

УДК 331.101.3: 007.51

М.Г. ІЄВЛЄВ*, Г.Г. ГРАБОВСЬКИЙ**, С.Є. МОЙСЕЄНКО*

**«ЛЮДСЬКИЙ ФАКТОР» ЯК ЛАНКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ
ЛЮДИНО-МАШИННОЇ СИСТЕМИ**

*Інститут проблем математичних машин і систем НАН України, м. Київ, Україна

**ДНВК «Київський інститут автоматики», м. Київ, Україна

Анотація. Досягнутий рівень наукового та технічного розвитку привів до значних змін у професійній структурі суспільства. Рішення, що приймаються, пов'язані зі збором та обробкою інформації, обмеженістю часу і неповнотою відомих обмежень, набули визначального значення. Функціонування великих промислових комплексів та інших складних систем часто залежить від можливостей окремого обслуговувача процесу, від його взаємодії з іншими особами та механізмами, а також його психофізіологічного стану. Все частіше помилки людини призводять до аварій із тяжкими наслідками. Надійність роботи людини у складі автоматизованої системи управління визначається ймовірністю успішного виконання нею роботи чи поставленого завдання на етапі функціонування системи протягом заданого часу. Для забезпечення безпеки і готовності системи в цілому потрібне узгодження технічної системи і дії людини. Як показують дослідження, з урахуванням надійності людини у взаємодії з системою створюється значний потенціал автоматизації. Для його реалізації необхідно мати інформацію і моделі, які забезпечать дані як про здібності людини, так і про її можливі помилки. Людський фактор характеризує взаємодію людини з керованим об'єктом з орієнтацією на якість і надійність ходу технологічного процесу, а також його результати. У статті розглянуті питання надійності роботи людини у складі АСУ, методи діагностики надійності людини як ланки людино-машинної системи, проаналізовано фактори, що визначають надійність роботи людини-оператора, розглянуто методи та технічний інструментарій для поточного контролю його психофізіологічного стану. Показано активну роль людини на всіх етапах життєвого циклу ЛМС, починаючи з розробки концепції, потім проєктування, впровадження, експлуатації та подальшого вдосконалення системи.

Ключові слова: людино-машинна система, надійність, методи діагностики, АСУ.

Abstract. The achieved level of scientific and technical development has led to significant changes in the professional structure of society. Decisions made related to the collection and processing of information, time constraints, and the incompleteness of known constraints have become critically important. The functioning of large industrial complexes and other complex systems often depends on the capabilities of an individual process operator, on their interaction with other people and mechanisms, as well as their psychophysiological state. Increasingly, human errors lead to accidents with severe consequences. The reliability of human work as part of an automated control system is determined by the probability of their successful work or task completion at the stage of system operation within a given time. To ensure the safety and readiness of the system as a whole, coordination of the technical system and human actions is required. As studies show, taking into account the reliability of a person in interaction with the system, a significant potential for automation is created. For its implementation, it is necessary to have information and models that will provide data on both human abilities and possible errors. The human factor characterizes the interaction of a person with a controlled object with an orientation on the quality and reliability of the technological process, as well as its results. The article considers the issues of reliability of human work in the ACS, methods for diagnosing human reliability as a link in the human-machine system (HMS), analyzes the factors that determine the reliability of the human operator's work, and considers methods and technical tools for current control of their psychophysiological state. The active role of a person at all stages of the

HMS life cycle is shown, starting with the development of the concept, then design, implementation, operation and further improvement of the system.

Keywords: human-machine system, reliability, diagnostic methods, ACS.

DOI: 10.34121/1028-9763-2025-2-35-44

1. Вступ

Досягнутий рівень наукового та технічного розвитку привів до значних змін у професійній структурі суспільства. Рішення, що приймаються, пов'язані зі збором та обробкою інформації, обмеженістю часу і неповнотою відомих обмежень, набули визначального значення. Функціонування великих промислових комплексів та інших складних систем часто залежить від можливостей окремого обслуговувача процесу, від його взаємодії з іншими особами та механізмами, а також його психофізіологічного стану. Все частіше помилки людини призводять до аварій із тяжкими наслідками [1].

Метою статті є аналіз «людського фактора» як ланки автоматизованої людино-машинної системи (ЛМС).

