

УДК 303.732.4:502.35

О. В. Мельников

Українська академія друкарства

Я. В. Котляревський

ДННУ «Академія фінансового управління», м. Київ

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИРОДООХОРОННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В ПОЛІГРАФІЇ

Здійснено вибір найкращої для поліграфії конструкції пиловловлюючого устаткування (з чотирьох розроблених). Встановлено ступінь переваги одного фактора ефективності роботи пиловловлювача над іншим. Досліджено наявність (відсутність) узгодженості при парних порівняннях значущості факторів ефективності їх роботи.

Пиловловлююче устаткування, ефективність роботи, системний аналіз, парні порівняння

Аналіз нових технологій [8, 10, 11, 14, 18, 23], організації і структури виробництва [3, 7, 9], умов праці [12, 15] дозволяє стверджувати, що сучасні трансформації в поліграфії призвели до суттєвого підвищення рівня хімічної небезпеки, яка стала домінуючим небезпечним фактором виробництва, що, у свою чергу, потребує додаткових заходів [6, 21] з впровадження нових технологій з метою доведення викидів шкідливих речовин до рівнів ГДК. На виконання цього завдання розроблено конструкції нового пиловловлюючого устаткування [4, 5, 16, 17], що має посприяти вирішенню проблеми очищення повітря від викидів шкідливих речовин, які утворюються в процесі роботи поліграфічного устаткування (пил паперу, аерозолі фарб, зважені частинки тощо).

Для вибору найоптимальнішої для поліграфії конструкції пиловловлюючого устаткування (з чотирьох розроблених — табл. 1) необхідно встановити ступінь переваги одного фактора ефективності роботи пиловловлювача над іншим. Така числова узгодженість виражається рівнем пріоритетності [19]. Цим способом можна дослідити наявність або відсутність узгодженості при парних порівняннях значущості факторів ефективності роботи. Зазвичай перевагу одного фактора над іншим встановлюють на основі експертного оцінювання. Адекватність такого оцінювання здійснюється на рівні загальних логічних суджень, побудованих на словесних, слабо формалізованих експертних висновках, тому вона не може вважатися остаточним рішенням.

Таблиця 1

Позначення розроблених пиловловлювачів

Конструкція	Позначення
Із зсуnutими секціями відокремлювача	<i>A</i>
З циліндрично-конічним відокремлювачем	<i>B</i>
З додатковою доочисткою	<i>C</i>
Зі спеціальною формою жалюзі	<i>D</i>

Для розв'язання цієї задачі визначені фактори [2] ідентифікуємо числовими ваговими значеннями g_1, \dots, g_n їх ймовірного впливу на ефективність роботи пиловловлювача (табл. 2).

Таблиця 2

Перелік факторів ефективності роботи пиловловлювача та їх позначення

Фактори ефективності роботи апарата	Позначення
Гідралічний опір	g_1
Медіанний діаметр пилу	g_2
Конструкція жалюзійного відокремлювача	g_3
Діаметр вхідного патрубку	g_4
Кут нахилу вхідного патрубку	g_5
Діаметр корпусу	g_6

Нехай a_{ij} — число, що визначає перевагу одного фактора ефективності роботи пиловловлювача відносно до іншого. Числа a_{ij} називають рангами елементів [22]. Чим більший ранг фактора, тим значніша міра його належності до множини істинних значень елемента. Оскільки досліджувані нами фактори мають певне функціональне навантаження, можна стверджувати, що міра її значущості є функцією ваги фактора, тобто $M(z_i) = F(z_i(g_i))$. Помістимо сукупність вагових значень факторів у матрицю A , тобто $A = (a_{ij})$. Ця матриця обернено-симетрична, що тотожно відношенню $A_{ij} = 1/a_{ji}$.

Якщо остання рівність справедлива для всіх порівнянь, то матрицю A називають узгодженою. У задачах, де ваги можна виміряти точно, для узгодженої матриці очевидним є співвідношення

$$a_{ij} = \frac{g_i}{g_j}; \quad i, j = 1, 2, \dots, n. \quad (1)$$

Відомо, що матричне рівняння $Ax = y$ є аналогом системи рівнянь $\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = y_i; \quad i = 1, 2, \dots, n$, яка з урахуванням відношення (1) може бути приведена до виразу $\sum_{j=1}^n a_{ij} g_j = n g_i; \quad i = 1, 2, \dots, n$, що відповідає скороченому векторному запису

$$Ag = ng. \quad (2)$$

У виразі (2) g — власний вектор матриці A з власним значенням n .

