

**Пальчевський Б.О.**

*Громадська організація «Східноєвропейське наукове товариство», Луцьк*

**Крестьянполь Л.Ю.**

*Луцький національний технічний університет, Луцьк*

## **ПОБУДОВА ДІАГНОСТИЧНОЇ МАТРИЦІ ЯК КОМПОНЕНТИ РОЗРОБКИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВИРОБНИЧОЇ СИСТЕМИ**

*Основна тенденція у розвитку пакувального виробництва полягає в поступовому переході від інтегрованих комплексів, що базуються на широкому застосуванні гнучких засобів автоматизації, до використання виробничих систем штучного інтелекту. Це передбачає поліпшення контролю і управління промисловим обладнанням шляхом впровадження методів аналізу великих масивів даних, принципів штучного інтелекту для автоматичної оптимізації виробничого процесу, та з метою самодіагностики виробничих систем. Для забезпечення ефективності систем використовують цифрові технології, які дозволяють створити спеціальні бази даних опису їх станів функціонування і здійснити аналіз даних для визначення джерел, що призводять до втрати ефективності. У даній статті основна увага приділяється розробці рішення інтелектуалізації технологічних систем пакувального виробництва шляхом аналізу діагностичної матриці симптомів об'єкта.*

**Ключові слова:** інтелектуальні виробничі системи, цифрові технології, діагностична матриця, інтелектуальні системи керування.

**Palchevskiy B.O.**

*“Eastern European Scientific Society”, Lutsk*

**Krestyanpol L.Yu.**

*Lutsk National Technical University, Lutsk*

## **DEVELOPMENT OF THE DIAGNOSTIC MATRIX AS COMPONENTS OF THE INTELLECTUAL PRODUCTION SYSTEM**

*It has become clear to manufacturers of technological equipment, including packaging, that more functional, flexible and productive machines connected to the information network of the company are required in order to increase production efficiency. For this purpose, in recent years, more and more companies in the area of packaging equipment manufacturers, suppliers of parts and aggregates adjust the range of their products to new requirements. In recent decades, the main trend in the development of industrial production has been the gradual transition from integrated scientific and production complexes, based on the wide application of flexible automation means, to the use of intelligent manufacturing systems. Automated manufacturing systems expansion involves the production of industrial equipment control and guidance through methods of analyzing large data ranges, the principles of artificial intelligence for the automatic optimization of production process elements, and also for the self-diagnosis of manufacturing systems.*

*Digital technologies help create special databases for their state description of performance and for data analysis to determine sources that lead to efficiency losses, and are often used to provide the effectiveness of such systems. The main attention in this article is paid on the developing a solution for the intellectualization of packaging technology systems by analyzing the diagnostic matrix of the symptoms of the object. Using the diagnostic matrix considered in the article, the problem of localization of one of the ten possible malfunctions of an object using four diagnostic parameters is solved. This approach can be used in proactive maintenance of equipment.*

**Keywords:** intellectual production systems, digital technologies, diagnostic matrix, intelligent control systems.

**Пальчевский Б.А.**

*Общественная организация «Восточноевропейское научное общество», Луцк*

**Крестьянполь Л.Ю.**

*Луцкий национальный технический университет, Луцк*

## **ПОСТРОЕНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ МАТРИЦЫ КАК КОМПОНЕНТА РАЗРАБОТКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ**

*Основная тенденция в развитии упаковочного производства заключается в постепенном переходе от интегрированных комплексов, основанных на широком применении гибких средств автоматизации, к использованию производственных систем искусственного интеллекта. Это предполагает улучшение контроля и управления промышленным оборудованием путем внедрения методов анализа больших массивов данных, принципов искусственного интеллекта для автоматической оптимизации производственного процесса и с целью самодиагностики производственных систем. Для обеспечения эффективности систем используют цифровые технологии, которые позволяют создать специальные базы данных описания их состояний функционирования и осуществить анализ данных для определения источников, которые приводят к потере эффективности. В данной статье основное внимание уделяется разработке решения интеллектуализации технологических систем упаковочного производства путем анализа диагностической матрицы симптомов объекта.*

**Ключевые слова:** интеллектуальные производственные системы, цифровые технологии, диагностическая матрица, интеллектуальные системы управления.

