

## III ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС МОБІЛЬНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

УДК 331.45.631.145.614.8:331.103.253

### ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ УТВОРЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ СТАНІВ ЕРГАТИВНИХ СИСТЕМ АГРАРНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

*Лехман С.Д*

*Панфілова М.В*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*Описані результати окремих досліджень процесів утворення небезпечних станів ергативних систем сільськогосподарського призначення та запропоновані заходи щодо запобігання можливим наслідкам в умовах виробництва.*

*We describe the results of separate researches of processes of dangerous conditions formation in ergative systems of agricultural purpose and propose measures to prevent possible consequences in terms of production.*

#### **Постановка проблеми**

Чисельними дослідженнями доведено, що будь-який машинно-тракторний агрегат, незалежно від його призначення, можна розглядати як ергативну систему, структура якої утворена з таких елементів як „Людина”, „Машина” та „Середовище”. При цьому відомо, що кожен елемент зазначеної структури в умовах виробництва за певних умов може стати джерелом потенційної небезпеки.

Досвід щодо дослідження функціонування таких систем свідчить про те, що зазначені потенційні небезпеки досить часто в умовах виробництва переходять у стан реальних небезпек і загрожують виникненням аварій, травм відповідних працівників, тощо.

Так виникла проблема аварійності і травматизму на виробничих процесах АПК, яка до цього часу з різних причин не розв’язана. Про це свідчать факти відомої статистики щодо чисельності та важкості відповідних наслідків.

#### **Аналіз останніх досліджень**

Відомо, що визначення поняття „ергативні системи” та окремі їх дослідження описані у науковій праці [1], а зміст понять ”небезпечні ситуації” та окремі результати їх досліджень вперше опубліковано у науковій праці [2]. При цьому було показано, що кожна з таких ситуацій характеризує певний небезпечний стан людино-машинної системи, що може утворитись при збігу небезпечних умов та небезпечних обставин у процесі функціонування таких систем. Автором зазначеної праці показано, що небезпечна ситуація є складною подією, яка в умовах виробництва може утворитись від логічних поєднань не менш як двох ординарних подій-небезпек. При цьому також показано, що у таку ситуацію може потрапити працівник на будь-якому виробництві при збігу небезпечних умов та відповідних обставин.

Відомі наукові праці, у яких описані окремі дослідження процесів зародження, формування та можливого виникнення небезпечних ситуацій, їх ідентифікації до існуючих подій-причин, оцінки значущості небезпек та відповідних професійних ризиків, а також відомі дослідження щодо прогнозування можливих небезпечних наслідків від потенційних небезпек [3-5]. Крім цього відомі окремі дослідження щодо оцінки машинно-тракторних агрегатів за потенційними небезпеками та ризиками [6].

### *Мета*

Розроблення системи заходів щодо запобігання аварійності і травматизму в аграрних підприємствах шляхом оперативного виявлення, негайного виконання системного аналізу можливих наслідків від потенційних небезпек на виробничих процесах і екстреного прийняття заходів щодо запобігання їх виникненню.

### *Результати досліджень*

При розробленні методик для дослідження процесів утворення небезпечних станів різних за складом та призначенням машинно-тракторних агрегатів, як ергативних систем, нами використані окремі елементи математичної логіки та логічні константи [7, 8], що забезпечило застосування відповідних операцій над множинами, з яких утворювалися досліджувані небезпечні процеси.

Дослідженнями встановлено, що окремі процеси зародження, формування та можливого виникнення небезпечних наслідків при існуванні відповідних небезпечних умов і неприйнятті необхідних заходів щодо запобігання їх виникненню, можна поділити на такі групи:

- небезпечні процеси, які за логічними законами зароджуються, формуються і, відносно швидко можуть завершитись небезпечним наслідком;
- небезпечні процеси, які при зародженні та формуванні можуть зупинитись і не призводити до небажаного наслідку;
- небезпечні процеси, які можуть повертатись до попередніх станів і при їх виникненні зупинитись і не переходити в інші небезпечні стани;
- небезпечні процеси, які через певний період функціонування досліджуваної системи утворюють проміжний стан, зупиняються і через певний проміжок часу можуть знову переходити у наступні небезпечні стани аж до виникнення небезпечного наслідку.

Встановлено, що кожен із досліджуваних нами процесів може мати обмежену кількість станів, останній з яких є завершальним і він може виникнути з певною імовірністю, якщо своєчасно не прийняти необхідних заходів.