Для досліджуваної задачі взаємні впливи факторів ефективності роботи пиловловлювача визначаються на основі експертних оцінок, тому величину a_{ij} не завжди можна обчислити точно на основі рівняння (1). Виходом із ситуації може стати використання наступних тверджень теорії матриць [19].

Якщо числа $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ задовольняють рівняння $Ax = \lambda x$, тобто є власними значеннями матриці A , причому $a_{ii} = 1$ для всіх i , то

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = n. \quad (3)$$

Рівність (3) з додатковим урахуванням (2) означає, що тільки одне значення власного вектора матриці A рівне n , усі решта — нулі; тобто у випадку узгодженості експертних суджень максимальне власне значення матриці A дорівнюватиме n . Частка від ділення суми компонент власного вектора на кількість компонент (середнє арифметичне) визначить наближення до числа λ_{max} , котре називається максимальним або головним власним значенням. Ця величина стає основною характеристикою, що використовується для встановлення міри узгодженості експертних суджень стосовно попарних порівнянь факторів ефективності роботи у задачах з лінгвістично невизначеними критеріями, для розв'язання яких використовують теорію нечітких множин [22].

Крім того, стверджуємо, що за незначної зміни елементів a_{ij} обернено-симетричної матриці A власне значення її вектора також зміниться несуттєво, тобто власне значення λ_{max} буде близьким до n , а інші власні значення — незначно відрізнятимуться від нуля. Звідси випливає, що величина відхилення λ_{max} від n може служити мірою узгодженості або адекватності експертних суджень стосовно ваг факторів залежно від рівня їх важливості в процесі роботи пиловловлювача. Відхилення від узгодженості називається індексом узгодженості і виражається величиною

$$IU = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}. \quad (4)$$

При цьому значення індексу узгодженості не повинно перевищувати 10% його еталонної величини. Для визначення шкали пріоритетів будемо квадратну обернено-симетричну матрицю попарних порівнянь, порядок якої визначається числом аналізованих факторів [19]. Оскільки, як уже згадувалося [20], у загальному випадку подібні матриці є неузгодженими, заданий суб'єктивно числовий ряд вагових значень факторів ефективності роботи пиловловлювача служитиме допоміжним інструментом при встановленні попарних переваг між ними. Подібне зауваження стосується також використовуваної в таких випадках шкали відносної важливості об'єктів Сааті [19].

Для двох факторів ефективності роботи, що порівнюються між собою, залежно від їх важливості та міри впливу на роботу пиловловлювача матимемо пропонувані у табл. 3 значення відповідного елемента матриці попарних порівнянь у позиції (k_1, k_2) . Помістимо сукупність оцінок важливості як результат

порівняння факторів ефективності роботи в матрицю A , оформлену у вигляді таблиці. Згідно із заданими умовами [19], діагональні елементи матриці дорівнюють одиниці (табл. 3). Оскільки діаметр вхідного патрубку, кут його нахилу та діаметр корпусу однакові (незмінні) для усіх чотирьох розроблених конструкцій пиловловлювачів [4, 5, 16, 17] у матрицю попарних порівнянь занесемо тільки перших три фактори ефективності роботи пиловловлювача з табл. 2.

Таблиця 3

Матриця попарних порівнянь факторів ефективності роботи пиловловлювача

g_i	g_1	g_2	g_3
g_1	1	1	9
g_2	1	1	5
g_3	1/9	1/5	1

Для встановлення міри узгодженості числових значень попарних порівнянь факторів ефективності роботи пиловловлювача, заданих вищенаведеною матрицею, служить вектор пріоритетів матриці, для знаходження якого обчислимо спочатку головний власний вектор, після чого нормалізуємо його. Отже, знаходимо добуток елементів кожного рядка і вираховуємо корінь 3-го степеня. Одержимо вектор

$$E = (2,080; 1,709; 0,281).$$

Нормалізуємо вектор E , для чого його компоненти поділимо на суму значень усіх компонент, що приведе до такого вектора:

$$E_n = (0,510; 0,420; 0,069).$$

Нормалізований вектор E_n визначає уточнені числові пріоритети факторів і встановлює попередній формальний результат розв'язання поставленої задачі.

