

УДК 004.042:004.5

DOI: 10.32626/2308-5916.2020-21.61-75

**О. А. Дячук\***, канд. техн. наук,

**Ю. О. Фуртат\*\***, канд. техн. наук

\* ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН України», м. Київ,

\*\* Інститут проблем моделювання в енергетиці

імені Г. Є. Пухова НАН України, м. Київ

## **ПРОБЛЕМА НАДІЙНОСТІ ПРИ УЧАСТІ ЛЮДИНИ-ОПЕРАТОРА В ПРОЦЕСІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПО КЕРУВАННЮ ОБ'ЄКТАМИ ЕНЕРГЕТИКИ**

В наш час розробка проблеми надійності складних систем здійснюється, зазвичай, з позицій чисто технічного підходу. У цьому підході в поле зору потрапляє лише «машинний» компонент складної системи, і підвищення надійності забезпечується за рахунок заходів, спрямованих на вдосконалення технічних ланок. Однак складні системи — це людино-машинні системи, надійність функціонування яких більшою мірою залежить від «людського фактора». Наприклад, на тепловій електростанції через помилки операторів відбувається близько чверті всіх порушень.

Відомо, що у зв'язку із широким впровадженням автоматизації у виробництво і успіхами кібернетики в 60-ті роки ХХ століття ставилося питання про повне виключення людини з контуру керування. Однак ідея повної автоматизації зазнала поразки, коли виникла необхідність у створенні пристроїв, які мали б здатність знаходити вихід з непередбачених ситуацій.

Висока гнучкість і здатність пристосовуватись до зміни умов, інтуїція, здатність до прогнозування, передбачення розвитку подій, прийняття рішень у складних ситуаціях при наявності декількох суперечливих або невизначених критеріїв є чисто людськими якостями. Це визначає місце людини в людино-машинних системах і характер покладених на неї функцій: прийняття рішень, а також включення резерву техніки на випадок її відмови. Однак відведення людині головної, інтелектуальної ролі в людино-машинних системах само по собі не знімає проблем, пов'язаних з їх надійністю.

Розрив між можливостями людини, як керуючої ланки, і зростаючими потребами системи в керуючих впливах аж ніяк не скорочується й змушує людину працювати на грані його «червоної межі». Однак інженерно-психологічний підхід дозволяє методологічно обґрунтувати шлях вирішення цієї проблеми.

**Ключові слова:** *людино-машинна система, автоматизована система, прийняття рішень, інженерно-психологічний підхід, когнітивний підхід.*

**Вступ.** Методологічною базою, що забезпечує можливість врахування ролі людини при вирішенні задач надійності систем енергетики, може служити інженерно-психологічний підхід до проектування людино-машинних систем (ЛМС). Згідно із цим підходом домінуючим компонентом будь-якої технічної системи вважається людина. «Машинна» частина, незалежно від ступеня її досконалості, розглядається як підлеглий елемент — знаряддя праці суб'єкта [1].

Ця концепція пронизує будь-які інженерно-психологічні заходи щодо аналізу і синтезу властивостей ЛМС. Так, зокрема, при проектуванні нових людино-машинних комплексів першим етапом стає складання проекту діяльності оператора. Цей проект виступає як фундамент для вирішення інших задач: від визначення принципової схеми до конкретного оформлення панелей, шкал приладів і т.д. [1, 2].

Головним критерієм оптимальності ЛМС повинно бути найкраще використання властивостей, властивих біологічним ланкам, у комбінації з перевагами, що одержуються системою завдяки наявності в ній технічних елементів і підсистем. Цей критерій можна інтерпретувати як принцип синтезу систем, що забезпечує підвищення надійності «людського» компонента. Суть його зводиться до наступного: компенсація недоліків людини за рахунок переваг машин, а також створення таких технічних засобів, які дозволили б повністю використовувати переваги людини [3]. Питання про компенсацію недоліків людини формулюється як задача про раціональний розподіл функцій.

Існують детальні переліки переваг у порівнянні з недоліками людей і машин, які дозволяють ефективно розв'язувати такі ситуації. Наприклад, комп'ютеру відводяться дії, що вимагають швидкодію, точність, стійкість до значних навантажень тощо. При розподілі функцій враховуються особливості виробництва, ступінь автоматизації системи, що розглядається, ієрархічний рівень, який займає в системі оператор.

Норми щодо питання розподілу функцій не є строго фіксованими. Вони залежать від рівня розвитку науки й техніки. Зі зростанням автоматизації виробництва оператор буде переходити на більш високі рівні керування. Тому вже зараз ставиться питання про необхідність створення техніки, яка забезпечувала б можливість максимальної реалізації творчих потенціалів людини. Мова повинна йти не стільки про обмежені здатності людини, скільки про обмежені можливості обчислювальних систем [3].

