

SCI-CONF.COM.UA

**INNOVATIONS
AND PROSPECTS
OF WORLD SCIENCE**



**PROCEEDINGS OF XV INTERNATIONAL
SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE
OCTOBER 12-14, 2022**

**VANCOUVER
2022**

UDC 001.1

The 15th International scientific and practical conference “Innovations and prospects of world science” (October 12-14, 2022) Perfect Publishing, Vancouver, Canada. 2022. 454 p.

ISBN 978-1-4879-3794-2

The recommended citation for this publication is:

Ivanov I. Analysis of the phaunistic composition of Ukraine // Innovations and prospects of world science. Proceedings of the 15th International scientific and practical conference. Perfect Publishing. Vancouver, Canada. 2022. Pp. 21-27. URL: <https://sci-conf.com.ua/xv-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-innovations-and-prospects-of-world-science-12-14-10-2022-vankuver-kanada-arhiv/>.

Editor

Komarytsky M.L.

Ph.D. in Economics, Associate Professor

Collection of scientific articles published is the scientific and practical publication, which contains scientific articles of students, graduate students, Candidates and Doctors of Sciences, research workers and practitioners from Europe, Ukraine and from neighbouring countries and beyond. The articles contain the study, reflecting the processes and changes in the structure of modern science. The collection of scientific articles is for students, postgraduate students, doctoral candidates, teachers, researchers, practitioners and people interested in the trends of modern science development.

e-mail: vancouver@sci-conf.com.ua

homepage: <https://sci-conf.com.ua/>

©2022 Scientific Publishing Center “Sci-conf.com.ua” ®

©2022 Perfect Publishing ®

©2022 Authors of the articles

МЕТОДИКА ЗНАЙДЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ЗАПАСУ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН ЧЕРЕЗ ТЕОРІЮ НАДІЙНОСТІ

Пістунов Ігор Миколайович

д.т.н., професор

Григорян Володимир Євгенович

студент

Національний технічний університет

Дніпровська політехніка

м. Дніпро, Україна

Анотація: Сформульована оптимізаційна модель знайдення оптимальної кількості запасних частин для виробничої лінії з урахування схеми розташування цих деталей. В роботі використано теорію надійності та методику планування експерименту. Показано застосування для реального виробництва.

Ключові слова: виробнича лінія, запас запчастин, теорія надійності, планування експерименту.

У масовому виробництві головним елементом випуску є виробнича лінія. Її зупинка негайно впливає на отримання прибутку, оскільки необхідно замінити ті деталі, що вийшли з ладу. З цією метою виробники накопичують запас таких деталей, які найчастіше виходять з ладу. Але запас деталей «омертвляє» капітал в запасних частинах, який тепер лежить нерухомо.

З іншого боку, можна було б взагалі не купляти запчастини, а замовляти їх при виході з ладу. Але тоді збільшиться час простою лінії. Вирішенням проблеми є оптимізація запасів запчастин за економічними критеріями.

Основною метою будь-якого виробництва є збільшення його прибутку. В свою чергу прибуток залежить від кількості виробленого товару у одиницю часу:

$$V_3 = V * T_{\phi}, (1)$$

де V_3 – загальна кількість товару вироблена за період часу T_ϕ ;
 V - продуктивність виробничої лінії за одиницю часу; T_{ef} – фактичний час роботи обладнання.

Зрозуміло, що при $V = const$, що є нормою на сталому виробництві, на обсяг виробництва буде впливати тільки T_ϕ , яке дорівнює:

$$T_\phi = T_{ef} - T_{вр}, (2)$$

де $T_{вр}$ – час витрачений на непланові ремонти; T_{ef} – фактичний час роботи обладнання, який дорівнює:

$$T_{ef} = T_n - T_{пр}, (3)$$

де T_n – номінальний або нормований час роботи обладнання; $T_{пр}$ – час витрачений на планові ремонтні роботи.

Якщо припустити, що T_{ef} є константою, то єдиним показником, який буде впливати на T_ϕ буде $T_{вр}$ час витрачений на позапланові ремонтні роботи, який дорівнює:

$$T_{вр} = T_p + T_{зд}, (4)$$

де T_p – час витрачений на проведення ремонтних робіт; $T_{зд}$ – час на замовлення і доставку відсутньої деталі.