Обчислимо оцінку узгодженості вагових значень факторів [19]. Помножимо матрицю попарних порівнянь справа на вектор E_n . Одержимо

$$E_{n1} = (1,552; 1,276; 0,209).$$

Знайдемо компоненти власного вектора λ_{max} . Складові вектора E_{n1} поділимо на відповідні складові вектора E_n . Дістанемо

$$E_{n2} = (3,038; 3,038; 3,038).$$

Наближене значення для $\lambda_{max} = 3,039$, де λ_{max} — середнє арифметичне компонент вектора E_{n2} .

Оцінка одержаного рішення визначається індексом узгодженості, який вираховується за формулою (4). У нашому випадку $IU=0,019$.

Значення індексу узгодженості зазвичай порівнюють з еталонними величинами показника узгодженості [13], так званим випадковим індексом узгодженості WI , який залежить від кількості об'єктів, що порівнюються [22].

Випадковим індексом узгодженості називають індекс узгодженості, отриманий для згенерованої випадковим способом за шкалою від одного до дев'яти обернено-симетричної матриці з відповідними оберненими величинами. При цьому результати вважаються задовільними, якщо поражована величина індексу не перевищує 10% еталонного значення для відповідної кількості аналізованих об'єктів, як уже зазначалося вище.

Для нашого випадку $WI=0,58$. Додатково результати оцінюють відношенням узгодженості, величину якої отримують з виразу

$$WU=IU/WI. \quad (5)$$

Оскільки $IU=0,019$ то, відповідно, $WU=0,033$. Результати парних порівнянь можна вважати задовільними, якщо $WU \leq 0,1$. Отже, маємо достатній рівень збіжності процесу та належну узгодженість експертних суджень відносно вагових значень факторів ефективності роботи пиловловлювача.

Для знаходження значення функцій корисності u_j складемо матриці попарних порівнянь за перевагою розроблених конструкцій (табл. 1) стосовно факторів ефективності роботи пиловловлювачів (табл. 2). Узгодженість результатів здійснимо за векторами пріоритетів λ_{max} , індексом узгодженості IU та відношенням узгодженості WU . Одержимо результати після обчислення даних, наведених у матрицях (табл. 4–6).

Таблиця 4

Матриця попарних порівнянь конструкцій пиловловлювачів за гідравлічним опором

g_1	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
<i>A</i>	1	1/2	2	5
<i>B</i>	2	1	3	3
<i>C</i>	1/2	1/3	1	2
<i>D</i>	1/5	1/3	1/2	1

$$\lambda_{max} = 4,131; IU = 0,046; WU = 0,048.$$

Корисність альтернатив для першого фактора ефективності роботи

$$u_{11} = 0,315; u_{12} = 0,434; u_{13} = 0,160; u_{14} = 0,090.$$

Таблиця 5

Матриця попарних порівнянь конструкцій пиловловлювачів за медіанним діаметром пилу

g_2	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
<i>A</i>	1	1	1/2	1/3
<i>B</i>	1	1	1/2	1/3
<i>C</i>	2	2	1	1/2
<i>D</i>	3	3	2	1

$$\lambda_{max} = 4,010; IU = 0,003; WU = 0,004.$$

Корисність альтернатив для другого фактора ефективності роботи

$$u_{21} = 0,141; u_{22} = 0,141; u_{23} = 0,262; u_{24} = 0,455.$$

Таблиця 6

Матриця попарних порівнянь конструкцій пиловловлювачів за конструкцією жалюзійного відокремлювача

g_2	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
<i>A</i>	1	1/2	1/4	1/6
<i>B</i>	2	1	1/3	1/2
<i>C</i>	4	3	1	1/3
<i>D</i>	6	2	3	1

$$\lambda_{max} = 4,196; IU = 0,065; WU = 0,073.$$

Корисність альтернатив для третього фактора ефективності роботи

$$u_{31} = 0,075; u_{32} = 0,151; u_{33} = 0,282; u_{34} = 0,489.$$

Обчислення, проведені згідно з виразом (5), виконані коректно, оскільки значення вектора пріоритетів λ_{max} , індексу узгодженості *IU* та відношення узгодженості *WU* для кожної з матриць знаходяться в межах норми.

