змогу вдосконалювати заходи з моніторингу ефективності діяльності, а також може бути використане для проведення, зокрема, передзмінного контролю, контролю працездатності перед проведенням складних оперативних перемикачів схеми електричної мережі, моніторингу психофізіологічних якостей тощо.

Для практичного використання результатів дослідження був розроблений алгоритм, завдяки застосуванню якого лікар може здійснювати управління функціональним станом диспетчера (рис. 1). Алгоритм складається з декількох блоків, функція яких полягає в зборі матеріалів для оцінки рівня психофізіологічних параметрів та ефективності праці диспетчерів за умов модельованих на тренажері штатних та аварійних режимів роботи обладнання.

При відсутності можливості проведення психофізіологічного тестування прогнозування рівня психофізіологічних показників, що забезпечують ефективну діяльність диспетчерів енергосистем в штатних ситуаціях, здійснюється за допомогою наступних рівнянь:

$$1. \text{ШПЗМР}_{\text{шт}} = 0,26 + 0,0009 \cdot \text{ЧТ}_{\text{шт}} + 0,0002 \cdot \text{ПО}_{\text{шт}}$$

$$2. \text{ШСЗМР}_{\text{шт}} = 0,29 + 0,006 \cdot \text{ЧТ}_{\text{шт}} - 0,001 \cdot \text{ОТ}_{\text{шт}} - 0,0001 \cdot \text{T}_{\text{шт}} + 0,0009 \cdot \text{ПО}_{\text{шт}}$$

Рис. 1. Алгоритм підтримки належного рівня ПВА диспетчерського складу електроенергетичної галузі шляхом здійснення автоматизованого моніторингу психофізіологічних функцій та ефективності професійної діяльності.

$$3. ШПІ_{шт} = 84,41 - 0,52 \cdot ЧТ_{шт} - 0,15 \cdot ПО_{шт}$$

$$4. СВД_{шт} = 8,99 - 0,05 \cdot ОТ_{шт} - 0,02 \cdot ПО_{шт} + 0,002 \cdot Т_{шт}$$

$$5. ВНП_{шт} = 2,69 - 0,02 \cdot ОТ_{шт} + 0,02 \cdot ЧТ_{шт} - 0,007 \cdot ПО_{шт}$$

$$6. КУ_{шт} = 11,73 - 0,04 \cdot ПО_{шт} - 0,06 \cdot ЧТ_{шт}$$

$$7. ПУ_{шт} = 0,05 \cdot ПО_{шт} - 3,68$$

$$8. СУ_{шт} = 11,66 - 0,05 \cdot ОТ_{шт} - 0,002 \cdot Т_{шт} - 0,05 \cdot ЧТ_{шт}$$

$$9. ЗП_{шт} = 19,57 - 0,05 \cdot ПО_{шт} - 0,02 \cdot ОТ_{шт}$$

$$10. СП_{шт} = 14,27 - 0,004 \cdot Т_{шт} - 0,02 \cdot ПО_{шт}$$

$$11. ЛМ_{шт} = 5,89 - 0,02 \cdot ОТ_{шт} - 0,009 \cdot ПО_{шт}$$

$$12. АМ_{шт} = 12,17 - 0,005 \cdot Т_{шт} + 0,02 \cdot ОТ_{шт} - 0,02 \cdot ПО_{шт} + 0,04 \cdot ЧТ_{шт}$$

де ШПЗМР — швидкість простої зорово-моторної реакції, ШСЗМР — швидкість складної зорово-моторної реакції, ШПІ — швидкість переробки інформації, СВД — стабільність виконання дій, ВНП — врівноваженість нервових процесів, КУ — концентрація уваги, ПУ — переключення уваги,

СУ — селективність уваги, ЗП — обсяг короткочасної зорової пам'яті, СП — обсяг короткочасної слухової пам'яті, ЛМ — логічне мислення, АМ — абстрактне мислення; ОТ — оцінка тренування, ЧТ — час тренування, Т — тривалість телефонних розмов, ПО — пропущені операції; позначка $_{шт}$ — практичний показник ефективності діяльності диспетчерів, отриманий при тренуванні диспетчера на тренажері оперативних перемикачів під час моделювання штатної ситуації; позначка $_{шт}$ — прогностичний (теоретичний) показник психофізіологічних якостей, отриманий за параметрами ефективності діяльності диспетчерів енергосистем, який характеризує психофізіологічний портрет до тренування в штатній ситуації.