**Основна частина.** Одним з напрямків, що забезпечують вирішення зазначеної проблеми, є створення адаптивних людино-машинних комплексів. Синтез цих систем здійснюється на основі принципу адекватності, що передбачає узгодження основних конструктивних параметрів і «управлінських» характеристик біологічних і технічних елементів систем, а також принципу ідентифікації інформаційного середовища, що вимагає узгодження властивостей інформаційних потоків, які циркулюють між технічними і біологічними елементами.

Оскільки властивості людської ланки системи не інваріантні до впливу зовнішніх і внутрішніх факторів, такі системи мають подвійну адаптацію: до зміни зовнішнього середовища і ситуації (зовнішню адаптацію), а також «внутрішню адаптацію», коли технічні елементи системи або цілі підсистеми змінюють свої характеристики як і функції зміни стану біологічних елементів.

Залежно від конкретного ходу вирішення задачі, стану оператора і труднощів, з якими він зустрічається, технічна система виконує наступні функції: виробляє оптимальні форми представлення сигнальної інформації, «дає поради» у вигляді довідкових даних, інструкцій, підказок, аж до пред'явлення алгоритму деякого резервного розв'язку; нормалізує стан оператора шляхом інформаційного керування; відсторонює оператора у випадку втрати працездатності, переводячи функції керування на дублера або автоматизованої системи керування. Особлива увага в цих системах приділяється питанню подання інформації оператору [1-4].

Великий інтерес представляють адаптивні системи з динамічною моделлю ситуації й динамічною моделлю об'єкта, що дозволяють оптимізувати алгоритм керування. У цьому випадку інформація про ситуацію після надходження до системи класифікується (порівнюється з відомою системою); у випадку ж виникнення принципово нової ситуації модель ситуацій коригується блоком коригування і надходить у блок навчання, що вдосконалює програму розвитку ситуацій. Програма розвитку ситуацій пропонує через модель ситуації варіанти розвитку взаємин між керованим об'єктом і навколишнім середовищем. Оператор при цьому виробляє відповідні керуючі впливи, які реалізуються на динамічній моделі об'єкта й надходять у блок оцінки якості керування. У випадку досягнення оптимальної якості керуючих команд вони надходять у блок формування керуючих команд для реального об'єкта. Таким чином, в адаптивних системах є цілий ряд технічних засобів, які полегшують операторові вибір вірного розв'язку, залишаючи за ним право прийняття рішення.

Підвищення надійності ЛМС може бути забезпечене за рахунок удосконалення структури трудової діяльності оператора. Існуюча нині структура діяльності формувалася переважно стихійно. Відомо, що при традиційному підході до проектування систем це питання, як правило, не входить до числа задач, що розглядалися. Про людину згадують на етапі експлуатації системи, коли виявляється неузгодженість «людської» і «машинної» ланок. Це приводить у найкращому разі до проведення заходів щодо пристосування техніки до людини, а в найгіршому разі до «адаптації» людини під техніку, що може створити неприйнятні умови роботи для оператора й стати причиною появи систематичних помилок і «зривів» на рівні людської ланки.

Шляхом проб і помилок, на базі багаторічного досвіду експлуатації систем поступово сформувалася сучасна структура діяльності оператора,

яка не позбавлена недоліків. І це не випадково, оскільки під контролем оператора при керуванні складними системами перебувають тисячі параметрів. Наприклад, під контролем оператора енергоблоку сучасної теплової електростанції (ТЕС) перебувають близько 1500 різних параметрів, що характеризують роботу парогенератора, турбіни й електричного генератора, 69 автоматичних регуляторів, 361 об'єкт дистанційного керування, 90 технологічних захистів і близько 300 сигналізацій на табло.

Однак, як показали дослідження, ця структура далеко не досконала. Зокрема, алгоритм діяльності людини-оператора, що здійснює формування дискретних команд керування, містить наступні операції: перегляд інформаційної моделі (системи відображення інформації); перенесення погляду на моторне поле, зоровий пошук необхідного органу керування; переміщення руки до органу керування; перемикання органу керування; перенесення погляду на інформаційну модель; контроль результату. Аналіз даного алгоритму дозволив виявити ряд операцій [5-7], що характеризуються високою ймовірністю помилкових дій і більшим часом виконання. Крім того, ці операції є причиною виникнення фактора психологічної складності в роботі оператора — кількаразового відволікання уваги людини від системи відображення інформації.

У зв'язку із цим був розроблений новий алгоритм діяльності, у якому дані операції відсутні. У цьому випадку структура діяльності включає всього три етапи:

- 1) перегляд інформаційної моделі;
- 2) перемикання органу керування;
- 3) контроль результату дії по сигналу зворотного зв'язку.

Також відсутній фактор психологічної складності, тому що увага оператора постійно сконцентрована на інформаційній моделі об'єкта. Як показали експериментальна перевірка й оцінка функціонування підсистеми «людина — пристрій введення інформації», робота оператора за даним алгоритмом забезпечує підвищення надійності системи в цілому.