2. Надійність роботи людини у складі АСУ

Надійність роботи людини у складі автоматизованої системи управління визначається ймовірністю успішного виконання нею роботи чи поставленого завдання на етапі функціонування системи протягом заданого часу. Помилкою людини є невиконання поставленого завдання (або виконання забороненої дії), яке може спричинити порушення нормального функціонування системи [2, 3]. Ситуації, в яких виникають помилки людини, принципи, якими визначаються надійність та швидкодія людини-оператора в комплексі з автоматизованою системою, наведені в [3].

Людина грає активну роль на всіх етапах життєвого циклу автоматизованої ЛМС при:

- розробленні концепції автоматизованого технологічного об'єкта;
- розробленні вимог до системи;
- проєктуванні системи, включаючи розробку апаратного та програмного забезпечення;
- комплектуванні системи технічними засобами;
- монтажу та введенні системи в промислову експлуатацію;
- виконанні функцій оператора як ланки замкнутої системи управління та регулювання;
- технічному обслуговуванні та підтримці працездатності системи в умовах її експлуатації;
- організаційному управлінні на всіх етапах створення та реалізації системи, а також при узгодженні вимог до системи та автоматизованого об'єкта.

Для забезпечення безпеки і готовності системи в цілому потрібне узгодження технічної системи і дій людини. Як показують дослідження, з урахуванням надійності людини у взаємодії з системою створюється значний потенціал автоматизації. Для його реалізації необхідно мати інформацію і моделі, які забезпечать дані як про здібності людини, так і про її можливі помилки [3].

Людський фактор характеризує взаємодію людини з керованим об'єктом з орієнтацією на якість і надійність ходу технологічного процесу, а також його результати. Тому визначення «людино-машинна система» слід сприймати у ширшому значенні як взаємозв'язок «людина-машина-процес».

3. Складові людської надійності

У [3, 5] наведено ряд методів для оцінки людської надійності та описано можливості цих методів. Вони особливо корисні для оцінки надійності комплексних систем (наприклад, атомні електростанції, прокатні стани тощо).

Спрощена модель ЛМС може бути представлена як стандартний контур регулювання (рис. 1). Таке уявлення зазвичай застосовується для дослідження та імітаційного моделювання динамічних режимів прямого ручного управління. Тут представлена ілюстрація використання людської ланки як фактора, що часто не враховується. Виходячи з теорії надійності, можна коефіцієнт готовності системи P_S у розімкнутому контурі визначити як ймовірність того, що обидві підсистеми S_1 і S_2 у певний заданий момент часу на виділеному етапі працездатного стану дають $P_S = P_{S1} P_{S2}$.

Тут під працездатним станом людської підсистеми розуміється той факт, що людина в обумовлений технологією період часу отримує необхідну інформацію (відповідно специфікацію та цілі), приймає правильне рішення з управління та безпомилково його реалізує. Таке спрощене застосування понять із теорії надійності для опису людино-машинних систем хоч і є незвичайним, але приводить безпосередньо до розуміння проблеми.

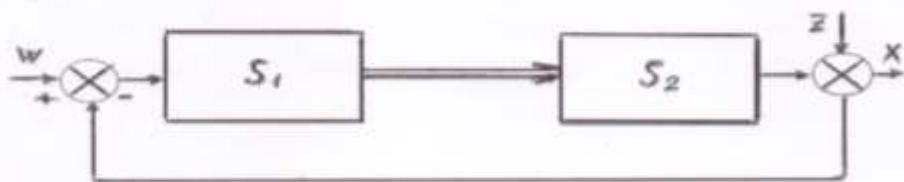


Рисунок 1 — ЛМС як стандартний контур регулювання:

S_1 і S_2 — підсистеми, S_1 — людина-оператор, S_2 — машина, процес, W — вхідний сигнал, Z — збурювальні впливи, X — вихідний сигнал (результат функціонування ЛМС)

У даний час у великих технічних системах коефіцієнт готовності машини значно перевищує величину 0,99, і, навпаки, лише деякі особи (оператори) мають коефіцієнт готовності на рівні 0,85. Отже, очевидно, що для підвищення коефіцієнта готовності всієї ЛМС зусилля мають концентруватися на людському факторі.