Порівняння даних, отриманих за допомогою прогностичних рівнянь, та наявних результатів комп'ютеризованого психофізіологічного тестування дає можливість оцінити психофізіологічний статус диспетчера та, як наслідок, здійснювати тренування окремих функцій, які мають негативну динаміку, а також передзмінений контроль станів цих спеціалістів в штатних ситуаціях за такою схемою:

1. Визначити відносну різницю між реальними та теоретично прогнозованими рівнями психофізіоло-

гічних характеристик до виконання виробничої діяльності:

$$\Delta X_1 = \frac{X_1 - X_2}{X_2} \cdot 100 \% ; \quad (1)$$

де: X_1 — показники ШПЗМР_{1шт}, ШСЗМР_{1шт}, ШПІ_{1шт}, СВД_{1шт}, ВНП_{1шт}, КУ_{1шт}, ПУ_{1шт}, СУ_{1шт}, ЗП_{1шт}, СП_{1шт}, ЛМ_{1шт}, АМ_{1шт};
 X_2 — показники ШПЗМР_{1шт}, ШСЗМР_{1шт}, ШПІ_{1шт}, СВД_{1шт}, ВНП_{1шт}, КУ_{1шт}, ПУ_{1шт}, СУ_{1шт}, ЗП_{1шт}, СП_{1шт}, ЛМ_{1шт}, АМ_{1шт};
 позначка _{1шт} — практичний показник психофізіологічних якостей, отриманий за параметрами ефективності діяльності диспетчерів енергосистем, що характеризує психофізіологічний портрет до тренування в штатній ситуації.

2. Установити значимість негативних змін кожної психофізіологічної характеристики: при $\Delta X \geq 20$ % вважати рівень змін психофізіологічних характеристик високим [11, с. 71]. Це означає, що психофізіологічні якості диспетчера не відповідають адекватному виконанню професійних завдань і потребують покращання за рахунок тренування або реабілітації.

Наступні прогнози рівняння дають змогу оцінити адекватність навантаження під час тренування на тренажерах в штатних ситуаціях за умови наявності результатів проведеного психофізіологічного тестування після тренування:

1. $\text{ШПЗМР}_{2\text{шт}} = 0,26 + 0,0009 \cdot \text{ЧТ}_{\text{шт}} + 0,0002 \cdot \text{ПО}_{\text{шт}}$
2. $\text{ШСЗМР}_{2\text{шт}} = 0,09 + 0,006 \cdot \text{ЧТ}_{\text{шт}} + 0,001 \cdot \text{ПО}_{\text{шт}} - 0,00008 \cdot \text{T}_{\text{шт}}$
3. $\text{ШПІ}_{2\text{шт}} = 65,63 - 0,56 \cdot \text{ЧТ}_{\text{шт}} - 0,02 \cdot \text{T}_{\text{шт}} + 0,09 \cdot \text{ОТ}_{\text{шт}} + 0,09 \cdot \text{ПО}_{\text{шт}}$
4. $\text{СВД}_{2\text{шт}} = 7,7 - 0,03 \cdot \text{ОТ}_{\text{шт}} - 0,02 \cdot \text{ПО}_{\text{шт}} + 0,001 \cdot \text{T}_{\text{шт}}$
5. $\text{ВНП}_{2\text{шт}} = 1,49 - 0,02 \cdot \text{ОТ}_{\text{шт}} + 0,03 \cdot \text{ЧТ}_{\text{шт}}$
6. $\text{КУ}_{2\text{шт}} = 15,37 - 0,06 \cdot \text{ПО}_{\text{шт}} - 0,06 \cdot \text{ЧТ}_{\text{шт}}$
7. $\text{ПУ}_{2\text{шт}} = 0,03 \cdot \text{ПО}_{\text{шт}} - 2,27$
8. $\text{СУ}_{2\text{шт}} = 10,45 - 0,05 \cdot \text{ОТ}_{\text{шт}} - 0,05 \cdot \text{ЧТ}_{\text{шт}}$
9. $\text{ЗП}_{2\text{шт}} = 21,13 - 0,05 \cdot \text{ПО}_{\text{шт}} - 0,07 \cdot \text{ЧТ}_{\text{шт}}$
10. $\text{СП}_{2\text{шт}} = 17,26 - 0,006 \cdot \text{T}_{\text{шт}} - 0,08 \cdot \text{ЧТ}_{\text{шт}}$
11. $\text{ЛМ}_{2\text{шт}} = 8,34 - 0,02 \cdot \text{ОТ}_{\text{шт}} - 0,02 \cdot \text{ПО}_{\text{шт}}$
12. $\text{АМ}_{2\text{шт}} = 7,01 - 0,005 \cdot \text{T}_{\text{шт}} - 0,007 \cdot \text{T}_{\text{шт}} + 0,04 \cdot \text{ПО}_{\text{шт}}$

де позначка _{2шт} — прогностичний (теоретичний) показник психофізіологічних якостей, отриманий за параметрами ефективності діяльності диспетчерів енергосистем, що характеризує психофізіологічний портрет після тренування в штатній ситуації.

Цю оцінку можна визначити за формулою (1).

