



Павленко П. М.,  
Ахметов Б. С.,  
Трейтяк В. В.

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ІНТЕГРАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ДАНИХ

У статті представлено опис математичного моделювання виробничих даних та запропоновано концептуальні визначення моделювання процесу інтеграції даних. Встановлено, що використання взаємозв'язаних моделей семантичних сіток виробничих даних дозволить здійснити інтеграцію виробничих процесів на етапах технічної підготовки виробництва та виробництва виробів, що забезпечує інформаційну підтримку процесів прийняття достовірних управлінських рішень.

**Ключові слова:** виробничі дані, інтеграція даних, інтегровані автоматизовані системи, семантичне моделювання.

### 1. Вступ

Історично на кожному підприємстві існують різні інформаційні автоматизовані системи, які частіше всього функціонують незалежно одна від одної та вирішують свій клас задач. Певні виробничі задачі вирішуються неефективно або не вирішуються взагалі без колаборативного використання даних одразу кількох автоматизованих систем, що і робить актуальною задачу інтеграції автоматизованих систем по даним. Безумовно, що актуальність задачі інтеграції тим вища, чим вищий рівень її користувачів в системі управління даними (для прийняття рішень в масштабі підприємства з великою долею вірогідності потрібні дані з різних підрозділів, різних предметних областей та, відповідно, різних автоматизованих систем). Інформаційні автоматизовані системи від різних розробників використовують свої власні формати представлення даних. При цьому, з одного боку, інформація про виробу дублюється і не завжди актуальна, що призводить до її недостовірності і неповноти. З іншого боку, для підтримки прийняття управлінських рішень на етапах технічної підготовки виробництва виникає необхідність отримання даних від різних структурних підрозділів і служб підприємства. Окрім прямої задачі отримання інтегрованих даних існує і зворотна задача: є вхідний керуючий документ, який визначає необхідність корегування деякої інформації в різних системах. Постає проблема у забезпеченні цілісності всієї сукупності даних.

### 2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Існують різні підходи до вирішення вказаних задач. В роботах [1–4] запропоновано різні способи формування інтегрованого інформаційного середовища: від створення систем на основі єдиної структури даних до використання великих масивів (сховищ) даних, а також універсальної платформи бізнес-інтеграції, яка об'єднала б різні технології в єдиному програмному продукті, що вирішить задачі інтеграції корпоративних додатків. Представляється перспективним підхід до серверних потужностей, засобів зберігання, настільним сервісам та

додаткам, як до універсальних ресурсів. Для вирішення окремих задач інтеграції автоматизованих систем та даних використовуються інтеграційні брокери, засоби моделювання виробничих процесів, сервери додатків і ін. Проте, при такому підході зростає складність проекту – велика кількість різноманітних інструментальних засобів доведеться використати при розробці, а після впровадження потрібно буде підтримувати окремі компоненти інтеграційного рішення [5, 6]. В силу цієї складності більшість проектів інтеграції автоматизованих систем та даних не досягли всіх своїх цілей. Тим не менш, єдиний підхід до реалізації процесу інтеграції систем та даних відсутній.

На думку авторів статті, вдалою альтернативою розглянутим підходам є створення галузевих інтеграційних платформ, які поєднують в собі гнучкість та потужні можливості універсальних платформ з продуктивністю і предметною орієнтованістю часткових рішень. Розуміючи це, розробники програмного забезпечення для інтеграції створюють певні шаблони інтеграційних рішень, які базуються на універсальних платформах. Проте, ці шаблони інтеграції доступні лише для обмеженої кількості автоматизованих систем за функціоналом (в основному невиробничі сфери, фінансово-економічні) і не вирішують проблему додаткової вартості впровадження та обслуговування.

### 3. Об'єкт, мета та задачі дослідження

Об'єктом дослідження є процеси інтеграції інформаційних автоматизованих систем виробничого призначення.

Метою роботи є представлення результатів досліджень з математичного моделювання процесів інтеграції даних на рівні розробки і використання моделей семантичних сіток виробничих даних на етапах технічної підготовки виробництва.

Для поставленої мети необхідно було вирішити наступні задачі:

- розробити математичну модель інтеграції виробничих даних;
- запропонувати механізм інтеграції автоматизованих систем виробничого призначення на етапах технічної підготовки виробництва.