Як відзначалося вище, проект діяльності оператора є основою всього інженерно-психологічного проектування. Відповідно до цього синтезований алгоритм діяльності «підказав» загальну схему перспективного класу пристроїв вводу. Таким чином, ще на етапі проектування системи було вирішено питання про узгодження «машинної» і «людської» ланок.

Забезпечення надійної роботи системи керування за участю людини включає кілька взаємозалежних шляхів. Поряд з раціональним розподілом функцій, пристосуванням машини до людини, удосконаленням структури діяльності велике значення має шлях підвищення надійності «людської» ланки за рахунок проведення заходів щодо професійного відбору й навчання операторів.

Ці методи спрямовані на формування контингенту осіб, що володіють психологічними якостями, необхідними для успішного ви-

конання роботи. Так, наприклад, до числа професійно важливих якостей оперативного персоналу відносяться: розвинене оперативне мислення, стійка концентрація й розподіл уваги, низька стомлюваність, гарна пам'ять, стійкість до впливу стрес-факторів [8].

Існує велика кількість тестів і методик діагностування психофізіологічного стану людини [9-13]. Для відбору операторів застосовуються як професійні методи, так і оперативне тестування. При оперативній діагностиці психофізіологічного стану оператора перевіряється час реакції, увага, логічне мислення, координація роботи з периферійними пристроями робочого місця, уміння ухвалювати розв'язки в умовах швидкої зміни обстановки. Одним з найбільш популярних підходів при цьому є проведення тестування для осіб, що випробовуються і одержанні діагностичних параметрів, що порівнюються потім з еталонним зразком необхідного фахівця.

Найбільш комплексний аналіз професійної придатності може бути проведений із залученням до тестування досвідчених психологів, однак фахівців високого класу поки ще недостатньо, тоді як кількість фахівців-операторів безупинно зростає. У зв'язку із цим великого значення набувають автоматизовані системи тестування. При цьому такі системи повинні вирішувати задачі, пов'язані як з розробкою тестів, так і з їхньою комп'ютерною реалізацією [14].

Слід особливо виділити оперативне тестування на робочому місці, оскільки воно, з одного боку, повинно забезпечувати задану глибину тестування, а з іншого — враховувати обмеження, які є в комп'ютеризованому робочому місці оператора.

По-перше, тестування не повинно відволікати оператора від виконання основної функції на робочому місці, а тому повинно проводитися у фоновому режимі (за винятком початкового тестування при допуску до робочого місця).

По-друге, у силу комп'ютеризованості робочих місць операторів для більшості спеціальностей самі тести також повинні являти собою комп'ютерну програму, що вимагає максимальної формалізації процесу побудови тестів і власне тестування. Формалізація також дозволяє уникнути надмірності тестів і інформації, що отримується в результаті тестування.

Методика тестування й адаптація операторів при цьому виглядає так:

- 1) перед початком роботи здійснюється перевірка стану оператора, висновок про допуск до роботи робиться за результатами тесту;
- 2) якщо результати тесту виявляються незадовільними, то проводиться адаптація оператора шляхом повторення тестів кілька раз із урахуванням результатів кожного тесту;
- 3) періодично у фоновому режимі перевіряється стан оператора.

Методика й програмні засоби оперативного тестування є основою також і для професійного відбору. Крім того, вони служать для одержання еталонних значень діагностичних параметрів і дослідницької роботи з оцінки якості тестування. Програмна реалізація оперативного тестування організована за модульним принципом, що дозволяє змінювати й нарощувати кількість тестів залежно від конкретних вимог і умов тестування.

При цьому й самі тести, які є основою оперативного тестування, повинні бути реалізовані програмно.

Основними етапами створення програмного тестового забезпечення є:

- 1) вибір і формування складу тестів;
- 2) розробка програмних засобів реалізації тестів;
- 3) формування мінімального простору інформаційних діагностичних параметрів;
- 4) одержання еталонних значень діагностичних параметрів і правил прийняття рішень;
- 5) формування й видача інформації про результати тестування.

Пункти 1 і 4 тісно пов'язані із психологічними аспектами (наприклад, можна використовувати існуючі методики професійного відбору); пункти 2 і 5 відносяться до програмування. Багато в чому вони залежать від специфіки комп'ютеризованого робочого місця, на якому буде проводитись тестування; пункт 3 розкриває можливість оптимізації процесу тестування за рахунок вибору мінімально необхідного набору параметрів і використання ефективних алгоритмів роботи з ними.

**Діагностичні параметри.** Перспективним є вибір таких параметрів оцінки психофізіологічного стану: відношення оператора до ризику, оперативна пам'ять, увага. При цьому час реакції на тестовий вплив і помилки у відповідях повинні дозволити оцінювати зібраність і координацію дій оператора, оскільки вони залежать від цих особистісних властивостей.

В основі методики оцінки відношення оператора до ризику лежать такі поняття як виправданий і невиправданий ризик, надмірна обережність. Результат залежить від імовірності настання несприятливих наслідків у випадку ухвалення певного рішення і їх величини.

