УДК 621.81

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ НЕБЕЗПЕК НА ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСАХ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МЕЗ НА ЗЕРНОСКЛАДАХ

С. М. Виговський, І. Л. Роговський

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Кореспонденція автора: rogovskii@nubip.edu.ua.

Історія статті: отримано – грудень 2018, акцептовано – травень 2019.

Бібл. 13, рис. 1, табл. 0.

Анотація. При дослідженні закономірностей перебігу подій-небезпек від події-причини до події-наслідку на різних виробничих процесах експлуатації МЕЗ на зерноскладах підприємств АПК встановлено, що у кожному випадку подія небезпечна ситуація утворюється внаслідок перетину певної кількості сумісних подій. При цьому у кожному окремому потоці завжди існують такі події, як причина, небезпечна ситуація, критична ситуація та наслідок, а між ними може знаходитись певна кількість проміжних подій. Важливе значення для оцінки значущості можливих наслідків у кожному потоці має визначення ймовірності кожної з подій, що входять до його складу. Особливо це стосується визначення ймовірності первинної (базової) події-причини, з якої розпочинається зазначений потік перебігу подій.

Враховуючи досвід інших авторів і власних досліджень, ймовірність базової події визначаємо за даними експертної оцінки певної кількості ідентичних мобільних енергетичних засобів, робочим місць, окремих механізмів, знарядь тощо. При цьому у такої сукупності зазначених об'єктів визначається початкова кількість існуючих небезпек і за відношенням її до загальної кількості досліджуваних об'єктів, визначаємо ймовірність відповідної базової події. В подальшому визначення ймовірностей виникнення інших подій здійснюємо за законами їх перетину чи об'єднання, або за методом логіко-імітаційного моделювання можливості виникнення події-наслідку. Отримані таким чином статистичні дані відповідно обробляються і визначається математичне сподівання можливості виникнення події, що характеризує стан небезпечності від одного або від певної кількості небезпечних факторів досліджуваного об'єкта.

Ключові слова: моделювання, небезпека, виробництво, процес, зерносклад.

небезпеки фізичного, хімічного, біологічного та психофізіологічного походження. Зазначені небезпеки отримали назви від видів небезпечних виробничих факторів, відповідна класифікація яких передбачена нормативними документами з охорони праці.

Аналіз останніх досліджень

Відомо, що фізичні небезпеки найбільш поширені у сільськогосподарському виробництві [1], зокрема і при експлуатації МЕЗ на зерноскладах підприємств АПК [2], та, незважаючи на це, вони найменше досліджені. Особливо це стосується процесів зародження [3], формування [4] та виникнення подій-небезпек [5] при експлуатації МЕЗ на зерноскладах підприємств АПК, закономірностей виникнення їх причин та наслідків [6]. Майже недослідженими на сьогоднішній день є кількісні та якісні показники значущості фізичних небезпек, що негативно впливає на розробку заходів щодо запобігання їх наслідкам [7]. З наукових публікацій можна виділити ряд праць, які внесли певний вклад у дослідження подій-небезпек і, зокрема таких, як небезпечні ситуації [8]. У роботі [9] подію-небезпеку, з появою якої виникають небезпечні виробничі фактори [10] або подія-умова [11], при якій вони можуть діяти на людину [12], запропоновано називати небезпечною ситуацією [13].

Мета досліджень

Метою роботи є окреслення аналітичних передумов імітаційного моделювання фізичних небезпек на виробничих процесах при експлуатації МЕЗ на зерноскладах підприємств АПК.

Результати досліджень

Постановка проблеми

Чисельні аварії і різні за ступенем важкості травми працюючих на механізованих процесах експлуатації МЕЗ на зерноскладах підприємств АПК свідчать про те, що механізатору у сучасних умовах виробництва продовжують часто загрозовувати

Встановлено, що у зародженні, формуванні та можливому виникненні небезпечних ситуацій при експлуатації МЕЗ на зерноскладах підприємств АПК приймають участь події-небезпеки, що породжуються кожним з елементів певної людино-машинної системи: людини, машини та виробничого середовища.

