

УДК 658.012.32

Р.Б. Капітан

Черкаський державний технологічний університет, Україна

ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ПРОЦЕСІВ ОЦІНЮВАННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВИРОБНИЧОГО ОБЛАДНАННЯ НА ПОЛІГРАФІЧНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Викладено підхід до створення комп'ютерних засобів, а на їх основі – інформаційної технології неперервного моніторингу поточного технічного стану виробничого обладнання (ВО) на поліграфічних підприємствах, з метою визначення ступеню уразливості різних частин та агрегатів, які входять до складу кожної одиниці ВО, а згодом – накопичення інформації про збої та відмови ВО у спеціальному сховищі даних, що побудоване у формі онтологічної системи. Інформація, яка буде надходити в процесі моніторингу, необхідна для вирішення задач технічного діагностування ВО і логістичної підтримки процесів визначення постачальників запасних частин до ВО, організації закупівлі та поставок цих частин на склад поліграфічного підприємства. Комплекс логістичних задач передбачається реалізувати на основі технології Інтернету речей. Математичний апарат дослідження включає теорію мереж Петрі та алгебри онтологій. Для оцінювання ефективності розроблених засобів може бути використано метод умовних сценаріїв.

Ключові слова: поліграфічне підприємство, виробниче обладнання, моніторинг технічного стану, інформаційна підтримка, вкладені мережі Петрі, онтологічний інжиніринг.

Вступ

В сучасному світі ефективність бізнес процесів у різних сферах матеріального виробництва в значній мірі визначається наявністю гіпермедійного середовища. Це стосується і поліграфічної промисловості, зокрема підприємств, що функціонують в режимі Web to print. Значний внесок у розвиток питань, пов'язаних із використанням інформаційних технологій та систем для автоматизованого управління поліграфічними підприємствами внесли такі вітчизняні і зарубіжні вчені, про що свідчить значна кількість публікацій, наприклад [1–3]. Діяльність сучасних поліграфічних підприємств відбувається у вельми динамічних умовах, тому ефективність їх функціонування багато в чому залежить від загального технічного стану виробничого обладнання, мінімізації збоїв та відмов, а також оперативності процесів відновлення робочого стану машин і механізмів. Зазначена вище обставина обумовлює необхідність організації, з використанням ресурсу Інтернет, комплексу заходів щодо технічного діагностування, визначення уразливості різних агрегатів та складових частин поліграфічного обладнання, і своєчасного заказу запасних частин для раціонального формування номенклатури одиниць тих частин, що необхідно зберігати безпосередньо на складі підприємства. Зазвичай, управління сучасними виробничими підприємствами базується на концепції неперервної підтримки процесів життєвого циклу продукції, що виробляється, а саме на технології CALS. Питанням розробки методів і технологій інформаційної підтримки процесів управління та побудови виробничих інформаційно-управляючих систем

присвячені роботи як вітчизняних так і зарубіжних учених, зокрема В.М. Глушкова, Л.С. Глоби, О.Г. Івахненка, К.С. Кульги, І.П. Норенкова, О.А. Павлова, О.В. Палагіна, П.М. Павленка, В.І. Скуріхіна, Є.В. Судова, Бернара Ф., Хартлі Дж., Чампі Дж., а також роботи, що вийшли протягом останнього часу, наприклад [4–5]. Значних досягнень в цьому напрямку досягнуто науководослідними центрами таких розробників як Dassault Systemes (Франція), Siemens PLM Software (Німеччина), Unigraphics (США) та ін. Поряд із цим, специфіка функціонування поліграфічних підприємств не дозволяє безпосередньо задіяти відповідні стандартні засоби автоматизації процесів технічного обслуговування виробничого обладнання, оскільки ці розробки не забезпечують ефективного вирішення задачі інформаційної підтримки процесів технічного обслуговування виробничого обладнання на підприємствах такого типу.

До того ж, наявність теоретичного базису у вигляді елементів теорії ситуаційного управління, засобів онтологічного інжинірингу, Web Mining та мультиагентної технології надає змогу, шляхом теоретичного узагальнення, створити методичну основу для організації постачання запасних частин та комплектуючих до виробничого обладнання в режимі «Розумний склад».

Тому існує нагальна потреба в подальшому дослідженні методів та засобів інформаційної підтримки процесів управління поліграфічним виробництвом, в частині забезпечення належного технічного стану виробничого обладнання, з метою розробки спеціальної прикладної інформаційної технології. Таким чином, на даний час існує важлива науково-

прикладна задача, суть якої полягає у підвищенні ефективності виробництва на поліграфічних підприємствах за рахунок забезпечення надійності виробничого обладнання шляхом розробки і впровадження технології інформаційної підтримки процесів його технічного обслуговування.

