

## АНАЛІЗ ТРАВМАТИЗМУ ПІД ЧАС ВИГОТОВЛЕННЯ ТЕПЛООБМІННИКА НА ЗАВОДІ «АТОНМАШ»

*У статті охарактеризовано методологію дослідження виробничого травматизму, як сукупності його комплексного аналізу, прогнозування і попередження, розроблені рекомендації для зменшення травматизму на машинобудівних заводах. У роботі досліджено основні фактори, які впливають на травматизм при виготовленні труби в теплообмінник опалювального котла. За допомогою побудови дерев відмов і дерев подій було визначено основні складові, які негативно впливають на роботу працівників.*

*The methodology of the study industrial injuries is described in the article, as a set of his comprehensive analysis, forecasting and prevention, recommendations to reduce injuries in machine-building plants. This work investigates the main factors that affect the injuries in the manufacture of heat exchanger tubes in boilers. With the construction of fault tree and event trees were the main components affecting the work of employees.*

Ключові слова: травматизм, виготовлення теплообмінників.

У сучасному висококомеханізованому виробництві на працівника впливають різноманітні фактори, що змінюють умови і безпеку праці. У зв'язку з цим організаційна структура забезпечення охорони праці повинна бути оперативною і враховувати їх комплексний вплив, вчасно виявляти, усувати і не допускати травмонебезпечних ситуацій. Однак, незважаючи на те, що спостерігається стійка тенденція зниження чисельності нещасних випадків (НВ) на виробництві в Україні, рівень травматизму у галузі машинобудування залишається високим. При розподілі його причин на технічні, організаційні та психофізіологічні, друга з них визначає 58-67 % всієї кількості виробничих травм за період з 2003 по 2008 р [1]. Профілактика виробничого травматизму на основі поліпшення методів його дослідження є актуальною науковою задачею. Цілеспрямоване вдосконалення заходів від травмування машинобудівного підприємства обумовлює необхідність поглиблених досліджень з розробки схеми, яка враховує вплив стану охорони праці на кінцеві цілі підприємства. Для розв'язання взаємозалежних задач з обліку, аналізу і прогнозу, а на їхній основі розробки профілактичних заходів потрібне об'єднання розрізаних засобів в єдиний комплекс з діями, що постійно виконуються на усіх рівнях і стадіях керування.

На українському ринку опалювальної техніки компанія представляє продукцію під торговою маркою АТОН з 2003 року. Впевнено крокуючи по Україні, щорічно завойовуючи нові позиції і активно розвиваючись за рахунок надійності, якості і енергоефективності, сьогодні бренд АТОН займає лідируючі позиції.

Також котли АТОН характеризуються і сучасними технологічними рішеннями, які були можливі тільки завдяки високому рівню інвестиційних засобів. В 2006 році в експлуатацію було введено ряд нового обладнання:

- два зварювальних автомата «Навко-Тех» (Україна) дозволили механізувати процес виготовлення димогарних труб газотрубних теплообмінників (кожна установка замінює працю двох висококваліфікованих зварювальників), підвищити продуктивність та покращити якість продукту, що виробляється;
- ковальсько-пресове обладнання «Насо» (Бельгія) дозволило значно покращити дизайн котла за рахунок застосування сучасних технологій виготовлення облицювок;
- координатно-револьверний прес Finn-Power (Фінляндія), придбаний у світового лідера з виробництва такого обладнання являється єдиним в Україні (серед виробників опалювальної техніки) обладнанням з автоматичною подачею листа і автоматичним сортуванням отриманих заготовок по контейнерах.

