

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Толбатов Володимир Аронович

УДК 005.311.2:004.94

**МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ПОБУДОВИ АВТОМАТИЗОВАНИХ ІНТЕГРОВАНИХ СИСТЕМ
ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ВИРОБІВ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Спеціальність 05.13.06 – автоматизовані системи управління
та прогресивні інформаційні технології

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2007

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному авіаційному університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник – доктор технічних наук, доцент **Павленко Петро Миколайович**, Національний авіаційний університет, Інститут інформаційно-діагностичних систем, директор інженерного центру.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор **Васюхін Михайло Іванович**, Національний авіаційний університет, кафедра аеронавігаційних систем, професор;

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник **Давиденко Анатолій Миколайович**, Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова, керівник відділу теорії моделювання.

Провідна установа – Державна науково-виробнича корпорація „Київський інститут автоматики” Міністерства промислової політики України, м. Київ.

Захист відбудеться 26 червня 2007 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д26.062.01 при Національному авіаційному університеті за адресою: 03680, Київ – 680, проспект Космонавта Комарова, 1.

З дисертацією можна ознайомитись в науково-технічній бібліотеці Національного авіаційного університету за адресою: 03680, Київ-680, проспект Космонавта Комарова, 1.

Автореферат розісланий 25 травня 2007 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

В. С. Єременко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Комп'ютеризація інженерних задач – один із головних напрямків підвищення ефективності виробництва промислових підприємств України. Сучасні CAD/CAM/CAE, PDM та ERP системи автоматизують окремі стани життєвого циклу (ЖЦ) виробів і застосовуються практично в усіх галузях промисловості. Однак, у сучасних умовах розвитку ринку при скороченні термінів проектування, підготовки виробництва та виробництва товарів необхідно виходити на новий рівень комп'ютеризації та автоматизації. Цей рівень забезпечується створенням інтегрованого інформаційного середовища (ІС) автоматизованих систем життєвого циклу виробів промислових підприємств на основі прогресивних інформаційних технологій по впровадженню CALS технологій та PLM рішень.

Слід зазначити, що створення ІС автоматизованих систем життєвого циклу виробів промислового підприємства виходить далеко за межі установки програмного забезпечення та впровадження автоматизованих систем і передбачає великий об'єм попередніх робіт, пов'язаних з детальним аналізом, реінжинірингом, управлінням процесами підприємства та самими інформаційними системами на всіх етапах ЖЦ виробів.

Питанням розробки моделей та методів побудови автоматизованих систем виробничого призначення у сучасній теорії управління, яка створювалась, у тому числі, завдяки науковим роботам вітчизняних вчених В.М.Глушкова, Л.С.Глоби, О.Г.Івахненка, О.А.Павлова, В.І.Скурихіна та інших, приділяється велика увага. Аналіз сучасних робіт в області управління виробничими процесами на етапах ЖЦ промислового виробу показує, що в даний час зусилля вчених зосереджені в основному на розробку методології побудови ІС автоматизованих систем підприємства, починаючи з нульового циклу і не зважаючи на створену базу програмних рішень на підприємствах при вирішенні часткових задач автоматизації управління окремими процесами життєвого циклу виробів. Значних досягнень у цьому напрямку досягнуто закордонними розробниками, такими як компанія IBM/Dassault Systemes (США, Франція), компанія SAP (Німеччина) та компанія Unigraphics Solution (США). Але на жаль, ці розробки не враховують специфіку процесів ЖЦ виробу вітчизняних промислових підприємств, не мають ефективних механізмів формалізації та алгоритмізації управління процесом побудови ІС автоматизованих систем.

Існує нагальна потреба в подальшому дослідженні методів та засобів моделювання предметної галузі з метою вдосконалення процесів управління інформацією на всіх етапах ЖЦ виробу. Тому розробка моделей та методів побудови ІС автоматизованих систем промислового підприємства є актуальною на сьогоднішній день. Таким чином, дисертаційна робота присвячена розв'язанню важливої науково-технічної задачі – підвищенню ефективності промислового виробництва на основі розробки моделей та методів побудови інтегрованого інформаційного середовища автоматизованих систем життєвого циклу виробів промислового підприємства.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась відповідно до планів держбюджетних та господарчих тем Національного авіаційного університету (м. Київ), а саме: „Разработка методов и программного обеспечения защиты компьютерных сетей ОАО “Сумское научно-производственное объединение им. М.В.Фрунзе” (договір №1/111 від 13.08.2002 р.) та держбюджетної науково-дослідної роботи за темою 228-ДБ05 „Розробка методів і технологій інформаційної підтримки життєвого циклу виробів авіаційних виробництв на базі ISO/CALS стандартів” (№ державної реєстрації 0105U001815).