Методика оцінки оперативної пам'яті оператора полягає у відстеженні здатності оператора запам'ятовувати послідовності образів (символів, цифр) і реагувати на доповнення послідовності (наприклад, вказуючи скільки разів зустрічається певний образ).

Методика дослідження обсягу уваги значною мірою подібна оцінці оперативної пам'яті, але від оператора потрібно прийняти певний розв'язок на підставі інформації, що короткочасно відображається на дисплеї робочого місця оператора.

Самі методики вже досить добре вивчені й математизовані [10, 11], що дозволяє без особливих зусиль реалізувати їх як частину програмного забезпечення.

Розглянемо окремо методику оцінки кожного з названих параметрів.

**Тест для діагностики відношення оператора до ризику.** Велику роль при прийнятті рішення відіграє ступінь виправданості ризику [10] — імовірності того, що здійснення деякої поведінки спричинить певні несприятливі наслідки для суб'єкта. Поведінку, що пов'язана з деяким ступенем ризику, прийнято називати ризикованою.

Ризик — явище об'єктивне, і суб'єкт може здійснювати ризиковану поведінку навіть не підозрюючи про це. Суб'єктивним же може бути не ризик як такий, а лише оцінка його ступеня. Причому суб'єктивною є не будь-яка оцінка, а та, яка приналежна саме тому, хто здійснює ризиковану поведінку.

Суб'єктивна оцінка ступеня ризику може, як збігатися з об'єктивною, так і відхилятися від неї в більшій або меншій мірі. При цьому під об'єктивною оцінкою мається на увазі оцінка, яка може бути обчислена на основі аналізу фізичних (а іноді й психологічних) факторів ситуації, що можуть стати або вже стали джерелом несприятливих наслідків. Істотною роль в об'єктивному оцінюванні відіграє врахування відносної частоти виникнення несприятливих наслідків в умовах багаторазового стереотипного повторення даної або аналогічних ситуацій у минулому.

Класифікація ризику за параметром виправданості-невиправданості не залежить також від ступеня усвідомленості суб'єктом ризикованості дії. Можливі випадки виправданого прийняття ризику, заснованого на інтуїції, що виключає можливість усвідомлення всіх істотних аспектів ситуації. Тривале ж обмірковування ситуації може призвести до прийняття об'єктивно невиправданого ризику.

Поряд з виправданим і невиправданим ризиком, існує також невиправдана обережність. Таким чином, при оцінці відношення оператора до ризику, крім усього іншого, необхідно одержати досить точні відповіді на два питання:

- 1) чи є в оператора на даний момент схильність до невиправданого ризику;
- 2) чи володіє він здатністю піти на виправданий ризик.

У нашому випадку головною функцією математичної моделі ситуації ухвалення рішення є чітке розмежування ситуацій виправданого й невиправданого прийняття ризику, а також умов, при яких дії оператора слід класифікувати як прояв надмірної обережності.

**Тест для діагностики оперативної пам'яті.** Оперативна пам'ять визначається як пам'ять, де інформація повинна зберігатися до закінчен-

ня виконання якоїсь (поточної) операції, після чого пам'ять очищається для прийняття і зберігання нової порції інформації. У чомусь вона подібна короткочасній пам'яті, але існують і відмінності.

Основною відмінною рисою оперативної пам'яті є її своєрідна перманентність. Оперативна пам'ять, зазвичай, є досить тривалим і неперервним процесом, у якому операції сприйняття, збереження, переробки, відтворення й забування певних порцій інформації переплітаються й чергуються один з одним. При цьому об'єктом запам'ятовування стають не тільки сигнали, що надходять ззовні, але й власні попередні дії оператора, у тому числі продукти уявної й інженерної переробки сприйнятої раніше інформації. Спряженість оперативної пам'яті з іншими психічними процесами, її включення до діяльності щодо керування складними виробничими і транспортними системами обумовлює особливо високі вимоги до точності і надійності її функціонування.

При цьому методика оцінки якості (діагностики) оперативної пам'яті в цілому доволі проста. Від особи, що тестується потрібно лише швидко й точно вказати з появою на екрані деякого символу з набору — скільки разів даний символ уже з'являвся на екрані. Після правильної відповіді послідовність продовжиться, і на екрані з'явиться новий символ. У випадку ж помилки, послідовність почнеться спочатку (або ж буде видане попередження для декількох перших помилок). При цьому фіксуються наступні величини:

- кількість коректно виконаних мнемонічних операцій —  $C$ ;
- тривалість безпомилкового функціонування —  $T$  сек.;
- темп виконання завдання  $A = \frac{C}{T}$ ;
- ефективність роботи  $E = \frac{C^2}{T}$ .

**Тест дослідження обсягу уваги оператора.** У ході цього тесту визначається можливість оператора короткочасно утримувати в пам'яті ситуацію на екрані й видавати керуючий вплив згідно із цією ситуацією. Одночасно контролюється координація й швидкість реакції оператора.