Незважаючи на автоматизацію на заводі працюють кривошипні та гідравлічні преси. Однією з основних цілей даної статі є аналіз їх роботи, визначити найбільш можливі ризики травмування і показати рішення які були прийняті для покращення роботи і зменшення можливості травмування при виготовленні труби в теплообмінник опалювального котла. Опалювальне обладнання АТОН володіє цілим рядом незаперечних переваг: в котлах встановлюється зварний газотрубний теплообмінник, виготовлений з високоякісної сталі товщиною 2 мм; в теплообміннику застосовані димогарні труби спеціального профілю. Формування в трубі зигзагоподібного каналу дозволило збільшити площу теплопередачі на 15 %. Профіль труби забезпечує ефективну теплопередачу завдяки відсутності зон застою та інтенсивному змішуванню продуктів спалювання при їх русі зигзагоподібним каналом. В свою чергу це забезпечує низьку температуру відхідних димових газів, швидке нагрівання теплоносія в теплообміннику і номінальний ККД котла – 90 %. Такий теплообмінник, завдяки ефективному використанню площі теплообміну, дозволив зменшити габаритні розміри котлів. Малоємнісна конструкція теплообмінника зводить практично до нуля втрати в гарячому резерві і котел АТОН навіть при таких низьких температурах теплоносія, як 40°C, працює без утворення конденсату. Накип та ерозія труб теплообмінника запобігається шляхом контролю швидкості проходження по ньому води; це забезпечує максимум ефективності роботи котла протягом багатьох років при мінімумі його технічного обслуговування.

Теплообмінник являється однією з основних деталей котла, тому аналіз травматизму при виготовленні труби рис. 1., яка вставляється в касети, являється актуальною темою для даного підприємства.



Рис. 1. Процес виготовлення труби в теплообмінник

Основним питанням теорії і практики охорони праці є питання підвищення рівня безпеки. Порядок пріоритетів при розробці будь-якого проекту потребує, щоб вже на перших стадіях розробки продукту або системи у відповідний проект були включені елементи, що виключають небезпеку. На жаль, це не завжди можливо. Якщо виявлену небезпеку неможливо виключити повністю, необхідно знизити ймовірність її появи до припустимого рівня шляхом вибору відповідного рішення. Досягти цієї мети можна кількома шляхами. Це може бути повна або часткова відмова від робіт, операцій та систем, які мають високий ступінь небезпеки; заміна небезпечних операцій іншими, менш небезпечними; удосконалення систем та об'єктів або застосування технічних чи організаційних заходів, наведених вище.

Кожен із зазначених напрямів має свої переваги і недоліки, і тому часто заздалегідь важко сказати, який з них кращий. Як правило, для підвищення рівня безпеки завжди використовується комплекс цих заходів та засобів. Для того, щоб надати перевагу конкретним заходам та засобам або певному їх комплексу, необхідно мати кількісну оцінку безпеки чи небезпеки.

Такою кількісною оцінкою небезпеки є ризик. Згідно з ДСТУ 2293-99 [2] ризик – це ймовірність заподіяння шкоди з урахуванням її тяжкості. Поняття ризику є одним з ключових в охороні праці, тому дуже важливо знати його значення і вміло використовувати. Зараз існує і використовується кілька його трактувань, або значень. Ми, не замислюючись, говоримо такі фрази: «Ця робота пов'язана з ризиком», «Якщо працівник використовує несправний інструмент, у нього є ризик зазнати травми», або: «Підпримець, що розпочав справу, ризикує на мільйон гривень». У кожному з цих випадків термін «ризик» має різне трактування. У першому випадку слово «ризик» є синонімом слова «небезпека»; у другому – під ризиком розуміється ймовірність появи несприятливої події, наприклад, травми, загибелі, аварії; а у третьому – потенційна шкода, яка може бути нанесена несприятливою подією. Ці трактування закріпились і використовуються в багатьох науках про ризики, в тому числі і в охороні праці, при оцінці ризику як ймовірності появи несприятливої події.

Ризик визначається за формулою (1):

$$R = \frac{N}{n}, \quad (1)$$

де  $R$  – ризик травмування;  
 $n$  – кількість подій з небажаними наслідками;  
 $N$  – максимальна можливість їх кількості за конкретний період часу.