**Вступ.** В попередні десятиліття основна тенденція у розвитку промислового виробництва полягала в поступовому переході до інтегрованих науково-виробничих комплексів, що базуються на широкому застосуванні гнучких засобів автоматизації і обчислювальної техніки протягом усього виробничого циклу. Останнім часом, в зв'язку із використанням в побудові виробничих систем штучного інтелекту, з'явилась можливість вивести процеси автоматизації виробництва на якісно новий рівень. Саме об'єднання інтегрованих виробничих систем з інтелектуальними системами керування стало основною характерною рисою створення сучасного інтелектуального виробництва, яке почало розвиватися у всіх галузях промислового виробництва. Цей розвиток отримав у фахівців назву четвертої промислової революції.

Ми проаналізували характерні зміни, що проявляються в розвитку сучасного пакувального виробництва, які показують основні напрямки розвитку його інтелектуалізації.

Фахівці з автоматизації виробництва стверджують, що вже стало помітним наявність єдиного підходу до побудови інтелектуальної виробничої системи (ІВС) [1, 2, 3, 4, 5, 7, 10]. Забезпечення ефективності при створенні інтелектуального виробництва ґрунтується на автоматизованих процедурах збору і зберігання виробничої інформації, необхідної для відстеження надходжень сировини, готових виробів, обладнання і персоналу [15].

**Основна частина.** Історичний досвід розвитку промисловості об'єктивно показує, що традиційна система індустріального виробництва не здатна забезпечити сталий і гармонійний розвиток національної і світової економіки [14, 16]. Сьогодні стає очевидним той факт, що масове виробництво, розраховане на стабільний випуск вузької номенклатури продукції, зживає себе в умовах зростаючої конкуренції. Як показує досвід експлуатації виробничих систем машинобудівного, приладобудівного, харчового і пакувального виробництв, одним з їх недоліків є невисока ефективність використання основного устаткування. Визначальний вплив на показники використання машин дають простої з організаційно-технічних причин, а також сезонність використання ліній, наприклад як це має місце в пакувальному виробництві [17].

Тому останнім часом можна виділити три ключових джерела, що спонукали появу і розвиток інтелектуальних або «розумних» виробництв:

1. Необхідність підвищення гнучкості виробництва, що дозволить ефективно використовувати устаткування круглий рік.

2. Забезпечення комплексної автоматизації інтегрованого виробництва, використання у складі технологічних ліній систем управління, які реалізують функції прямого управління устаткуванням, планування і диспетчеризацію його завантаження, контроль і діагностування стану устаткування шляхом збору і аналізу інформації про його надійність.

3. Впровадження в виробничі системи принципів штучного інтелекту.

Підвищення гнучкості сучасних виробничих систем. Оскільки початковим етапом розвитку інтелектуального виробництва стала поява гнучких виробничих систем, то подальший розвиток ІВС ґрунтується на достатньо розвинутій концепції гнучких виробничих систем, які дозволяють в межах технологічних можливостей об'єднаних в систему машин, випускати широку по номенклатурі групу виробів при собівартості близькій до собівартості масового виробництва.

Впровадження в виробничі системи принципів штучного інтелекту. Основне завдання штучного інтелекту зазвичай тлумачиться, як властивість автоматичної виробничої системи брати на себе окремі функції інтелекту людини. Важливу роль тут відіграють експертні системи, що вбудовуються в ІВС [6, 12, 14]. Застосування інтелектуальних систем керування, розширення кількості зворотних зв'язків в них, що підвищує контрольованість процесів, що проходять в машинах і надає самостійності в їх функціонуванні [8, 9, 13].

Нами було розроблено цифрові моделі для аналізу виробничої системи упаковки, взятої в якості прикладу, проте на практиці ця концепція може бути впроваджена для всіх механічних процесів, оскільки всі технологічні характеристики є однаковими [17]. В таблиці 1 наведено основні причини простоїв функціональних вузлів машини.

За результатами, отриманими нами при аналізі цифрової моделі функціонування пакувальної лінії впродовж 12 місяців роботи, що показані в таблиці 1, можна зробити висновок, що основним джерелом простоїв при експлуатації машини виступає її ненадійність, викликана частими відмовами механізмів машини. Для аналізу найбільших джерел ненадійності, було здійснено ранжування ненадійності функціональних вузлів.