При проведенні досліджень ми особливу увагу звертали на властивості подій-небезпек і процеси утворення складних подій-ситуацій. З цією метою ми провели серію досліджень потенційних небезпек, що виникають від недоліків конструкцій окремих технічних засобів механізації виробничих процесів у рослинництві, тваринництві, при застосуванні агрохімікатів та при виконанні інших технологічних процесів в АПК.

Одним з найбільш важливих елементів наших методик є побудова логістичної моделі досліджуваного небезпечного процесу.

Застосовуючи розроблені нами методики, побудуємо логістичну модель одного з досліджуваних небезпечних процесів, яка є основним засобом прогнозування можливих

наслідків від потенційних небезпек і вибору необхідних заходів щодо запобігання їх виникненню. З метою дослідження можливості виникнення небезпечних процесів з відповідними наслідками ми вибрали транспортний агрегат у складі трактора МТЗ-82 і причепа 2-ПТС-4М. Зазначені дослідження проводились в аграрних господарствах Київської області на різних технологічних операціях за спеціально розробленими методиками.

При дослідженні можливості виникнення небезпечних процесів при роботі зазначених агрегатів встановлено, що операція переведення колісних тракторів зазначеної конструкції з однієї ширини колії на іншу, є складною технологічною операцією. Тому значна кількість таких агрегатів в умовах виробництва працюють з недотриманням існуючих вимог безпеки щодо переведення таких тракторів з однієї ширини колії на іншу.

Приймаючи до уваги особливості конструкції даного трактора ми за спеціальними методиками опишемо зміст одного з варіантів можливого небезпечного процесу і виконаємо відповідні дослідження можливого наслідку. З цією метою за спеціальною методикою опишемо логістичну формулу досліджуваного процесу, звертаючи особливу увагу на формулювання змісту істинних висловлювань і застосування при цьому необхідних сполучників та логічних констант.

### *Логістика формули небезпечного процесу*

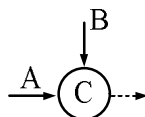
У першій редакції зазначена формула буде мати такий зміст: „ ... *Зміна ширини колії трактора є складною технологічною операцією (А). При відсутності у господарстві необхідного технічного контролю (В), тракторист не завжди переводить трактор на необхідну небезпечну ширину колії (С). При виконанні транспортного процесу (D), тракторист не перевів трактор на широку колію (Е). При транспортуванні завантаженого причепа (F), рухаючись згори (G), тракторист перевищив швидкість (I) і різко повернув на повороті (K). При цьому колеса однієї сторони трактора потрапили у заглиблення (L) і трактор перекинувся на кабіну (M). При деформуванні кабіни (N) тракторист отримав важку травму (T) ”.*

При описанні зазначеної формули ми дотримувались існуючих вимог щодо формулювання змісту ординарних подій небезпек сукупності А, В, D, F, G, I, L і N у вигляді істинних висловлювань та їх відповідної стохастичної незалежності. Лише за таких умов ми можемо дану сукупність віднести до множин і застосувати відповідні операції щодо їх дослідження. При цьому також були дотримані вимоги щодо формулювання змісту складних подій-ситуацій сукупності С, Е, К, М і Т.

За описаною формулою небезпечного процесу ми можемо чітко визначити основні заходи і при їх своєчасній реалізації, гарантувати безпеку працівників досліджуваної технологічної операції.

Необхідні дослідження впливу кожної події-небезпеки на можливість виникнення відповідного наслідку будемо виконувати за допомогою логістичної моделі, яку побудуємо після дослідження кожного небезпечного стану досліджуваного процесу.

Встановлено, що перший небезпечний стан досліджуваного процесу характеризує подію-ситуацію, яка логічно поєднує у собі не менше двох ординарних випадкових подій-небезпек. Описаний процес утворення першого небезпечного стану С показано на рис. 1.



*Рис. 1. Схема утворення першого небезпечного стану досліджуваного процесу. А, В – ординарні події-небезпеки; С – перший небезпечний стан системи.*

Використавши логічні відношення між істинними висловлюваннями А і В і застосувавши відповідну константу „Якщо, ... то”, визначимо перший стан досліджуваного небезпечного процесу за такими висловлюваннями і відповідною формулою.