Наведена формула дозволяє розрахувати розміри загального та групового ризику. При оцінці загального ризику величина  $N$  визначає максимальну кількість усіх подій, а при оцінці групового ризику – максимальну кількість подій у конкретній групі, що вибрана із загальної кількості за певною ознакою. Зокрема, в групу можуть входити люди, що належать до однієї професії, віку, статі; групу можуть складати також транспортні засоби одного типу, один клас суб'єктів господарської діяльності тощо. Ризик у всіх цих випадках є безрозмірною величиною.

Характерним прикладом визначення загального та групового ризику може служити розрахунок числового значення виробничого травматизму. Виробничий ризик – це ймовірність ушкодження здоров'я працівника під час виконання ним трудових обов'язків [3].

При оцінці ризику як потенційної шкоди, яка може бути нанесена несприятливою подією, ризик визначається за формулою (2):

$$R = \frac{N}{n} \cdot D, \quad (2)$$

де  $R$  – ризик як потенційна шкода;  
 $\frac{N}{n}$  – імовірність несприятливих подій;  
 $D$  – шкода, яку може принести імовірність.

Оскільки імовірність величина безрозмірна, виходить, що одиниця вимірювання ризику і потенційної шкоди повинна бути однією і тією ж. Найбільш універсальний кількісний засіб визначення шкоди – це вартісний, тобто визначення шкоди у грошовому еквіваленті, хоча інколи, наприклад, коли мова йде про людське життя або здоров'я, він неприйнятний.

Прикладом використання в охороні праці ризику як ймовірності появи несприятливої події є коефіцієнт частоти травматизму, а як потенційної шкоди – коефіцієнт виробничих втрат. Оцінка виробничого ризику служить інструментом формування правового інституту соціального захисту, тому вивчення виробничого ризику входить в коло інтересів як охорони праці, так і медицини, і соціального страхування. При цьому кожен із зазначених напрямів при одному і тому ж предметі дослідження має свої особливості, методи і цілі.

З позиції охорони праці ризик визначається для чинників виробничого середовища (техніки, технології, організації праці і стану виробничої безпеки), що впливають на величину виробничого травматизму, професійної та виробничого зумовленої захворюваності, і використовується для розробки систем технічних і організаційних заходів, спрямованих на зниження травматизму та захворюваності на машинобудівному виробництві.

Як правило, якісна оцінка ризиків і кількісна оцінка ризиків виконуються за допомогою готових комп'ютерних програм імовірнісних кодів, що розроблені для проведення імовірнісного аналізу безпеки (ІАБ). Найбільш розповсюдженими з них є коди з використанням моделей дерев подій (ДП) і дерев відмов (ДВ) зокрема IRRAS.

Розрахунок, який виконується в даній статті, дає можливість визначити імовірність виникнення травм в заготівельному цеху під час виготовлення труби в теплообмінник.

Для розгляду ризику травмування необхідно побудувати дерево подій – це логічні представлення значних можливостей травмування при роботі технічної системи, на ініціюючі (вихідні) події. При цьому:

- 1) результатом кожної послідовності може бути визначений чи безпечний результат (кінцевий стан) – наприклад, безпечна робота при виготовленні труби чи аварійний результат – травмування робітника;
- 2) дерева подій відображають залежність системи і функції безпеки для конкретних вихідних подій;
- 3) дерева подій забезпечують повне простеження (перегляд) аварійних послідовностей.

Дерево подій, що зображене на рис. 2, відображає шлях розвитку одержання травми.

Для аналізу травматизму при виготовленні труби в теплообмінник на заводі «АТОНМАШ» будуються дерева подій для кожної технологічної операції.

Як приклад проаналізуємо дерево подій виготовлення труби на кривошипному пресі KB2132 (рис. 2.)