Показник $T_{зд}$ досить просто призвести до 0, він прямо пропорційний кількості запасних деталей на одиницю обладнання, які є на виробництві:

$$\text{При } N \rightarrow \max, T_{зд} \rightarrow \min, (5)$$

де N – об'єм запасу; Тобто при $n \rightarrow \max$, $T_\phi \rightarrow \min$, що в свою чергу виражається у збільшенні V_3 . Але об'єм запасу потребує інвестицій і зменшує загальний прибуток виробництва, що можна виразити виразом:

$$\Pi = V_3 * c_v - c_N, (6)$$

де Π – прибуток від виробництва; c_v – вартість однієї одиниці товару; c_N – сумарна вартість запасу деталей.

Тобто для максимізації прибутку виробництва потрібно знайти той оптимальний запас деталей, при якому вірогідність непланової безвідмовної роботи обладнання буде наближатися до нуля і при цьому об'єм кошт які

інвестуються у запас був мінімально можливим. Тоді нехай кількість типів деталей, що виходять з ладу становить D . Тоді ймовірність безвідмовної роботи виробничої лінії можна знайти як добуток безвідмовної роботи кожної з деталей при умові, що підприємство має їх достатній запас

$$P_L = \prod_{j=1}^D P(n_j, m_j, p_j), \quad (7)$$

де $P(n_j, m_j, p_j)$ знаходиться як залежність від n_j – кількості пристроїв та m_j – кількості запасних частин для цього пристрою ($1 \leq j \leq D$).

Позначимо як D_M доходи за місяць від безперебійної роботи виробничої лінії, а як Π_M – відповідно, прибуток від безперебійної роботи лінії. Звідкіля, з урахуванням (6) можна записати, що загальний дохід від роботи лінії буде становити

$$\Pi = P_L D_M - \Pi_M (1 - P_L). \quad (8)$$

Очевидно, що загальний прибуток має бути зменшений на вартість запасних частин, яку необхідно тримати на випадок виходу з ладу діючих деталей, помножену на ймовірність того, що n_j однакових деталей працюватимуть безперебійно протягом місяця:

$$CPS = \sum_{j=1}^D c_j m_j \left(1 - \prod_{i=1}^{n_j} (1 - p_j) \right), \quad (9)$$

де c_j – вартість j -ї запасної частини.

Об'єднавши (7) та (8) ми отримаємо цільову функцію, що має прагнути до максимуму:

$$\Pi = P_L D_M - \Pi_M (1 - P_L) - CPS = \sum_{j=1}^D c_j m_j \left(1 - \prod_{i=1}^{n_j} (1 - p_j) \right) \rightarrow \max. \quad (10)$$

Обмеженням для цієї задачі буде вимога $0 \leq m_j \leq L, 1 \leq j \leq D$, L – кількість однотипних деталей, що знаходять використання у виробничій лінії.

Ці ж параметри будуть змінними факторами в оптимізаційній задачі, що робить її задачею математичного програмування, яка може бути вирішена

будь-яким методом, реалізованим в цифровому процесорі Microsoft Excel. Покажемо, як запропонована модель буда використана для виробничої лінії заводу «КПД» корпорації «Біосфера». Почнемо зі знайдення величини $P(n_j, m_j, p_j)$. Для цього було використано положення з теорії надійності. Припустимо, що є n пристроїв, які повинні працювати одночасно протягом часу t . Імовірність того, що яке-небудь з них безвідмовно проработить цей термін, становить p (одна і та ж для всіх пристроїв, і пристрої відмовляють незалежно одне від іншого). Як зміниться ймовірність безвідмовної роботи системи, якщо в ній, крім n основних пристроїв, є ще m резервних, що знаходяться в навантаженому стані (тобто в тому ж режимі, в якому й основні). Відмовою як і раніше вважається перехід системи в такий стан, коли в ній кількість працездатних пристроїв виявляється меншим n . Шукана ймовірність є згідно [1, с1]