#### 4. Матеріали та методи моделювання процесів інтеграції виробничих даних

Аналіз проблемних задач дослідження, цілей моделювання, а також дискретна природа процесів технічної підготовки виробництва показали ефективність використання на високому рівні абстракції теоретико-множинного апарату для побудови математичної моделі інтеграції даних [7].

Використано універсальний формат обміну даними, який розроблено на основі методології XML. Він дозволяє в єдиному виді описати структуру даних, якими оперують в єдиному консолідованому середовищі підприємства. Вибір XML в якості основної мови опису даних дозволяє сформулювати та представити загальну схему будь-якого пакету даних. Використання сучасних засобів програмування (наприклад, Microsoft.Net або Sun Microsystems Java) при цьому дозволяють створювати в оперативній пам'яті реальні об'єкти, які будуються з XML-опису (так звана процедура десериалізації).

#### 5. Результати досліджень процесів інтеграції виробничих даних

Розроблена математична модель процесів інтеграції виробничих даних повинна забезпечувати виявлення та формалізацію відношень між об'єктами і системами. Базовим поняттям запропонованої моделі є поняття інформаційного об'єкту. Як правило, об'єкти відповідають сутностям предметної області, кожний об'єкт характеризується значеннями заданого набору атрибутів. Тому, припустимо інформаційний об'єкт визначається як множина впорядкованих пар виду:

$$x = \{ \langle a_1, d_1 \rangle, \langle a_2, d_2 \rangle, \dots, \langle a_n, d_n \rangle \}, \quad (1)$$

$$a_i \neq a_j, i \neq j, i, j \in [1..n],$$

де  $a$  – ім'я атрибуту;  $d$  – значення атрибуту.

Для формального представлення у загальному вигляді під інтегрованою автоматизованою системою (ІАС) будемо розуміти таку інформаційну схему, яка описує характеристики об'єктів, що входять у систему та множини інформаційних об'єктів і їх взаємозв'язки, які задовольняють дану схему.

**Визначення 1.** Інформаційною схемою називають множину:

$$S = \langle A, D, T, \varphi, \delta \rangle, \quad (2)$$

де  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_k\}$  – множина атрибутів інформаційних об'єктів;  $D = \{D_1, D_2, \dots, D_m\}$  – сукупність множин можливих значень атрибутів;  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_l\}$  – множина типів об'єктів;  $\varphi: A \rightarrow D$  – взаємозв'язки, які ставлять у відповідність кожному атрибуту множину його можливих значень;  $\delta: T \rightarrow 2^A$  – відображення, яке задає для кожного об'єкту множину атрибутів.

**Визначення 2.** У загальному вигляді ІАС, побудовану за схемою  $S$  називають множиною елементів:

$$U^S = \langle S, U, \gamma \rangle, \quad (3)$$

де  $S = \langle A, D, T, \varphi, \delta \rangle$  – інформаційна схема;  $U = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  – множина інформаційних об'єктів;  $\gamma: U \rightarrow T$  – відобра-

ження, яке ставить у відповідність об'єкту його тип і для будь-якого інформаційного об'єкту  $x \in U$  виконані умови:

1. Множина атрибутів відповідає типу  $\{a: \langle a, d \rangle \in x\} = \delta(\gamma(x))$ .

2. Для будь-якої пари  $\langle a, d \rangle \in x$  маємо  $d \in \varphi(a)$ .

Зміни ІАС задамо відображенням  $F: W^S \rightarrow W^S$ , де  $W^S$  – множина всіх ІАС, які задовольняють схему  $S$ .