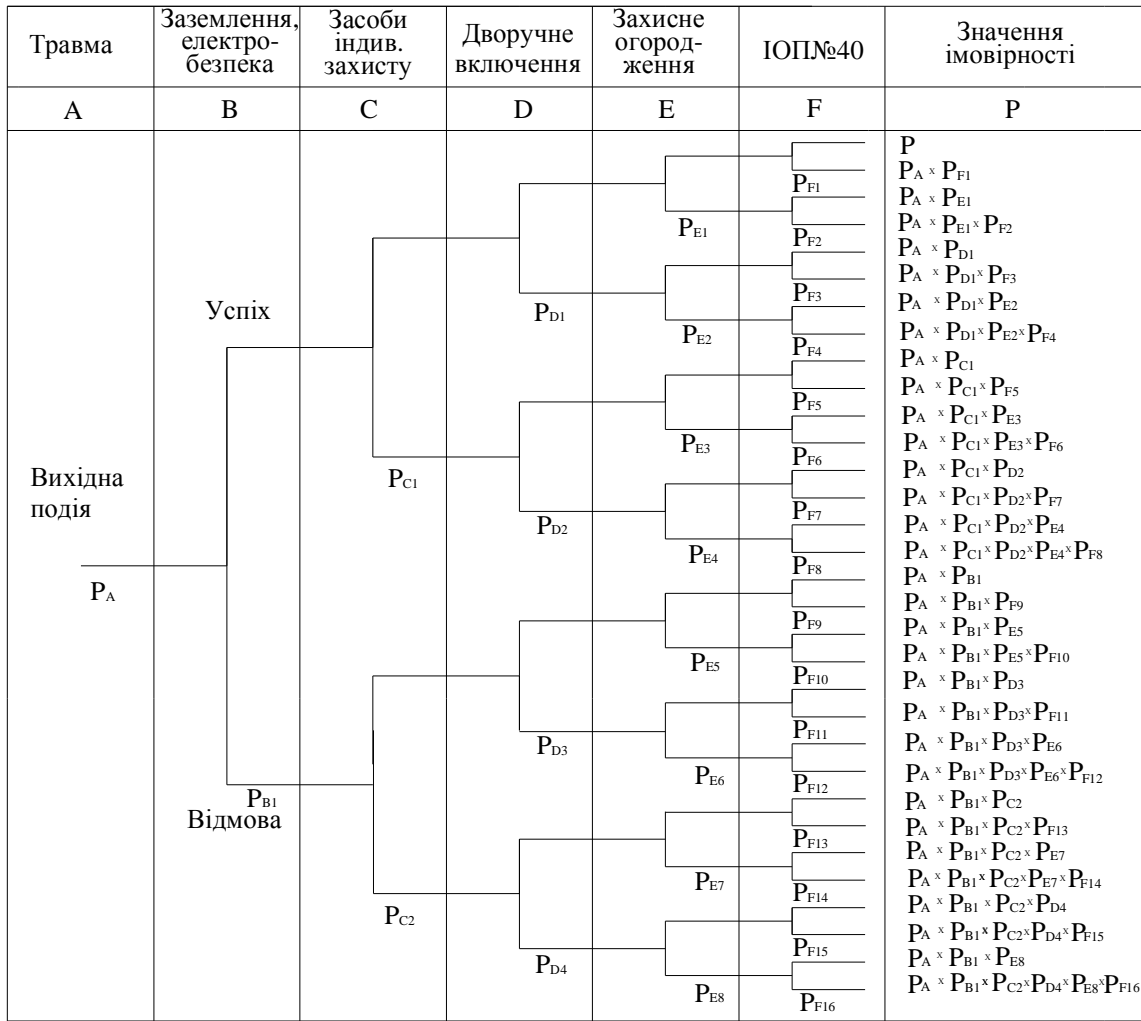


Рис. 2. Дерево подій для розрахунку імовірностей травмування при операції № 40 (формовка деталі на кривошипному пресі KB2132)

Із рис. 2 можна описати сценарії розвитку небажаних подій:

1-й сценарій.