Відповідно до цього маємо такі варіанти для обрахування значень функції корисності альтернатив:

$$\begin{aligned} U_1 &= s_1 u_{11} + s_2 u_{21} + s_3 u_{31} + s_4 u_{41}, \\ U_2 &= s_1 u_{12} + s_2 u_{22} + s_3 u_{32} + s_4 u_{42}, \\ U_3 &= s_1 u_{13} + s_2 u_{23} + s_3 u_{33} + s_4 u_{43}, \\ U_4 &= s_1 u_{14} + s_2 u_{24} + s_3 u_{34} + s_4 u_{44}. \end{aligned} \quad (6)$$

Підставивши в систему рівнянь (6) отримані вище значення ваг факторів ефективності роботи пиловоловлювачів та корисності альтернатив, дістанемо:

$$\begin{aligned} U_1 &= 0,510 \times 0,315 + 0,420 \times 0,141 + 0,069 \times 0,075 = 0,225, \\ U_2 &= 0,510 \times 0,434 + 0,420 \times 0,141 + 0,069 \times 0,151 = 0,291, \\ U_3 &= 0,510 \times 0,160 + 0,420 \times 0,262 + 0,069 \times 0,282 = 0,211, \\ U_4 &= 0,510 \times 0,090 + 0,420 \times 0,455 + 0,069 \times 0,489 = 0,271. \end{aligned}$$

Згідно з використаним методом [1] найкращою з чотирьох розроблених для потреб поліграфії є альтернатива U_2 , тобто друга конструкція пиловловлювача, для якої значення функції корисності максимальне.

Таким чином, у результаті дослідження найефективнішою для наших потреб було визнано конструкцію пиловловлювача з циліндрично-конічним відокремлювачем [5], який містить корпус, тангенційний вхідний патрубок, осьові вихідні патрубки чистого повітря і пилу, жалюзійний відокремлювач, розташований коаксіально корпусу апарата, а жалюзійний відокремлювач виконаний з двох частин: циліндричної і конічної, причому циліндрична частина відокремлювача з одного боку переходить у патрубок виходу чистого повітря, а з другого — у конічну, із співвідношенням висоти циліндричної частини до висоти конічної частини, як 1,3÷1,6.

1. Бартіш М. Я. Дослідження операцій : підруч. у 3-х ч. / М. Я. Бартіш, І. М. Дудзяний. — Ч. 3 : Ухвалення рішення і теорія ігор. — Львів: Львів. нац. ун-т ім. Івана Франка, 2009. — 278 с.
2. Батлук В. А. Побудова моделі факторів ефективності роботи пиловловлювача нової конструкції / В. А. Батлук, Н. М. Параняк, О. В. Мельников // Вісн. Нац. техн. ун-ту України «Київ. політехн. ін-т». Сер. Машинобудування. — 2012. — Вип. 65. — С. 175–180.
3. Гехман Ч. Рабочий поток : пер. с англ. / Ч. Гехман. — М.: Москов. гос. ун-т печати, 2004. — 252 с.
4. Декларац. пат. на винахід 59259 А Україна, МПК В 01D 45/12. Пиловловлювач із зсунутими секціями відокремлювача / В. А. Батлук, В. К. Батлук, О. В. Мельников. — № 20021210361 ; заявл. 20.12.2002 ; опубл. 15.08.2003, Бюл. № 8. — 3 с.
5. Декларац. пат. на винахід 59260 А Україна, МПК В 01D 45/12. Пиловловлювач із циліндрично-конічним відокремлювачем / В. А. Батлук, В. К. Батлук, О. В. Мельников, В. В. Дмитрук. — № 20021210362 ; заявл. 20.12.2002 ; опубл. 15.08.2003, Бюл. № 8. — 2 с.
6. ДСанПіН 3.3.1–176–2011. Підприємства та організації поліграфічної промисловості / [розроб. : ...Т. К. Короленко, О. В. Мельников, М. П. Рудник] : затв. М-вом охорони здоров'я України 19.12.2011. — Введ. вперше ; Введ. 03.02.2012. — К.: М-во охорони здоров'я України, 2012. — 89 с. — (Державні санітарні норми та правила).
7. Кваско А. В. Нормування, організація та оплата праці в поліграфії : навч. посіб. / А. В. Кваско, Я. В. Котляревський, О. В. Мельников, М. В. Сірик. — К.: Нац. техн. ун-т України «Київ. політехн. ін-т», 2010. — 248 с.
8. Котляревський Я. В. Інноваційна діяльність у видавничо-поліграфічній галузі України / Я. В. Котляревський, О. В. Мельников, Н. І. Передерієнко // Технол. і техн. друкарства. — 2009. — Вип. 1–2 (23–24). — С. 72–79.
9. Котляревський Я. В. Організаційно-економічний механізм