У цьому випадку:

- X_1 — показники ШПЗМР_{2шт}, ШСЗМР_{2шт}, ШПІ_{2шт}, СВД_{2шт}, ВНП_{2шт}, КУ_{2шт}, ПУ_{2шт}, СУ_{2шт}, ЗП_{2шт}, СП_{2шт}, ЛМ_{2шт}, АМ_{2шт};
 X_2 — показники ШПЗМР_{2шт}, ШСЗМР_{2шт}, ШПІ_{2шт}, СВД_{2шт}, ВНП_{2шт}, КУ_{2шт}, ПУ_{2шт}, СУ_{2шт}, ЗП_{2шт}, СП_{2шт}, ЛМ_{2шт}, АМ_{2шт};

позначка _{2шт} — практичний показник психофізіологічних якостей, отриманий за показниками ефективності діяльності диспетчерів енергосистем, що характеризує психофізіологічний портрет після тренування в штатній ситуації.

При $\Delta X \geq 20$ % також вважати рівень змін психофізіологічних характеристик високим. Це означає, що відбувається погіршення показників психофізіологічних якостей диспетчера внаслідок здійснення тренування в штатних ситуаціях на тренажерах оперативних перемикачів, яке не відповідає адекватному навантаженню та потребує відповідних змін.

Прогноз рівня ефективності діяльності диспетчерів енергосистем в штатних ситуаціях стає можливим за допомогою певних первинних психофізіологічних показників, отриманих в результаті тестування, що здійснюється за допомогою розробленого психофізіологічного контуру тренажера оперативних перемикачів для оцінки рівня розвитку і тренування професійно важливих якостей диспетчерів енергосистем:

1. $\text{ОТ}_{\text{шт}} = 150,62 - 5,22 \cdot \text{СВД}_{1\text{шт}} - 4,82 \cdot \text{СУ}_{1\text{шт}} - 9,84 \cdot \text{ВНП}_{1\text{шт}} - 2,89 \cdot \text{ПУ}_{1\text{шт}} - 30,17 \cdot \text{ШСЗМР}_{1\text{шт}}$
2. $\text{ЧТ}_{\text{шт}} = 45,07 - 0,36 \cdot \text{ШПІ}_{1\text{шт}} + 37,38 \cdot \text{ШСЗМР}_{1\text{шт}} - 1,15 \cdot \text{СУ}_{1\text{шт}} + 2,18 \cdot \text{ВНП}_{1\text{шт}} - 0,97 \cdot \text{ПУ}_{1\text{шт}}$
3. $\text{T}_{\text{шт}} = 2396,897 - 56,01 \cdot \text{АМ}_{1\text{шт}} - 78,94 \cdot \text{СП}_{1\text{шт}} - 64,64 \cdot \text{ПУ}_{1\text{шт}} - 3,59 \cdot \text{ШПІ}_{1\text{шт}} - 18,43 \cdot \text{ЗП}_{1\text{шт}}$
4. $\text{ПО}_{\text{шт}} = 138,72 + 7,5 \cdot \text{ПУ}_{1\text{шт}} - 4,32 \cdot \text{ЗП}_{1\text{шт}} - 6,62 \cdot \text{АМ}_{1\text{шт}} - 1,33 \cdot \text{СВД}_{1\text{шт}} - 0,5 \cdot \text{ШСЗМР}_{1\text{шт}} + 4,29 \cdot \text{СП}_{1\text{шт}} - 8,05 \cdot \text{ЛМ}_{1\text{шт}} + 2,39 \cdot \text{СУ}_{1\text{шт}} + 226,52 \cdot \text{ШПЗМР}_{1\text{шт}} - 1,6 \cdot \text{КУ}_{1\text{шт}}$

Для перевірки адекватності теоретично отриманих показників ефективності діяльності диспетчерів енергосистем здійснюється аналіз їхньої відповідності практично отриманим показникам на прикладі показника ОТ (оцінка тренування), так як цей показник є узагальнюючим та має конкретні межі оцінки роботи диспетчерів на тренажерах оперативних перемикачів при моделюванні штатних ситуацій, і вираховується програмою автоматично при тренуванні або роботі (ОТ, що відповідає виконанню роботи на високому рівні, знаходиться в межах 100–90 балів, середньому рівні – у межах 89–80 балів і низькому – 79 та нижче). Обрахування даних здійснюється за формулою (1).

Для цього випадку: X_1 – показник $OT_{шт}$; X_2 – показник $OT_{шт}$; позначка шт – прогностичний (теоретичний) показник ефективності діяльності диспетчерів, отриманий за показниками психофізіологічних якостей диспетчерів енергосистем в штатній ситуації; позначка $шт$ – пояснення див. вище.

При $\Delta X \geq 20\%$ вважати рівень змін психофізіологічних характеристик високим. Це може свідчити про неадекватно низький рівень мобілізації професійно важливих якостей диспетчерів енергосистем при проходженні психофізіологічного тестування.

За допомогою практичних даних, отриманих в результаті психофізіологічного тестування до та після тренування на тренажері оперативних перемикачів, з'являється можливість оцінити адекватність навантаження професійних завдань при моделюванні штатної ситуації: див. формулу (1).