Фізичні небезпеки це особливий вид небезпек, які характеризуються дією на людину фізичних небезпечних факторів. Серед чисельної групи фізичних факторів у момент їх виникнення можна помітити, що більшість з них мають різні характеристики за значущістю. Наприклад, при руйнуванні круга заточувального верстата заздалегідь невідомо, який за масою чи розмірами уламок може діяти на людину, з якою силою предмет, що падає з певної висоти, нанесе удар людині тощо.

В окремих випадках значущість небезпечного фактора може бути такою, що на випадок його дії на людину може очікуватися летальний наслідок. У таких факторів показник значущості за розрахунками іноді у багато разів може перевищувати смертельну значущість. Це вибухи посудин, що працюють під тиском, мобільний енергетичний засіб, що перекидаються на кабіну, платформи (кузови), що підняті за допомогою механізмів гідросистем і мають можливість падати, падаючі з підставок масивні предмети, будівлі або їх елементи, що обриваються, приводи, що можуть захопити одяг працюючого тощо. Якщо при дії на людину небезпечного фактора будь-якого виду не може виникнути пошкодження здоров'я з помітними наслідками, то таку значущість слід вважати допустимою. У зв'язку з цим для оцінки значущості будь-якого небезпечного фактора, незалежно від його природи, властивостей, особливостей дії на людину, слід шукати такий показник, який для усіх груп (класів) небезпечних виробничих факторів був би універсальним. Одночасно це повинен бути показник (критерій) для визначення кількісної величини потенційної або реальної небезпеки від певного небезпечного фактора.

Для пояснення поняття значущість небезпеки необхідно використати величини, що характеризують значущість небезпечного фактора, можливість його виникнення на певному робочому місці та можливість дії на працюючого.

Приймаючи до уваги, що для значної кількості небезпечних факторів значущість є величиною випадковою, то визначати її можна за відповідною ймовірністю. При цьому для небезпечних факторів, що мають постійну значущість, ймовірність її умовно приймемо за одиницю. Якщо ймовірність значущості небезпечного фактора наближається до 0, то відповідно наближається до 0 і ймовірність наслідку від його дії на людину. Відповідно максимальна значущість небезпеки від такого фактора буде мати позначення $P_{зфм}$.

На підставі логічних досліджень встановлено, що значущість (масштаб, розмір, концентрація токсичної речовини у повітрі робочої зони тощо) певної небезпеки, як випадкова подія, розкривається при одночасному настанні усіх сумісних подій, що характеризують значущість небезпечних виробничих факторів A_3 , можливість його виникнення на певному робочому місці B_6 і можливість дії цього фактора на людину C_0 . При відомих значеннях ймовірностей усіх зазначених подій у певний момент часу, ймовірність значущості небезпеки від одного небезпечного виробничого фактора $P_{зн}$ можна визначити за формулою:

$$P_{зн} = P(A_3 \cdot B_6 \cdot C_0) = P_{зф} \cdot P_6 \cdot P_0, \quad (1)$$

де $P_{зф}$, P_6 і P_0 – ймовірності значущості, можливого виникнення та можливої дії небезпечного фактора на людину відповідно.

Отримана формула (1) справедлива для будь-якого небезпечного виробничого фактора незалежно від його природи, особливостей дії на людину тощо. Важливо лише у реальних умовах виробництва визначити його фактичні значення ймовірності значущості, а також значення ймовірностей можливостей його виникнення та дії на людину.