Згідно зі статистичними звітами Міжнародної організації цивільної авіації (англ. International Civil Aviation Organization — ICAO) або страховими товариствами [3], понад 70 % усіх зареєстрованих аварій, катастроф і нещасних випадків віднесено до людського фактора. Людина, яка має дуже обмежені можливості при обробці великих обсягів інформації, наочному її сприйнятті і реагуванні в динаміці, змушена дедалі більше перемикається з функцій управління на функції спостереження, віддаляючись від процесу, не в змозі впоратися з аварійною ситуацією. Більшість збоїв у діях людини обумовлено стресами, втомою, невпевненістю, страхом чи іншими психічними чи фізіологічними навантаженнями, що обмежують активність її дій.

Виходячи з цього, основною передумовою для підвищення надійності людино-машинних систем має бути безперервна діагностика обслуговувача процесу в його природних умовах. Це забезпечить своєчасне виявлення потенційно небезпечних станів і може, наприклад, узгоджувати розподіл завдань між різними операторами, змінювати цикли робочих пауз або змінювати систему людино-машинних інтерфейсів, щоб видавалися лише, безумовно, необхідні сигнали, що відповідають певному режиму роботи установки, та забезпечувалися відповідні умови, що обмежують можливості втручання людини.

Розглянемо методи та технічні засоби для поточного контролю психофізіологічного стану обслуговувачів процесів у природних для них умовах із метою прогнозування погіршення якості їх діяльності. Як буде показано нижче, класичні методи, як-от суто психологічні або фізіологічні випробування для діагностики варіювання людської поведінки (залежно від ланцюжка подій, знань та досвіду операторів, особливостей обробки інформації людиною) та завантаженості людини (ремонт АСУ, інтелектуальна поведінка в аварійних ситуаціях), важко формалізувати. Методи, що описуються моделями, які з точки зору техніки безпеки дозволяють відповідну деталізацію, але недостатньо відображають процес.

Для можливості прогнозування поведінки людини необхідний облік множини параметрів із персональної, ергономічної та організаційних областей, які до того ж перебувають у змінній взаємозалежності між собою (наприклад, мотивація може посилюватись організаційними, а також ергономічними заходами). Кожному з власного досвіду відомо, наприклад, що йому добре вдається передбачити поведінку старого друга в повсякденних ситуаціях, оскільки відомо багато параметрів, які впливають на його рішення. Абстрагування від деталей досвіду у ширшому колі осіб вдається лише в окремих випадках, оскільки тут діапазон параметрів розширюється.

Задовільне прогнозування на абстрактному рівні, що базується на моделях, вдається лише тоді, якщо буде враховано поведінку множини параметрів, що впливають, їх взаємодію, залежність від ситуації, як, наприклад, у проблемі надійності програмного забезпечення.

Для представлення множини параметрів, а також їх взаємодії у відповідній формі для використання в методі, що дозволяє прогнозувати поведінку людини, необхідні:

- систематичний опис та аналіз можливих факторів, що впливають на людську надійність;
- розробка методу прогнозу, що враховує множини параметрів;
- визначення специфічних даних, які характеризують виробничий процес.

4. Ідентифікація суттєвих подій для людського аспекту

Для аналізу подій нині переважно застосовуються класичні методи. Для деякої події спочатку збирається більш менш систематизована інформація, а потім її класифікують відповідно до певних вимог у технічній області, наприклад, за компонентами або за характером збоїв (відмов); за людською надійністю — обслуговування, виробництво та ін. Найбільш суттєвим є аналіз їхньої взаємодії для розуміння поведінки людини.

Для виявлення впливу такої взаємодії на події необхідно вибрати метод, який поряд із умовами виникнення помилки відображає також ситуаційні умови та видає оцінку. Аналітичні методи підтримують кроки, що ведуть до розуміння взаємодії та динаміки подій. Істотними кроками для цього є:

- ідентифікація найбільш значних подій стосовно людського аспекту;
- поділ події на підаспекти;
- детальний аналіз підаспектів.