розвитку видавничо-поліграфічної галузі в процесі гарантування інформаційної безпеки України : моногр. / Я. В. Котляревський, А. М. Штангрет, О. В. Мельников. — Львів : Укр. акад. друкарства, 2012. — 214 с. 10. Котляревський Я. В. Перспективи інноваційних процесів у видавничо-поліграфічній галузі / Я. В. Котляревський, О. В. Мельников, Н. І. Передерієнко // Наук. зап. (Укр. акад. друкарства). — 2009. — Вип. 1 (15). — С. 93–102. 11. Котляревський Я. В. Управління інноваційним розвитком видавничо-поліграфічної діяльності в процесі формування економіки знань : моногр. / Я. В. Котляревський. — Львів : Укр. акад. друкарства, 2012. — 354 с. 12. Кузьмінов Б. П. Охорона праці в поліграфічній промисловості. Проблеми гігієни праці та виробничої санітарії : навч. посіб. / Б. П. Кузьмінов, О. В. Мельников. — Львів : Укр. акад. друкарства, 2008. — 127 с. 13. Лямец В. И. Системный анализ. Вводный курс : учеб. пособие / В. И. Лямец, А. Д. Тевяшев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Х. : Харьков. нац. ун-т радиоэлектроники, 2004. — 448 с. — (Прикладная математика). 14. Мельников О. В. Технологія плоского офсетного друку : підруч. / О. В. Мельников. — 2-е вид., випр. — Львів : Укр. акад. друкарства, 2007. — 388 с. 15. Олянишен Т. В. Модель факторів несприятливого впливу на оточуюче середовище / Т. В. Олянишен, В. М. Сторожук, І. В. Піх, О. В. Мельников // Технол. і техн. друкарства. — 2011. — № 3 (33). — С. 82–88. 16. Пат. на корисну модель 25753 Україна, МПК В 01D 45/00. Пиловловлювач із додатковою доочисткою / В. А. Батлук, Р. М. Василів, О. В. Мельников. — №и 2007 02042 ; заявл. 26.02.2007 ; опубл. 27.08.2007, Бюл. № 13. — 4 с. 17. Пат. на корисну модель 29965 Україна, МПК В 01D 45/00. Мокрий пиловловлювач із спеціальною формою жалюзі / В. А. Батлук, І. В. Проскуріна, О. В. Мельников. — № и 2007 05074 ; заявл. 08.05.2007 ; опубл. 11.02.2008, Бюл. № 3. — 4 с. 18. Розум О. Ф. Таємниці друкарства : Минуле. Сучасне. Майбутнє : навч. посіб. / О. Ф. Розум, О. М. Величко, О. В. Мельников. — 2-е вид., пероб. і доп. — Львів: Укр. акад. друкарства, 2012. — 280 с. 19. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий : пер. с англ. / Т. Саати. — М.: Радио и связь, 1993. — 278 с. 20. Семенюк Е. П. Екологізація суспільства : Соціальна роль та моделювання : моногр. / Е. П. Семенюк, Т. В. Олянишен, В. М. Сеньківський, О. В. Мельников, Я. В. Котляревський. — Львів : Укр. акад. друкарства, 2012. — 460 с. 21. Сторожук В. М. Відходи підприємств. Поводження та документальний супровід : навч. посіб. / В. М. Сторожук, О. В. Мельников. — Львів : Укр. акад. друкарства, 2012. — 286 с. 22. Сявакко М. С. Інформаційна система «Нечіткий експерт»/ М. С. Сявакко. — Львів: Львів. нац. ун-т ім. Івана Франка, 2007. — 320 с. 23. Melnikov A. V. The information revolution and the modern printing industry / A. V. Melnikov, E. P. Semenyuk // Scientific and technical information processing. — 2014. — Vol. 41, № 1. — P. 1–11.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИРОДООХРАНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПОЛИГРАФИИ

Проведен выбор лучшей для полиграфии конструкции пылеулавливающего оборудования (из четырех разработанных). Определена степень превосходства одного фактора эффективности работы пылеуловителя перед другим. Исследовано наличие (отсутствие) согласованности при парных сравнениях значимости факторов эффективности их работы

RAISING EFFICIENCY OF ENVIRONMENT-PROTECTING ACTIVITIES IN PRINTING AND PUBLISHING

These were elaborated better spices (from 4 invented) of dust preventing equipment research and design for printing branch. There was held a ranking test for determination of supremacy factors for dust-preventing equipment efficiency. The investigation was also focused on coordination while elaborating double comparison of efficiency factors.

Стаття надійшла 21.04.2014