Для цього випадку:

X_1 – показники ШПЗМР_{2шт}, ШСЗМР_{2шт}, ШПІ_{1шт}, СВД_{2шт}, ВНП_{2шт}, КУ_{1шт}, ПУ_{2шт}, СУ_{2шт}, ЗП_{1шт}, СП_{1шт}, ЛМ_{2шт}, АМ_{1шт};

X_2 – показники ШПЗМР_{1шт}, ШСЗМР_{1шт}, ШПІ_{2шт}, СВД_{1шт}, ВНП_{1шт}, КУ_{2шт}, ПУ_{1шт}, СУ_{1шт}, ЗП_{2шт}, СП_{2шт}, ЛМ_{1шт}, АМ_{2шт};

При $\Delta X \geq 20\%$ вважати рівень змін психофізіологічних характеристик високим. Це означає, що завдання тренування змодельованої штатної ситуації не є адекватними, викликають розвиток сильної втоми середнього рівня, що не сприяє розвитку окремих психофізіологічних якостей, та потребують відповідних змін.

За допомогою порівняння даних неодноразового проведення тестування професійно важливих психофізіологічних якостей ($0шт$, $1шт$, $2шт$, $3шт$ і т. д.) при використанні психофізіологічного контуру тренажера оперативних перемикачів для оцінки рівня

розвитку і тренування професійно важливих якостей диспетчерів енергосистем з'являється можливість здійснення моніторингу цих якостей. Це дає можливість спрогнозувати ефективність діяльності диспетчера в штатній ситуації, а також, при необхідності, вчасно покращити рівень психофізіологічного статусу за рахунок відповідних рекомендацій та заходів. Розрахунок відносного відхилення показників здійснюється за формулою (1).

Для цього випадку:

X_1 – показники ШПЗМР_{1шт}, ШСЗМР_{1шт}, ШПІ_{0шт}, СВД_{1шт}, ВНП_{1шт}, КУ_{0шт}, ПУ_{1шт}, СУ_{1шт}, ЗП_{0шт}, СП_{0шт}, ЛМ_{1шт}, АМ_{0шт}; ШПЗМР_{3шт}, ШСЗМР_{3шт}, ШПІ_{2шт}, СВД_{3шт}, ВНП_{3шт}, КУ_{2шт}, ПУ_{3шт}, СУ_{3шт}, ЗП_{2шт}, СП_{2шт}, ЛМ_{3шт}, АМ_{2шт};

X_2 – показники ШПЗМР_{0шт}, ШСЗМР_{0шт}, ШПІ_{1шт}, СВД_{0шт}, ВНП_{0шт}, КУ_{1шт}, ПУ_{0шт}, СУ_{0шт}, ЗП_{1шт}, СП_{1шт}, ЛМ_{0шт}, АМ_{1шт}; ШПЗМР_{2шт}, ШСЗМР_{2шт}, ШПІ_{3шт}, СВД_{2шт}, ВНП_{2шт}, КУ_{3шт}, ПУ_{2шт}, СУ_{2шт}, ЗП_{3шт}, СП_{3шт}, ЛМ_{2шт}, АМ_{3шт};

позначки $0шт$ та $3шт$ – практичні показники психофізіологічних якостей, отримані за показниками ефективності діяльності диспетчерів енергосистем, що характеризують психофізіологічний портрет протягом послідовного неодноразового тренування в штатній ситуації.

При $\Delta X \geq 20\%$ слід вважати рівень змін психофізіологічних характеристик високим. Це означає, що протягом тривалого періоду роботи диспетчерів в штатних ситуаціях відбувається погіршення психофізіологічних якостей. Причину цього може бути як неадекватність завдань для тренування в змодельованій штатній ситуації, так і недодержання правил тренажу психофізіологічних якостей за допомогою психофізіологічного контуру тренажера оперативних перемикачів для оцінки рівня розвитку і тренування професійно важливих якостей диспетчерів енергосистем. Виснаження психофізіологічних резервів організму протягом тривалої роботи в напружених нервово-емоційних умовах діяльності потребує надання відповідних рекомендацій та заходів для підвищення ефективності діяльності.

За аналогією вище описаних правил, розроблені рівняння, які характеризують ефективну діяльність та психофізіологічний статус в аварійних ситуаціях.

При відсутності можливості проведення психофізіологічного тестування прогнозування рівня психофізіологічних показників, що забезпечують

ефективну діяльність диспетчерів енергосистем в аварійних ситуаціях, здійснюється за допомогою наступних рівнянь:

1. $ШПЗМР_{1ат} = 0,32 + 0,0005 \cdot ЧТ_{ап} - 0,00002 \cdot T_{ап}$
2. $ШСЗМР_{1ат} = 0,39 + 0,002 \cdot ЧТ_{ап}$
3. $ШПІ_{1ат} = 67,75 - 0,3 \cdot ЧТ_{ап}$
4. $СВД_{1ат} = 4,05 - 0,03 \cdot ОТ_{ап} + 0,0004 \cdot T_{ап} - 0,008 \cdot ЧТ_{ап}$
5. $ВНП_{1ат} = 3,06 - 0,01 \cdot ОТ_{ап} - 0,004 \cdot ЧТ_{ап} - 0,0002 \cdot T_{ап}$
6. $КУ_{1ат} = 2,83 - 0,008 \cdot ПО_{ап} + 0,01 \cdot ОТ_{ап}$
7. $ПУ_{1ат} = 1,50 + 0,008 \cdot ПО_{ап} + 0,008 \cdot ЧТ_{ап} - 0,007 \cdot ОТ_{ап}$
8. $СУ_{1ат} = 5,81 - 0,02 \cdot ОТ_{ап} - 0,0004 \cdot T_{ап}$
9. $ЗП_{1ат} = 6,93 - 0,01 \cdot ПО_{ап} + 0,0008 \cdot T_{ап} + 0,02 \cdot ОТ_{ап} + 0,009 \cdot ЧТ_{ап}$
10. $СП_{1ат} = 9,13 - 0,001 \cdot T_{ап} + 0,01 \cdot ОТ_{ап}$
11. $ЛМ_{1ат} = 5,92 - 0,02 \cdot ОТ_{ап} - 0,01 \cdot ЧТ_{ап}$
12. $АМ_{1ат} = 10,94 - 0,001 \cdot T_{ап} + 0,004 \cdot ПО_{ап}$

де: позначка $_{ап}$ — практичний показник ефективності діяльності диспетчерів, отриманий при тренуванні диспетчера на тренажері оперативних перемикань під час моделювання аварійної ситуації;

позначка $_{1ат}$ — прогностичний (теоретичний) показник психофізіологічних якостей, отриманий за параметрами ефективності діяльності диспетчерів енергосистем, який характеризує психофізіологічний портрет до тренування в аварійній ситуації.

Порівняння даних, отриманих за допомогою прогностичних рівнянь, та наявних результатів комп'ютеризованого психофізіологічного тестування дає можливість оцінювати психофізіологічний статус диспетчера та, як наслідок, здійснювати передзмінений контроль цих спеціалістів з прогнозом ефективності їхньої діяльності в аварійних ситуаціях за такою схемою:

1) визначити відносну різницю між реальними та теоретично прогнозованими рівнями психофізіологічних характеристик до виконання виробничої діяльності, див. формулу (1).

У цьому випадку:

$$X_1 - \text{показники } ШПЗМР_{1ат}, ШСЗМР_{1ат}, ШПІ_{1ат}, СВД_{1ат}, ВНП_{1ат}, КУ_{1ат}, ПУ_{1ат}, СУ_{1ат}, ЗП_{1ат}, СП_{1ат}, ЛМ_{1ат}, АМ_{1ат};$$

$$X_2 - \text{показники } ШПЗМР_{2ат}, ШСЗМР_{2ат}, ШПІ_{2ат}, СВД_{2ат}, ВНП_{2ат}, КУ_{2ат}, ПУ_{2ат}, СУ_{2ат}, ЗП_{2ат}, СП_{2ат}, ЛМ_{2ат}, АМ_{2ат};$$

позначка $_{1ат}$ — практичний показник психофізіологічних якостей, отриманий за показниками ефективності діяльності диспетчерів енергосистем, що характеризує психофізіологічний портрет до тренування в аварійній ситуації;

2) установити значимість негативних змін кожної психофізіологічної характеристики: при $\Delta X \geq 20\%$ вважати рівень змін психофізіологічних характеристик високим. Це означає, що психофізіологічні якості диспетчера не відповідають адекватному виконанню професійних завдань і потребують покращання за рахунок тренування або реабілітації.

Наступні прогностичні рівняння дають змогу оцінити адекватність навантаження під час тренування на тренажері при моделюванні аварійних ситуацій, за наявності результатів проведеного психофізіологічного тестування після тренування:

1. $ШПЗМР_{2ат} = 0,32 + 0,0005 \cdot ЧТ_{ап} - 0,00002 \cdot T_{ап}$
2. $ШСЗМР_{2ат} = 0,35 + 0,002 \cdot ЧТ_{ап}$
3. $ШПІ_{2ат} = 61,25 - 0,15 \cdot ЧТ_{ап} - 0,004 \cdot T_{ап}$
4. $СВД_{2ат} = 5,09 - 0,03 \cdot ОТ_{ап} - 0,01 \cdot ЧТ_{ап}$
5. $ВНП_{2ат} = 2,71 - 0,01 \cdot ОТ_{ап} - 0,005 \cdot ЧТ_{ап}$
6. $КУ_{2ат} = 2,57 - 0,01 \cdot ПО_{ап} + 0,02 \cdot ОТ_{ап}$
7. $ПУ_{2ат} = 2,89 + 0,01 \cdot ПО_{ап} - 0,02 \cdot ОТ_{ап}$
8. $СУ_{2ат} = 6,70 - 0,03 \cdot ОТ_{ап} - 0,0008 \cdot T_{ап}$
9. $ЗП_{2ат} = 8,31 - 0,02 \cdot ПО_{ап} + 0,03 \cdot ОТ_{ап} + 0,0007 \cdot T_{ап}$
10. $СП_{2ат} = 9,16 - 0,001 \cdot T_{ап} + 0,02 \cdot ЧТ_{ап}$
11. $ЛМ_{2ат} = 2,92 + 0,01 \cdot ПО_{ап} - 0,01 \cdot ЧТ_{ап}$
12. $АМ_{2ат} = 11,75 - 0,002 \cdot T_{ап} + 0,004 \cdot ПО_{ап}$

де: позначка $_{2ат}$ — прогностичний (теоретичний) показник психофізіологічних якостей, отриманий за показниками ефективності діяльності диспетчерів енергосистем, що характеризує психофізіологічний портрет після тренування в аварійній ситуації. Цю оцінку можна визначити за формулою (1).

