

В.В. Онищук, канд. техн. наук, старш. науч. сотруд., ORCID 0000-0003-3406-8778
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ НАПОРНОГО ТРУБОПРОВОДА НА ОСНОВЕ РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ НАВЕ – СТОКСА

На основе аналитического решения замкнутой системы уравнений Навье-Стокса выполнена оценка гидроморфологического состояния напорного потока при динамическом равновесии системы «стоячая волна - волна деформации». По полученным расчетным формулам на конкретном примере оценена структура напорного потока. Солиноидальное движение субстанции в напорном трубопроводе является ярким подтверждением принципа минимума диссипации энергии в открытой системе. Это движение субстанции обусловлено действием трех массовых сил - гидродинамического напора, стоячей волны в условиях замедленного течения и поперечным распором на фоне заблокированного проявления явления меандрирования. Полученные результаты расчетов характеристик напорного потока дают возможность утверждать о наличии в центре трубы устойчивого ядра. Ядро потока представляет собой центральную часть мезовира, который вращается против часовой стрелки и, таким образом, поддерживает в поперечном измерении динамическое равновесие системы «напорный поток - стоячая волна».

Ключевые слова: гидродинамическая система «стоячая волна - волна деформации», динамическое равновесие системы, солиноидальная траектория движения субстанции, система уравнений Навье - Стокса, ядро водотока.

Надійшла 29.06.2017

Received 29.06.2017

УДК 331.45

О.Г. Левченко, д-р техн. наук, проф., ORCID 0000-0002-9737-7212

О.С. Ильчук, асист., ORCID 0000-0001-6352-5320

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ В ГАЛУЗІ МАШИНОБУДУВАННЯ

У роботі обґрунтовано застосування правила ранжування для машинобудівних виробництв за показниками впливу на рівень їх виробничого травматизму. Сформульовано математичну постановку задачі ранжування. Розраховано й впорядковано суму рангів для виробництв в галузі машинобудування. Виконано математичне моделювання ранжування виробництв за допомогою правила Борда та отримано матрицю спостережень. Наведено результати розподілу потерпілих за причинами нещасних випадків, які в повному обсязі відображають стан охорони праці та рівень виробничого травматизму в галузі машинобудування в цілому.

Розглянуто десять машинобудівних виробництв України та наведено результуючі значення ранжування правилом Борда для визначення кращих та гірших з них.

Ключові слова: охорона праці, ефективність управління, машинобудування, виробничий травматизм, ранжування, правило Борда.

© О.Г. Левченко, О.С. Ильчук, 2017

Вступ. Ранжування соціально-економічних об'єктів будь-якої природи – складна проблема теорії прийняття рішень і теорії колективного вибору. Дослідженню даної проблеми присвячена велика кількість літератури [1]. Зупинимося на окремих найбільш повних правилах ранжування. Такі правила застосовуються під час оцінки рейтингів наукових проектів [2], тендерів [3], держав [4] тощо.

У процесі обробки й аналізу інформації стану рівня виробничого травматизму в галузі машинобудування скористаємося правилами ранжування. Для кожного виробництва вираховуємо суму рангів, потім впорядковуємо цю суму. Ранг один дають виробництву, яке отримало найменшу суму, найвищий ранг — виробництву з найвищою сумою. Сформулюємо математичну постановку задачі ранжування.

Нехай досліджувана система складається зі скінченної множини Π_0 виробництв Π_i , $\Pi_0 = \{\Pi_i | i = \overline{1, m}\}$ [5]. Кожне виробництво $\Pi_i \in \Pi_0$ характеризує скінченна множина Π_0 показників Π_i . Зі сформованої групи показників E_0 для ранжування використовують найважливіші, на думку експертів показники E_k , $E_0 = \{E_k | k = \overline{1, l}\}$. Кожний показник $E_k \in E_0$ піддається аналізу по відношенню до всіх виробництв.

В теорії ранжування популярним методом є правило французького математика Борда. Упорядкування, отримане цим методом, узагальнює думки всіх експертів, враховуючи думку більшості.

Метою дослідження є оцінювання рівня ефективності управління охороною праці на десяти машинобудівних виробництвах шляхом використання правила Борда.

Матеріал і результати дослідження. Модель ранжування виробництв за допомогою правила Борда має наступну структуру. По кожному j -му показнику i -го машинобудівного виробництва x_{ij} упорядковуємо всі виробництва від кращого до гіршого з точки зору ефективності управління охороною праці. За останнє місце i виробництво отримує 0 балів, один бал за передостаннє і так далі, за перше місце i виробництво отримує $i-1$ бал. Згодом підраховуються бали, які отримані по кожному показнику. В загальному рейтингу на перше місце ставиться i виробництво з найбільшою сумою балів і т. ін.