Задамо множину ІАС:

$$U^{\bar{S}} = \{U_1^{S^1}, U_2^{S^2}, \dots, U_N^{S^N}\},$$

де

$$U_i^S = \langle S_i, U_i, \gamma_i \rangle, \quad S_i = \langle A_i, D_i, T_i, \varphi_i, \delta_i \rangle,$$

$$\bar{S} = \{S_1, S_2, \dots, S_N\}, \quad \bar{A} = \bigcup_{1 \leq i \leq N} A_i, \quad \bar{D} = \bigcup_{1 \leq i \leq N} D_i,$$

$$\bar{T} = \bigcup_{1 \leq i \leq N} T_i, \quad \bar{U} = \bigcup_{1 \leq i \leq N} U_i.$$

Множина ІАС  $U^{\bar{S}}$  є вірною, якщо існують  $\bar{\varphi}: \bar{A} \rightarrow \bar{D}$ ,  $\bar{\delta}: \bar{T} \rightarrow 2^{\bar{A}}$ ,  $\bar{\gamma}: \bar{U} \rightarrow \bar{T}$ , які є розширенням відповідних взаємозв'язків  $\varphi_i, \delta_i, \gamma_i (1 \leq i \leq N)$ .

**Визначення 3.** Якщо множина ІАС  $U^{\bar{S}}$  є вірною, то ІАС:

$$\bar{U} = \langle \bar{S}, \bar{U}, \bar{\gamma} \rangle,$$

де  $\bar{S} = \langle \bar{A}, \bar{D}, \bar{T}, \bar{\delta}, \bar{\varphi} \rangle$  називають інтегрованою на  $U^{\bar{S}}$  (рис. 1).

Як правило, системи повинні задовольняти більш суворим вимогам, ніж відповідність певній схемі [8]. Такі вимоги накладаються різними семантичними залежностями, що визначають, які стани інформаційної системи є допустимими, та використовують для узгодженої зміни даних в ІАС. Таким чином, мета інтеграції полягає у збереженні відповідності множин ІАС заданому набору семантичних залежностей [9].

**Визначення 4.** Семантичною залежністю, заданою на  $U^S$ , будемо розуміти с-предикат, який задано на  $W^S$ .

Множина семантичних залежностей  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_p\}$  є справедливою, якщо існує така ІАС  $U^S$ , що  $c_i(U^S)$  для всіх  $1 \leq i \leq p$ .

На практиці залежність між системами необхідно зводити до залежностей між типами складових в них об'єктів. Нехай множина всіх можливих інформаційних об'єктів  $X_{t_i}$  задовольняє схемі та має набір атрибутів, відповідних типу  $t_i$ :

$$X_{t_i} = \left\{ x: x = \{ \langle a_1, d_1 \rangle, \langle a_2, d_2 \rangle, \dots, \langle a_n, d_n \rangle \} \& \& (A^x = \delta(t_i)) \& (\forall a_i \in A^x, a_i(x) \in \varphi(a_i)) \right\}. \quad (4)$$

У подальшому буде наведено кілька типів залежностей, характерних для реальних зв'язків між інформаційними об'єктами. Семантичну залежність будемо називати  $T$ -залежністю, якщо для об'єктів  $x_i \in X_{t_i}$ ,  $x_j \in X_{t_j}$  вона визначається предикатом виду  $\alpha(x_i, x_j)$ ,  $\beta(x_i, x_j)$ . Така залежність дозволяє перевірити тільки наявність або відсутність порушень залежності та не пропонує механізму корекції множини ІАС у відповідності до заданих обмежень.