Застосовуючи системний підхід до аналізу функціонування людино-машинних (ергатичних) систем, усю сукупність подій-небезпек, що породжуються різними елементами таких систем, можна розглядати як множини і для їх аналізу можна застосовувати елементи теорії множин: операції об'єднання та перетину подій, комутативний, дистрибутивний та асоціативний закони, закони поглинання, операції з невизначеними множинами, булеві тотожності тощо. Завдяки цьому зазначені операції можуть виконуватись незалежно від кількості елементів, що належать певній множині. Це дозволяє аналізувати множини, які мають один елемент або не мають жодного (порожня множина). Виходячи з цього, усі зазначені закони і операції теорії множин можна використовувати для аналізу випадкових подій, що виникають при функціонуванні ергатичних систем сільськогосподарського призначення. Так як події A , B і C (1) є сумісними, то при одночасному їх настанні утвориться множина N , що характеризує перетин цих подій. Тоді формулу (1) можна записати так:

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

де $\cap$ – символ перетину подій A , B і C .

Формула (1) для обчислення ймовірності значущості реальної або потенційної небезпеки від одного небезпечного фактора має важливе значення для вибору і обґрунтування заходів і засобів щодо запобігання виникненню наслідків від небезпеки, яка може виникнути від одного небезпечного фактора. Вона дозволяє ще на стадії проектування машин, технологічного устаткування, установок, споруд, будівель, робочих місць, виробничих процесів тощо, вибрати доцільний захід (засіб), завдяки якому унеможливиться виникнення певної події-небезпеки та її наслідку. Це стане можливим, якщо у формулі (1) одна з множин, наприклад C , буде не визначеною або порожньою. Це означатиме, що множини B і C не будуть мати спільних елементів. Тоді $B \cap C = O$. Так як порожня множина грає роль нуля у відповідних операціях, то за формулою (2) можна визначити наслідок:

$$N = A \cap B \cap C = A \cap (B \cap C) = A \cap O = O \quad (3)$$

З формули (3) випливає, що при наданні будь-якій з множин (подій) невизначеності, множина N стає порожньою. Відповідно ймовірність значущості небезпеки приймає нульове значення. Це означає, що той захід, який призведе до невизначеності значущості небезпеки, унеможливить виникнення наслідку, бо при цьому зникає сама небезпека.

Для розробки системи управління безпекою на виробництві важливим є кількісний та якісний аналіз небезпек на певних робочих місцях. Так як основним критерієм оцінки можливості виникнення небезпеки з певною значущістю є ймовірність зазначеної події, то при цьому метод оперативного визначення ймовірності виникнення досліджуваної події набуває головного значення. Це завдання можна розв'язати таким чином. В умовах конкретного виробництва вибирають найбільш небезпечний виробничий процес, певний машинно-тракторний агрегат або окреме робоче місце. За виробничими умовами, характером виконуваної технологічної операції та іншими даними визначають види небезпечних факторів, будують логічну модель процесу перебігу подій, визначають статистичну залежність (незалежність) між подіями і за законами теорії множин і відповідними операціями визначають ймовірність можливого виникнення досліджуваної події чи її наслідку.

На рис. 1 показана (наближена до реальної) логічна модель перебігу подій від A і E до події T з визначенням ймовірності можливого виникнення найбільш важливих проміжних подій та їх наслідків. Рис. 1: A, E – події-причини; $B, C, D, G, F, K, M, H, L$ і Q – проміжні події; S_1 і S_2 – небезпечні ситуації; KS – критична ситуація; T – наслідок.

Рис. 1. Логічна модель утворення небезпечних ситуацій.

Fig. 1. The logical model of the generation of hazardous situations.