Таблиця 1

Річна тривалість простоїв функціональних вузлів багатопозиційної пакувальної машини – автомату, хв

Види відмов	Тривалість, відмови, хв	Види відмов	Тривалість, відмови, хв
<b>1 - Власні відмови</b>	4659	1104 - Механізм захвату корка	22
1102 - Механізм протяжки	1093	<b>2 - Орг-тех простої</b>	919
1107 - Механізм паяльника	761	2222 - Неякісний продукт - холодний	207
1106 - Механізм паяльників корка	482	21 - Перерви живлення	173
1109 - Механізм охолодження з термодатчиком	322	211 - Відсутність електроенергії	173
1112 - Фотодатчик	233	22 - Неподача продукту	502
1116 - Механізм відкривання пакету	224	2221 - Відсутність продукту	290
1105 - Механізм подачі і вставляння корка	296	2221 - Неподача продукту	5
1115 - Механізм ножиць	170	23 - Очікування персоналу	63
1108 - Дозатор з форсункою	196	231 - Відсутність техперсоналу	63
1111 - ТЕН і термодатчик	145	24 - Інцидент	181
1117 - Механізм кутового штампа	94	241 - Непередбачувані проблеми	181

Види відмов	Тривалість, відмови, хв	Види відмов	Тривалість, відмови, хв
1110 - Вакуумна помпа	90	<b>3 - Переналаштування</b>	49
1113 -Вібробункер з контролером	50	31 - При зміні плівки	49
1113 - Термодатчик і ТЕН	47	310 - Заміна рулону плівки	49
1114 - Принтер	37	<b>Загальний простій</b>	<b>11825</b>

Для визначення ймовірності діагнозів за методом Байеса необхідно скласти діагностичну матрицю, яка формується на основі статистичного матеріалу. У таблиці 2 містяться ймовірності розрядів ознак і відповідне їм ймовірності передбачуваних діагнозів при різних поєднаннях ознак. Розмір досліджуваних значень визначається кількістю можливих проявів ознак відмов і несправних станів.

В ідеалі для заповнення цієї матриці необхідно вести безперервний облік технічного стану обладнання під час проходження ним кожного чергового технічного обслуговування з фіксацією стану його систем і механізмів. Розглянемо приклад складання діагностичної матриці за алгоритмом Байеса для машини для упаковки паст в пакети.

Вибираємо п'ять основних станів машини і три основних діагностичних ознаки (параметри) прояви різних несправностей:

- несправності в системі подачі плівки (СПП) –  $k_1$ ;
- несправності в системі подачі ковпачка (СПК) –  $k_2$ ;
- несправності в системі подачі і дозування продукту (СПДП) –  $k_3$ ;
- несправності зварювальної групи механізмів (ЗВ) –  $k_4$ ;
- справний стан машини –  $k_0$ .

Таблиця 2

Діагностичні симптоми та несправності системи

Діагностичні симптоми	Позначення	Несправності			
		Система подачі плівки	Система подачі ковпачка	Система подачі і дозування продукту	Система зварювальних механізмів
		$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$
Простої	$D_{11}$	$P(D_{11}/k_1)$	$P(D_{11}/k_2)$	$P(D_{11}/k_3)$	$P(D_{11}/k_4)$
	$D_{12}$	$P(D_{12}/k_1)$	$P(D_{12}/k_2)$	$P(D_{12}/k_3)$	$P(D_{12}/k_4)$
	$D_{13}$	$P(D_{13}/k_1)$	$P(D_{13}/k_2)$	$P(D_{13}/k_3)$	$P(D_{13}/k_4)$
Брак	$D_{21}$	$P(D_{21}/k_1)$	$P(D_{21}/k_2)$	$P(D_{21}/k_3)$	$P(D_{21}/k_4)$
	$D_{22}$	$P(D_{22}/k_1)$	$P(D_{22}/k_2)$	$P(D_{22}/k_3)$	$P(D_{22}/k_4)$
	$D_{23}$	$P(D_{23}/k_1)$	$P(D_{23}/k_2)$	$P(D_{23}/k_3)$	$P(D_{23}/k_4)$
Перевитрата матеріалів	$D_{31}$	$P(D_{31}/k_1)$	$P(D_{31}/k_2)$	$P(D_{31}/k_3)$	$P(D_{31}/k_4)$
	$D_{32}$	$P(D_{32}/k_1)$	$P(D_{32}/k_2)$	$P(D_{32}/k_3)$	$P(D_{32}/k_4)$
	$D_{33}$	$P(D_{33}/k_1)$	$P(D_{33}/k_2)$	$P(D_{33}/k_3)$	$P(D_{33}/k_4)$
<b>Справна машина</b>	$D_0$	$P(D_0/k_1)$	$P(D_0/k_2)$	$P(D_0/k_3)$	$P(D_0/k_4)$

В якості діагностичних ознак виберемо тривалість простоїв, кількість бракованої продукції, рівень перевитрати матеріалів - перехідні функції. Як відомо, вони відображають

динамічні характеристики системи і залежать від її технічного стану [3]. Кожна ознака  $D_j$  має три рівні стану: хороший, задовільний і незадовільний, відповідні несправності системи:

- інтенсивність зміни тривалості простоїв -  $D_{1i}$ ;
- інтенсивність зміни кількості браку -  $D_{2i}$ ;
- інтенсивність зміни перевитрати матеріалів  $D_{3i}$ .