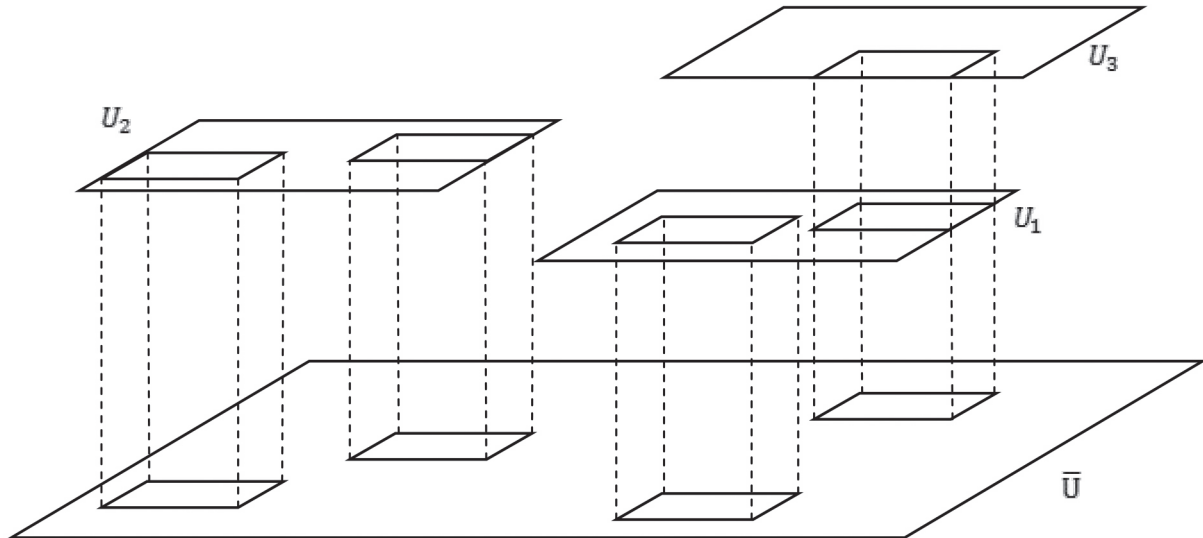


Рис. 1. Розподілення об'єктів у системі  $\bar{U}$

$T$ -залежність між типами  $t_i, t_j \in T$  будемо називати  $V$ -залежністю  $(t_i \leftrightarrow t_j)$ , якщо існує відображення  $V: X_{t_i} \times X_{t_j} \rightarrow X_{t_j}$  таке, що виконує умову:

$$\alpha(x_i, x_j), \beta(x_i, V(x_i, x_j)). \tag{5}$$

Існує відображення  $V$ , яке дозволяє отримувати, виходячи із значень типу  $t_i$  та  $t_j$ , нове значення типу  $t_j$ , яке буде задовольняти заданому предикату  $\beta$ . Основною проблемою, яка виникає при відображенні  $V$ , є наявність циклічної послідовності залежностей, які можуть призвести до нескінченної рекурсії у відповідності до корегування залежних об'єктів. Встановлено, що використання  $V$ -залежностей не гарантує наявності автоматичної процедури узгодженого корегування множини ІАС [8, 9]. Множину атрибутів  $K(t_i) \subseteq \delta(t_i)$  будемо називати ключем типу  $t_i \in T$ , якщо  $\forall x \in U$  виконано  $\{x: x \in U, a(x) = a(x'), \forall a \in K(t_i)\} = \{x'\}$ . Ключові атрибути  $a \in K(t_i)$  визначають будь-який інформаційний об'єкт із множини  $U$ .

$A$ -залежністю  $(t_i \leftrightarrow t_j)$  будемо називати  $V$ -залежність спеціального виду:  $A \subseteq K(t_i), K(t_j) = \emptyset$ , тоді:

$$\begin{aligned} \alpha(x, y) &\equiv \forall a \in A, a(x) = a(y), \\ \beta(x, y) &\equiv \forall a \in A^*, a(x) = a(y), \\ V(x, y) &= \{ \langle a_1, d_1 \rangle, \langle a_2, d_2 \rangle, \dots, \langle a_p, d_p \rangle \}, \end{aligned} \tag{6}$$

$$\text{де } d_i = \begin{cases} a_i(x), & \text{якщо } a_i \in A^*, \\ a_i(y), & \text{якщо } a_i \notin A^*. \end{cases}$$

Для будь-якої вірної множини  $A$ -залежностей  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_p\}$  існує процедура, що дозволяє скорегувати ІАС  $U^S$ , використовуючи кінцеву послідовність відображень  $V_i$ , відповідних  $T$ -залежностей з  $C$  таким чином, що  $U^S$  буде задовольняти  $C$ .

Ключовий атрибут  $a \in \delta(t_j)$  назвемо залежним (запозициним) для  $t_j$ , якщо існують  $A, A^*$  такі, що  $a \in A^*$  та  $(t_i \leftrightarrow t_j)$ . У протилежному випадку, атрибут  $a \in \delta(t_j)$  називають вільним (власним) атрибутом. Атрибути інформаційних об'єктів  $x \in U^S$  можуть бути віднесені до однієї з 3-х груп: ключові, вільні та залежні атрибути. На практиці при інтеграції даних в ІАС постає питання: «Як мінімізувати взаємозв'язок між ІАС без втрати цілісності, коректності та доступності інформації?» Для вирішення даної задачі необхідно оцінити ступінь взаємозв'язку між ІАС. Ступінь взаємозв'язку типу  $t_i \in \bar{T}$  від ІАС  $U_j$  будемо називати  $R(t_i, U_j)$  – кількість зв'язків  $c \in C$  виду  $t_i \leftrightarrow t$ , де  $t \in T_j$ .