Алгоритм правила Борда включає в себе наступну послідовність дій [6].

На початку формуємо матрицю спостережень. Вихідна множина складається з m елементів, описаних n ознаками; кожна її одиницю можна інтерпретувати як точку n -мірного простору з координатами, що дорівнюють значенням n ознак для виробництва, яке розглядається. Матриця спостережень має наступний вигляд:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1k} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2k} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ik} & \dots & x_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mk} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

де m – кількість виробництв; n – кількість показників для оцінювання; x_{ik} – значення показника k для i -го виробництва.

В якості критеріїв для ранжування використовуємо показники, які розглядалися у таблиці 1, отримані в Національному науково-дослідному інституті промислової безпеки та охорони праці.

Таблиця 1 – Розподіл потерпілих за причинами нещасних випадків

Код	Причини нещасного випадку	Питома вага, %
1	2	3
24.2	Невиконання вимог інструкцій з охорони праці	15,5
06.0 06.1 06.2 06.3	Незадовільний технічний стан	14,5

Продовження табл.1

24.1	Невиконання посадових обов'язків	8,5
21.0	Порушення правил безпеки руху	7,4
19.0	Порушення вимог безпеки під час експлуатації устаткування, машин, механізмів тощо	7
18.0	Порушення технологічного процесу	6,9
32.0	Особиста необережність потерпілого	4,8
31.0	Травмування внаслідок протиправних дій інших осіб	4,4
08.0	Інші технічні причини	3,9
07.0	Незадовільний стан виробничого середовища	3,2
05.0	Недосконалість, невідповідність вимогам безпеки технологічного процесу	3,2
01.0	Конструктивні недоліки, недосконалість, недостатня надійність засобів виробництва	2,6
20.0	Порушення вимог безпеки під час експлуатації транспортних засобів	2,5
24.0	Порушення трудової і виробничої дисципліни	2,1
22.0	Незастосування засобів індивідуального захисту (за їх наявності)	1,9
04.0	Неякісне виконання будівельних робіт	1,6
29.0	Незадовільні фізичні данні або стан здоров'я	1,4
17.0	Залучення до роботи працівників не за спеціальністю (професією)	1,4
25.0	Інші організаційні причини	1,2
03.0	Неякісна розробка або відсутність проектної документації на будівництво, реконструкцію виробничих об'єктів, будівель, споруд, обладнання тощо	1,1
33.0	Інші психофізичні причини	0,9
10.1	Відсутність або неякісне проведення інструктажу	0,7
11.0	Неякісна розробка, недосконалість інструкцій з охорони праці або їх відсутність	0,5
02.0	Конструктивні недоліки, недосконалість, недостатня надійність транспортних засобів	0,5
27.0	Алкогольне, наркотичне, токсикологічне сп'яніння	0,5
09.0	Незадовільне функціонування, недосконалість або відсутність системи управління охороною праці	0,4
10.2	Допуск до роботи без навчання та перевірки знань з охорони праці	0,4
14.0	Відсутність або неякісне проведення медичного обстеження (профвідбору)	0,4
13.0	Порушення режиму праці та відпочинку	0,2
15.0	Невикористання засобів індивідуального захисту через незабезпеченість ними	0,2
26.0	Алкогольне, наркотичне, токсикологічне отруєння	0,2

Ці показники були сформовані, враховуючи основні складові організаційно-технічного спрямування, які в повному обсязі відображають стан охорони праці та рівень виробничого травматизму в галузі машинобудування вцілому.

До цих показників також додамо

k_1 – ранг виробництва залежно від кількості травмованих;

k_2 – ранг виробництва залежно від кількості працюючих на ньому.

Присвоюємо

$$k_{1i} = \begin{cases} k_{1-i}, & \text{якщо } T_i = T_{i-1} \\ k_{1-i} + 1, & \text{якщо } T_i < T_{i-1}. \end{cases} \quad (2)$$

Показник $k_1 = 0$ у виробництва, на якому найбільша кількість випадків виробничого травматизму, найвищий ранг — виробництву з найменшим значенням.

Показник $k_2 = 0$ у виробництва, на якому найменша кількість працівників, найвищий ранг — виробництву з найбільшою кількістю працівників.

