

ДОДАТОК А (довідковий)

Дослідження ефективності роботи та працездатності системи «ЛМС»

Дослідження процесів забезпечення ефективності роботи та працездатності системи «ЛМС» дозволяють повніше оцінити надійність оператора і машини при виконанні технологічного процесу, виявити вплив людського чинника на ефективність процесу, більш глибоко вивчити таку компоненту, як середовище.

Максимальна ефективність системи «ЛМС» може бути забезпечена за умови, коли при її проектуванні і експлуатації буде врахований людський фактор. Внаслідок помилок з боку працівника виникає від 20 до 50% всіх порушень технології та аварійних ситуацій в системах управління.

Ергономічні властивості людини характеризуються її антропометричними, фізіологічними, психофізіологічними, психологічними властивостями і визначають ергономічні вимоги до комплексу «ЛМС». Погодження характеристик людини предметного середовища здійснюється в просторовому, часовому, інформаційному, енергетичному напрямках. Саме вказані напрямки визначають характеристику машини, як складової системи, і є важливими при аналізі взаємодії людини і машини.

Просторове погодження передбачає організацію робочого місця оператора, його робоче положення, визначення зон досягнення, траєкторії рухів, доступність органів керування тощо.

Часове погодження враховує динаміку працездатності оператора з виконанням роботи, її темпу, інтенсивності, зміною діяльності і відпочинком.

Інформаційне погодження пов'язане з оцінкою потоків інформації та пропускну здатності аналізаторних функцій щодо сприйняття і переробки інформації людиною.

Енергетичне погодження найбільше характеризує людину-оператора і враховує вплив трудових навантажень на м'язову, серцево-судинну системи на основі встановлення

оптимального обсягу рухової діяльності, величини м'язових зусиль залежно від умов праці.

Встановлено, що частка людського фактора становить від 40 до 70% від сумарної кількості відмов технічних систем.

Врахування такої складової, як «людина» (оператор) стає необхідним сьогодні, коли підвищення рівня надійності системи «людина-машина-середовище» не може бути вирішене лише на основі аналізу системи, а вимагає проведення значних системних досліджень, які є базою для синтезу високонадійної системи.

Аналіз основних видів помилок оператора

Під **надійністю роботи** оператора слід розуміти його здатність до безпомилкового виконання роботи на протязі певного проміжку часу при заданих зовнішніх умовах. Проведемо аналіз основних видів помилок, які може допустити оператор при забезпеченні надійності засобів для приготування фаршу (шпигорізки, кутери) на протязі усіх життєвих циклів.

1. Помилки, які допущені конструктором при проектуванні машини. Саме конструктор або ж спеціаліст по надійності змінює конструкцію, матеріал, схему, знижує навантаження, формуючи ті фактори, які проявляють вплив на можливості оператора в процесі роботи. Для кутерів важливо забезпечити захист механізмів приводу, рухомих деталей та робочих органів машини (ножів, шнеків), передбачити і зробити доступними для контролю і управління датчики та органи керування.

2. Помилки при виготовленні. В період експлуатації були зафіксовані випадки відмов машини, причиною яких є незадовільний процес складальних робіт кутерів.

3. Помилки при технічному обслуговуванні і ремонті об'єктів дослідження. Були зареєстровані порушення періодичності технічного обслуговування, регулювання механізмів приводу та заміни робочих органів кутерів, які негативно впливають на якість приготування фаршу.

4. Помилки, які пов'язані з контролем технічного стану кутерів, вузлів, робочих органів та запобіжних пристроїв інженерно-технічною службою.

5. Операторські помилки виникають при порушенні правил (інструкцій) з керування оператором. Вказані помилки призводять до порушення технологічного процесу роботи.

6. Внесені помилки, які також знижують надійність об'єкту дослідження. Причиною їх виникнення є помилка оператора або ж вплив робочих процесів, які проходять при використанні засобу.

7. Помилки використання, або ж ті, які виникають під час введення в експлуатацію машин, їх зберігання або ж транспортування.

Перераховані помилки операторів призводять до відмов засобів для приготування фаршу.

Серед основних причин помилок оператора, які найчастіше призводять до відмов систем «ЛМС» можна виділити наступні.

Перша, і найбільш вагома причина – незадовільна підготовка та низька кваліфікація операторів (обслуговуючого персоналу), спеціалістів, які забезпечують монтаж, введення в експлуатацію, технічне обслуговування і ремонт машин. Дуже часто підприємства, які купують сучасні засоби для приготування фаршу, не направляють своїх працівників для навчання на сервісних центрах або ж обмежуються коротким терміном підготовки.