Ступінь взаємозв'язку між ІАС  $U_i$  та  $U_j$  визначається як:

$$R(U_i, U_j) = \begin{cases} \sum_{t \in T_i} R(t, U_j), & \text{якщо } i \neq j, \\ 0, & \text{якщо } i = j. \end{cases} \tag{7}$$

Доведено, що при розподіленні незв'язаних типів  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_k\} \subseteq \bar{T}$  за ІАС з  $U^S$  мінімальне значення  $R(U^S)$  буде досягнуто при їх розподіленні за  $U_{i_1}^S, U_{i_2}^S, \dots, U_{i_k}^S$  таких, що максимальне значення  $k$ -мірної матриці  $G$ , де кожний елемент  $G[i_1, i_2, \dots, i_k] = \sum_{j=1}^k \sum_{t \in U_j^S} R(t_j, U_{i_j})$ , є  $G[i_1, i_2, \dots, i_k]$ . Розглянуті математичні представлення є основою для семантичних залежностей та створення інформаційної технології інтеграції даних обраної предметної області (рис. 2).

На наступному етапі моделювання понижується рівень абстракції моделі, виділяються основні класи об'єктів інтегрованого інформаційного середовища, для яких визначається структура: властивості, поведінка та взаємозв'язки даних. Будується багаторівнева об'єктна схема ІАС, в якій базовим класом для об'єктів є клас «Інформаційний об'єкт» (основні елементи: ключові атрибути, стан та методи, що змінюють стан).

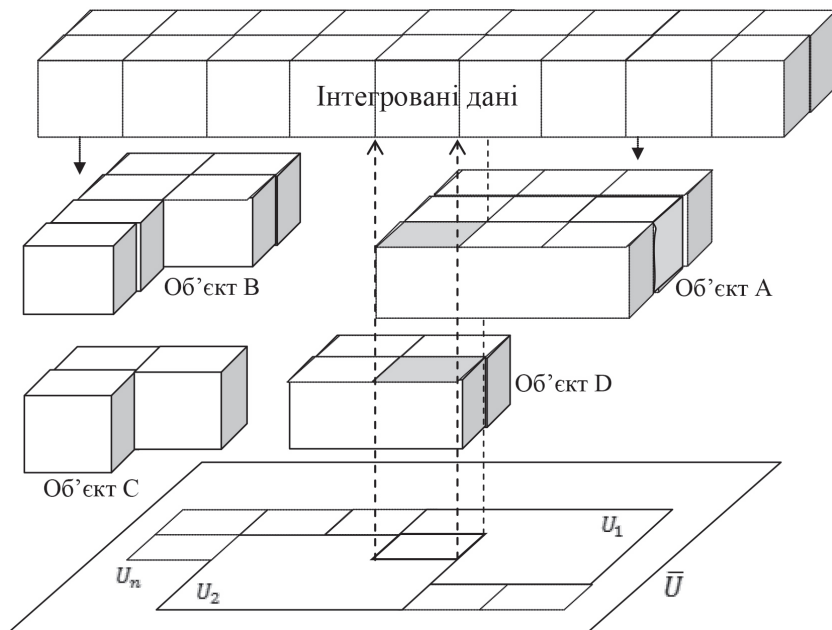


Рис. 2. Схема взаємодії інформаційних об'єктів

Потомками класу «Інформаційний об'єкт» є класи та підкласи («Реальний об'єкт», «Віртуальний об'єкт», «Класифікатор» та ін.), яким властиві статичні елементи, що характеризують семантичні особливості класу, та динамічні елементи для збереження історії змін відповідних параметрів. Подальше розширення об'єктної схеми відбувається залежно від специфіки обраної предметної області [10].

Для представлення всіх інформаційних об'єктів використовується мова розмітки XML. Перетворення інфор-

маційних систем, опис інформаційної схеми системи задаються відповідними XSLT-перетворювачами, що дозволяє задавати складні перетворення документів на основі компактних декларативних програм.