У цьому випадку:

$$X_1 - \text{показники } ШПЗМР_{2ат}, ШСЗМР_{2ат}, ШПІ_{2ат}, СВД_{2ат}, ВНП_{2ат}, КУ_{2ат}, ПУ_{2ат}, СУ_{2ат}, ЗП_{2ат}, СП_{2ат}, ЛМ_{2ат}, АМ_{2ат};$$

X_2 — показники ШПЗМР_{2ат}, ШСЗМР_{2ат}, ШПІ_{2ат}, СВД_{2ат}, ВНП_{2ат}, КУ_{2ат}, ПУ_{2ат}, СУ_{2ат}, ЗП_{2ат}, СП_{2ат}, ЛМ_{2ат}, АМ_{2ат};

позначка _{2ат} — практичний показник психофізіологічних якостей, отриманий за показниками ефективності діяльності диспетчерів енергосистем, що характеризує психофізіологічний портрет після тренування за умов аварійної ситуації.

При $\Delta X \geq 20\%$ вважати рівень змін психофізіологічних характеристик високим.

Це означає, що відбувається значне погіршення показників психофізіологічних якостей диспетчера внаслідок здійснення тренування за умов аварійної ситуації, змодельованої на тренажері оперативних перемикачів, яке не відповідає адекватному навантаженню та потребує відповідних корекцій.

Прогноз рівня ефективності діяльності диспетчерів енергосистем в аварійних ситуаціях стає можливим за допомогою певних первинних психофізіологічних показників, отриманих у результаті тестування, що здійснюється за допомогою розробленого психофізіологічного контуру тренажера оперативних перемикачів для оцінки рівня розвитку і тренування професійно важливих якостей диспетчерів енергосистем:

1. $OT_{ат} = 67,97 - 5,66 \cdot СВД_{1ат} - 15,69 \cdot ВНП_{1ат} + 3,84 \cdot КУ_{1ат} + 58,44 \cdot ШСЗМР_{1ат} - 9,10 \cdot ПУ_{1ат} + 2,33 \cdot СП_{1ат}$
2. $ЧТ_{ат} = 68,35 - 1,51 \cdot ШПІ_{1ат} - 10,94 \cdot ВНП_{1ат} + 8,57 \cdot ШСЗМР_{1ат} + 15,65 \cdot ПУ_{1ат} + 6,01 \cdot ЗП_{1ат} - 3,26 \cdot СВД_{1ат}$
3. $T_{ат} = 3571,38 - 285,29 \cdot АМ_{1ат} - 114,55 \cdot СП_{1ат} + 82,73 \cdot ЛМ_{1ат} + 85,27 \cdot ЗП_{1ат} + 140,18 \cdot ПУ_{1ат}$
4. $ПО_{ат} = 103,30 - 3,92 \cdot ЗП_{1ат} + 29,64 \cdot ПУ_{1ат} + 22,02 \cdot ВНП_{1ат} - 96,59 \cdot ШСЗМР_{1ат} - 8,93 \cdot КУ_{1ат}$

Для перевірки адекватності теоретично отриманих показників ефективності діяльності диспетчерів енергосистем в аварійних ситуаціях здійснюється проведення аналізу їхньої відповідності практично отриманим показникам на прикладі показника ОТ (оцінка тренування). Обрахування даних здійснюється за формулою (1).

Для цього випадку: X_1 — показник $OT_{ат}$; X_2 — показник $OT_{ан}$; позначка _{ат} — прогностичний (теоретичний) показник ефективності діяльності диспетчерів, отриманий за показниками психофізіологічних якостей диспетчерів енергосистем при моделюванні аварійної ситуації; позначка _{ан} — див. вище.

При $\Delta X \geq 20\%$ слід вважати рівень змін психофізіологічних характеристик високим. Це може свідчити про неадекватно низький рівень мобілізації професійно важливих психофізіологічних якостей диспетчерів енергосистем при виконанні психофізіологічного тестування.

За допомогою практичних даних, отриманих у результаті психофізіологічного тестування до та після тренування на тренажері оперативних перемикачів, з'являється можливість оцінити адекватність навантаження професійних завдань при моделюванні аварійної ситуації за формулою (1).