Друга причина – недотримання обслуговуючим персоналом правил експлуатації, технічного обслуговування і ремонту техніки. Однією з причин є їх низька підготовка, про що зазначалось вище, інша причина - відсутність довідкової літератури та інструкцій на використання машин.

Третя причина – недостатня оплата або ж стимулювання обслуговуючого персоналу та спеціалістів, які проводять технічне обслуговування і ремонт машин. Це є однією з вагомих причин, яка стримує якість і своєчасність проведення робіт, не дає можливість в повній мірі використати потенціал працівників.

Четверта причина – низька забезпеченість обслуговуючого персоналу нормативно-технічною та довідковою літературою. Аналіз показує, що значна частина

літератури, яка надходить разом із машинами носить лише інформаційний характер. Дуже мало інформації про характерні дефекти, несправності машин та способи їх усунення. Можна відмітити недостатню укомплектованість машин інструментом. Особливо це відчувають спеціалісти, які проводять ТО в післягарантійний період.

П'ята причина – незадовільні умови роботи працівників, які пов'язані з високою температурою в літній період. Під час роботи засобів для приготування фаршу наявність рухомих частин машини (шнеків, ножів) призводить до шуму і вібрації.

Шоста причина – недостатній рівень організації роботи інженерно-технічної служби підприємства. Досвід показує, що якщо своєчасно забезпечити відповідний рівень роботи інженерно-технічної служби, то перші п'ять причин помилок «оператора», які найчастіше призводять до відмов систем «ЛМС», можуть бути зведені до мінімуму.

Кількісні оцінки показників надійності роботи оператора

Під надійністю оператора розуміють здатність виконувати необхідні функції із заданою точністю, в межах заданого інтервалу часу в конкретних умовах діяльності.

При оцінці надійності оператора в системах “ЛМС” враховується безпомилковість дій і відновлюваність його працездатності.

Надійність оператора є складною нелінійною функцією його професійної придатності, тренуваності, стресовій стійкості, психофізіологічного стану і морально-психологічних якостей. В загальному вигляді критерій надійності оператора являється імовірнісною динамічною системою, що складається з ряду часткових критеріїв.

Надійність діяльності оператора пов'язана з категорією ефективності діяльності, впливаючи на її результуючі показники та відображає характеристику якості діяльності.

Основними інтегральними показниками діяльності оператора є ефективність і якість.

Показник ефективності трудової діяльності відображає рівень результативних досягнень (продуктивність, швидкість).

Показник якості характеризує як кінцевий продукт праці (його споживчі або технологічні властивості), так і процес праці (вдосконалення способів виконання трудових функцій).

Надійність - сукупна професійна якість, що є властивостями системи (або її складових частин), які визначаються через категорію станів, а стан оцінюється по тому, наскільки в даний момент часу оператор або система управління відповідають вимогам, що пред'являються до них.

Вимоги можуть бути постійними або такими, що змінюються часу залежно від деяких визначальних умов.

Включення людини в роботу систем управління в якості його регулюючого чинника визначає залежність ефективності і якості функціонування системи від своєчасності, точності і безпомилковості виконання оператором покладених на нього функцій в заданих умовах діяльності.

Вивчення і оцінка надійності діяльності людини в системах контролю і управління технологічними об'єктами і процесами привели до ряду визначень надійності діяльності людини щодо її операторських функцій.

В даному контексті надійність найчастіше розглядується як:

1) властивість людини, що характеризує його здатність безвідмовно виконувати діяльність протягом певного часу за заданих умов;

2) здатність зберігати необхідну якість у встановлених умовах протягом заданого часу.

Надійність це здатність оператора протягом заданого інтервалу часу і в передбачених умовах зберігати нормальний стан життєдіяльності і витримувати технічні параметри управління системи у встановлених межах, а також виконувати всі покладені на нього функції по підтримці заданого режиму роботи керованої техніки.

При аналізі надійності системи рекомендується оцінювати наступні її властивості:

- 1) безвідмовність технічних засобів;
- 2) відновлюваність працездатності;
- 3) безпомилковість управління;
- 4) готовність оператора до виконання робіт;
- 5) біологічну надійність оператора.

Для характеристики надійності оператора використовуються такі властивості системи: безвідмовність, безпомилковість, своєчасність, готовність, відновлюваність.

