

**Надійність оператора, як складової системи «людина-машина-середовище»**

**Новицький А.В. к.т.н., доц., Ружи́ло З.В. к.т.н., доц.,**

**Ступак В.В. студентка**

*(Національний університет біоресурсів і природокористування України,)*

*В статті проведено аналіз надійності оператора, як складової системи «ЛМС». Розглянуто залежності для визначення ймовірності виконання завдання системою «людина-машина-середовище» на прикладі машин для приготування та роздавання кормів.*

**Постановка проблеми.** Надійність сільськогосподарської техніки, включаючи машини для приготування і роздавання кормів, є важливою властивістю, яка визначає якість тих технологічних операцій, для яких ці машини призначені. Зростання кількості технічних і технологічних відмов засобів для приготування та роздавання кормів призводить до зниження надійності систем. Часто це виникає у зв'язку з порушенням узгодженості між окремими складовими системи «людина-машина-середовище» («ЛМС»). Представлені машини керуються і обслуговуються людиною-оператором і тому оператор розглядається, як важлива компонента, від якої залежить надійність всієї системи «людина-машина-середовище».

Така складова, як «оператор», є центральною ланкою в забезпеченні працездатності системи «людина-машина-середовище». Саме людина в технологічній системі виконує трудову діяльність щодо безпосередньої зміни і визначення стану предметів виробництва, технічного обслуговування чи ремонту засобів технологічного оснащення. Техніка керується і обслуговується людиною-оператором, а тому він повинен розглядатись, як одна з важливих ланок, від

надійності якої залежить надійність такої складної системи «ЛМС», як засіб для навантаження, подрібнення, змішування, дозування та роздавання кормів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** 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.

Дослідженню функціонування та взаємозв'язку складових системи «людина-машина-середовище» присвячено цілий ряд наукових і практичних робіт. Зокрема, значна частина з них [2, 4, 6, 9, 10, 11], розглядає питання підвищення безпеки системи, умов праці та ефективності процесів у сільськогосподарському виробництві за рахунок удосконалення системи «ЛМС».

Близькою до наших досліджень є робота [2], яка направлена на підвищення технологічної надійності оператора шляхом удосконалення умов праці в системі «людина-машина-тварина». Як відмічається в [2], головними чинниками погіршення стану серед операторів мобільних машин фахівці називають конструктивні недоліки машин (58%) та нераціональну організацію режимів праці і відпочинку (42%).

Максимальна ефективність системи «людина-машина» може бути забезпечена за умови, коли при її проектуванні і експлуатації буде врахований людський фактор. В дослідженнях професора Крушельницької К.В. підтверджується, що максимальна ефективність системи «людина-машина» може бути забезпечена за умови, коли при її проектуванні і експлуатації буде врахований людський фактор. В дослідженнях [3], акцентується увага на тому, що внаслідок помилок з боку працівника виникає від 20 до 50% всіх порушень технології та аварійних ситуацій в системах управління. Комплексним вивченням трудової діяльності людини займається ергономіка. Ергономічні властивості людини характеризуються її антропометричними, фізіологічними, психофізіологічними, психологічними властивостями і визначають ергономічні вимоги до комплексу «людина-машина-середовище» [3]. Погодження

характеристик людини і 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.

З літературних джерел встановлено, що частка людського фактора становить від 40 до 70% від сумарної кількості відмов технічних систем. У відповідності зі світовою статистикою, 80% катастроф в авіації, 64% на морському флоті та близько 70% в атомній енергетиці виникають в результаті помилок оператора.

Поряд з представленими роботами, відомі наукові дослідження, які розглядають більш розгалужені системи. Так, в дисертаційній роботі [5], розглядаються питання надійності функціонування системи зернозбирального процесу, яка включає чотири складових «людина-машина-середовище-транспорт». З аналізу літературних джерел [4, 5], відомі наукові дослідження вивчення процесів технічного діагностування та забезпечення працездатності, як функціонування систем «людина-прилад-машина». Заслужують на увагу взаємозв'язки компонент системи «ЛПМ» та їх вплив на процес діагностування.

В іншій дисертації [11], запропоновано ввести комплексний показник для кількісної оцінки технічного стану картоплезбирального комбайну КПК-2-

01 і виявити його зв'язки з параметрами надійності функціонування в складі агрегату, в системі «людина-машина-середовище-транспорт» (система «ЛМСТ»). В роботі розглянуті основні напрямки забезпечення надійності технологічного процесу збирання картоплі за рахунок зменшення кількості відмов такої складової системи «ЛМСТ», як «машина». Автор проводить наступний розподіл причини відмов системи «ЛМСТ» при збиранні картоплі: машина- 26%; людина (оператор) – 23%; середовище – 16%; транспортне обслуговування – 11%.