Якщо існує діагноз  $D_j$  і проста ознака  $k_j$ , що зустрічається при цьому діагнозі, то ймовірність сумісної прояви цих двох подій, тобто наявності у об'єкту стану  $D_j$  і ознаки  $k_j$  визначиться так:

$$P(D_j k_j) = P(D_j) \times P(k_j/D_j) = P(k_j) \times P(D_j/k_j). \quad (1)$$

З цього рівняння отримаємо:

$$P(D_j/k_j) = P(D_j) \frac{P(k_j/D_j)}{P(k_j)},$$

де:  $P(D_j)$  – ймовірність діагнозу  $D_j$ , яка визначається за статистичними даними, так звана апіорна ймовірність діагнозу;

$P(k_j/D_j)$  – ймовірність появи ознаки  $k_j$  у об'єктів із станом  $D_j$ ;

$P(k_j)$  – ймовірність появи ознаки  $k_j$  у об'єктів, незалежно від їх стану (тобто діагнозу);

$P(D_j/k_j)$  – ймовірність діагнозу  $D_j$  після появи у об'єктів ознаки  $k_j$ , так звана апостеріорна ймовірність діагнозу.

Подія (поява ознаки)  $k_1, k_2, \dots$  настає сумісно з одним із взаємно виключних подій-діагнозів  $D_1, D_2, \dots$  (наприклад, справний або несправний стан об'єкту). Події  $D_j$  називаються «гіпотезами»,  $P(D_j)$  – апіорними ймовірностями гіпотез і ймовірності  $P(D_j/k_j)$  – апостеріорні ймовірності цих гіпотез при умові, що подія  $k_j$  відбулася.

Діагностична матриця є логічною моделлю, яка описує зв'язки між діагностичними параметрами  $D$  і можливими несправностями об'єкту  $k$ . Одиниця на перетині рядка і стовпчика означає можливість існування несправності, а нуль – її відсутність (табл. 3).

Таблиця 3

Матриця зв'язків між діагностичними параметрами  $D$  і можливими несправностями об'єкту

Діагностичні симптоми	Позначення	Механізм													Інше		
		Протяжки	Захват корка	Подачі і вставки корка	Паяльників корка	Охолодження із термодагчиком	Паяльник пакету	Дозагор з форсуною	Вакуумна помпа	Фотодагчик	Вібробункер	Принтер	Ножиці	Відкривання пакету	Кутовий штамп	Неякісна плівка	Неякісні корки
		23,4	21,3	8,80	7,45	6,40	3,10	2,85	1,90	1,00	0,85	0,79	0,32	0,21	0,15		
Затягання плівки в трикутник	$D_{11}$	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Застрягання корка	$D_{12}$	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Збився крок протяжки плівки	$D_1$ 3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0

Діагностичні симптоми	Позначення	Механізм														Інше	
		Протяжки	Захват корка	Подачі і вставки корка	Паяльників корка	Охолодження із термодагчиком	Паяльник пакету	Дозатор з форсуною	Вакуумна помпа	Фотодагчик	Вібробункер	Принтер	Ножіці	Відкривання пакету	Кутовий штамп	Неякісна плівка	Неякісні корки
		23,4	21,3	8,80	7,45	6,40	3,10	2,85	1,90	1,00	0,85	0,79	0,32	0,21	0,15		
Подача холодного продукту	D <sub>31</sub>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Негерметична зварка пакету	D <sub>21</sub>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Негерметичне приварювання корка	D <sub>22</sub>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Недостатнє відкриття пакету	D <sub>14</sub>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0
Неточна доза продукту	D <sub>32</sub>	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Неякісне відрізання пакету	D <sub>23</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
Нечітко проставлена дата	D <sub>24</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0

Застосовують також більш складні матриці, в яких на перетині стовпчиків і рядків замість одиниць і нулів підставляють отримані експериментальним шляхом статистичні оцінки достовірності виникнення певної несправності. За допомогою діагностичної матриці з прикладу вирішується задача локалізації однієї з десяти можливих несправностей об'єкту за допомогою чотирьох діагностичних параметрів.