### 6. Обговорення результатів моделювання процесів інтеграції виробничих даних

На основі теоретичних досліджень та практичного досвіду експлуатації сучасних ІАС виробничого призначення в інтегрованому інформаційному середовищі можна зробити висновок, що ІАС, функціонуючи автономно в рамках підприємства, відповідають за певне коло задач, проте відсутня взаємодія між собою інформаційних об'єктів, які в сукупності моделюють всі реальні та віртуальні об'єкти [1–4, 8, 9]. Побудовані математичні залеж-

ності інтеграції даних адекватно описують міжсистемні особливості інформаційних систем. У рамках об'єктно-орієнтованого підходу визначено класифікаційну схему інформаційних об'єктів, яка є інтеграційним джерелом виходу інформації з автоматизованих систем в інтегроване інформаційне середовище.

Наведемо приклад використання моделей семантичних сіток виробничих даних в середовищі ІАС на етапі технічної підготовки виробництва (рис. 3).



Рис. 3. Схема інформаційних зв'язків даних технічної підготовки виробництва з використанням семантичних сіток

Такі об'єкти, як технологічні операції, переходи, обладнання, оснастка, матеріали та ін., створюються і класифікуються в базі даних нормативно-довідкової інформації. У цьому середовищі вони є семантичною сіткою рівноцінних об'єктів, об'єднаних функціональними зв'язками.

У моделі технологічного процесу вони розташовуються в тому порядку, який диктує логіка даної прокладної моделі, що розроблена за нормами єдиної системи технологічної документації. При переміщенні технологічних об'єктів з одного додатка до іншого, вони не втрачають зв'язків з базою даних. Будь-яка прикладна система, яка використовує дані про виробу, процеси та ресурси, завжди може звернутися до першоджерела та знайти за унікальним ідентифікатором додаткову інформацію, включаючи зображення в різних графічних форматах, креслення, 3D-моделі, супровідні документи – ГОСТ, ДСТУ, інструкції, опис та ін.

Усі інформаційні об'єкти проєктуються таким чином, щоб можна було за необхідності доповнювати, вносити зміни та додавати атрибути, які дозволяють отримувати додаткову інформацію при моделюванні.

Таким чином, обґрунтовано використання математичного апарату семантичних сіток для моделювання взаємозв'язків виробничих даних в середовищі ІАС виробничого призначення. Дані дослідження є продовженням науково-дослідних робіт з розробки інформаційних технологій інтеграції проектних та виробничих даних і процесів їх отримання, які проводяться авторами на протязі останніх 10-ти років.

## 7. Висновки

У результаті проведених досліджень:

1. Проведено математичне моделювання процесу інтеграції виробничих даних, яке забезпечує виявлення і формалізацію відношень між об'єктами та інтегрованими автоматизованими системами.

2. Встановлені основні визначення для побудови моделей семантичних сіток виробничих даних, які дозволяють структурувати процес семантичного моделювання даних та формалізувати взаємозв'язки виробничих даних.

3. Запропоновано підхід до інтеграції процесів технічної підготовки виробництва, який базується на перетворенні логіки взаємозв'язку базових об'єктів «виробу», «ресурсу» і «процесу» з інформаційних і функціональних моделей в семантичну модель даних. Таке формалізоване представлення базових об'єктів та їх взаємозв'язків пропонується для комплексного моделювання процесів технічної підготовки позаказного виробництва з метою їх автоматизації та інтеграції.

4. Встановлено, що об'єднавши дані та знання в семантичні моделі можна створити інтелектуальне інформаційне середовище ІАС виробничого призначення.

## Література

1. Андриченко, А. Принципы интеграции PDM-систем и САПР технологических процессов [Текст] / А. Андриченко, А. Коптев // CAD/CAM/CAE Observer. — 2011. — № 8(68). — С. 8–13.
2. Кульга, К. С. Модели и методы создания интегрированной информационной системы для автоматизации технической подготовки и управления машиностроительным производством [Текст]: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.13.06 / К. С. Кульга. — Уфа: УГАТУ, 2010. — 34 с.
3. Мартынов, О. Ю. Разработка методов и средств автоматизированного управления технической подготовкой производства наукоемких изделий с целью повышения их конкурентоспо-

собности [Текст]: автореф. дис. ... докт. тех. наук: 05.13.06 / О. Ю. Мартынов. — Москва, 2012. — 32 с.