В рамках зазначеної вище задачі, об'єкт дослідження, про яке йдеться мова у статті, може бути визначений як сукупність процесів технічного обслуговування виробничого обладнання на поліграфічному підприємстві. Виходячи із цього, предмет дослідження це моделі, методи та інформаційні технології технічного обслуговування виробничого обладнання в частині формування номенклатури запасних частин на складі поліграфічного підприємства.

Метою статті є викладення підходу до підвищення ефективності функціонування поліграфічних підприємств за рахунок створення технології інформаційної підтримки процесів управління поліграфічним виробництвом в частині технічного обслуговування виробничого обладнання на основі спеціальних засобів обробки даних та знань про характерні відкази в роботі машин і механізмів, та ті, що притаманні лише конкретному зразку, а також формування на складі поліграфічного підприємства номенклатури відповідних запасних частин, шляхом реалізації заявок на їх постачання через Інтернет.

Постановка задач дослідження. Поставлена мета може бути досягнута шляхом вирішення таких взаємопов'язаних завдань:

Провести аналіз існуючих систем управління на вітчизняних поліграфічних підприємствах та інформаційних технологій, на яких вона базується, виявити проблемні задачі реалізації процесів технічного обслуговування виробничого обладнання та обґрунтувати задачі дослідження.

Розробити комплекс моделей для аналізу надійності та готовності виробничого обладнання на поліграфічному підприємстві, а також процесів забезпечення цього обладнання запасними частинами для проведення технічного обслуговування.

Розробити інформаційні моделі подання й накопичення даних про виробничі ситуації, пов'язані з відмовами виробничого обладнання на поліграфічному підприємстві.

Синтезувати метод інформаційної підтримки процесів забезпечення запасними частинами виробничого обладнання поліграфічного підприємства у разі термінового ремонту цього обладнання.

Створити технологію інформаційної підтримки процесів ремонту виробничого обладнання на поліграфічному підприємстві в частині забезпечення запасними частинами.

Провести промислову апробацію запропонованих моделей, методів та методик, а також їх впрова-

дження на вітчизняних поліграфічних підприємствах.

Виклад основного матеріалу

В рамках даної статті розглянемо формальну постановку задачі моделювання технічного стану виробничого обладнання на поліграфічному підприємстві. Специфіка сучасного поліграфічного виробництва визначається, з одного боку, динамічністю та інтенсивністю бізнес процесів, а з іншого – складністю виробничого обладнання і, як наслідок, його недостатньою надійністю. В силу зазначених обставин, однією з пріоритетних задач автоматизації поліграфічного виробництва на даному етапі стає розробка дієвих засобів інформаційної підтримки процесів технічного обслуговування обладнання з метою відновлення робочого стану після поломок та відмов, а також з метою попередження таких ситуацій.

Аналіз існуючих систем, процесів управління поліграфічним виробництвом, функціональності найбільш поширених в Україні ERP і MES-систем показав, що на рівні оперативного управління доцільно створення та використання, с подальшою інтеграцією з вже існуючими на підприємстві інформаційними системами, спеціальних засобів, а на їх основі – прикладної інформаційної технології діагностування та відновлення технічного стану виробничого обладнання. Така інформаційна технологія може бути реалізована за допомогою застосування онтологічного інжинірингу, мультиагентної технології та Інтернету речей.

Результатом вивчення процесів функціонування поліграфічних підприємств в аспекті надійності та готовності виробничого обладнання (ВО) стало припущення про те, що сукупність ВО в даному випадку являє собою замкнену систему масового обслуговування зі змінною інтенсивністю відмов λ . При цьому ймовірність появи за проміжок часу $\tau = [0, T]$, де момент T визначає завершення виробничого циклу на поліграфічному підприємстві, кількість k відмов ВО, які було виявлено в процесі функціонування ВО, визначається розподіленням Пуассона $P_k(t)$, де $t \in \tau$; максимальна ж кількість відмов ВО описується функцією розподілення $F(k, t)$:

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}; \quad F(k, t) = e^{-\lambda t} \sum_{i=1}^k \frac{(\lambda t)^i}{i!}.$$

Оскільки процес функціонування ВО на поліграфічному підприємстві при виконанні певного замовлення являє собою неперервний ланцюжок, відмова однієї з одиниць ВО в цьому ланцюжку призводить до відмови системи в цілому. Тому ймовірність $P(t)$ безвідмовної роботи комплексу ВО поліграфічного підприємства згідно правилу комбінації

ймовірності незалежних подій, допустимо визначити як:

$$P(t) = \prod_{i=1}^n p_i = \prod_{i=1}^n e^{-\lambda_i(t)} = \exp\left(-\sum_{i=1}^n \Lambda_i(t)\right) = \exp\left(-\sum_{i=1}^n \int_0^t \lambda_i(t) dt\right).$$

Аналіз динаміки бізнес процесів на поліграфічному, підприємстві, а також статистика відмов ВО, надав змогу розглянути питання забезпечення надійності та готовності ВО, залучивши до опису цих процесів математичний апарат алгебри подій.