Для цього випадку:

- X_1 — показники ШПЗМР_{2ат}, ШСЗМР_{2ат}, ШПІ_{1ат}, СВД_{2ат}, ВНП_{2ат}, КУ_{1ат}, ПУ_{2ат}, СУ_{2ат}, ЗП_{1ат}, СП_{1ат}, ЛМ_{2ат}, АМ_{1ат};
- X_2 — показники ШПЗМР_{1ат}, ШСЗМР_{1ат}, ШПІ_{2ат}, СВД_{1ат}, ВНП_{1ат}, КУ_{2ат}, ПУ_{1ат}, СУ_{1ат}, ЗП_{2ат}, СП_{2ат}, ЛМ_{1ат}, АМ_{2ат};

При $\Delta X \geq 20\%$ слід вважати рівень змін психофізіологічних характеристик високим. Це означає, що завдання тренування змодельованої аварійної ситуації не є адекватними, викликають розвиток втоми середнього рівня, що не сприяє розвитку окремих психофізіологічних якостей, та потребує відповідних корекцій професійно важливих якостей.

За допомогою порівняння даних неодноразового проведення тестування професійно важливих психофізіологічних якостей (_{0ат}, _{1ат}, _{2ат}, _{3ат} і т. д.) при використанні психофізіологічного контуру тренажера оперативних перемикачів для оцінки рівня розвитку і тренування професійно важливих якостей диспетчерів енергосистем, з'являється можливість здійснення моніторингу цих якостей. Це дає можливість зробити прогноз щодо ефективності діяльності диспетчера в аварійній ситуації, а також, за потреби, вчасно покращити рівень психофізіологічного статусу за рахунок відповідних рекомендацій. Розрахунок відносного відхилення показників здійснюється за формулою (1).

Для цього випадку:

- X_1 — показники ШПЗМР_{1ат}, ШСЗМР_{1ат}, ШПІ_{0ат}, СВД_{1ат}, ВНП_{1ат}, КУ_{0ат}, ПУ_{1ат}, СУ_{1ат}, ЗП_{0ат}, СП_{0ат}, ЛМ_{1ат}, АМ_{0ат}; ШПЗМР_{3ат}, ШСЗМР_{3ат}, ШПІ_{2ат}, СВД_{3ат}, ВНП_{3ат}, КУ_{2ат}, ПУ_{3ат}, СУ_{3ат}, ЗП_{2ат}, СП_{2ат}, ЛМ_{3ат}, АМ_{2ат};
- X_2 — показники ШПЗМР_{0ат}, ШСЗМР_{0ат}, ШПІ_{1ат}, СВД_{0ат}, ВНП_{0ат}, КУ_{1ат}, ПУ_{0ат}, СУ_{0ат}, ЗП_{1ат}, СП_{1ат}, ЛМ_{0ат}, АМ_{1ат}; ШПЗМР_{2ат}, ШСЗМР_{2ат}, ШПІ_{3ат}, СВД_{2ат}, ВНП_{2ат}, КУ_{3ат}, ПУ_{2ат}, СУ_{2ат}, ЗП_{3ат}, СП_{3ат}, ЛМ_{2ат}, АМ_{3ат};

позначки $0_{\text{шп}}$ та $3_{\text{шп}}$ — практичні показники психофізіологічних якостей, отримані за показниками ефективності діяльності диспетчерів енергосистем, що характеризують психофізіологічний портрет протягом послідовного неодноразового тренування в аварійній ситуації.

При $\Delta X \geq 20\%$ слід уважати рівень змін психофізіологічних характеристик високим. Це означає, що протягом тривалого періоду роботи диспетчерів в аварійних ситуаціях відбувається погіршення психофізіологічних якостей, причиною чого може бути як неадекватність запропонованих завдань для тренування в змодельованій аварійній ситуації, так і недодержання правил тренажу психофізіологічних якостей за допомогою комп'ютеризованої батареї тестів. Ще однією причиною такого ефекту може бути виснаження психофізіологічних резервів організму протягом тривалої роботи в напружених нервово-емоційних умовах діяльності, що потребує надання відповідних рекомендацій та заходів реабілітації з метою підвищення ефективності діяльності.

Розроблені алгоритми було покладено в основу створення психофізіологічної підсистеми вже існуючого тренажера «Система контролю диспетчерського складу електроенергетичної галузі», призначеного для підтримки на належному рівні ПВЯ диспетчерського складу електроенергетичної галузі шляхом здійснення їх автоматизованого моніторингу. Це

дозволяє здійснювати профілактику негативних змін функціонального стану диспетчерів (рис. 2).

Отримані результати дослідження дали можливість керівництву галузі забезпечити контроль різного рівня, та за допомогою рекомендацій лікаря впливати на функціональний стан диспетчерського персоналу, що дає можливість підвищити надійність та ефективність праці цих спеціалістів, зберігати їх здоров'я та збільшувати професійне довголіття.