Враховуючи, що певні причини травматизму по всіх об'єктах, що підлягають аналізу відсутні, то в наступних розрахунках ними можна знехтувати.

Кожне виробництво оцінюємо з використанням коефіцієнта Борда [7]. Для кожного показника виробничого травматизму коефіцієнт Борда визначаємо за формулою

$$B(\Pi_i) = \left| \{ \Pi_k : \Pi_i > \Pi_k, \Pi_k \in \{ \Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_m \} \} \right|, \quad (3)$$

тобто, для кожного j -го показника доміант Π_i по кількості Π . З коефіцієнтів, які визначаємо по кожному показнику, розраховуємо результуючий коефіцієнт $B(\Pi_i)$ для кожного Π_i :

$$B(\Pi_i) = \sum_{j=1}^n \rho_j B_j(\Pi_i), \quad i = \overline{1, m}, \quad (4)$$

де ρ_j – ступінь важливості критеріїв, який визначається нормалізованими значеннями, тобто

$$\sum_{j=1}^n \rho_j = 1, \quad \rho_j \geq 0, \quad j = \overline{1, n}. \quad (5)$$

У таблиці 1 ступінь важливості критеріїв наведено у відсотках.

$$\rho_j = \frac{NT_{rj}}{\sum_{j=1}^n NP_{rj}}, \quad (6)$$

де NT_{rj} – кількість травмованих на j -му машинобудівному виробництві;

NP_{rj} – загальна кількість працівників на j -му машинобудівному виробництві.

За допомогою коефіцієнта Борда $B(\Pi_i)$ машинобудівні виробництва впорядковують за ступенем переважання.

Для прикладу розглянемо 10 машинобудівних виробництв:

Y1 – Волочиський машинобудівний завод ПАТ "Мотор Січ";

Y2 – ОП "Макіївський ремонтно-механічний завод" ГП "Макіїввугілля";

Y3 – ПАО "Новокраматорський машинобудівний завод";

Y4 – ПАТ "Крюківський вагонобудівний завод";

Y5 – ПАТ "Роменський завод "Тракторзапчастина";

Y6 – ТОВ "НВК "Технопром";

Y7 – ДП "Антонов";

Y8 – ДП "Завод ім. Малишева";

Y9 – ТОВ "Південний завод гідравлических машин";

Y10 – ПАТ "Дніпровагонмаш".

Якщо розглядати питання визначення найкращого виробництва Π^* (табл. 2), то його вибираємо, виходячи з умови

$$B(P^*) = \max_i B(P_i). \quad (7)$$

Таблиця 2 – Значення результуючих коефіцієнтів Борда

Машинобудівне виробництво	Ранжування виробництв (коефіцієнти Борда)
Y1	138
Y2	122
Y3	67
Y4	127
Y5	60
Y6	76
Y7	95
Y8	116
Y9	88
Y10	109

Результуючі значення ранжування правилом Борда для визначення кращих та гірших з них, для кожної групи, наведено в таблиці 3.

Таблиця 3 – Результуючі значення ранжування правилом Борда

№ п/п	Розподіл за рівнем ефективності охорони праці виробництв у галузі машинобудування
1	Волочиський машинобудівний завод ПАТ "Мотор Січ"
2	ПАТ "Крюківський вагонобудівний завод"
3	ОП "Макіївський ремонтно-механічний завод" ГП "Макіїввугілля"
4	ДП "Завод ім. Малишева"
5	ПАТ "Дніпровагонмаш"
6	ДП "Антонов"
7	ТОВ "Південний завод гідравлических машин"
8	ТОВ "НБК "Технопром"
9	ПАО "Новокраматорський машинобудівний завод"
10	ПАТ "Роменський завод "Тракторозапчастина"

Ранжування правилом Борда показало, що рівень ефективності управління охороною праці на Волочиському машинобудівному заводі ПАТ "Мотор Січ" є найвищий.

Висновки

1. Однією з базових функцій управління охороною праці є аналіз. Використання методів аналізу дозволяє вирішити задачу ранжування заходів за критеріями виконання вимог охорони праці.

2. Аналіз показників, що впливають на управління охороною праці в галузі машинобудування з використанням правила ранжування Борда, дозволяє здійснити оцінювання рівня виробничого травматизму, провести аналіз подальших дій в галузі охорони праці, враховуючи визначений рівень виробничого травматизму на кожному машинобудівному виробництві. Використання цього правила є простим для алгоритмізації та має достатню стійкість результатів під час оцінювання вхідних даних та проведення розрахунків. Рівень адекватності отриманих розрахунків за цим правилом залежить від наявних обсягів початкових даних.