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є розробка моделей та методів побудови інтегрованого інформаційного середовища автоматизованих систем життєвого циклу виробів промислового підприємства на основі інформаційних технологій в галузі автоматизації управління.

Поставлена мета досягається розв'язанням наступних взаємопов'язаних задач дослідження:

1. Провести аналіз сучасних моделей і методів побудови та інтеграції автоматизованих систем життєвого циклу виробів промислових підприємств машинобудівної галузі.
2. Розробити комплекс функціональних, організаційних та інформаційних моделей процесів життєвого циклу виробів промислового виробництва.
3. Розробити моделі аналітичного дослідження технологічних процесів промислового підприємства та метод їх вдосконалення.
4. Провести аналіз конкретних технологічних процесів і механізмів їх удосконалення на основі запропонованих моделей та методів.
5. Розробити методику та програмні засоби реалізації методу побудови інтегрованого інформаційного середовища автоматизованих систем життєвого циклу виробів промислового підприємства.

Об'єкт дослідження – процеси побудови інтегрованого інформаційного середовища автоматизованих систем життєвого циклу виробів промислового підприємства машинобудівної галузі.

Предмет дослідження – моделі, методи та програмні засоби для розробки автоматизованих систем життєвого циклу промислових виробів.

Методи дослідження – метод функціонального моделювання IDEF0 – Function Modeling Method (при розробці функціональної моделі процесів підприємства); метод опису виробничих процесів IDEF3 – Process Description Capture (при проведенні структурного аналізу підприємства і опису послідовностей виконання операцій у складі технологічних процесів); метод побудови діаграм потоків DFD – Data Flow Diagram (при формалізації процесу обміну інформацією між структурними елементами підприємства та при створенні базової архітектури ІС автоматизованих систем підприємства); методи статистичного аналізу (при описі характеристик обладнання технологічних ліній та ділянок); теорія масового обслуговування, а також методи аналітичного моделювання (при математичному моделюванні технологічних процесів та для здійснення їх аналізу).

Наукова новизна одержаних результатів. У роботі отримано нові наукові результати:

1. Системно обґрунтовано та формалізовано взаємозв'язок між функціональними, організаційними, інформаційними та математичними моделями процесів життєвого циклу виробів промислового підприємства.
2. Отримано математичне формулювання критерію ефективності структурних змін для прийняття рішень по удосконаленню технологічних процесів промислового підприємства.
3. Розроблено аналітичні математичні моделі технологічних процесів промислового підприємства та механізм їх удосконалення з урахуванням конкретної структури технологічних ліній та ділянок.
4. Запропоновано комплексний метод побудови інтегрованого інформаційного середовища автоматизованих систем життєвого циклу виробів промислового підприємства.

Практичне значення одержаних результатів полягає у наступному:

1. Розроблена методика побудови інтегрованого інформаційного середовища автоматизованих систем життєвого циклу виробів підприємств, яка є типовою і може використовуватись фахівцями підприємств під час розробки та реалізації проектів впровадження автоматизованих систем, проведення їх реінжинірингу.
2. Запропоновано новий критерій ефективності структурних змін, який дозволяє приймати рішення про вдосконалення технологічних процесів промислових підприємств під час їх аналізу.
3. Розроблено алгоритм побудови комплексу функціональних, організаційних та інфор-

маційних моделей, що формалізують процеси, структуру та інформаційні потоки життєвого циклу виробів і скорочує процес системного аналізу промислового підприємства.

4. Розроблено методичне, алгоритмічне та програмне забезпечення методу побудови інтегрованого інформаційного середовища автоматизованих систем життєвого циклу промислових виробів та для реалізації математичних моделей удосконалення технологічних процесів.

Розроблений метод, методичне та програмне забезпечення впроваджені на ВАТ „Сумське науково-виробниче об'єднання ім. М.В.Фрунзе” (м. Суми), АТ СКБ „Електроцит” (м. Харків) та ВАТ „Завод Електротехніка” (м. Миколаїв).

Результати дисертаційних досліджень використовуються у науковому та навчальних процесах Національного авіаційного університету (м. Київ), Сумського державного університету (м. Суми), Харківського Національного університету ім. В.Н.Каразіна (м. Харків).

Особистий внесок здобувача. Основні результати дисертаційних досліджень, проведених відповідно до мети та задач роботи, одержані здобувачем самостійно. Автору особисто належить розробка методу побудови інтегрованого інформаційного середовища автоматизованих систем життєвого циклу виробів промислових підприємств, усі наукові та практичні результати роботи.