Висновки

1. Розроблено підходи до отримання оцінок і прогнозу психофізіологічного портрету та ефективності праці диспетчерів енергосистем, працюючих в штатних та аварійних ситуаціях.
2. Розроблено комплекс розв'язувальних правил, що дозволяє здійснювати контроль зміни функціонального стану та ефективності праці диспетчерів в різних режимах функціонування енергетичного обладнання.
3. Розроблена психофізіологічна підсистема «Системи контролю диспетчерського складу електроенергетичної галузі», що дозволяє впровадити в практику електроенергетичної галузі розроблені підходи до оцінки та прогнозування професійно важливих якостей та ефективності діяльності диспетчерів енергосистем.

Рис. 2. Система контролю диспетчерського складу електроенергетичної галузі
(- - - - - психологічна підсистема).

Література

1. Бабилов В. М. Роль человеческого фактора в обеспечении безопасности АЭС / В. М. Бабилов, И. М. Панасенко // Атомная техника за рубежом.– 1989.– № 12.– С. 3–10.
2. Бодров В. А. Психология профессиональной деятельности. Теоретические и прикладные проблемы / В. А. Бодров.– М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2006.– 623 с.
3. Герасимов А. В. Психофизиологические и личностные факторы аварийности на энергопредприятиях / А. В. Герасимов // Физиологический журнал.– 1991.– Т. 37.– № 5.– С. 36–41.
4. Кальниш В. В. Особенности умственной работоспособности у операторов тепловых электростанций / В. В. Кальниш, А. О. Навакатилян // Медицина труда и промышленная экология.– 1998.– № 6.– С. 357–365.
5. Карпенко А. В. Проблема контроля текущей умственной работоспособности операторов / А. В. Карпенко // Гигиена труда и проф. заболевания.– 1992.– № 31.– С. 12–14.
6. Кундиев Ю. И. Гигиена и физиология труда на тепловых электростанциях / Ю. И. Кундиев, А. О. Навакатилян, В. А. Бузунов.– М.: Медицина, 1982.– 222 с.
7. Лазарев С. В. Здоровье и работоспособность персонала в энергетике / С. В. Лазарев.– М.: МАКСПресс, 2002.– 352 с.
8. Магид С. И. Надежность персонала – одна из основных гарантий энергобезопасности / С. И. Магид, Е. Н. Архипова, Л. П. Музыка // Энергосбережение и водоподготовка.– 2008.– № 4 (54).– С. 14–22.
9. Макаренко М. В. Основы професійного відбору військових спеціалістів та методики вивчення індивідуальних психофізіологічних відмінностей між людьми / М. В. Макаренко.– К., 2006.– 395 с.
10. Машин В. А. Психофизиологические исследования эмоциональной лабильности операторов АЭС / В. А. Машин, М. Н. Машина, И. А. Шмелева // Вопр. психологии.– 2002.– № 4.– С. 126–129.
11. Навакатилян А. О. Физиология и гигиена умственного труда / А. О. Навакатилян, В. В. Крыжановская, В. В. Кальниш.– К.: Здоров'я, 1987.– 152 с.
12. Шевяков А. В. Психофизиологические характеристики деятельности операторов АЭС как фактор аварийности / А. В. Шевяков // Физиология человека.– 2005.– Т. 31.– № 5.– С. 135–141.
13. Hessler C. Emergency situation on AES of «Deyvis Bess» in the USA of / C. Hessler // Atomnaya technician abroad.– 2007.– № 53.– P. 16–20.
14. Joseph J. L. Nuclear Power Plant Availability and the role of Human factors performance / J. L. Joseph // IEEE Transactions on nuclear science.– 2008.– V. 37.– № 23.– P. 24–36.
15. Norros L. Nuclear Power Plant operator errors during simulator training / L. Norros // Techn. Res. Cent. Finl. Res. Repts.– 2006.– № 46.– P. 1–66.

Ена Т. А., Кальниш В. В.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДИСПЕТЧЕРОВ ЭНЕРГОСИСТЕМ

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

Проведено психофизиологическое исследование диспетчеров энергосистем в условиях смоделированных на тренажерах аварийных и штатных режимах работы оборудования. Разработаны правила для оценки и прогнозирования психофизиологических качеств, а также эффективности профессиональной деятельности диспетчеров энергосистем, которые работают в разных режимах функционирования энергетических сетей.

Ключевые слова: диспетчеры энергосистем, профессионально важные качества, эффективность деятельности, моделирования аварийных и штатных ситуаций

Yena T. A., Kalnysh V. V.

PROGNOSTICATION OF PSYCHOPHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS AND EFFICIENCY OF WORK OF GRID CONTROLLERS

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

Psychophysiological study of grid controllers was conducted in simulated emergency and ordinary situations. The rules have been developed for estimation and prognostication of psychophysiological qualities, and, also, efficiency of professional activity of grid controllers, working in different modes of power circuits functioning.

Key words: grid controllers, occupational qualities, work efficiency, modeling of emergency and ordinary situations

Надійшла: 06.09.2011 р.

Контактна особа: Кальниш В. В., завідувач лабораторії фізіології розумової праці, ДУ «Інституту медицини праці НАМН України», вул. Саксаганського, 75, м. Київ, 01033. Тел. (44) 289-46-05.