

## Системний підхід до оцінки потенційних небезпек та ризиків виробничих процесів АПК

На основі системного підходу розроблений метод оцінки небезпечності та індивідуальних ризиків машинно-тракторного агрегату з обґрунтуванням заходів щодо запобігання можливим наслідкам. **ергативна система, небезпечний стан системи, ідентифікаційна модель, машинно-тракторний агрегат**

Сучасний стан безпечності різних машинно-тракторних агрегатів на виробництвах АПК свідчить про те, що проблема зниження травмування механізаторів ще далека до свого розв'язання. Однією з умов такого стану є відсутність закономірностей процесів зародження, формування та виникнення небезпечних станів машинно-тракторних агрегатів з можливими наслідками у вигляді аварій, важких травм та інших небезпечних явищ.

У відомих джерелах наукової літератури є відомості про те, що основною методологічною базою дослідження потенційних виробничих небезпек, які формують індивідуальні професійні ризики працюючих є системний підхід до дослідження їх джерел і процесів зародження, формування та можливого виникнення відповідних наслідків. Це означає, що будь-який машинно-тракторний агрегат при дослідженні потенційних небезпек необхідно розглядати як людино-машинну систему.

Початок розробленню теорії методів синтезу та аналізу ергативних систем у нашій країні, викладені у монографії [1]. Відомі також наукові праці, що стосуються досліджень людино-машинних систем (ЛМС) з метою виявлення впливу ланки „людина” на ефективність їх функціонування [2]. Серед зарубіжних дослідників найбільш відомі імена американських вчених, які внесли значний вклад в розробку методів системного аналізу ергативних систем [3]. В окремих останніх наукових публікаціях [4-7] є відомості про результати досліджень процесів утворення небезпечних ситуацій при функціонуванні ергативних систем сільськогосподарського призначення, методи ідентифікаційного моделювання та визначення професійних індивідуальних ризиків механізаторів.

**Метою досліджень** є розроблення методу експертної оцінки машинно-тракторних агрегатів за потенційними небезпеками та індивідуальними професійними ризиками механізаторів. Головною умовою досягнення зазначеної мети є системний підхід до функціонування будь-якого машинно-тракторного агрегату як ергативної системи із структурою елементів „Людина”, „Машина”, „Середовище”.

**Результати.** Для досягнення поставленої мети нами проведені чисельні дослідження процесів зародження, формування та виникнення небезпечних станів різних машинно-тракторних агрегатів, як ергативних систем, з визначенням їх можливих наслідків. При цьому для логічного прогнозування можливого виникнення

---

© С.Д. Лехман, , В.О. Войтенко, 2010

аварій і травм механізаторів та для точного визначення причин аварій і травм на виробництві нами були застосовані методи ідентифікаційного моделювання процесів зародження, формування та виникнення можливих наслідків .

Головною попередньою умовою успішного виконання побудови логічної ідентифікаційної моделі є досконале знання дослідником виробничого процесу, на

якому розглядається функціонування досліджуваного машинно-тракторного агрегату. Крім цього він повинен мати повну уяву про людино-машинну систему, професійно знати вимоги безпеки до працюючого, технічних елементів зазначеної системи та до середовища, за якими даний агрегат допущений до виконання виробничого завдання, а також володіти відповідним логіко-математичним апаратом.

При цьому виявленні перед початком роботи агрегату певні „відхилення” від існуючих вимог безпеки у будь-якого елементу структури досліджуваної системи фіксують і розглядають як потенційні виробничі небезпеки.

Доведено, що кожна така подія-небезпека після виникнення через певний проміжок часу може логічно поєднатися з наступною подією, що уже існує, або виникає через випадковий проміжок часу і утворити відповідний небезпечний стан функціонуємої системи (МТА).

Процеси утворення небезпечних станів при функціонуванні ЛМС є випадковими, бо вони виникають і утворюються з випадкових подій-небезпек (умов та дій) і характеризують випадкові переходи системи з одного небезпечного стану в інший. При неприйнятті екстрених заходів або несвоечасному їх прийняттю кожен такий процес може закінчитись небажаним наслідком.

При дослідженні утворення небезпечних станів машинно-тракторних агрегатів при їх роботі на різних виробничих процесах, при умові існування первинних небезпек, можна поділити на такі групи:

- небезпечні процеси, які за логічними законами зароджуються, формуються і, відносно швидко, завершуються небезпечним наслідком;
- небезпечні процеси, які після виникнення перших небезпечних станів можуть зупинитись і не призвести до небажаного наслідку;
- небезпечні процеси, які можуть повертатись до попередніх станів, а при виникненні додаткової небезпечної події-умови - продовжитись аж до завершення з виникненням відповідного наслідку.