На рисунку показана схема утворення критичної ситуації KS і її наслідку T від об'єднання двох потоків випадкових подій. У зазначених потоках події S_1 і S_2 є небезпечними ситуаціями, що мають однаковий зміст але формуються вони з різних початкових і проміжних подій. Тому подія KS може виникнути при умові реалізації першого або другого потоку з відповідними наслідками. Це означає, що критична ситуація KS може виникнути лише від об'єднання подій S_1 і S_2 . У свою чергу ситуація S_1 утворюється від послідовного перетину подій першого потоку:

$$C = A \cap B, \text{ а } S_1 = C \cap D, \text{ тоді } S_1 = A \cap B \cap D. \quad (4)$$

Відповідно подія S_2 може виникнути від слідуєчих перетинів:

$$K = E \cap G \cap F, M = K \cap H, S_2 = M \cap L. \quad (5)$$

Подія-наслідок T виникне від перетину події KS з додатковою подією-небезпекою Q :

$$T = KS \cap Q. \quad (6)$$

Так як у першому потоці події A, B і D є незалежними між собою, а подія S_1 може виникнути лише при умові попереднього виникнення події C , то ймовірність її виникнення можна визначити за формулою:

$$P_{S1} = P_A \cdot P_B \cdot P_{D/C}, \quad (7)$$

де P_A і P_B – значення ймовірностей подій A і B відповідно; $P_{D/C}$ – ймовірність події D при умові, що виникла подія C .

Аналогічно можна записати формулу для визначення ймовірності події S_2 :

$$P_{S2} = P_E \cdot P_G \cdot P_F \cdot P_{H/K} \cdot P_{L/M}, \quad (8)$$

де P_E, P_G , і P_F – ймовірності подій E, G і F відповідно; $P_{H/K}$ і $P_{L/M}$ – ймовірності подій H і L при умові, що події K і M виникли, відповідно.

Ймовірність події KS визначиться шляхом об'єднання подій S_1 і S_2 за формулою:

$$P_{KS} = (P_{S1} + P_{S2}) = P_{S1} + P_{S2} - P_{S1} \cdot P_{S2}. \quad (9)$$

Тоді

$$P_T = P_{KS} \cdot P_{Q/KS}, \quad (10)$$

де $P_{Q/KS}$ – ймовірність події Q при відомому значенні KS .

Таким чином ймовірність наслідку T за формулою (10) визначають при умові, що подія KS уже відбулась і вона тягне за собою виникнення події T .

Описаний метод оцінки подій за їх ймовірностями у випадкових потоках їх перебігу має важливе значення для аналізу можливих наслідків, що виникають на виробничих процесах АПК. Наприклад, при виконанні транспортних робіт агрегатом у складі мобільного енергетичного засобу, такого як колісного трактора класу 1,4 трапляються такі події як занесення трактора і перекидання трактора на кабінку з наслідками у вигляді аварій і важких травм працюючих.

Відомо, що подія занесення трактора при певних додаткових умовах може призвести до виникнення події перекидання трактора. У таких випадках небезпечною ситуацією слід вважати подію перекидання трактора, бо при цьому з моменту перекидання він стає небезпечним фактором. Наступною критичною ситуацією буде подія-аварія руйнування кабіни з наслідком травмування механізатора.

Так як в описаних ситуаціях не можна знизити ймовірність значущості небезпечного фактора і абсолютно виключити перекидання трактора в умовах виробництва, то єдиним заходом захисту механізатора від важкого травмування може бути застосування в конструкціях їх кабіни жорсткого каркасу. Аналогічно можна обґрунтувати застосування найбільш раціональних засобів або способів щодо запобігання аваріям і важким травмам механізаторів на різних виробничих процесах.

При дослідженні закономірностей перебігу подій-небезпек від події-причини до події-наслідку на різних виробничих процесах встановлено, що у кожному випадку подія небезпечна ситуація утворюється внаслідок перетину певної кількості сумісних подій. При цьому у кожному окремому потоці завжди існують такі події, як причина, небезпечна ситуація, критична ситуація та наслідок, а між ними може знаходитись певна кількість проміжних подій. Важливе значення для оцінки значущості можливих наслідків у кожному потоці має визначення ймовірності кожної з подій, що входять до його складу. Особливо це стосується визначення ймовірності

первинної базової події-причини, з якої розпочинається зазначений потік перебігу подій.