При дослідженнях подій щодо людської надійності насамперед мають бути вивчені події, в яких людина певною мірою може діяти помилково, тобто реагувати не відповідно до події в технічній системі, а також ті події, при яких людина успішно втручається в роботу технічної системи. Для розуміння оптимальності включення людини в технічну систему обидва варіанти мають важливе значення: помилкові втручання людини вказують на труднощі у взаємодії «техніка-людина», а коректні втручання — на здатність людини і у складних ситуаціях діяти ефективно. Для оптимізації втручання людини представляє особливий інтерес випадок, у якому людина несвоєчасно чи помилково втрутилась у роботу технічної системи.

Поділ подій на підсистеми

Якщо подія ідентифікована як релевантна (суттєва) для людської надійності, тоді для ланцюжка помилок має бути розроблене більш глибоке розуміння події. Ланцюжок помилок деякої події може бути дуже складним (наприклад, прихована помилка обслуговування, що не виявлена під час перевірки функціонування та веде до збою в роботі системи). Тому виникає необхідність поділу подій на кілька частин. Наступні міркування можуть сприяти такому поділу:

Фази розвитку події: ці фази можуть бути використані для поділу на тимчасові та ситуаційні смислові складові. При цьому можна розрізняти такі ситуаційні типи дій:

1) дії перед настанням порушення (наприклад, помилки обслуговування, що призводять до прихованих впливів на систему);

2) додаткові заходи щодо обслуговування, які проводяться незалежно один від одного, але надають несподіваний взаємний вплив (наприклад, паралельно виконувані заходи з обслуговування у різних ланках резервування);

3) подія спрацювання (запуску), яка призводить до того, що виробничий персонал це сприймає як відсутність прихованої помилки обслуговування (наприклад, закриття вентилів, яке обслуговуючий персонал сприймає як звичайну поточну ситуацію);

4) подія, що виникла як помилкова дія оператора (наприклад, відкриття не того вентилів);

5) дії при порушенні, які можуть виправити або погіршити ситуацію (наприклад, відключення насосної установки, що не було потрібно).

Обслуговуючий персонал: характерними ознаками цього персоналу є відмінності учасників події, оскільки вони мають виконувати різні підзавдання. У події може брати участь персонал, наприклад, із різних галузей робіт: постачальники, обслуговувачі чи виробники.

Місце дії: додатковою ознакою поділу є місце, на якому діє персонал. Типовим поділом у промисловому виробництві є виробниче обладнання, центральний пост управління чи локальні системи.

Поділ подій може використовуватися і для того, щоб уявити залежності, наприклад, між різними співвиконавцями. Взаємозалежності особливо важливі для оцінки заходів щодо взаємодопомоги (наприклад, ефективність принципу «контроль у чотири ока» [4, 5]), по контролю для запобігання помилок.

Дослідження параметрів, що використовуються для аналізу дій людини, показує, що ЛМС є вершиною всіх істотних параметрів об'єкта, комплекс ЛМС відображає взаємодію ергономічних, персональних та організаційних факторів. Для виникнення помилки мають значення як комунікаційний аспект (наприклад, розподіл і виконання завдань), так і ситуаційні аспекти (наприклад, інтервал у часі для дій). Урахування комунікаційного аспекту дозволяє описати також комплексні події, в яких беруть участь багато виконавців і які як ланки ЛМС взаємопов'язані.

5. Методи діагностики надійності людини як ланки ЛМС

По-перше, необхідно враховувати, що при дослідженні людської надійності об'єкт оптимізації та джерела інформації не є технічними компонентами, а являють собою особистості та організації. Тому в принципі існує ймовірність того, що в процесі досягнення цілей виробничої оптимізації зачіпаються галузі особистісних та організаційних сприйняття, а також трудового та виробничого права. Особливо це стосується того, що на помилках людини, які здійснюються у виробництві, необхідно вчитися, в тому числі у випадках, якщо до того ж виникають юридична вина та відповідальність.

У принципі необхідне відверте та конкретне поводження з феноменом «людський фактор»: як кожному з особистого досвіду відомо, можливе вчинення людських помилок. Їх можна уникнути лише в тому випадку, якщо ретельно вивчити фактори, що впливають, і механізми взаємодії, а результати вивчення не спотворювати посиленнями на винність.

Також має враховуватися, що прогнозування методами, що застосовувалися досі, може задовольняти виробничим вимогам не в повній мірі, наприклад, даним, що характеризують тільки технічну установку (даним, що використовуються для прогнозування).