1. Працівник працює на пресі, який має заземлення і захисні кожухи, які виключають можливість травмування струмом.
2. Працівник використовує засоби індивідуального захисту.
3. Працівник використовує тільки дворучне включення і має можливість легкого доступу до кнопки аварійного відключення.
4. Працівник використовує захисне огороження і захисні екрани на пресі.
5. Працівник виконує інструкцію з охорони праці при роботі на пресі (ІОП № 40), яка діє на підприємстві.

За такого сценарію подій можливість травмування зводиться до мінімуму і забезпечує безпечну роботу працівників.

2-й сценарій.

1. Працівник працює на пресі, який немає відповідних захисних пристосувань і може травмуватись електричним струмом.
2. Працівник використовує засоби індивідуального захисту.
3. Працівник використовує тільки дворучне включення і має можливість легкого доступу до кнопки аварійного відключення.
4. Працівник використовує захисне огороження і захисні екрани на пресі.
5. Працівник виконує інструкцію з охорони праці при роботі на пресі (ІОП № 40), яка діє на підприємстві.

За такого сценарію можливе травмування працівників електричним струмом незважаючи на те, що інші фактори травмування відсутні. Значення імовірності травмування струмом можливо обрахувати, але спочатку потрібно визначити, за яких обставин можливе травмування.

Наявність струму на корпусі кривошипного пресу:

- а) відсутність захисного заземлення (не виконувалося заземлення кривошипного пресу; пошкоджено захисне заземлення);

б) пошкодження ізоляції та вихід з ладу складових машини (відсутність профілактичних заходів; спрацювання складових машин; неправильна експлуатація);

Дотик робітника оголеними частинами тіла до корпусу кривошипного пресу:

а) недотримання правил техніки безпеки (відсутність захисного щита; недотримання правил вибору взуття; незнання правил техніки безпеки);

б) невикористання засобів індивідуального захисту та відповідного інструменту (відсутність засобів індивідуального захисту; халатність робітника).

Зв'язок подій, факторів та обставин за час від початкової події до небажаної події.

Сучасними науковцями вже доказано, що стан робочого місця впливає не тільки на умови роботи, але процес виробництва в цілому. Такі чинники, як відсутність засобів індивідуального захисту, невиконання профілактичних заходів щодо огляду робочого місця, нехтування правилами техніки безпеки можуть бути причиною травмування робітника.

проведення профілактичних заходів;

збільшення асигнування на заходи з охорони праці;

завчасне проведення інструктажів з охорони праці.

Можливе втручання людини в процес та можливі помилки при цьому.

Людина може втручатися у любую подію, це досить природно. Щодо конкретного випадку, то на першому етапі це втручання людини у виробничий процес, тобто дотримання правил техніки безпеки, проведення профілактичного огляду перед початком роботи, неможливість халатності під час виконання операцій на кривошипному пресі.

Таблиця 1

Оцінка ймовірностей наведених подій

Шифр	Назва події	Ймовірність
EL1	Відсутність захисного заземлення	0,02
EL2	Пошкодження захисного заземлення	0,04
EL3	Спрацювання складових машини	0,1
EL4	Неправильна експлуатація машини	0,02
EL5	Відсутність профілактичних заходів	0,2
EL6	Відсутність захисного щита	0,12
EL7	Недотримання правил вибору взуття	0,15
EL8	Незнання правил техніки безпеки	0,1
EL9	Відсутність засобів індивідуального захисту	0,2
EL10	Халатність	0,08