Враховуючи досвід інших авторів і власних досліджень, ймовірність базової події визначаємо за даними експертної оцінки певної кількості сукупності ідентичних машинно-тракторних агрегатів, робочим місць, окремих механізмів, знарядь тощо. При цьому у такої сукупності зазначених об'єктів визначається початкова кількість існуючих небезпек і за відношенням її до загальної кількості досліджуваних об'єктів сукупності, визначаємо ймовірність відповідної базової події. В подальшому визначення ймовірностей виникнення інших подій здійснюємо за законами операціями їх перетину чи об'єднання, або за методом логіко-імітаційного моделювання можливості виникнення події-наслідку. Отримані таким чином статистичні дані відповідно обробляються і визначається математичне сподівання можливості виникнення події, що характеризує стан небезпечності від одного або від певної кількості небезпечних факторів досліджуваного об'єкта.

Висновки

1. Встановлено, що у кожному досліджуваному процесі перебігу подій-небезпек завжди приймають участь події, які входять до складу формули (1) з імовірностями P_v і P_d . Ймовірності зазначених подій разом з ймовірністю значущості небезпечних виробничих факторів P_f утворюють сукупність ймовірностей сумісних подій, які за формулою (1) визначають основний показник значущості досліджуваного небезпечного фактора – ймовірність значущості відповідної небезпеки.

2. З формули (1) також видно, що зниження ймовірності будь-якої із зазначених подій до 0 порожня множина, наслідок не відбудеться, бо значущість небезпеки також наблизиться до 0. Це створює широкі можливості для обґрунтованого вибору заходів і засобів щодо унеможливлення виникнення наслідку певної небезпечної ситуації ще на стадії проектування відповідної машини чи робочого місця.

Список літератури

1. Ivanovs S., Bulgakov V., Nadykto V., Kuvachov V. Theoretical investigation of turning ability of two-machine sowing aggregate. Proceedings of 17th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 17, pp. 314-322.
2. Bulgakov V., Pascuzzi S., Nadykto V., Ivanovs S. A mathematical model of the plane-parallel movement of an asymmetric machine and tractor aggregate. Journal of Agricultural Engineering. Vol. 49, No 1, 2018, pp. 258-271.
3. Bulgakov V., Ivanovs S., Adamchuk V., Nowak J. Theoretical investigation of steering ability of movement of asymmetric swath header and tractor aggregate. Proceedings of 17th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 17, pp. 301-308.
4. Knapczyk A., Francik S., Pedryc N., Hebda T. Bibliometric analysis of research trends in engineering for rural development. Proceedings of 17th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 17, pp. 700-707.
5. Dubbini M., Pezzuolo A., De Giglio M., Gattelli M., Curzio L., Covi D., Yezekyan T., Marinello F. Last generation instrument for agriculture multispectral data collection. CIGR Journal, vol. 19, 2017, pp. 158-163.
6. Viba J., Lavendelis E. Algorithm of synthesis of strongly non-linear mechanical systems. In Industrial Engineering – Innovation as Competitive Edge for SME, 22 April 2006. Tallinn, Estonia, pp. 95-98.
7. Pinzi S., Cubero-Atienza A.J., Dorado M.P. Vibro-acoustic analysis procedures for the evaluation of the sound insulation characteristics of agricultural machinery. Journal of Sound and Vibration, vol. 266 (3), 2016, pp. 407-441.
8. Yata V.K., Tiwari B.C., Ahmad, I. Nanoscience in food and agriculture: research, industries and patents. Environmental Chemistry Letters, vol. 16, 2018, pp. 79-84.
9. Voinalovych A. V., Motrich M. N. Control of the technical state of agricultural aggregates by facilities of fault detection. Mechanization in agriculture. Sofia. Bulgaria, Year LXI, ISSN 0861-9638, issue 12, 2015, pp. 29-31.
10. Виговський С. М., Роговський І. Л. Інженерні заходи забезпечення охорони праці при експлуатації МЕЗ на зерноскладах підприємств АПК. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: механізація та автоматизація виробничих процесів. Суми, 2016. Вип. 10/3 (31). С. 168–173.
11. Виговський С. М., Роговський І. Л. Логічна модель процесу перебігу подій-небезпек в заходах охорони праці при експлуатації МЕЗ на зерноскладах підприємств АПК. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК [Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK]. Київ. 2017. Вип. 275. С. 325–335.
12. Виговський С. М., Роговський І. Л. Вдосконалення навчання з охорони праці при експлуатації МЕЗ на зерноскладах підприємств АПК. Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування. XVIII