Ми досліджували випадкові процеси, які за логічним прогнозуванням можуть з певною імовірністю закінчитись завершальними подіями у вигляді аварії, травми працюючого, пожежі тощо. За визначенням джерел наукової літератури: „Випадковим названо процес, значення якого  $X(t)$  при будь-якому фіксованому  $t = t_0$  є випадковою величиною”. Це означає, що у досліджуваних нами процесах утворення кожного стану, починаючи з першого, відбувається у випадкові періоди часу. Такий випадковий процес можна записати у вигляді функції часу двох аргументів – часу  $t$  і елементарної події  $\omega$ .

Поняття „стан системи” характеризує небезпечний, наприклад, стан  $C$ , який утворився при логічному поєднанні первинної небезпечної події-умови, наприклад  $A$  і наступної проміжної події  $B$  (або кількох таких подій, що виникли послідовно одна за однією). Нехай утворений небезпечний стан  $C$  певного машинно-тракторного агрегату характеризує складну подію, що утворилася з двох подій  $A$  і  $B$  за допомогою сполучника „І” і за змістом містить у собі усі елементи, які належать одночасно кожній з цих подій. Розглядаючи зазначені події як елементи певної множини, утворення події  $C$  слід вважати перетином цих подій при умові, що події  $A$  і  $B$  є незалежними між собою. Тоді подію  $C$  можна визначити за такою формулою:

$$C = A \cap B, \quad (1)$$

де  $A$  і  $B$  - ординарні події-небезпеки;

$\cap$  - символ перетину зазначених подій (як елементів множини).

Якщо через певний період часу утворений стан  $C$  послідовно перетнеться з наступною ординарною подією-небезпекою, наприклад  $D$ , то новоутворений небезпечний стан досліджуваної системи  $E$ , визначиться за такою формулою:

$$E = A \cap B \cap C \cap D. \quad (2)$$

Так процес може тривати аж до виникнення фінішного стану у вигляді аварії, травми працівника або іншої небажаної події.

Небезпечний стан системи – складна випадкова подія, що утворилася від логічного перетину попереднього небезпечного стану системи з однією або більше наступних ординарних випадкових подій. Для проведення досліджень нами були вибрані основні машинно-тракторні агрегати, при роботі яких у різних господарствах мали місце аварії та важкі нещасні випадки. Процес ідентифікації до можливого наслідку і наслідку до події-причини ми здійснювали за розробленим нами методом, описаним у роботі [ 5 ]. Для прикладу покажемо побудову ідентифікаційної моделі процесу зародження, формування та можливого виникнення небезпечного наслідку для випадку, який мав місце в одному з господарств АПК під час роботи транспортного агрегату (МТЗ-80 + „2ПТС-4М”). Для дотримання чітких вимог логічних досліджень зазначеного процесу спочатку необхідно визначити його логічну формулу.

**Формула процесу.** *Механізатор, не маючи достатнього досвіду (A), не пройшовши спеціального навчання і відповідного інструктажу (B) не міг усвідомити можливих наслідків від власних помилок (C). Не знизивши швидкості руху агрегату (D), він в'їхав на перехресток (E), різко повернув трактор (F), що транспортував завантажений причіп (G) на слизькій дорозі (I). При цьому виникло бокове занесення трактора на узбіччя (L), що знаходилось нижче полотна дороги (H) і перекинувся на кабінку (Q). При деформуванні кабінки (S), тракторист отримав травму (T) і від важких пошкоджень внутрішніх органів (N) він помер на місці пригод (Tc).*

У даній формулі небезпечні події-умови і події-дії та небезпечні стани позначені відповідними буквами.

На рисунку 1 показана ідентифікаційна модель процесу зародження і можливого виникнення аварії з важким травмуванням механізатора за описаною формулою:

**A        B        D        F,G,I        H        S        N**

Рисунок 1 - Ідентифікаційна модель процесу можливого виникнення небезпечного наслідку від логічного перетину ординарних подій-небезпек

З рисунку видно, що кожен з небезпечних станів системи С, Е, L, Q, Т і Т<sub>с</sub> утворився завдяки логічним перетинам відповідних ординарних і статистично незалежних між собою подій-небезпек А, В, D, F,G, I, H, S і N.

На підставі формули 2 і ідентифікаційної моделі (рисунок 1) можна записати формулу для визначення події Т за операцією перетинів елементів множини, яка має вид:

$$T = A \cap B \cap D \cap F \cap G \cap I \cap H \cap S, \quad (3)$$

де А, В, D, F,G, I, H і S – ординарні події-небезпеки (елементи множини),

∩ - символ перетину елементів множини (небезпечних подій).

Математичний зміст перетинів зазначених подій, як елементів множини за операцією алгебри логіки, визначимо імовірність виникнення наслідку травми без врахування її важкості (P<sub>T</sub>) за формулою:

$$P_T = P_A \cdot P_B \cdot P_D \cdot P_F \cdot P_G \cdot P_I \cdot P_H \cdot P_S, \quad (4)$$

де P<sub>A</sub>, P<sub>B</sub>, P<sub>C</sub> ... P<sub>S</sub> - імовірності ординарних подій-небезпек.