Специфічна робота обслуговувача процесів у різних ЛМС потребує застосування різних методів діагностики. В даний час існують різні психофізіологічні методи для визначення в поточний момент часу стану обслуговувача процесу, а також вимірювання обсягу його навантажень. Для конкретної ситуації під навантаженням мається на увазі дія всіх факторів, що впливають як на окремі органи, так і на весь організм обслуговувача загалом під час виконання ним своєї роботи.

Хоча і відсутня єдина загальновизнана концепція, відзначимо такі три рівні оцінок обслуговувача:

- самооцінка обслуговувача щодо його здоров'я та емоційного стану;
- об'єктивна поведінка та результати роботи;
- супроводжуючі психологічні процеси.

З міркувань психології можуть бути сформульовані такі чотири методологічні принципи [6]:

- самостійність та необхідність взаємного доповнення психологічних та фізіологічних компонент методики;
- проведення випробувань у нормальних умовах роботи;
- можлива мінімізація впливу засобів вимірювання на випробувану особу та роботу цієї особи;
- різноманітні звернення для збору параметрів факторів, що випробовуються.

На підставі цих принципів формуються такі вимоги до конкретних методів та технічних засобів, які повинні:

- не впливати на нормальну роботу обслуговувача;
- забезпечувати надійні результати;
- бути достатньо інформативними для робочих станів обслуговувача;
- мати досить малу інерційність;
- забезпечувати безперервність інформації;
- мати реалізованість і достатню функціональність при прийнятній вартості.

Обробка результатів, досягнутих в останні роки під час проведення фундаментальних досліджень у технічній та біомедичній кібернетиці, психології та фізіології людини, дозволила виробити єдину концепцію для людино-машинних систем. Були досліджені численні психофізіологічні властивості і кількісні характеристики окремих дій, а також загальної діяльності обслуговувачів. У результаті пасивних та активних експериментів було зібрано вражаючу множину даних, що відображають вплив різних факторів на можливості дій обслуговувачів.

6. Класичні методи оцінки людини-оператора

Розроблені раніше методи пропонують практично малопридатні рішення, оскільки вони не виконують основних із названих вимог.

1. Психологічні методи надійні та інформативні щодо низки параметрів, як-от уважність, запам'ятованість, здатність прийняття рішень та емоційна стабільність, які пов'язані з якістю роботи оператора. Але вони потребують переривання власне діяльності оператора і не забезпечують безперервності інформації.

2. Безпосередні вимірювання фізіологічних параметрів, як-от, наприклад, тривалість подиху, частота дихання, гальванічна реакція шкіри, температура тіла та кров'яний тиск, реалізуються лише із застосуванням відповідних сенсорів та додаткових технічних засобів. Це погіршує комфорт обслуговувача процесу, відволікає його увагу і негативно впливає на його нормальну роботу. Хоча кореляція між цими фізіологічними параметрами та основними психологічними процесами людини піддається визначенню, ці методи окремо для діагностики надійності психологічного стану недостатньо інформативні.

3. Біохімічні методи, як-от вимірювання різних домішок та інших біоактивних матеріалів у крові та тканинах, можуть, щоправда, бути дуже інформативними, але вони вимагають спеціальних втручань в органи оператора та відносно тривалої обробки величин вимірювань із застосуванням дорогого та складного лабораторного обладнання.

Численними дослідженнями показано, що аварійні ситуації в автоматизованих технологічних об'єктах дедалі більше обумовлюються комбінацією технічних і людських відмов. Тому надається велике значення дослідженням надійності взаємодії комплексу «людина-машина-процес». Особлива увага при цьому приділяється вимогам передачі даних, аналізу слабких місць та оцінці дій людини-оператора.

Розрізняють три категорії дій персоналу в аварійній ситуації:

1) дії перед виникненням події при нормальній роботі установки, які можуть запобігти розвитку події;

2) дії при події, що виникла, особливо в умовах, коли вимкнулися системи забезпечення безпеки;

3) дії в результаті події, що відбулася, як-от:

– заходи щодо безпеки внаслідок події;

– виключення додаткової ситуації, що може посилити подію;

– проведення позапланових заходів щодо корекції та ремонту.