Заслуговує на увагу навчальний посібник [10], в якому розглядається система «людина-машина-середовище» і її елементи в більш широкому розумінні - як складові логістики. Організаційна структура системи «ЛМС» складається: із основної ланки - «людини»; машини (знаряддя праці); соціального та навколишнього середовища. Автор визначає одну із основних вимог при побудові системи «ЛМС» - узгодженість всіх ланок системи, в якій головним обмеженням виступають параметри людини-оператора. З огляду впливає, що існуючий катастрофічний стан справ в більшості галузей людської діяльності вимагає серйозного перегляду багатьох положень і підходів при побудові систем «людина-машина-середовище»

Аналізуючи результати представлених вище досліджень можемо зробити висновок, що в більшості проаналізованих літературних джерелах не виявлені визначальні фактори, які б стали основою при забезпеченні надійності засобів для приготування і роздавання кормів, як технологічних системи «ЛМС».

#### **Постановка завдання.**

Виходячи з представленою вище аналізу, можна зауважити, що дослідження фактичного рівня надійності машин та удосконалення методів і способів його досягнення в системі «ЛМС» є актуальною проблемою, яка має важливе не лише наукове, але й практичне значення. На сьогодні, дана проблема не достатньо сформована і вирішена, особливо в розрізі засобів механізації для приготування і роздавання кормів.

## **Виклад основного матеріалу.**

Аналіз літературних джерел показує, що поряд з тим, що в більшості наукових робіт по надійності основна увага приділяється машині, технологічні системи стають взаємопов'язаними тільки завдяки наявності таких важливих складових, як людина та середовище. Ще в 50-х – 60-х роках минулого століття окремими вченими відмічалось, що аналіз надійності реальних систем повинен обов'язково включати і людський фактор. Ситуація за цей період значно змінилась. 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.

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 і роздавання кормів 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 можливість оператора в процесі роботи. Для кормороздавачів важливо забезпечити захист механізмів приводу, рухомих деталей та робочих органів машини (карданного валу, 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 рівень зварювальних, слюсарно-механічних і складальних робіт кормороздавачів.

3. Помилки при технічному обслуговуванні і ремонті об'єктів дослідження. Були зареєстровані порушення періодичності технічного обслуговування, регулювання механізмів приводу та заміни основних робочих

органів засобів для приготування і роздавання кормів, які негативно впливають на якість приготування кормових сумішей.

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

5. Операторські помилки виникають при порушенні правил (інструкцій) з керування оператором засобом для приготування і роздавання кормів. 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 і роздавання кормів.

Серед основних причин помилок людини, 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 і роздавання кормів, не направляють своїх працівників для навчання на сервісних центрах або ж обмежуються коротким терміном підготовки.

Наступна 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, інструментом та оснасткою. Аналіз показує, що значна частина літератури, яка надходить разом із машинами для подрібнення і роздавання кормів на тваринницьких фермах носить лише інформаційний характер. Дуже мало інформації про характерні дефекти, несправності машин та способи їх усунення. Можна відмітити недостатню укомплектованість машин інструментом та спеціальною оснасткою. Особливо це відчувають спеціалісти, які проводять ТО в післягарантійний період.

П'ята причина – незадовільні умови роботи працівників, які пов'язані із запиленістю приміщень, низькою температурою в зимовий період та високою температурою в літній період, незадовільною освітленістю робочої зони. Під час роботи засобів для приготування і роздавання кормів наявність рухомих частин машини (шнеків, ножів, подрібнювальних барабанів та транспортерів) призводить до шуму і вібрації.

Шоста причина – недостатній рівень організації роботи інженерно-технічної служби підприємства. Досвід використання сільськогосподарської техніки 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.

Під надійністю роботи оператори необхідно розуміти його здатність до безпомилкового виконання роботи на протязі певного проміжку часу при заданих зовнішніх умовах. 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

помилки при виконанні роботи  $P_{non}$ ; ймовірність виправлення помилки оператором  $P_{sv.on}$ ; ймовірність безпомилкової роботи оператора  $P_{zon}$  та ймовірність виправлення помилок оператором  $P_{vupr.on}$ . Як показує аналіз, представлені показники надійності оператора по аналогії близькі до показників надійності технічних об'єктів.