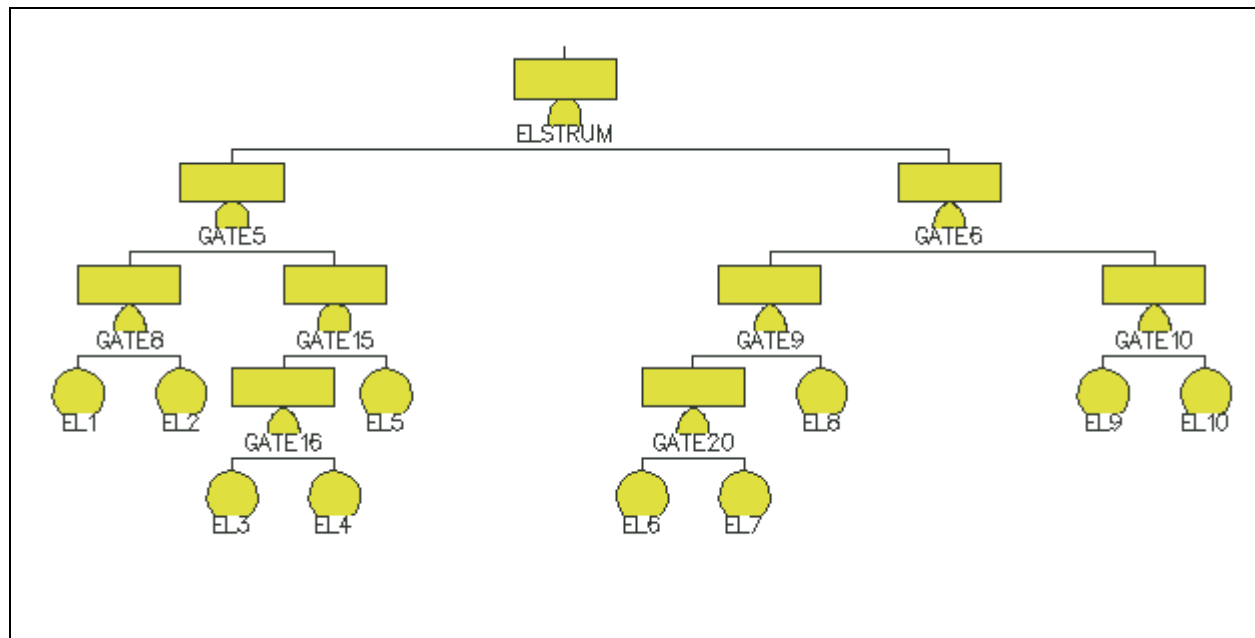


Рисунок 3 Дерево подій травмування робітника від ураження електричним струмом під час роботи на кривошипному пресі

**PARTITION CUT SET REPORT**

Analysis: RANDOM Case: ALTERNATE

Family Name ->ANDREY Fault Tree Name ->ELSTRUM

Mincut Upper Bound 9.356E-004 This Partition 9.356E-004

Cut % % Cut

No. Total Set Frequency Cut Sets

1	17.1	17.1	1.600E-004	EL2, EL3, EL5, EL9
2	29.9	12.8	1.200E-004	EL7, EL2, EL3, EL5
3	40.1	10.2	9.600E-005	EL2, EL3, EL5, EL6
4	48.7	8.5	8.000E-005	EL1, EL3, EL5, EL9
5	57.2	8.5	8.000E-005	EL8, EL2, EL3, EL5
6	64.1	6.8	6.400E-005	EL10, EL2, EL3, EL5
7	70.5	6.4	6.000E-005	EL7, EL1, EL3, EL5
8	75.6	5.1	4.800E-005	EL1, EL3, EL5, EL6
9	79.9	4.2	4.000E-005	EL8, EL1, EL3, EL5
10	83.3	3.4	3.200E-005	EL2, EL4, EL5, EL9
11	86.7	3.4	3.200E-005	EL1, EL10, EL3, EL5
12	89.3	2.5	2.400E-005	EL7, EL2, EL4, EL5
13	91.4	2.0	1.920E-005	EL2, EL4, EL5, EL6
14	93.1	1.7	1.600E-005	EL1, EL4, EL5, EL9
15	94.8	1.7	1.600E-005	EL8, EL2, EL4, EL5
16	96.1	1.3	1.280E-005	EL10, EL2, EL4, EL5
17	97.4	1.2	1.200E-005	EL7, EL1, EL4, EL5
18	98.5	1.0	9.600E-006	EL1, EL4, EL5, EL6
19	99.3	0.8	8.000E-006	EL8, EL1, EL4, EL5
20	100.0	0.6	6.400E-006	EL1, EL10, EL4, EL5