Список використаної літератури

1. Мулен Э. Корпоративное принятие решений: аксиомы и модели. – М.: Мир, 1991. – 306 с.
2. Ковалев М.М. Новые инновационные структуры. Вестник БГЭУ. – 1995. – №1. – С. 54-69.
3. Ковалев М.М. Экспертная система анализа тендерных предложений компьютерного оборудования и софтвера. Информатизация адукации. – 1997. – №1. – С. 68-92.
4. Горбач А.В., Ковалев М.М. Как определяются международные рейтинги государств // Вестн. асоц. бел. банков. – 2000. – №33. – С. 25–28.
5. Методика визначення рейтингів університетів України. – Київ, Україна: НТУУ «КПІ», 2006. – 46с.
6. Підвищення ефективності енерговикористання на об'єктах систем тепlopостачання. Електронний ресурс] – Режим доступу: http://knowledge.allbest.ru/physics/2c0a65635b2bd69a5c53b88521216c37_1.html.

7. Нуреев Р.М. Теория общественного выбора: Курс лекций. – Москва, Россия.: Изд. дом ГУ ВШЭ, 2005.

O. Levchenko, Dr. Eng. Sc., Prof. ORCID 0000-0002-9737-7212
O. Ilchuk, TF, ORCID 0000-0001-6352-5320

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

MATHEMATICAL MODELING OF EVALUATION PROCESS OF THE EFFICIENCY LEVEL OF LABOR PROTECTION MANAGEMENT IN MACHINE PRODUCTION INDUSTRY

This work presents the application of the rules of ranking for machine-building enterprises by the indicators of influence on the level of the productional injuries. Prepared the mathematical formulation of the ranking process. The sum of the following ranks for machine-building enterprises is calculated and analysed. The first rank was given to the production with the lowest sum, and the highest rank - to the production with the highest sum. The mathematical modelling of the ranking process was prepared with the help of the Bord's rule and fulfilled through a matrix. Results contain reasons of the accidental productional injuries. The indicators that were formed, represent the main components of the organizational and technical direction and fully reflect the state of labour protection in the field of mechanical engineering in general.

Ten Ukrainian machine-building enterprises were analysed and the obtained results determined the best and worst of them.

Keywords: labor protection, the effectiveness of management, mechanical engineering, industrial injuries, ranking, the Borda rule.

References

1. E. Mullen, *Kooperativnoe priniatie resheniy: aksiomy i modeli*. Moscow, Russia: Mir, 1991.
2. M. Kovalev, «New innovative structures», *Herald BSEU*, no. 1, pp. 54-69, 1995.
3. M. Kovalev, «Expert system for the analysis of tender offers of computer equipment and software. Informatization of aducation», *Herald BSEU*, no. 1, pp. 68-92, 1997.
4. A. Gorbach, M. Kovalev, «How international ratings of the countries are determined», *FBACS*, no. 33, pp. 25–28, 2000.
5. *Methodology of the Ukrainian universities rating determination*. Kiev, Ukraine, 2006.
6. «Increase of efficiency of energy use on objects of the Heat supply systems», 2014. [Online]. Available: http://knowledge.allbest.ru/physics/2c0a65635b2bd69a5c53b88521216c37_1.html.
7. R. Nureev, *The theory of public choice: The course of lectures*. Moscow, Russia: HSE Publishing House, 2005.

УДК 331.45

О.Г. Левченко, д-р. техн. наук, проф., ORCID 0000-0002-9737-7212
О.С. Ильчук, ассистент., ORCID 0000-0001-6352-5320

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЦЕНКИ УРОВНЯ

ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА В ОТРАСЛИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

В работе обосновано применение правила ранжирования для машиностроительных производств по показателям влияния на уровень их производственного травматизма. Сформулирована математическая постановка задачи ранжирования. Рассчитано и упорядоченно сумму рангов для производств в отрасли машиностроения. Выполнено математическое моделирование ранжирования производств с помощью правила Борда и получена матрица наблюдений. Приведены результаты распределения пострадавших по причинам несчастных случаев, которые в полном объеме отражают состояние охраны труда и уровень производственного травматизма в отрасли машиностроения в целом. Рассмотрены десять машиностроительных производств Украины и приведены результирующие значения ранжирования правилом Борда для определения лучших и худших из них.

Ключевые слова: охрана труда, эффективность управления, машиностроение, производственный травматизм, ранжирование, правило Борда.

Надійшла 29.08.2017
Received 29.08.2017