Поведінка людини при виконанні певних дій також може бути розділена на три категорії [6]. При цьому розрізняють:

– часто виконувані функції;

– відомі заздалегідь плановані операції, які здійснюються за правилами;

– поведінка у нових незнайомих ситуаціях, що базується на знаннях.

З проведеного аналізу випливає, що необхідна розробка нових методів, які не впливають на оператора, для непрямих випробувань психологічних і фізіологічних станів обслуговувача. Таку можливість надає сигналотехнічний аналіз його мови.

7. Процес діагностики, що не впливає на обслуговувача

Ряд досліджень показали, що людська мова являє собою багатосторонній комплексний психофізіологічний процес, що володіє великою інформативністю [7, 8]. Крім конкретного повідомлення, закодованого в мові, вона передає інформацію про індивідуальність і психофізіологічний стан того, хто говорить у даний момент. Для того, щоб зробити цю інформацію корисною для цілей діагностики обслуговувача, у дослідженнях корисно використовувати такі обмеження:

– при розробці системи аналізу мови необхідно проведення численних випробувань для того, щоб незалежно від емоційного стану та стану здоров'я людини, що говорить, виявити особливості його мови;

– у галузі синтезу мови вже досягнуто значного прогресу, що дозволяє генерувати природну мову, яка містить як звичайні ознаки мови (висота тону, тривалість і інтенсивність), але й емоційний відтінок практично в достатній мірі;

– з метою ідентифікації того, хто говорить, визначено ряд параметрів мовного сигналу, що відображає людську індивідуальність та емоції;

- проведено численні експерименти для завчасного діагнозу різних патологічних змін органа мови або констатації індивідуальних психологічних особливостей;
- при розробці детектора брехні виконані відповідні випробування з метою отримання з мовного сигналу інформації, яка вказала б на правдоподібність сказаного.

У всіх галузях досліджень з їх цільовими напрямками опрацьовано особливості змін мовного сигналу залежно від психофізичного стану людини. Узагальнення всіх цих результатів дає можливість створення пристрою для непрямого діагнозу обслуговувача процесу, коротко описаного нижче.

8. Експериментальна система діагностики обслуговувача, що не впливає на досліджуваного

Розглянемо передумови для побудови системи. Діагностика, яка не впливає на обслуговувача процесу, за допомогою якої оцінюється мовний сигнал, виходить із факту, що контрольований орган мови належить до вегетативної нервової системи і лише з великими труднощами дозволяє свідомо здійснювати контроль мовного процесу. Тому лише деякі параметри, що характеризують мовний сигнал, можуть використовуватися як індикатори психофізіологічного стану обслуговувача процесу.

При визначенні стану обслуговувача з його мови виправдали себе дві групи параметрів, що взаємно доповнюють один одного. Ці параметри характеризують:

- положення органа мови в порожнині рота та зіву, яке при розробці моделі визначає геометрію мовного тракту;
- зміни звукового потоку з горла.

Було розроблено модель положення органа мови в роті та зіві, а також модифіковано деякі відомі моделі звукового тракту та звукового потоку з горла. Згадані моделі були використані при побудові експериментальної системи діагностики з метою отримання можливості за параметрами моделі та психофізіологічними умовами робити висновок про зміни у формуванні звукових сигналів. У режимі офлайн система може бути реалізована на звичайному ПК. Основне оснащення системи, що працює в реальному масштабі часу, полягає у пристрої автоматичного вибору аналізованих звукових сегментів та засобах реалізації функцій, які є у звичайних установках обробки мовних сигналів [8].

9. Експерименти з мовних проблем людини

Генерування відповідних зразків мови. Єдина методика для класифікації психічних та фізіологічних станів людини за мовними пробами відсутня. Немає також банку даних із зразками мови. Тому в рамках досліджень були проведені проби з різними тестовими особами на «робочому місці — терміналі». Імітувалися різні навантаження, які служили формуванню відповідного банку даних із зразками мови. Крім того, до програми було включено роботу з телеекраном.

У результаті вдалася оцінка таких параметрів прийому та обробки інформації людиною:

- тривалість пошуку інформації;
- ймовірність правильного реагування на сигнал, що надходить;
- оцінка процесу формування стратегії прийняття рішення;
- час реагування як функції множини інформації, що надходить;
- параметри сенсомоторного реагування;
- параметрів сприйняття цифробуквеної інформації в частині яскравості, контрастності та розмірів символів;
- ефективність та точність роботи з таблицями корекції;

– ефективність та точність розрахунків в умі простих завдань — швидкість обчислень як ступеня реагування.