Серед зазначеної сукупності ординарних подій за логічним змістом описаного процесу виникнення наслідку Т є події, які мають походження від „Людини” (A,B,D,F,N), „Машини” (G,S) і „Середовища” (I, H). Імовірності зазначених ординарних подій можна визначити за спеціальними методиками в залежності від того, яка кількість однотипних агрегатів одночасно працювала у приблизно однакових умовах та інших показників. Так ми отримували кількісні показники досліджуваних подій-небезпек.

Так як кожна подія сукупності А,В, D, F,G, I, H, S і N є відповідальною за можливість виникнення небезпечного наслідку, то серед цих подій є одна, а в окремих випадках і

більше, не виникнення якої (яких) може зупинити певний процес. Такою подією буде подія-причина.

При дослідженні небезпечності конкретного машинно-тракторного агрегату завжди можна за допомогою ідентифікаційного моделювання визначити подію-причину ще до початку роботи зазначеного машинно-тракторного агрегату і прийняти необхідні заходи щодо унеможливлення виникнення небезпечного наслідку. Для цього потенційну подію-причину штучно можна зробити „порожньою” (множина, що немає жодного члена). Це можливо при недопущенні виникнення події-причини або подій-причин. Нехай, наприклад, у досліджуваній сукупності подій-небезпек одна з них (подія В) буде „порожньою” (позначається символом  $\emptyset$ ), тоді імовірність події В буде становити 0. При цьому імовірність виникнення наслідку також становитиме 0 і наслідок не відбудеться.

Так як події, що характеризують можливість виникнення травми механізатора при перекиданні трактора і її важкість є випадковими і за логічною операцією їх перетину в сукупності утворюють одну подію – індивідуальний ризик (R) („імовірність виникнення травми з врахуванням її важкості” за ДСТУ 2293-99), формула для його визначення (за описаною версією) матиме такий вид:

$$R = P_T \cdot P_N, \quad (5)$$

де  $P_T$  - імовірність виникнення травми механізатора;

$P_N$  - імовірність важкості травми.

У даній роботі при моделюванні процесу ідентифікації при його застосуванні до оцінки потенційних небезпек та відповідних індивідуальних ризиків ми обмежились описанням лише однієї версії дослідження процесу зародження, формування та можливого виникнення небезпечного наслідку.

Для експертної оцінки небезпечності будь-якого машинно-тракторного агрегату завдяки системному підходу і логічним методам досліджень необхідно відшукати усі можливі версії досліджуваного процесу і запропонувати необхідні заходи для унеможливлення виникнення небезпечних наслідків.

### **Висновки:**

1. Ідентифікаційне моделювання можна застосувати для точного визначення різних наслідків та індивідуальних професійних ризиків працівників, включаючи і визначення причин нещасних випадків при їх розслідуванні.
2. Запропонований метод ідентифікаційного моделювання описаних процесів можна застосовувати для експертної оцінки небезпечності будь-якого машинно-тракторного агрегату на стадії проектування відповідних технічних засобів та при випробуванні їх дослідних зразків.

### **Список літератури**

1. Павлов В.В. Начала теории эргатических систем. – К.: Наукова думка, 1975. – 239 с.
2. Козлов В.И. Методология охраны труда в человеко-машинных системах.– Рига: Зинатне, 1989. - 184 с.
3. Браун Д. Анализ и разработка систем обеспечения техники безопасности (перекл. з англ.).- М.: Машиностроение, 1979. – 359 с.
4. Лехман С.Д., Шейко Н.В. Індивідуальні ризики механізаторів на виробничих процесах АПК та їх імовірнісна оцінка // Науковий вісник НАУ-115. – К., 2007. – С. 132-137.
5. Лехман С.Д. Ідентифікація потенційних небезпек при прогнозуванні аварій і травм на виробничих процесах в АПК.// Науковий вісник НАУ-115. –К., 2007. – С. 137-142.
6. Лехман С.Д. Метод оцінки виробничих ситуацій при роботі машинно-тракторних агрегатів за небезпеками та ризиками // Механізація та електрифікація сільського господарства. –Вип. 91. – К.: 2007. – С. 268-275.
7. Лехман С.Д. Прогнозування небезпечних станів ергативних систем при їх функціонуванні на виробництвах АПК // Механізація та електрифікація сільського господарства. –Вип. 92. – К., 2008. – С. 509-514.

*С. Лехман, В. Войтенко*

**Системный подход к оценке потенциальных опасностей и рисков производственных процессах АПК**

На основе системного подхода разработан метод оценки опасностей и индивидуальных рисков машинно-тракторного агрегата с обоснованием мероприятий по предотвращению возможных последствий.

*S. Lehman, V. Voytenko*

**Approach of the systems to the estimation of potential dangers and risks production processes of АПК**

On the basis of approach of the systems the method of estimation of ununconcern and individual risks MTA is developed with the ground of measures on prevention of possible consequences.

Одержано 02.11.09