4. Barrenechea, M. J. Enterprise Productive Information Management: The Next Generation of Enterprise Software [Text] / M. J. Barrenechea, P. T. Jenkins. — Waterloo, Canada: Open Text, 2013. — 110 p.
5. Краснов, Ю. А. Автоматизация поддержки управленческих решений при организации наукоемкого производства на основе гибкой обратной связи [Текст]: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.13.06 / Ю. А. Краснов. — Москва, 2013. — 20 с.
6. Diedrich, C. Basic concept of the Digital factory [Text] / C. Diedrich, M. Muhlhaue // AT: Automatisierungstechnik. — 2011. — Vol. 59. — P. 18–25.
7. Павленко, П. М. Інформаційна технологія управління ефективністю промислового виробництва [Текст] / П. М. Павленко, О. В. Заріцький, А. О. Хлевний // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2015. — № 1/2 (73). — С. 24–30. doi:10.15587/1729-4061.2015.36070
8. Pavlenko, P. The method of analysis and performance management of dispersed production planning [Text] / P. Pavlenko, A. Khlevnoj // Proceedings of the National Aviation University. — 2014. — № 2. — P. 105–112.
9. Трейтяк, В. В. Розробка технології інформаційної підтримки управління виробничими процесами машинобудівних підприємств [Текст] / В. В. Трейтяк, П. М. Павленко, С. М. Гайсан // Вимірвальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. — 2012. — № 47. — С. 122–126.
10. Трейтяк, В. В. Розробка та впровадження системи інформаційної підтримки процесів управління виробничими даними [Текст] / В. В. Трейтяк, П. М. Павленко, С. О. Дорошенко // Вісник НАУ. — 2012. — № 4. — С. 33–35.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИНТЕГРАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ДАННЫХ

В статье представлено описание математического моделирования производственных данных и предложены концептуальные определения моделирования процесса интеграции данных. Установлено, что использование взаимосвязанных моделей семантических сетей производственных данных позволит осуществить интеграцию производственных процессов на этапах технической подготовки производства и производства изделий, что обеспечит информационную поддержку процессов принятия достоверных управленческих решений.

**Ключевые слова:** производственные данные, интеграция данных, интегрированные автоматизированные системы, математическое моделирование.

*Павленко Петро Миколайович, доктор технічних наук, професор, заступник директора з науково-методичної роботи, кафедра засобів захисту інформації, Навчально-науковий інститут інформаційно-діагностичних систем, Національний авіаційний університет, Київ, Україна.*

*Ахметов Бахытжан Сражатдинович, доктор технічних наук, професор, Інститут інформаційних та телекомунікаційних технологій, Казахський національний дослідницький технічний університет ім. К. І. Сатпаєва, Алмати, Казахстан.*

*Трейтяк Вячеслав Віталійович, кандидат технічних наук, докторант, кафедра засобів захисту інформації, Навчально-науковий інститут інформаційно-діагностичних систем, Національний авіаційний університет, Київ, Україна, e-mail: 11.203iids@ukr.net.*

*Павленко Петр Николаевич, доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научно-методической работе, кафедра средств защиты информации, Учебно-научный институт информационно-диагностических систем, Национальный авиационный университет, Киев, Украина.*

*Ахметов Бахытжан Сражатдинович, доктор технических наук, профессор, Институт информационных и телекоммуникационных технологий, Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан.*

*Трейтяк Вячеслав Витальевич, кандидат технических наук, докторант, кафедра средств защиты информации, Учебно-научный институт информационно-диагностических систем, Национальный авиационный университет, Киев, Украина.*

*Pavlenko Peter, Institute of Information and Diagnostic Systems, National Aviation University, Kyiv, Ukraine.*

*Akhmetov Bakhytzhhan, Institute of Information and Communication Technologies, Kazakh National Research Technical University named after K. I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan.*

*Treityak Vyacheslav, Institute of Information and Diagnostic Systems, National Aviation University, Kyiv, Ukraine, e-mail: 11.203iids@ukr.net*