У всіх випадках відповідні результати автоматично вимірювалися та протоколювалися індикаторами. Кожні 2 хвилини випробувана особа мала певні фрази повторювати перед мікрофоном для того, щоб система діагностики отримувала ці мовні сигнали. Тривалість циклу випробувань становила від 4 до 8 годин.

Результати дослідів. Мовні сигнали чоловіків та жінок були записані до банку даних. Для прикладу проаналізовані мовні сегменти звуку, виділені із записаних контрольних фраз. Для оцінки здібності до дій обслуговувача процесу психофізіологічні впливи було розділено психологом на 7 класів.

Поєднання екстрагованих із мовних сегментів векторів ознак із цими класами здійснювалося за результатами обробки протоколів, що фіксували виконання завдань, а також вимірюваних психологічних параметрів. 15 % проаналізованих мовних сегментів служили пробами навчання для побудови автоматичного класифікатора системи діагностики. Випробування показали, що система діагностики має бути адаптована до конкретного обслуговувача процесу. У цьому випадку вона дає задовільні результати. Істотні витрати на реалізацію системи перебувають у частині формування банку даних зразків мовних сигналів та їх класифікації.

10. Висновки

Проаналізовано фактори, що визначають надійність роботи людини-оператора як ланки автоматизованої ЛМС. Показано активну роль людини на всіх етапах життєвого циклу ЛМС, починаючи з розробки концепції, потім проєктування, впровадження, експлуатація та подальше вдосконалення системи.

Розглянуто методи та технічний інструментарій для поточного контролю психофізіологічного стану обслуговувача керованого процесу, а також для прогнозування поведінки людини та можливостей підвищення її надійності з урахуванням персональних, ергономічних та організаційних факторів.

Наведено порівняння методів діагностики надійності людини як ланки ЛМС: за ступенем їхнього впливу на нормальну роботу обслуговувача; поінформованості про його робочі стани; по швидкодії та безперервності інформації; по впливу різних чинників на можливість безпомилкових дій обслуговувача.

Прокоментовано приклад експериментальної системи діагностики обслуговувача, що не відволікає досліджуваного від виконуваних ним функцій ЛМС. У цій системі за характеристикою мовного сигналу, як в індикаторі, оцінюється психофізіологічний стан обслуговувача процесу.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Ієвлев М.Г., Грабовський Г.Г. Математичні моделі і алгоритми керування в АСК ТП товстолистових прокатних станів. К.: Техніка, 2001. 248 с.
2. Морозов А.О., Клименко В.П., Грабовський Г.Г., Ієвлев М.Г., Мойсеєнко С.Є. Концепції людино-машинної автоматизації в АСУ ТП товстолистових станів. *Математичні машини і системи*. 2022. № 1. С. 81–96.
3. Грабовський Г.Г., Ієвлев М.Г., Мойсеєнко С.Є. Взаємодія людини-оператора з автоматизованою системою керування. *Математичні машини і системи*. 2024. № 1. С. 77–86.
4. Архангельский В.И., Богаенко И.Н., Грабовский Г.Г., Рюмшин Н.А. Человеко-машинные системы автоматизации. К.: НПП «КИА». 2000. 296 с.
5. Sträter O. Methodik zur Untersuchung menschlicher Zuverlässigkeit in technischen Systemen. *Automatisierungstechnik*. 1999. N 4. P. 171–179.

6. Roer B., Sträter O., Mertens J. Evaluation of human reliability analysis methods addressing cognitive error modelling and quantification. Forschungszentrum Juelich GmbH (Germany). Inst. fuer Sicherheitsforschung und Reaktortechnik. Technical Report. 1996. 120 p.
7. Kochs H.-D. Schwachstellenanalyse am Beispiel der Concorde. *Automatisierungstec Praxis*. 2001. N 10. P. 38–43.
8. Hetherington C., Flin R., Mearns K. Safety in shipping: The human element. *Journal of Safety Research*. 2006. Vol. 37, Issue 4. P. 401–411.

Стаття надійшла до редакції 18.03.2025