При цьому сама методика тестування, як і в попередньому випадку, проста. Оператору на короткий час демонструється квадратне поле із сірих клітинок, частина яких позначена яким-небудь додатковим кольором, утворюючи «змійку». Потім усі клітки стають сірими, і оператору пропонується послідовно відновити «змійку» за допомогою керуючих клавіш. З кожним успіхом «змійка» стає довшою. У випадку помилки випробування починається спочатку (або ж буде видане попередження для декількох перших помилок). Довжина останньої успішно відновленої «змійки» і швидкість, з якою оператор вправся із завданням, дозволяють оцінити його обсяг уваги.



Можна видозмінювати завдання, експериментуючи з різними кольорами і їх комбінаціями, що дозволяє додатково оцінити сприйнятливість оператора до певного кольору, або ж замінити «зміжку» довільною комбінацією зафарбованих полів (упорядкованих, наприклад, за допомогою номерів або порядку появи на екрані).

**Розв'язуючі правила.** Крім задачі створення тестів, існує задача обробки їх результатів. Для цього необхідно одержати еталонні значення діагностичних параметрів, з якими будуть порівнюватися результати тестування, і побудувати розв'язуючі правила, що дозволяють обґрунтовано ухвалити рішення щодо стану людини, що тестується.

Один із способів полягає в експериментальному одержанні еталонних значень діагностичних параметрів (профілю спеціальності). Для цього необхідні «еталонні» фахівці, професійна придатність яких визначена іншим способом.

У загальному вигляді одна із процедур одержання еталонних значень складається з наступних етапів:

- 1) формується група фахівців, що добре вирішують професійні завдання;
- 2) в результаті перевірки цієї групи на множині тестів визначаються математичне очікування і коваріаційна матриця діагностичних параметрів;
- 3) на основі апроксимації області розсіювання діагностичних параметрів будуються розв'язуючі правила.

Більш складна процедура одержання розв'язуючих правил полягає у виділенні групи, що містить два класи фахівців — «гарні» і «погані» фахівці. На основі обробки результатів тестування цієї групи можна побудувати розв'язуючі правила, що дозволяють із заданою ймовірністю віднести особу, що тестується до класу «поганих» або «гарних» фахівців. У цьому випадку для обробки результатів тестування залучаються методи теорії розпізнавання образів [12, 15]. Однак сама методика побудови правил не відрізняється від вище описаної.

**Автоматизована система тестування,** таким чином, може бути представлена у вигляді програмної надбудови над робочим місцем оператора СППР, що складається із власне модуля тестування (початкового і фонового) і бази знань, що містить профілі операторів і розв'язуючі правила. При цьому повинна бути можливість наповнення бази знань як ззовні (результати професійного психологічного тестування), так і в результаті тестування операторів.

Для наочності така надбудова представлена у вигляді діаграми потоків даних (рис. 1).

Програмно така система може бути реалізована за допомогою резидентного модуля (для фонового тестування необхідна постійна активність паралельно із процесами робочого місця оператора) або бібліотеки,

що динамічно підключається (тоді виклик може відбуватися безпосереднього з робочих програм автоматизованого робочого місця оператора).

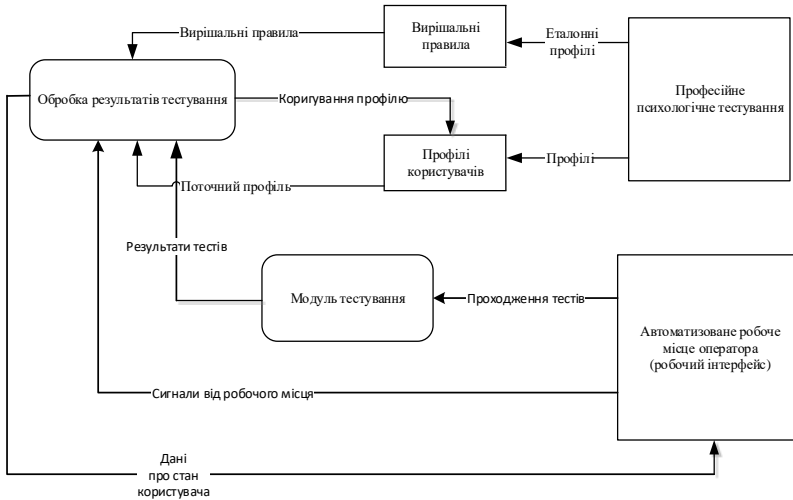


Рис. 1. Діаграма потоків даних автоматизованої системи тестування

При цьому, у зв'язку зі зростаючою потребою автоматизованого виробництва в операторах, основне завдання профвідбору полягає не у звуженні контингенту осіб, що відбираються, а в його розширенні, що може бути забезпечене за рахунок ретельного контролю психофізіологічних якостей людей і складання прогнозу щодо можливості їх подальшого розвитку. Такий підхід використовується, зокрема, у навчально-тренувальному центрі підготовки операторів теплових енергоблоків, створеному при Трипільській ГРЕС.