**IMPORTANCE MEASURES REPORT (Alternate Cut Sets)**

Family: ANDREY Analysis: RANDOM

System: ELSTRUM Case : ALTERNATE

(Sorted by Fussell-Vesely Importance)

Num. Probability Fussell- Risk Risk

of of Vesely Reduction Increase

Event Name Occ. Failure Importance Ratio Ratio

EL5	20	2.000E-001	1.000E+000	4.214E+012	4.991E+000
EL3	10	1.000E-001	8.333E-001	5.998E+000	8.474E+000
EL2	10	4.000E-002	6.666E-001	2.999E+000	1.689E+001
EL1	10	2.000E-002	3.332E-001	1.500E+000	1.722E+001
EL9	4	2.000E-001	3.076E-001	1.444E+000	2.230E+000
EL7	4	1.500E-001	2.307E-001	1.300E+000	2.307E+000
EL6	4	1.200E-001	1.845E-001	1.226E+000	2.353E+000
EL4	10	2.000E-002	1.666E-001	1.200E+000	9.135E+000
EL8	4	1.000E-001	1.538E-001	1.182E+000	2.383E+000
EL10	4	8.000E-002	1.230E-001	1.140E+000	2.414E+000

При зміні показника EL5 з 0.2 до 0.05, тобто якщо проводити профілактичні заходи, розрахункові результати можуть бути кращими, ризик виникнення нещасного випадку зменшується у десять разів.

**PARTITION CUT SET REPORT**

Analysis: RANDOM Case: ALTERNATE

Family Name -&gt;ANDREY Fault Tree Name -&gt;ELSTRUM

Mincut Upper Bound 2.339E-004 This Partition 2.339E-004

Cut % % Cut

No. Total Set Frequency Cut Sets

1	17.1	17.1	4.000E-005	EL2, EL3, EL5, EL9
2	29.9	12.8	3.000E-005	EL7, EL2, EL3, EL5
3	40.1	10.2	2.400E-005	EL2, EL3, EL5, EL6
4	48.7	8.5	2.000E-005	EL1, EL3, EL5, EL9
5	57.2	8.5	2.000E-005	EL8, EL2, EL3, EL5
6	64.1	6.8	1.600E-005	EL10, EL2, EL3, EL5
7	70.5	6.4	1.500E-005	EL7, EL1, EL3, EL5
8	75.6	5.1	1.200E-005	EL1, EL3, EL5, EL6
9	79.9	4.2	1.000E-005	EL8, EL1, EL3, EL5
10	83.3	3.4	8.000E-006	EL2, EL4, EL5, EL9
11	86.7	3.4	8.000E-006	EL1, EL10, EL3, EL5
12	89.3	2.5	6.000E-006	EL7, EL2, EL4, EL5
13	91.3	2.0	4.800E-006	EL2, EL4, EL5, EL6
14	93.0	1.7	4.000E-006	EL1, EL4, EL5, EL9
15	94.8	1.7	4.000E-006	EL8, EL2, EL4, EL5
16	96.1	1.3	3.200E-006	EL10, EL2, EL4, EL5
17	97.4	1.2	3.000E-006	EL7, EL1, EL4, EL5
18	98.4	1.0	2.400E-006	EL1, EL4, EL5, EL6
19	99.3	0.8	2.000E-006	EL8, EL1, EL4, EL5
20	100.0	0.6	1.600E-006	EL1, EL10, EL4, EL5