Основним показником надійності систем «людина-машина-середовище» є ймовірність виконання завдання системою  $P_{слмс}$  (ймовірність безвідмовного, безпомилкового і своєчасного виконання завдання на протязі часу  $t$ ), яку можна розрахувати за відповідними формулами [9]. 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». Саме для сільськогосподарської техніки 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 і роздавання кормів можна віднести 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 неперервно слідують одна за однією. Прикладом вказаних систем можуть бути засоби іноземного виробництва (так звані міксери), які забезпечують виконання наступних операцій: завантаження, подрібнення, змішування, дозування та роздавання кормових сумішей. 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 прийняті мобільні кормороздавачі РКМ-5, КТУ-10, КПТ-10, для яких характерна дискретність вирішення задач технологічного процесу, тобто робота оператора співпадає з роботою засобу для приготування і роздавання кормів. 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:

$$P_{\text{слмс-0}} = K_{\text{зм}} P_{\text{м}} P_{\text{зон}} P_{\text{св.оп}} + (1 - P_{\text{м}} K_{\text{зм}}) P_{\text{відн}} P_{\text{зон}} P_{\text{св.оп}} + (1 - P_{\text{зон}}) P_{\text{м}} P_{\text{випр.оп.}} + (1 - P_{\text{нс}}) P_{\text{м}} P_{\text{зс}}, \quad (2)$$

$K_{\text{зм}}$  – коефіцієнт готовності машини.

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

**Висновки.** Вирішальним компонентом керування сучасною технікою, характеристики якої значно змінюється внаслідок інтенсивного її розвитку є діяльність людини-оператора. Це призводить до суттєвих змін параметрів ергономічних вимог при її проектуванні. В залежності від того, які аспекти взаємодії людини і техніки розглядаються, визначальними можуть бути підходи до розуміння ролі людини-оператора в системах керування або ж підходи до аналізу компоненти оператор в системі «ЛМС».

### Список літератури:

1. Надійність техніки. Системи технологічні. Терміни та визначення. ДСТУ 2470-94. - [Чинний від 01.01.95] – К.: Держспоживстандарт України. 1994.

2. Яковенко Т.П. Повышение технологической надежности оператора путем совершенствования условий труда в системе «человек-машина-животное»: дис. ...кандидата техн. наук: 05.20.01/ Яковенко Татьяна Павловна. – Оренбург, 2003. – 181 с.

3. Крушельницька К.В. Фізіологія і психологія праці: Навчальний посібник. – К.: КНЕУ, - 2000. – 232 с.

4. Хороших О.Н. Процесс технического диагностирования как функционирование системы «человек-прибор-машина» и пути его интенсификации: дис. ...кандидата техн. наук: 05.20.01/Хороших Ольга Николаевна. – Иркутск, 2005. – 186 с.

5. Потемкина Д.В. Повышение безопасности системы «оператор-машина-среда» в транспортно-технологическом процессе сельскохозяйственного производства: дис. ...кандидата техн. наук: 05.26.01/ Потемкина Дарья Васильевна. - Челябинск, 2006. – 175 с..

6. Вильчинский В.М. Надежность функционирования системы зерноуборочного процесса «человек-машина-среда-транспорт» на прямом комбайнировании: дис. ...кандидата техн. наук: 05.20.03/ Вильчинский Виталий Михайлович. – Иркутск, 1997. – 172 с.

7. Аверьянов Ю.И., Егоров А.В. Повышение технологической безопасности системы «человек-машина-среда»/ Ю.И. Аверьянов, А.В. Егоров// Челябинскому государственному агроинженерному университету - 70 лет: Материалы науч.-техн. конф. - Челябинск, 2001. – с. 328-329.

8. Ветошкин А.Г., Марунин В.И. Надёжность и безопасность технических систем/ А.Г. Ветошкин, В.И. Марунин. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2002. - 129 с.: ил., библиогр.

9. Амалицкий В.В. Надежность машин и оборудования лесного комплекса: Учебник для студентов специальности 170400 [Текст]/ В.В.Амалицкий, В.Г.Бондарь, А.М.Волобаев, А.С.Воякин. – М.: МГУЛ, 2002. - 279 с.

10. Чертыковцев В.К. Логистика человеко-машинных систем: Учебное пособие. – Самара, 2001. – 76 с.

11. Боннет В.В. Влияние технического состояния картофелеуборочного комбайна на надежность и экономичность функционирования технологического процесса: на примере КПК-2-01: дис. ... кандидата техн. наук: 05.20.03/ Боннет Вячеслав Владимирович. – Новосибирск, 1997. – 172 с.

## **Аннотация**

### **Надёжность оператора, как составляющей системы**

#### **"человек - машина - среда"**

Новицкий А.В., Ружило З.В., Ступак В.В.

*В статье проведён анализ надёжности оператора, как составляющей системы «ЧМС». Рассмотрены зависимости для определения вероятности выполнения задания системой «человек - машина - среда» на примере машин для приготовления и раздачи кормов.*

## **Abstract**

### **Reliability of the operator, as making system «the person - the machine – environment»**

A. Novitskiy, Z. Ruzhilo, V. Stupak

*In article the analysis of reliability of the operator, as making system is machines out. Dependences for definition of probability of performance of the task by system «the person - the machine - environment» on an example of machines for preparation and distribution of forages are considered.*