У цьому центрі розроблена й радикальна програма підготовки операторів, реалізована за допомогою сучасних засобів навчання з використанням обчислювальної техніки. Традиційний спосіб підготовки операторів, що займає 2-3 роки і полягає в проходженні «новачком» усіх службових сходинок — від чергового по насосах до оператора енергоблоку, замінюється тут трьома етапами навчання. На першому етапі за допомогою програмованих посібників і технічних засобів (проекторів, магнітофонів тощо) під керівництвом інструкторів засвоюються знання про керувану техніку, режими роботи окремих агрегатів і всього енергоблоку в цілому. На другому етапі на спеціальних тренажерах виробляються оперативні вміння по керуванню окремими вузлами енергоблоку. На третьому етапі — на тренажері-імітаторі енергоблоку здійснюється об'єднання знань і навичок, освоєння стратегії керування [16].

В операторів, що пройшли навчання по цій програмі, спостерігається зниження числа аварій в 4-4,5 рази [17].

Однак зниження числа аварій в ЕЕС призводить до зниження майстерності операторів. Без практики в них притупляється гострота реакції, погіршується оперативне мислення і як наслідок, губиться кваліфікація й професіоналізм. Тому необхідні відповідні тренування оперативного персоналу в умовах, близьких до реальних, на тренажерах, при розборі конкретних рольових ігор і т.п. Підтримці робочого тону оператора сприяють і поточні протиаварійні тренування, які проводяться в різних ланках ЕЕС. Наприклад, щоквартальні диспетчерські (системні й мережні), станційні, цехові, підстанційні тренування, а також тренування на окремих ділянках.

Керує тренуванням досвідчений оператор з більшим стажем роботи. Їм задаються початкові умови аварії і визначається її подальший розвиток. У випадку здійснення невірних дій або їх значної затримки, що також прирівнюється до помилки, ситуацію ускладнюють і роблять більш важкою. Гра протікає в реальному масштабі часу й будується відповідно до закономірностей розвитку аварій у системах.

Основною емоційно-вольовою якістю, яку повинен мати оператор, що керує енергетичним об'єктом, є готовність до екстрених дій. Оператор повинен уміти мобілізувати всі свої сили в момент настання аварії [8].

Широке впровадження автоматики у виробництво перетворює оператора в пасивний елемент. Цьому сприяє й підміна реального об'єкта інформаційною моделлю (мнемосхемою, табло) керованої машини, що відчужує оператора від реального об'єкта. Реальна мета дій — керування об'єктом — зберегти або створити задане розташування індикаторів на приладовій панелі, що знижує значимість основної мети й міру відповідальності за вчинені дії.

Пасивний оператор, що втратив пильність, може не тільки пропустити момент настання аварії й зробити грубі помилки, але й, як свідчать факти, відмовитися продовжити роботу і залишити пункт управління в момент найбільшої небезпеки. У зв'язку із цим в інженерній психології виникла концепція активного оператора. Згідно із цією концепцією, керування об'єктом повинно бути комбінованим, тобто здійснюватися й автоматично, і вручну. У випадку явної відсутності необхідності в ручному керуванні оператору потрібно час від часу задавати ігрові ситуації, які він повинен відпрацьовувати як реальні. Інші рекомендації зводяться до активізації діяльності по прогнозуванню ситуації: візуально сконцентрувати увагу оператора на тих зонах інформаційної моделі, які дозволяють припустити погіршення поточної ситуації, і зобов'язати оператора програти на моделі об'єкта можливі варіанти виходу з неї.

Сучасна техніка, як правило, обслуговується не окремими операторами, а групами операторів. Процес керування технікою — це не проста сума паралельних дій, які виконуються окремими операторами незалежно один від одного. Його істотним моментом є взаємозв'язок і взаємодія операторів. При цьому ступінь узгодженості дій

операторів суттєво впливає на надійність складних систем [18]. У правильно скомплектованій групі, що включає оптимальну кількість працівників і керівника (неформальний лідер групи) і має продуману організаційну структуру, забезпечується нормальний психологічний клімат, трудова активність особистості й погодженість дій операторів усієї групи. Таким чином, надійність складної системи може бути підвищена за рахунок соціально-психологічних заходів, спрямованих на вдосконалення трудових колективів.

Практика експлуатації систем показує, що проведення перерахованих заходів щодо врахування «людського» фактора не може гарантувати абсолютну надійність «людської» ланки ЛМС. Людина завжди залишається людиною: у будь-якого здорового оператора, що володіє необхідними професійними знаннями, навичками і уміннями, можуть наступати несприятливі психічні стани, що ведуть до більшого або меншого порушення якості його роботи.

«Шкала» цих станів має широкий діапазон: від стану підвищеного збудження (ейфорії) до крайнього ступеня стомлення [19].