**IMPORTANCE MEASURES REPORT (ALTERNATE CUT SETS)**

Family: ANDREY Analysis: RANDOM  
 System: ELSTRUM Case : ALTERNATE  
 (Sorted by Fussell-Vesely Importance)  
 Num. Probability Fussell- Risk Risk  
 of of Vesely Reduction Increase  
 Event Name Occ. Failure Importance Ratio Ratio

```
-----
EL5 20 5.000E-002 1.000E+000 2.107E+012 1.996E+001
EL3 10 1.000E-001 8.333E-001 5.999E+000 8.493E+000
EL2 10 4.000E-002 6.666E-001 3.000E+000 1.697E+001
EL1 10 2.000E-002 3.333E-001 1.500E+000 1.731E+001
EL9 4 2.000E-001 3.077E-001 1.444E+000 2.231E+000
EL7 4 1.500E-001 2.307E-001 1.300E+000 2.307E+000
EL6 4 1.200E-001 1.846E-001 1.226E+000 2.354E+000
EL4 10 2.000E-002 1.666E-001 1.200E+000 9.159E+000
EL8 4 1.000E-001 1.538E-001 1.182E+000 2.384E+000
EL10 4 8.000E-002 1.231E-001 1.140E+000 2.415E+000
```

**Висновок:**

Використання програми "IRRAS" для розрахунку ризику виникнення травми під час виконання роботи на пресі дозволяє визначити шляхи управління ризиком значимість подій, які впливають на реалізацію небезпечних факторів.

Було досліджено усі операції по технологічному процесу і виявлено найвагоміші фактори, які впливають на травматизм працівників при виготовленні труби в теплообмінник на заводі «АТОНМАШ».

**Література**

1. Бегун В.В. Безпека життєдіяльності: [навч. – метод. посібник]. / Бегун В.В., Науменко І.М. – К., 2004. – 327 с.
2. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять: ДСТУ 2293- 99. – К.: Держстандарт України. – 16 с.
3. Основи охорони праці: [підручник]. – / Ткачук К.Н., Халімовський М.О., Зацарний В.М. та ін. – [2-е вид., доп. та перероб.]. – К.: Основа, 2006. – 448 с.

УДК 519.832.3

В.В. РОМАНЮК

Хмельницький національний університет

## **МІНІМАКСНИЙ ПІДХІД У РЕАЛІЗАЦІЇ СТОХАСТИЧНОГО ПАРАМЕТРА З НЕВІДОМИМ ІМОВІРНІСНИМ РОЗПОДІЛОМ НА ІНТЕРВАЛІ НЕНУЛЬОВОЇ МІРИ**

*У формі антагоністичної гри представлено модель практичної реалізації стохастичного параметра з невідомим імовірнісним розподілом на інтервалі ненульової міри. Доведено теореми про нижнє і верхнє значення антагоністичної гри для випадків з континуальним ядром та з матричним ядром. Представлено розроблений програмний MATLAB-модуль «stochparamrealize» для знаходження оптимальної стратегії як варіанту шуканого імовірнісного розподілу, що може бути використаний у задачах моделювання шорсткостей поверхонь.*

*In the form of the antagonistic game there has been represented a model of the practical realization of the stochastic parameter with the unknown probabilistic distribution on the nonzero measure interval. There have been proved the theorems on the low and upper value of the antagonistic game for the cases with the continual kernel and with the matrix kernel. There has been represented the developed program MATLAB-module «stochparamrealize» for finding the optimal strategy as the variant of the sought probabilistic distribution, that may be used in problems of modeling the surface roughness.*

Ключові слова: стохастичний параметр, антагоністична гра, MATLAB-модуль.

**Постановка проблеми у загальному виді**

Оцінювання параметрів математичних моделей є характерним чи не для кожного об'єкта моделювання. Інтервальна оцінка невідомого параметра є, звичайно ж, більш інформативною, ніж оцінювання лише його математичного сподівання. Тим більше, що у природі не існує об'єктів зі сталими у часі параметрами. Інтервальна оцінка стохастичного параметра вимагає ще й знання імовірнісного розподілу, за який зазвичай приймають нормальний розподіл. Але тут, знову ж таки, доводиться оцінювати вже невідому дисперсію цього розподілу. Крім того, навіть якщо інтервал ненульової міри, у якому знаходяться значення стохастичного параметра, визначено (оцінено), цей інтервал значень необхідно ще реалізувати практично, адже кожне значення з цього інтервалу має "право на існування" (і має бути