Показник безвідмовності визначає властивості оператора зберігати заданий рівень працездатності протягом деякого часу до настання стійкої його відмови в продовженні діяльності.

Безпомилковість характеризується мірою стійкої працездатності впродовж заданого робочого циклу і виражається на рівні як окремої операції, так і алгоритму в цілому.

Показник своєчасності дії оператора заснований на оцінці тривалості, швидкості досягнення певної мети, порушення яких розглядується як помилка. В ряді випадків, наприклад при виконанні циклічних завдань, показник тривалості або кількості робочих циклів в одиницю часу має самостійне значення. Невчасне рішення задачі може мати місце також при виправленні допущених помилок.

Готовність, тобто здатність переходити в робочий стан в потрібний момент, розглядується як самостійний компонент надійності.

Відновлюваність відображає швидкість і повноту відновлення необхідного рівня працездатності при настанні часових відмов в діяльності. Введення цього показника пов'язане також з можливістю самоконтролю оператором своїх дій і виправленням допущених помилок.

Для кількісної оцінки показників надійності в роботі оператора можуть бути використані наступні:

- ймовірність безпомилковості виконання роботи $P_{\text{бон}}$;
- інтенсивність помилок $\lambda_{\text{нон}}$;
- ймовірність виникнення помилок при виконанні роботи $P_{\text{нон}}$;

- ймовірність виправлення помилки оператором $P_{св.оп}$;
- ймовірність безпомилкової роботи оператора $P_{зон}$.
- ймовірність виправлення помилок оператором $P_{випр.оп}$.

Як показує аналіз, представлені показники надійності оператора по аналогії близькі до показників надійності технічних об'єктів.

Основним показником надійності систем «ЛМС» є ймовірність виконання завдання системою $P_{слмс}$ (ймовірність безвідмовного, безпомилкового і своєчасного виконання завдання на протязі часу t), яку можна розрахувати за відповідними формулами.

Представлені аналітичні залежності дозволяють розрахувати $P_{слмс}$ в залежності від типу системи. Але, як показує аналіз, в аналітичних залежностях недостатньо враховано вплив на $P_{слмс}$ такої складової, як «середовище». Необхідно також звернути увагу на вплив такої компоненти, як «середовище» на «оператора» та їх взаємозв'язок. Виходячи з того, що машини та обладнання для приготування фаршу можна віднести до змішаних або ж дискретних систем, проведемо їх аналіз та представимо формули для визначення ймовірності виконання завдання системою змішаною $P_{слмс-з}$ та дискретною системами $P_{слмс-д}$.

В системах змішаного типу процес керування неперервний. Для оператора передбачається періодичне вирішення виробничих задач, які безперервно слідують одна за однією. Прикладом вказаних систем можуть бути засоби іноземного виробництва (міксери), які забезпечують виконання наступних операцій: завантаження, подрібнення, змішування, дозування. В проміжках між представленими операціями для операторів настає оперативна пауза. Для змішаної системи завдання буде виконане, якщо будуть виконуватись наступні умови:

- в заданий момент часу машина буде в справному стані і не відмовить на протязі певного часу завдяки готовності оператора та своєчасності прийняття рішення;
- дії оператора будуть безпомилковими і своєчасними;

- машина, яка відмовила, буде своєчасно відновлена;
- при безвідмовній роботі машини, у випадку виникнення помилки оператора, вона буде своєчасно виправлена.

Надійність системи «ЛМС» змішаного типу можна представити в наступному вигляді:

$$P_{слмс-з} = K_{зон} [P_M P_{зон} P_{св.оп} + (1 - P_M) P_{відн} P_{зон} P_{св.оп} + (1 - P_{зон}) P_M P_{випр.оп} + (1 - P_{нс}) P_M P_{зс}], \quad (1)$$

- де $K_{зон}$ – коефіцієнт готовності оператора;
- P_M – ймовірність безвідмовної роботи машини;
- $P_{св.оп}$ – ймовірність виправлення помилки оператором;
- $P_{відн.}$ – ймовірність відновлення машини, яка відмовила;
- $P_{випр.оп}$ – ймовірність виправлення помилок оператора;
- $P_{нс}$ – ймовірність наявності «середовища» для забезпечення роботи системи;
- $P_{зс}$ – ймовірність того, що для підтримання роботи система буде забезпечена «середовищем».