**Якщо** існують, або можуть виникнути з певною імовірністю події-небезпеки А і В, **то** це призведе до виникнення події-ситуації С. Відповідна логічна формула для визначення події С матиме такий вигляд:

$$C = AiB \quad (1)$$

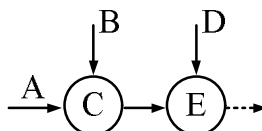
Замінивши сполучник „і” на відповідну логічну операцію „перетин множин” і ввівши відповідний символ цієї операції (  $\cap$  ), отримаємо формулу для визначення події С:

$$C = A \cap B \quad (2)$$

Математичний зміст події С, як стохастичної події, що визначається за відповідною імовірністю (формула 3):

$$P_C = P_A \cdot P_B \quad (3)$$

Наступний небезпечний стан Е може виникнути від логічного поєднання утвореного небезпечного стану С з наступною подією-небезпекою D. Цей етап процесу покажемо на рис. 2:



*Рис. 2. Схема утворення небезпечного стану Е*

З рис. 2 видно, що подія Е утвориться від логічного поєднання подій А, В і D, які повинні бути ординарними і статистично незалежними між собою. У цьому випадку формула логічних висловлювань матиме такий зміст: „**Якщо** послідовно події-небезпеки А і В і D, логічно поєднуючись між собою за допомогою сполучника „і”, утворюють складне висловлювання Е, **то** відповідна логічна формула цього висловлювання матиме вигляд:

$$AiBiDi = E \quad (4)$$

Замінивши сполучник „і” у формулі (4) на символ відповідної логічної операції „перетин” множин, отримаємо формулу (5):

$$E = A \cap B \cap D \quad (5)$$

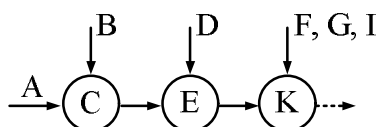
Відповідно імовірність виникнення події-ситуації Е визначиться за формулою (6):

$$P_E = P_A \cdot P_B \cdot P_D \quad (6)$$

Небезпечний стан досліджуваного процесу К може виникнути від логічних поєднань усіх попередніх ординарних подій А, В, D, F, G і I, що можна показати у вигляді формули (7):

$$K = AiBiDiFiGiI \quad (7)$$

Формула (7) на мові логіки означає, що „**якщо** події-небезпеки, як прості істинні висловлювання, виникнуть послідовно і утворять одне складне висловлювання, **то** воно означатиме відповідний стан досліджуваної системи (К) (рис. 3):



**Рис. 3. Схема процесу утворення небезпечного стану "К" від логічного перетину подій A, B, D, F, G і I.**

При цьому відповідну логічну операцію можна виконати за послідовністю аналогічних перетинів елементів множини істинних висловлювань (8):

$$K = A I B I D I F I G I I \quad (8)$$

Відповідно імовірність виникнення небезпечного стану досліджуваного процесу К визначиться за формулою (9):

$$P_K = P_A \cdot P_B \cdot P_D \cdot P_F \cdot P_G \cdot P_I \quad (9)$$

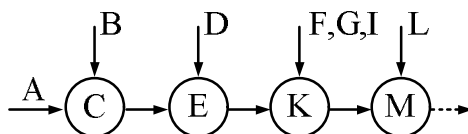
Наступний небезпечний стан М може виникнути, якщо до сукупності подій-небезпек (ф. 9) приєднається ординарна подія L:

$$M = A i B i D i F i G, I i L \quad (10)$$

Відповідну логічну операцію покажемо за допомогою формули (11):

$$M = A I B I D I F I G I I I L \quad (11)$$

При цьому відповідний фрагмент ідентифікаційної моделі досліджуваного процесу буде мати такий вигляд:

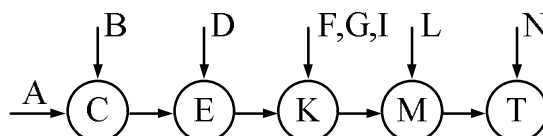


**Рис. 4. Схема утворення аварійної ситуації (стан М).**

Відповідно до наших методик досліджень можливість виникнення події-стану М можна визначити за такою формулою (12):

$$P_M = P_A \cdot P_B \cdot P_D \cdot P_F \cdot P_G \cdot P_I \cdot P_L \quad (12)$$

Якщо при виникненні події-стану М (перекидання трактора на кабінку) виникне деформація кабіни (подія N), тракторист може отримати важку травму (Т). Повну логістичну модель досліджуваного небезпечного процесу покажемо на рис. 5.