Таким чином, функціонування будь якої ділянки ВО у складі поліграфічного підприємства, як і загалом всього комплексу ВО, допустимо розглянути у вигляді логічної функції; наприклад

$$(A \vee B)D \vee (A \vee C)E.$$

Згідно правил алгебри подій, ця функція має канонічний вигляд:

$$(A \vee B)D \vee (A \vee C)E = (A + B - AB)D + (A + C - AC)E - (A + B - AB)(A + C - AC)E - (A + B - AB) \cdot (A + C - AC)DE = AD + BD + AE + CE - (ABD + ACE + ADE) - BCDE + ABCDE.$$

Наведений вище вираз, шляхом заміщення логічних змінних відповідними функціями надійності, може бути подано у вигляді формули надійності комплексу ВО поліграфічного підприємства.

$$P = P_A P_B + P_B P_D + P_A P_E + P_C P_E - (P_A P_B P_D + P_A P_C P_E + P_A P_D P_E) - P_B P_C P_D P_E + P_A P_B P_C P_D P_E.$$

У випадку, якщо б усі елементи комплексу ВО поліграфічного підприємства характеризувались однаковою інтенсивністю відмов λ , тоді загальна надійність всього ВО дорівнювала б:

$$P = 4e^{-2\lambda t} - 3e^{-3\lambda t} - e^{-4\lambda t} + e^{-5\lambda t}.$$

Однак, оскільки в реальному житті кожна одиниця ВО в процесі функціонування характеризується своєю інтенсивністю відмов складових частин, в ході дослідження було зроблено висновок про необхідність розробки спеціальної моделі надійності й готовності ВО на поліграфічному підприємстві. Цю модель було створено на основі подієвого підходу з використанням математичного апарату вкладених мереж Петрі (ВМП).

Процес відновлення працездатності ВО поліграфічного підприємства може бути подано у вигляді ієрархічної дворівневої ВМП:

$$IPN = \langle SN^{(1)}, EN_1^{(2)}, \dots, EN_m^{(2)} \rangle,$$

де $SN^{(1)}$ – системна мережа, що моделює процес пошуку та видачі відповідної запасної частини зі складу поліграфічного підприємства;

$EN_1^{(2)}, \dots, EN_m^{(2)}$ – множина елементарних мереж Петрі, кожна з яких моделює процеси відмов різних вузлів та агрегатів тієї чи іншої одиниці ВО.

Загалом, модель ВМП у даному випадку являє собою кортеж:

$$IPN = \langle N, C, W, G, \Omega, M_0 \rangle,$$

де $N = (P, T, F)$ – скінченна мережа з множиною позицій P , множиною переходів T_i відношенням інцидентності F ; $C : P \rightarrow \Omega$ – функція розмальовки позицій, яка ставить у відповідність кожній позиції $p \in P$ її колір $C(p)$; W – функція, яка приписує дугам мережі N вирази типу

$$((p, t), (t', p')) \in F : (Type(W(p, t)) = M(C(p))) \vee \vee (Type(W(t', p')) = M(C(p'))); G : T \rightarrow L -$$

функція, яка кожному переходу $t \in T$ ставить у відповідність деякі логічні вирази, що відображає відповідну подію; M_0 – функція, яка кожній позиції $p \in P$ ставить у відповідність такий вираз:

$$\forall p \in P : (Type(M_0(p)) = M(C(p))).$$

Тобто функція M_0 визначає початкову розмітку ВМП. Початкова розмітка ВМП, включаючи визначення кольору маркерів, відображає конкретну виробничу ситуацію, яка викликана відмовою його чи іншого виду виробничого обладнання.

Оскільки дворівневі ВМП за своєю природою мають ієрархічну структуру, з такими моделями виробничих ситуацій на поліграфічному підприємстві можуть бути однозначно співставленні онтологічні структури, на основі яких доцільно побудувати базу прецедентів при вирішенні задачі збереження та обробки даних про технічний стан ВО.