Прикладом дискретних систем можуть бути кутери періодичної дії марок Л5-ФКМ, Л-23-ФКВ-03 і ВК-125, для яких характерна дискретність вирішення задач технологічного процесу, тобто робота оператора співпадає з роботою засобу для приготування фаршу. В період між виконанням машинами технологічних операцій, оператор знаходиться в стані контролю над виконанням робіт або ж підготовки до виконання наступних технологічних операцій. Для дискретної системи завдання буде виконане, якщо будуть виконуватись наступні умови:

- в заданий момент часу машина буде в справному стані і не відмовить на протязі певного часу;
- дії оператора будуть безпомилковими і своєчасними;
- машина, яка відмовила, буде своєчасно відновлена;
- при безвідмовній роботі машини, у випадку виникнення помилки оператора, вона буде своєчасно виправлена;
- для забезпечення функціонування системи «ЛМС» буде наявне «середовище»;

- при відсутності «середовища» система «ЛМС» буде своєчасно ним забезпечена.

Надійність системи «ЛМС» дискретного типу можна розрахувати за наступною залежністю:

$$P_{слмс-д} = K_{зм} P_m P_{зон} P_{св.оп} + (1 - P_m K_{зм}) P_{відн} P_{зон} P_{св.оп} + (1 - P_{зон}) P_m P_{випр.оп} + (1 - P_{нс}) P_m P_{зс}, \quad (2)$$

де $K_{зм}$ – коефіцієнт готовності машини.

Таким чином, використовуючи формули (1) і (2), можна кількісно оцінити ймовірність виконання задачі системою «ЛМС».

Вирішальним компонентом керування сучасною технікою, характеристики якої значно змінюється внаслідок інтенсивного її розвитку є діяльність людини-оператора.

Надійність людини-оператора як ланки складної системи в залежності від діючого навантаження

Існує безліч систем, взаємозалежних тільки завдяки наявності такого основної ланки як людина. Однак до недавнього часу увага приділялася виключно устаткуванню і зовсім не враховувалася надійність людини як елемента системи. У той час як згідно зі статистичними даними до 30% відмов прямо або побічно пов'язані з помилками людини. З цієї причини аналіз надійності реальних систем обов'язково повинен включати і людський фактор.

Надійність роботи людини-оператора визначається як ймовірність успішного виконання ним роботи або поставленого завдання на заданому етапі функціонування системи протягом заданого проміжку часу за певних вимог до тривалості виконання роботи.

При цьому помилка людини визначається як невиконання поставленого завдання або виконання забороненої дії, яке може привести до пошкодження обладнання або майна або порушення нормального ходу запланованих операцій.

Оскільки в реальних умовах в більшості систем незалежно від ступеня їх автоматизації потрібно в тій чи іншій мірі участь людини-оператора, можна стверджувати, що там, де працює людина, з'являються помилки. Вони виникають незалежно від рівня підготовки, кваліфікації та досвіду. Тому прогнозування надійності обладнання без урахування надійності роботи людини-оператора не може дати справжньої картини.

Співвідношення між якістю роботи людини-оператора і діючими навантаженнями відображено на рис.1. Воно показує, що залежність частоти появи помилок від діючих навантажень є нелінійною. При дуже низькому рівні навантажень більшість операторів працюють неефективно, тому що завдання здається нудним і не викликає інтересу. Якість роботи при цьому далека від оптимальної. При помірних навантаженнях якість роботи оператора виявляється оптимальною, і тому помірне навантаження можна розглядати як достатню умову забезпечення уважної роботи людини-оператора.



Рис. 1 Гіпотетична залежність ефективності роботи людини-оператора від діючого навантаження

При подальшому збільшенні навантажень якість роботи людини починає погіршуватися, що пояснюється головним чином такими видами фізичного стресу, як страх, занепокоєння і т.п. Звідси випливає, що при найвищому рівні навантажень надійність роботи людини досягає мінімального значення.

Помилки з вини людини можуть виникнути в наступних випадках:

1) коли людина-оператор прагне до досягнення помилкової мети;

2) поставлена мета не може бути досягнута через неправильні дії оператора;

3) оператор не діє в той момент, коли його участь необхідна.
Серед основних причин помилок людини можна виділити такі, як:

1) незадовільна підготовка або низька кваліфікація обслуговуючого персоналу;

2) погані умови роботи, пов'язані, наприклад, з поганою доступністю обладнання, тісністю робочого приміщення або надмірно високою температурою;

3) незадовільне оснащення необхідною апаратурою та інструментами;

4) недостатнє стимулювання операторів або фахівців з технічного обслуговування, що не дозволяє досягти оптимального рівня якості їх роботи.