Такий підхід знайшов себе у проактивному технічному обслуговуванні обладнання. Важливою практичною особливістю проактивного технічного обслуговування обладнання є можливість використання моделі «цифрового двійника» з метою прогнозування поведінки обладнання. Для цього система використовує статистичні методи математичного моделювання для виявлення відхилень поточної роботи обладнання від режиму, заданого по моделі. Спосіб проактивного обслуговування обладнання передбачає застосування аналізу даних, для знаходження, локалізації і ідентифікації аномалії в процесі моніторингу робочого процесу. Він дозволяє ідентифікувати такі аномалії як відмови або збої механізмів устаткування, зміна умов роботи, нормальна або аварійна деградація стану обладнання.

**Висновки.** Суть діагностування інтелектуальних виробничих систем пакування зводиться до порівняння досягнутих показників з необхідними. Очевидно, що ідеальними показниками інтелектуальних виробничих систем пакування є: необхідна якість кінцевого продукту, коефіцієнт ефективності використання, що наближається до одиниці, і повна (100 %) безаварійність роботи.

Для того, щоб втілити в життя концепцію інтелектуального виробництва, такі прості компоненти, як функціональні модулі і блоки управління в машинах і технологічних системах, повинні бути перетворені в інтелектуальні пристрої і об'єднані в мережу для передачі в режимі реального часу даних. Ці дані можуть бути використані для виявлення регулярної затримки у

виконанні переходів, перевантаження компонентів обладнання і для своєчасного усунення інших проблем.

### Список використаної літератури

1. Banaszak Z.A., Zaremba M.B. Project-driven planning and scheduling support for virtual manufacturing // *Journal of Intelligent Manufacturing*. 2006. № 6 (17). P. 641-651.
2. Gola A., Świć A., Kramar V. A multiple-criteria approach to machine-tool selection for focused flexible manufacturing systems // *Management & Production Engineering Review*. 2011. № 2 (4). P. 21 – 32.
3. Gaines B.R., Norrie D.H. Knowledge Systematization in the International IMS Research Program // *Proc. of IEEE Conference on Systems, Man and Cybernetics Intelligent Systems for 21st Century*. Germany, 1995. P. 958-963.
4. Groover M.P., Zimmers E.W. CAD/CAM: computer-aided design and manufacturing. New Jersey: Prentice-Hall, 1984. 528 p.
5. Palchevsky B., Swic A., Krestianpol H., Computer integrated designing of flexible manufacturing systems. Lublin: Lublin University of Technology, 2015. 376 p.
6. Palchevskyi B., Swic A., Krestyanpol H. Increasing efficiency of flexible manufacturing systems based on computer product grouping // *Advances in Science and Technology Research Journal*, 2018. № 2(12). P. 6–10. DOI: 10.12913/22998624/92093
7. Palchevskyi B., Krestianpol O., Krestianpol L. Principles of designing and developing intelligent manufacturing systems of packaging // *Machines, technologies, materials, International journal for science, technics and innovations for the industry*. Sofia: Union of Mechanical Engineering “Industrie 4.0”, 2017. P.515-519.
8. Гнучкі комп’ютерно-інтегровані системи: планування, моделювання, верифікація та управління / Л.С. Ямпольський та ін. Житомир: ЖДТУ, 2010. 786 с.
9. Gola A., Świć. A. Design of FFMS Storage Subsystem Using Computer Simulation Method. *Actual Problems of Economics / Актуальні Проблеми Економіки* 2013, 4(142), С. 312-318.
10. Guldentops E. Board Briefing on IT Governance. USA: IT Governance Institute , 2003. 236 p.
11. Goldman S.L. Agile competitors and virtual organizations: strategies for enriching the customer / S.L. Goldman, R.N. Nagel, K. Preiss. N.Y: Van Nostrand Reinhold, 1995. 640 p.
12. Camarinha-Matos L.M., Afsarmanesh H., Marik V. Intelligent Systems for Manufacturing -Multi-agent systems and virtual organizations. IFIP: Kluwer Academic Publishers, 1998. P. 137-140.
13. Nilsson N.J. Principles of Artificial Intelligence. Palo Alto, CA: Tioga, 1980. P. 131-140.
14. Russell S.J., Norvig P. Artificial Intelligence. A Modern approach. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1995. 1408 p.
15. Schwaninger M., Intelligent Organizations. Powerful Models for Systemic Management, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009.
16. Tolio T. Design of Flexible Production Systems. Methodologies and Tools. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2009.
17. Пальчевський Б.О. Застосування цифрових моделей в інтелектуальних пакувальних системах // *Збірник наукових праць V Міжнародної ун-т конференції ТК-2018 «Прогресивні напрямки розвитку технологічних комплексів»*. Луцьк, 28-30 травня 2018, С. 3-5.