**Рис. 5. Повна ідентифікаційна логістична модель досліджуваного небезпечного процесу.**

З рис. 5 видно, що наслідок (подія Т) може виникнути за умов настання ординарних подій-небезпек сукупності А, В, D, F, G, I, L і N. Тоді формула для визначення можливості

виникнення події-наслідку буде мати такий вид:

$$P_T = P_A \cdot P_B \cdot P_D \cdot P_F \cdot P_G \cdot P_I \cdot P_L \cdot P_N \quad (13)$$

За формулою (13) зазначеної сукупності можна визначити найбільш раціональний захід щодо запобігання можливому наслідку. Для цього необхідно за джерелами потенційних небезпек визначити їх відповідні потенційні небезпеки. За нашими дослідженнями такі елементи досліджуваної ергативної системи як „Тракторист”, „Технічний засіб” і „Середовище” є джерелами можливих небезпек, показаних у формулі (13). Так тракторист є джерелом потенційних небезпек (B, D і I), технічний засіб (A, F і N) і середовище (G і L). Відповідно до отриманих результатів досліджень, формулу (13) використаємо для обґрунтованого вибору заходів щодо запобігання можливому небезпечному наслідку. З цією метою формулу запишемо у такому вигляді:

$$P_T = (P_B \cdot P_D \cdot P_I) \cdot (P_A \cdot P_F \cdot P_N) \cdot (P_G \cdot P_L) \quad (14)$$

Якщо у формулі (14) хоч одна подія не виникне, а це означатиме, що імовірність її виникнення буде мати нульове значення, то прогнозований наслідок не відбудеться. Але враховуючи результати наших досліджень ми пропонуємо для кожної групи добутків вибирати найбільш доцільний захід щодо унеможливлення виникнення відповідної події-наслідку.

### **Висновки та пропозиції**

1. Завдяки проведеним нами досліджень різних небезпечних процесів в умовах аграрного виробництва на рівні відповідних підприємств можна стверджувати, що практично кожен досліджуваний небезпечний процес можна описати і дослідити за допомогою наших методик і запропонувати найбільш раціональні заходи щодо запобігання можливим наслідкам.

2. Отримані результати наших досліджень можуть бути покладені в основу розроблення нової концепції щодо запобігання аварійності і травматизму в аграрній галузі та ДТП на транспорті.

3. Розроблені методи визначення та аналізу небажаних подій та явищ за законами прямої логістики можна застосовувати і в інших галузях різних виробництв.

### **Література**

1. С.Д.Лехман. Опыт обучения подростков безопасности труда. //Лехман С.Д. Охрана труда подростков, занятых в сельском хозяйстве // Тезисы докладов Всесоюзной научно-практической конференции. Орел., 1982. – С. 76 - 78.
2. Лехман С.Д. Закономірності утворення небезпечних ситуацій на виробничих процесах в АПК та їх імовірнісна оцінка./ Лехман С.Д // Науковий вісник НАУ. К., 2003. Вип.60. – С. 224-228.
3. Лехман С.Д. Ідентифікація потенційних небезпек при прогнозуванні аварій і травм на виробництвах АПК / С.Д.Лехман // Науковий вісник НАУ. - Вип.115. – К., 2007. – С. 350-357.
4. Лехман С.Д. Метод оцінки виробничих ситуацій при роботі машинно-тракторних агрегатів за небезпеками та ризиками /Лехман С.Д. // Механізація та електрифікація сільського господарства. – К., 2007. Вип. 91 – С. 268-275.
5. Лехман С.Д. Прогнозування небезпечних станів ергативних систем при їх функціонуванні на виробництвах АПК / Лехман С.Д. // Механізація та електрифікація сільського господарства. – К., 2008. - Вип. 92. – С. 509-514.
6. Лехман С.Д. Експертна оцінка машинно-тракторного агрегату за потенційними небезпеками та ризиками. / Лехман С.Д., Войтенко О.В. Техніка і технології. № 5. 2009. – С. 26-28.
7. Боровик В.Н. Математика /Боровик В.Н. – К.: Вища шк., 1980.- 400 с.8. В. Хубка. Теория технических систем; пер. с нем. / Хубка В. – М.: Мир, 1987. – 205 с.