$$P_n(m) = \sum_{i=0}^m C_{m+n}^{n+i} p^i (1-p)^{m-i}. \quad (11)$$

Така функція є не зручною для використання в оптимізаційній підпрограмі Solver цифрового процесора Microsoft Excel. Потрібна гладка функція, тому було використано метод планування експериментів [2, с1]. Його сутність полягає у тому, що при проведенні активного експерименту потрібно брати тільки наперед визначенні значення вхідних факторів, що дозволяє отримати значення вихідного фактору описати поліномом другого порядку. В нашому випадку для трифакторного експерименту, було використано план, представлений в табл.1, де подані як відносні так і абсолютні значенні факторів. Щоб знайти крайні точки плану експерименту було виділено 29 основних типів деталей, що найчастіше виходять з ладу. Для них розраховано ймовірність виходу з ладу протягом робочого місяця, поділивши кількість деталей одного типу, що вийшли з ладу, на їх загальну кількість на виробничій лінії. У таблиці 3.1 наведено фрагмент таблиці розрахунків кількості виходу з ладу протягом місяця для деяких деталей виробничих ліній (тут і далі назви деталей подані як написано у накладних та інших супровідних документах). Отримана кількість

таких деталей була розділена на загальну кількість однотипних деталей для визначення ймовірності виходу з ладу. Фрагмент розрахунків наведено у табл. 2.

Таблиця 1

Розрахунок кількості деталей, що вийшли з ладу

| Деталь | Кількість деталей, що вийшли з ладу |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| Струна 2*0,4*1030 | 14 |
| Струна предварительной пайки | 14 |
| Нож для вырубки большого | 12 |
| Лента транспортёрная 30 мм FNI-2 E | 11 |
| Подшипник 6201 | 10 |
| Щётка токосъёмная | 9 |
| Пленка 40x0,25 мм. | 8 |
| ТЭН-250x16-1,0/220 -1000Вт | 7 |
| Манжета 30x40x7 армированная | 6 |
| Подшипник 6004 | 6 |
| Подшипник 6005 | 6 |
| Подшипник 6006 (180106) | 6 |
| Лента воздушной пайки | 5 |
| Нож для вырубки Л152 | 5 |
| Пленка 80x0,20 мм. прозр. | 5 |

Таблиця 2

Розрахунок ймовірність виходу з ладу обладнання протягом місяця

| Деталь | Ймовірність виходу з ладу протягом місяця |
|------------------------------------|---|
| Струна 2*0,4*1030 | 25% |
| Струна предварительной пайки | 25% |
| Нож для вырубки большого отверстия | 21% |
| Лента транспортёрная 30 мм FNI-2 E | 20% |
| Подшипник 6201 | 18% |
| Щётка токосъёмная | 16% |
| Пленка 40x0,25 мм. | 14% |
| ТЭН-250x16-1,0/220 -1000Вт | 13% |
| Манжета 30x40x7 армированная | 11% |
| Подшипник 6004 | 11% |
| Подшипник 6005 | 11% |
| Подшипник 6006 (180106) | 11% |
| Лента воздушной пайки | 9% |
| Нож для вырубки Л152 | 9% |
| Пленка 80x0,20 мм. прозр. | 9% |
| Звено соединительное 16B-1- CL | 7% |

З наведених вище таблиць видно, що найбільша варіація складає для: кількості основних деталей $n = [1,29]$, запасних деталей $m = [1,5]$, ймовірність відмови роботи $p = [0,07; 0,29]$.

У таблиці 3 подано план експерименту для визначення ймовірності $P(n_j, m_j, p_j)$.

Розрахунки за формулою (11) дали можливість отримати ймовірність безвідмовної роботи лінії, що складається з основних та запасних частин.

Застосувавши метод найменших квадратів, знаходилася залежність $P(n_j, m_j, p_j)$ вигляду

$$P(n_j, m_j, p_j) = a_0 + \sum_{i=1}^3 (a_i x_i + a_{i+3} x_i^2) + x_1(a_7 x_2 + a_8 x_3) + a_9 x_2 x_3 + a_{10} x_1 x_2 x_3, (12)$$

Таблиця 3

План експерименту для визначення імовірності

| Відносні значення | | | Абсолютні значення | | |
|-------------------|-------|-------|--------------------|---|-------|
| n | m | p | n | m | p |
| -1 | -1 | -1 | 9 | 2 | 0,146 |
| 1 | -1 | -1 | 19 | 4 | 0,146 |
| -1 | 1 | 1 | 9 | 2 | 0,146 |
| 1 | 1 | -1 | 19 | 4 | 0,146 |
| -1 | -1 | 1 | 9 | 2 | 0,214 |
| 1 | -1 | 1 | 19 | 4 | 0,214 |
| -1 | 1 | 1 | 9 | 2 | 0,214 |
| 1 | 1 | 1 | 19 | 4 | 0,214 |
| -1,44 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0,18 |
| 1,44 | 0 | 0 | 29 | 3 | 0,18 |
| 0 | -1,44 | 0 | 14 | 1 | 0,18 |
| 0 | 1,44 | 0 | 14 | 5 | 0,18 |
| 0 | 0 | -1,44 | 14 | 3 | 0,07 |
| 0 | 0 | 1,44 | 14 | 3 | 0,29 |