Міжнародна конференція науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів: збірник тез. м. Київ, Україна, 26–30 березня 2018 року. Київ. 2018. С. 180–183.

13. *Виговський С. М., Роговський І. Л.* Підвищення безпеки праці при забезпеченні стійкості руху МЕЗ на зерноскладах підприємств АПК. Збірник тез доповідей XIV Міжнародної наукової конференції «Рациональне використання енергії в техніці. TechEnergy 2018» (19-22 травня 2018 року). Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2018. С. 136–138.

References

1. *Ivanovs S., Bulgakov V., Nadykto V., Kuvachov V.* (2018). Theoretical investigation of turning ability of two-machine sowing aggregate. Proceedings of 17th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 17, 314-322.

2. *Bulgakov V., Pascuzzi S., Nadykto V., Ivanovs S.* (2018). A mathematical model of the plane-parallel movement of an asymmetric machine and tractor aggregate. Journal of Agricultural Engineering. Vol. 49, No 1, 258-271.

3. *Bulgakov V., Ivanovs S., Adamchuk V., Nowak J.* (2018). Theoretical investigation of steering ability of movement of asymmetric swath header-and-tractor aggregate. Proceedings of 17th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 17, 301-308.

4. *Knapczyk A., Francik S., Pedryc N., Hebda T.* (2018). Bibliometric analysis of research trends in engineering for rural development. Proceedings of 17th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 17, 700-707.

5. *Dubbini M., Pezzuolo A., De Giglio M., Gattelli M., Curzio L., Covi D., Yezekyan T., Marinello F.* (2017). Last generation instrument for agriculture multispectral data collection. CIGR Journal, vol. 19, 158-163.

6. *Viba J., Lavendelis E.* (2006). Algorithm of synthesis of strongly non-linear mechanical systems. In Industrial Engineering – Innovation as Competitive Edge for SME, 22 April 2006. Tallinn, Estonia, 95-98.

7. *Pinzi S., Cubero-Atienza A.J., Dorado M.P.* (2016). Vibro-acoustic analysis procedures for the evaluation of the sound insulation characteristics of agricultural machinery. Journal of Sound and Vibration, vol. 266 (3), 407-441.

8. *Yata V.K., Tiwari B.C., Ahmad, I.* (2018). Nanoscience in food and agriculture: research, industries and patents. Environmental Chemistry Letters, vol. 16, 79-84.

9. *Voinalovych A.V., Motrich M.N.* (2015). Control of the technical state of agricultural aggregates by facilities

of fault detection. Mechanization in agriculture. Sofia. Bulgaria, Year LXI, ISSN 0861-9638, issue 12, 29-31.

10. *Vygovskii, S. M., Rogovskii I. L.* (2016). Engineering measures to ensure safety in the operation of the IES at the granaries of agricultural enterprises. Bulletin of Sumy National Agrarian University. Series: mechanization and automation of production processes. The amount of, Vol. 10/3 (31). 168-173.

11. *Vygovskii, S. M., Rogovskii I. L.* (2017). Logical process model flow of events-dangers in the activities of occupational safety in the operation of the extraction plant on silos of agribusiness. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. Vol. 275. 325-335.