Висновки

В ході створення технології інформаційної підтримки процесів технічного обслуговування виробничого обладнання поліграфічних підприємств було розроблено комплексну інформаційну модель для аналізу надійності та готовності виробничого обладнання на поліграфічному підприємстві, а також процесів забезпечення цього обладнання запасними частинами для проведення технічного обслуговування ВО. Ця модель заснована на подієвому підході та реалізована у формі ієрархічної вкладеної мережі Петрі. Для організації процесів збереження та обробки даних буде синтезована спеціальна онтологічна модель представлення структури даних щодо виробничих ситуацій, які виникли внаслідок відмов виробничого обладнання, що забезпечило побудову відповідних інформаційних структур на основі прецедентного підходу. Крім того, в рамках підходу, що розглядається, розроблено метод інформаційної

підтримки процесів забезпечення запасними частинами виробничого обладнання поліграфічного підприємства, який на відміну від існуючих, надає змогу визначати номенклатуру запасних частин на складі підприємства, та здійснювати замовлення запасних частин на основі технології Інтернету речей.

Зазначені вище результати нададуть змогу розробити методіку організації інформаційного забезпечення підсистеми технічного обслуговування виробничого обладнання на поліграфічному підприємстві та алгоритми інформаційного пошуку інформації про виробничі ситуації у спеціалізованій онтологічній системі.

Таким чином, реалізація сформульованих у вступі завдань надасть змогу створити математичне, алгоритмічне, інформаційне, програмне та методичне забезпечення системи інформаційної підтримки процесів технічного обслуговування виробничого обладнання поліграфічного підприємства у частині поставок запасних частин та комплектуючих.

Список літератури

1. David A. Madsen. *Print Reading for Engineering and Manufacturing Technology* / A. Madsen David, P. Madsen

David. – Boston, Massachusetts: CENGAGE Learning; 3 edition. – 2012. – 544 p.

2. Настольная книга издателя / Е.В. Малышкин, А.Э. Мильчин, А.А. Павлов, А.Е. Шадрин. – М.: АСТ; Олимп, 2005. – 811 с.

3. Центр инновационной полиграфии [Электронный ресурс] / Компания «COLOR CITY». – Режим доступа: <http://colorcity.com.ua/ru/library/articles/web2print.html>. – Загл. с экрана. – Яз. рус.

4. HP Hiflex Web-to-Print solutions are no longer sold [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.hiflex.com/hiflex>. – Загл. с экрана. – Яз. англ.

5. Системы підтримки прийняття рішень / В.Ф. Ситник, О.С. Олексюк, В.М. Гужва, С.П. Піна, В.М. Олейко. – К.: Техніка, 1995. – 165 с.

Надійшла до редколегії 1.08.2017

Рецензент: д-р техн. наук проф. О.Є. Федорович, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРОЦЕССОВ ОЦЕНКИ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ПОЛИГРАФИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Р.Б. Капитан

Изложен подход к созданию компьютерных средств, а на их основе – информационной технологии непрерывного мониторинга текущего технического состояния производственного оборудования (ПО) на полиграфических предприятиях, с целью определения степени уязвимости различных частей и агрегатов, входящих в состав каждой единицы ПО, а впоследствии – накопление информации о сбоях и отказах ПО в специальном хранилище данных, построенное в форме онтологической системы. Информация, которая будет поступать в процессе мониторинга, необходимая для решения задач технической диагностики ПО и логистической поддержки процессов определения поставщиков запасных частей к ПО, организации закупки и поставок этих частей на склад полиграфического предприятия. Комплекс логистических задач предполагается реализовать на основе технологии интернета вещей. Математический аппарат исследования включает теорию сетей Петри и алгебры онтологий. Для оценки эффективности разработанных средств может быть использован метод условных сценариев.

Ключевые слова: полиграфическое предприятие, производственное оборудование, мониторинг технического состояния, информационная поддержка, вложенные сети Петри, онтологический инжиниринг.

INFORMATION SUPPORT OF EVALUATION PROCESSES AND RESTORATION OF THE TECHNICAL CONDITION OF PRODUCTION EQUIPMENT ON THE PRINTING ENTERPRISE

R. Kapitan

The approach to the creation of computer facilities and, on their basis, the information technology of continuous monitoring of the current technical condition of production equipment (software) at printing enterprises, with the purpose of determining the degree of vulnerability of various parts and units included in each unit of software, and subsequently – the accumulation of information about failures and failures of software in a special data warehouse, built in the form of an ontological system. The information that will arrive in the monitoring process is necessary for solving the problems of technical diagnostics of software and logistical support of the processes of determining the suppliers of spare parts for software, organizing the procurement and supply of these parts to the warehouse of the printing company. The complex of logistics tasks is supposed to be realized on the basis of the Internet technology of things. The mathematical apparatus of the study includes the theory of Petri nets and ontology algebras. To evaluate the effectiveness of the developed tools, the conditional scenario method can be used.

Keywords: printing company, production equipment, monitoring of technical condition, information support, embedded Petri nets, ontological engineering.