де x_1, x_2, x_3 – відповідно n, m, p ; $a_1 \dots a_{10}$ – коефіцієнти моделі.

Розрахунок коефіцієнти було проведено із застосування додатку Regression електронних таблиць Microsoft Excel і отримано наступну точну залежність з нульовою похибкою ($R^2 = 1$)

$$P(n_j, m_j, p_j) = 86,7681605124964 - 2,84833424436937n - 29,108090005352m - 263,661359237691p + 0,502980497238123nm - 11,8302415352799np + 3,18474557260924nmp + 0,0776912809148127n^2 + 2,28310029726217m^2 + 899,888428544503p^2. (13)$$

Формула (12) використовувалася для знайдення за моделлю (9) оптимального запасу запчастин. Для розрахунків використовувався додаток

Solver цифрового процесору Microsoft Excel. В якості оптимального алгоритму було прийнято метод зведеного градієнту, оскільки формула (12) є нелінійною

У табл. 4 наведено частину розрахунку оптимального запасу запчастин. З таблиці видно, що деяких запчастин не вистачає (різниця має від'ємне значення), а деяких занадто багато, ніж потрібно (різниця має додатне значення). Загалом оптимальна кількість деталей тільки для наведеного прикладу була 32 одиниці, а економія у наведеному випадку склала 4769.78 грн. Аналізуючи отримані результати оптимізаційного розрахунку можна прийти до висновку, що наявний запас деталей був не оптимальним для 12 з 18 позицій. Тільки там, де у табл. 4 вказано, що різниця дорівнює нулю, запас був оптимальним. Використання оптимального запасу деталей дозволило підприємству зекономити 36 567 грн за місяць, причому середній час простоїв зменшився на 4,7%.

Таблиця 4

Результат розрахунку оптимального запасу запчастин

| Деталь | Запас деталей | Оптимальна кількість запасу деталей | Різниця |
|--|---------------|-------------------------------------|---------|
| Ремень T5 245 (аналог 90 XL) зубчатый полиуретановый | 1 | 2 | -1 |
| Ремень (B/17) 1250/1210 | 1 | 1 | 0 |
| Щётка Rotomac (пласт. ЩБСФ-01) | 1 | 1 | 0 |
| Подшипник 6900 (61900) | 4 | 2 | 2 |
| Подшипник 6207 | 2 | 1 | 1 |
| Ремень 1400 SPA | 1 | 1 | 0 |
| Ремень зубчатый полиуретановый T5 245 (аналог 90 XL) | 1 | 2 | -1 |
| Подшипник 6204 | 8 | 1 | 7 |
| Подшипник 3005 2Z | 3 | 1 | 2 |
| Подшипник 6206 | 9 | 4 | 5 |
| Подшипник 6901 (61901) | 6 | 0 | 6 |
| Подшипник KRV 32 | 1 | 1 | 0 |
| Форсунка ø 30 I=1,25мм | 1 | 1 | 0 |
| Форсунка ø 50 I=1,25мм | 1 | 0 | 1 |
| *Подшипник 6206 2Z | 9 | 4 | 5 |
| Насадка шаровая на шток GA-40 M12x1,25 | 1 | 1 | 0 |
| Нож 465x30x1 мм Rotomac (нож перемотчика) | 1 | 1 | 0 |
| Пневмоцилиндр 25N2A25A080 CAMOZZI | 1 | 1 | 0 |
| Подшипник 3005 | 3 | 1 | 2 |
| Подшипник 6905 (61905) | 2 | 1 | 1 |
| Пружина лапки Rotomac | 2 | 0 | 2 |

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Теорія надійності: сайт URL:

https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D1%96%D1%8F_%D0%BD%D0%B0%D0%B4%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96

2. Планування експерименту: сайт URL:

https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%83