### References

1. Banaszak, Z.A., and M.B. Zaremba. "Project-driven planning and scheduling support for virtual manufacturing." *Journal of Intelligent Manufacturing*. 6.17 (2006): 641- 651. Print

2. Gola A., Świć A., Kramar V. "A multiple-criteria approach to machine-tool selection for focused flexible manufacturing systems". *Management & Production Engineering Review*. 2.4 (2011): 21 - 32. Print
3. Gaines, B.R., and D.H. Norrie. "Knowledge Systematization in the International IMS Research Program" *Proc. of IEEE Conference on Systems, Man and Cybernetics Intelligent Systems for 21st Century*. Germany (1995): 958-963. Print
4. Groover, M.P., and E.W. Zimmers. *CAD/CAM: computer-aided design and manufacturing*. New Jersey: Prentice-Hall, 1984. Print
5. Palchevsky B., Swic A., Krestianpol H. *Computer integrated designing of flexible manufacturing systems*. Lublin: Lublin University of Technology, 2015. Print
6. Palchevskiy B., Swic A., Krestyanpol H. "Increasing efficiency of flexible manufacturing systems based on computer product grouping". *Advances in Science and Technology Research Journal*, 2.12. (2018): 6-10.DOI: 10.12913/22998624/92093 Online
7. Palchevskiy B., Krestianpol O., Krestianpol L. "Principles of designing and developing intelligent manufacturing systems of packaging." *Machines, technologies, materials, International journal for science, technics and innovations for the industry*. Sofia: Union of Mechanical Engineering "Industrie 4.0", (2017): 515-519. Print
8. Yampolskiy, L.S., et al. *Flexible computer-integrated systems: planning, modeling, verification, management*. Zhytomyr: ZhDTU, 2010. Print
9. Gola A., Świć. A. "Design of FFMS Storage Subsystem Using Computer Simulation Method". *Actual Problems of Economics/ Актуальні Проблеми Економіки* 4(142) (2013): 312-318. Print
10. Guldentops, E. *Board Briefing on IT Governance*. USA: IT Governance Institute , 2003. Print
11. Goldman S.L., Nagel R.N., Preiss K. *Agile competitors and virtual organizations: strategies for enriching the customer*. N.Y: Van Nostrand Reinhold, 1995. Print
12. Camarinha-Matos , L.M., H. Afsarmanesh, and V. Marik. *Intelligent Systems for Manufacturing -Multi-agent systems and virtual organizations*. IFIP: Kluwer Academic Publishers, 1998. Print
13. Nilsson N. J. *Principles of Artificial Intelligence*. Palo Alto, CA: Tioga, 1980. Print
14. Russell S.J., Norvig P. *Artificial Intelligence. A Modern approach*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1995. Print
15. Schwaninger M. *Intelligent Organizations. Powerful Models for Systemic Management*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2009. Print
16. Tolio T. *Design of Flexible Production Systems. Methodologies and Tools*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2009. Print
17. Palchevsky B.O. "Application of digital models in intelligent packaging systems". *Collection of scientific papers the international conference TC-2018 "Progressive trends in the development of technological complexes"*. Lutsk, (2018): 3-5. Print

*Автори статті (Authors of the article)*

**Пальчевський Богдан Олексійович** – д.т.н., професор, член правління Громадянської організації «Східноєвропейське наукове товариство» (Palchevskiy Bogdan – Doctor Of Technical Sciences, Professor, Member of the Board of «Eastern European Scientific Society»). E-mail: bogdan\_pal@ukr.net.

**Крестьянполь Любов Юрївна** – к.т.н., доцент, доцент кафедри прикладної механіки Луцького національного технічного університету (Krestyanpol Luybov – PhD in technic, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Applied Mechanics). Phone: +380 (66) 131 82 85. E-mail: Krist\_88@i.ua.