12. *Vygovskii, S. M., Rogovskii I. L.* (2018). Improvement of education on labor protection during operation of the IES at the granaries of agricultural enterprises. Problems and prospects of development of technical and bioenergetic environmental management systems. XVIII International conference of scientific and pedagogical workers, scientific employees and postgraduates: abstracts. Kyiv, Ukraine, 26-30 March 2018. Kyiv. 180-183.

13. *Vygovskii, S. M., Rogovskii I. L.* (2018). Improving workplace safety while ensuring the sustainability of the movement MEZ on the granaries of agricultural enterprises. The book of abstracts XIV International scientific conference "Rational use of energy in technology. TechEnergy 2018" (19-22 May 2018). National University of life and environmental Sciences of Ukraine. Kyiv. 136-138.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССАХ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЭС НА ЗЕРНОСКЛАДАХ С. М. Выговский, И. Л. Роговский

Аннотация. При исследовании закономерностей течения событий-опасностей от события-причины, события-следствия на различных производственных процессах эксплуатации МЭС на зерноскладах предприятий АПК установлено, что в каждом случае событие опасная ситуация образуется в результате пересечения определенного количества совместимых событий. При этом в каждом отдельном потоке всегда существуют такие события, как причина, опасная ситуация, критическая ситуация и следствие, а между ними может находиться определенное количество промежуточных событий. Важное значение для оценки значимости возможных последствий в каждом потоке имеет определение вероятности каждого из событий, входящих в его состав. Особенно это касается определения вероятности первичной (базовой) события-причины, с которой начинается указанный поток течения событий.

Учитывая опыт других авторов и собственных исследований, вероятность базового события определяем по данным экспертной оценки определенного количества идентичных мобильных энергетических средств, рабочих мест, отдельных механизмов, орудий и тому подобное. При этом в

такой совокупности указанных объектов определяется начальное количество существующих опасностей и за ее отношением к общему количеству исследуемых объектов, определяем вероятность соответствующей базовой события. В дальнейшем определение вероятностей возникновения других событий осуществляем по законам их пересечения или объединения, или методом логико-имитационного моделирования возможности возникновения события-следствия. Полученные таким образом статистические данные обрабатываются и определяется математическое ожидание возможности возникновения события, что характеризует состояние опасности от одного или от определенного количества опасных факторов исследуемого объекта.

Ключевые слова: моделирование, опасность, производство, процесс, зерносклад.

SIMULATION OF PHYSICAL HAZARDS IN PRODUCTION PROCESSES WHEN OPERATING THE EXTRACTION PLANT ON SILOS

S. M. Vygovskii, I. L. Rogovskii

Abstract. In the study of regularities of the course of events-dangers of the event-the causes, the events, the investigation on various production processes of operation of the IES at the granaries of agricultural enterprises it is established that in each case the event a dangerous situation is formed by the intersection of a certain number of compatible events. In each individual thread there are always events, such as cause a dangerous situation, critical situation and consequence, and between them can be a certain amount of intermediate events. Important to assess the significance of possible consequences in each thread is the determination of the probability of each events that enter into its composition. This is especially true for determining the probability of the primary (base) event-causes, which begins with the specified stream flow events.

Given the experience of other authors and our own research, the probability of basic events defined according to expert evaluations of a certain number of identical mobile power tools, work areas, separate mechanisms, tools and the like. Thus in this set of these objects is determined by the initial amount of existing hazards and the number of examined objects, and determine the probability of the corresponding basic events. In the future, the definition of probability of occurrence of the other events implemented by the laws of their intersection or Union, or by the logic-simulation of the possibility of events of the investigation. Thus obtained statistical data shall be processed and determined by the mathematical expectation of the possibility of events that characterizes the condition of danger from one or a certain number of dangerous factors of the object.

Key words: modeling, risk, manufacture, process, granary.

С. М. Виговський ORCID 0000-0002-0357-3141.

І. Л. Роговський ORCID 0000-0002-6957-1616.