Ефективним способом підвищення надійності і ефективності діяльності оператора, що базуються на «машинній», а не на «людській» частині ЛМС, є адаптивні комплекси. Вони також дозволяють додатково персоналізувати роботу оператора в готовій системі керування — в той час як інші «технічні» інженерно-психологічні методи застосовуються в основному на етапі проектування систем.

Самі технічні елементи систем керування (ЕОМ, елементи візуального представлення, системи датчиків тощо) досить важко адаптувати до конкретних операторів, але це можна зробити з інформаційними потоками, що надходять від них.

Експериментально встановлено, що мозок людини здатен сприймати і точно обробляти інформацію зі швидкістю не більше 25 біт за секунду. Перевищення цього значення може призвести до феномена «перманентної часткової уваги», зниження зосередженості.

Проблема ефективного сприйняття інформації людиною активно вирішується для технічних систем, особливо для керування системами військового призначення. Основним підходом до розв'язання проблеми було застосування ергономічних методів, розрахованих на деякі середні показники можливостей і умов для людини сприймати інформацію від програмно-технічних засобів: гострота зору, час фіксації сигналу, розташування інформації, яка надається, частота миготіння, яскравість, розмір, кодування, тип шрифту, структурований і неструктурований текст (у т.ч. довжина повідомлень — 7-11 слів), переваги до представлення у вигляді діаграм, графіків [20].

Застосування ергономічних методів на етапі розробки систем дійсно дозволяє частково розв'язати проблему інформаційного перевантаження операторів, але при сучасних значних обсягах інформації

й необхідності прийняття термінових і важливих рішень в режимі реального часу цього недостатньо. Тому й виникла необхідність в адаптивному керуванні інформаційним комплексом.

Збільшення зручності взаємодії користувача і комп'ютера фокусується на представленні інформації. Одна зі стратегій представлення даних — адаптивна, полягає в співставленні інтерактивної поведінки системи з індивідуальними потребами користувачів, тобто в адаптації інтерфейсу.

Оператор взаємодіє із зовнішнім середовищем, сприймаючи символічну інформацію, обробляючи й кодує її для зберігання в довгостроковій пам'яті, на основі знань у якій він і будує свою поведінку в конкретній ситуації.

При цьому слід враховувати, що інформаційний потік, що надходить до оператора, має певні характеристики (інтенсивність, рівень складності, форма представлення тощо), як і знання в довгостроковій пам'яті оператора (визначаються особистими якостями оператора, рівнем його підготовки).

В дослідженнях зі сприйняття нових знань неодноразово підкреслювалося, що респонденти засвоюють той самий матеріал з різною швидкістю і з різною якістю [21-24]. Причиною є віднесення людини до різних типів особистості. Відмінності у швидкості і якості визначаються: а) каналами сприйняття (візуальний, аудіальний, кінестетичний) б) стилями мислення (конкретний-абстрактний, індуктивний-дедуктивний тощо). Із цього погляду, не може бути універсально зрозумілої інформації й універсального ефективного способу асиміляції знань.

Індивідуальні особливості переробки інформації, стратегій засвоєння, структуризації, організації й актуалізації засвоєного матеріалу можуть бути зведені до переваги операторами тих або інших перцептивних і когнітивних стратегій. У цьому випадку вони є проявом когнітивних стилів — конструктивів для позначення образів сприйняття, мислення і дії, які переважно використовуються людиною [25].

**Висновки.** Когнітивно-орієнтований підхід підкреслює стабільний вплив когнітивного стилю на організацію і представлення інформації в процесі мислення і навчання. Коли певний стиль збігається зі змістом і представленням інформації, яку необхідно сприйняти, людина сприймає завдання як більш легке, ніж тоді, коли стиль і представлення не збігаються. У тому випадку, коли існує така розбіжність, людина може полегшити завдання шляхом розвитку стратегій навчання для роботи з інформацією, яка спочатку була несумісна з її стилем.

Система, у свою чергу, може «піти назустріч» оператору, змінюючи властивості інформаційних потоків для більшої відповідності когнітивному стилю конкретного оператора. Для реалізації такого механізму може бути створена автоматизована керуюча система, що працює з базою когнітивних стилів, індивідуальних особливостей

операторів, що аналізує і модифікує інформаційні потоки системи керування. Очевидно, що оптимально така система буде працювати в якості надбудови над інтерфейсною частиною систем керування.

Полегшення сприйняття оператором інформації від системи знизить рівень інформаційного стресу і дозволить приймати ефективніші правильні рішення по керуванню системою.

Реалізації на основі існуючих систем керування автоматизованих систем оперативного тестування оператора й адаптації інформаційних потоків до його когнітивних особливостей здатні значно підвищити надійність «людського» компонента ЛМС (на додаток до інших інженерно-психологічних методів).

### Список використаних джерел:

1. Інженерна психологія: теорія, методологія, практичне застосування / під ред. Б. Ф. Ломова та ін. М.: Наука, 1977. 182 с.
2. Крилов А. А. Людина в автоматизованих системах керування. Л.: Вид-во ЛДУ, 1972. 192 с.
3. Смолян Г. Л. Людина і комп'ютер. М.: Политиздат, 1981. 192 с.
4. Ахутін В. М. Адаптивні біотехнічні системи. *Психологічні проблеми взаємної адаптації людини і машини в системах керування*. М.: Наука, 1980. С. 77-123.
5. Меньшов І. А. Основи інженерної психології. Л., 1969. 171 с. (ЛВіА ім. А. У. Можайського).
6. Галактіонов А. І. Основи інженерно-психологічного проєктування АСУ ТП. М.: Енергія, 1978. 208 с.
7. Нілерян Е. А. Емоційно-вольові компоненти надійності оператора. *Нариси психології праці оператора*. М.: Наука, 1974. С. 5-83.
8. Питання професійної придатності оперативного персоналу енергосистем / під ред. Б. М. Теплова, К. М. Гуревича. М.: Освіта, 1966. 219 с.
9. Методика і техніка досліджень операторської діяльності / відп. ред. В. М. Волков. М.: Наука, 1985.
10. Завдання і методи професійної психодіагностики / під ред. В. І. Войтко, Ю. З. Гільбуха. Київ, 1981.
11. Воробйов Г. Автоматизована система профорієнтаційного тестування на ПЕОМ. *АН СРСР. Наукова рада з комплексної проблеми «Кібернетика»*. М.: Препринт, 1988.
12. Анастасі А., Урбіна С. Психологічне тестування. СПб., 2001. 688 с.
13. Бодалев А. А., Столін В. В. Загальна психодіагностика. СПб., 2000. 440 с.
14. Гадецька З. М., Ус М. Ф. До питання про автоматизацію побудови тестів успішності навчання. *Матеріали XXVI науково-технічної конференції «Моделювання»*. Київ: ІПМЭ НАНУ, 2007. С. 20-21.
15. Русін В. П. Структурно-лінгвістичні методи розпізнавання зображень у реальному часі. Київ: Наукова думка, 1986. 128 с.
16. Аварії по сценарію. *Наука й життя*. 1982. № 9. С. 90-96.
17. Тренажерні системи. М.: Машинобудування, 1981. 256 с.
18. Основи інженерної психології. М.: Высш. шк., 1977. 335 с.
19. Гримак Л. Д., Пономаренко В. А. Психічні стани й надійність діяльності оператора. *Питання кібернетики*. М., 1982. С. 145-155.

20. Кляуззе В. Ергономічне забезпечення Web-Дизайну. URL: <http://www.osp.ru/rcsworld/2002/05/163334/>.
21. Брусиловський П. Л. Моделі учня, в інтелектуальних навчальних системах. *УСiМ*. 1992. № 7/8. С. 109-119.
22. Петрушин В. А. Експертно-навчальні системи. Київ: Наук. думка, 1992. 196 с.
23. Сороко В. М., Журавльов О. В. Автоматизовані навчаючі системи з елементами штучного інтелекту. Київ: НМК В, 1992. 244 с.
24. Петрушин В. А. Інтелектуальні навчальні системи: архітектура й методи реалізації (огляд). *Технічна кібернетика*. 1993. № 2. С. 164-189.
25. Лібин А. В., Париліс С. Є. Сильові характеристики індивідуальності. *Методологічні й теоретичні проблеми сучасної психології*. М., 1988. Вып. 2. С. 119-129.

## **THE PROBLEM OF RELIABILITY WITH THE PARTICIPATION OF A HUMAN OPERATOR IN THE DECISION-MAKING PROCESS FOR THE MANAGEMENT OF ENERGY FACILITIES**

Nowadays, the development of the problem of reliability of complex systems is carried out, as a rule, from the standpoint of a purely technical approach. In this approach, only the «machine» component of a complex system is in the field of view, and the increase in reliability is provided by measures aimed at improving the technical units. However, complex systems are human-machine systems, the reliability of which depends to a greater extent on the «human factor». For example, at a thermal power plant due to operator errors, about a quarter of all violations occur.

It is known that in connection with the widespread introduction of automation in production and the success of cybernetics in the 60s of XX century, the question of the complete exclusion of man from the control circuit. However, the idea of full automation was defeated when there was a need to create devices that would have the ability to find a way out of unforeseen situations.

High flexibility and the ability to adapt to changing conditions, intuition, the ability to predict, predict developments, decision-making in difficult situations in the presence of several conflicting or uncertain criteria are purely human qualities. This determines a person's place in the human-machine systems and the nature of the functions assigned to him: decision-making, as well as the inclusion of a reserve of equipment in case of failure. However, assigning a person the main, intellectual role in the human-machine systems does not remove the problems associated with its reliability.

The gap between the capabilities of man as a control link and the growing needs of the system in control influences is not reduced and forces a person to work on the verge of his «red line». However, the engineering-psychological approach allows to methodologically substantiate the way to solve this problem.

**Key words:** *human-machine system, automated system, decision making, engineering-psychological approach, cognitive approach.*

Отримано: 10.09.2020