У надрукованих статтях, опублікованих у співавторстві [1, 7, 11], здобувачеві належить наступне: постановка задач, розробка математичних моделей, розробка методики.

Апробація результатів дисертації. Результати роботи й основні наукові положення доповідались та обговорювались на міжнародних конференціях і семінарах. Основні з них такі: Міжнародний симпозіум „Стандарти в проектах современных информационных систем” (Москва, 2003 р.); Міжнародна науково-практична конференція “Актуальные вопросы и организационно-правовые основы сотрудничества Украины и КНР в сфере высоких технологий” (Київ, 2004 р.); IV Міжнародна науково-практична конференція „Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем” (Дніпропетровськ, 2006 р.); VIII Міжнародно-технічна конференція „АВІА – 2007” (Київ, 2007 р.) та на науково-технічних семінарах кафедри інформаційних технологій інституту інформаційно-діагностичних систем Національного авіаційного університету в 2002–2007 роках.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 11 наукових праць, у тому числі 8 у фахових наукових виданнях, із них 6 одноосібні. Перелік публікацій наведено в авторефераті.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, 4 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи складає 152 сторінки, містить 54 рисунки і 12 таблиць, список використаних джерел із 161 найменування на 15 сторінках, додатків – на 40 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У вступі обґрунтована актуальність науково-технічної задачі, що вирішується, сформульовані мета й задачі досліджень, визначені наукова новизна і практична цінність отриманих результатів. Наведені дані про зв'язок роботи з науковими програмами та планами НДР організації, де виконувалась робота, вказано на впровадження отриманих результатів, визначено особистий внесок здобувача у надрукованих роботах, представлена інформація щодо апробації та публікацій результатів дисертації.

Перший розділ присвячений аналізу проблемних і актуальних задач побудови інтегрованих автоматизованих систем ЖЦ виробів промислового підприємства та їх інформаційного середовища. На основі проведеного аналізу визначені вимоги до створюваного ІС та зроблено висновок, що програмно-методичним ядром ІС і, отже, основою застосування CALS-технологій на наукомісткому промисловому виробництві повинні бути системи класу PDM (Product Data Management). Най-

вищого ступеня інтеграції автоматизованих систем досягнуто при створенні розширених (віртуальних) підприємств, в яких інтегровані автоматизовані системи охоплюють весь життєвий цикл виробу. На жаль, поки що розширені підприємства мають вузькоспеціалізоване призначення і поширення в промислово розвинених країнах. Однією із стримуючих причин тиражування та розповсюдження розширених підприємств є відсутність методів побудови інтегрованого інформаційного середовища автоматизованих систем ЖЦ виробів промислових підприємств.

На основі аналізу робіт за темою дисертаційної роботи сформульовані основні етапи подальших досліджень, які представлені на (рис. 1).

Рис. 1. Етапи виконання наукових досліджень роботи

Проведено обґрунтування етапів наукових досліджень, визначено сукупність питань, які складають науково-технічну задачу і вирішуються в дисертаційній роботі. Поставлені питання вимагають вирішення цілого комплексу взаємопов'язаних задач, які представлені як задачі дослідження і розглядаються в наступних розділах дисертації.

Другий розділ присвячено моделюванню процесів ЖЦ виробів промислового підприємства, як одному з важливих етапів при побудові інтегрованого інформаційного середовища автоматизованих систем. Показано, що модель ЖЦ виробів сучасного промислового підприємства, політика якого орієнтується на постійні зміни на ринках збуту в умовах жорсткої конкуренції, в загальному випадку може бути представлена сукупністю функціональної, організаційної та інформаційної моделей. Функціональна модель описує процеси ЖЦ виробів підприємства, організаційна модель – склад та структуру його підрозділів та служб, а інформаційна модель описує потоки та зміст інформації, що існують в функціональній і організаційній моделях. Показано, що методи розробки функціональних, інформаційних та організаційних моделей підприємств, для подальшого їх використання під час здійснення реінжинірингу процесів, можуть бути представлені методологією IDEF, яка представляє собою одночасно як графічну мову програмування, так і опис методології для розробки функціональних моделей та дозволяє створювати зазначені моделі будь-якого рівня деталізації, що є основою для подальшої розробки математичних моделей, які широко використовуються для кількісного аналізу технологічних процесів (рис. 2).

Для створення типових функціональних моделей процесів ЖЦ виробів промислового підприємства запропоновано 4-х рівневу класифікацію (декомпозицію) функцій: діяльність – процес – операція – дія, які моделюються блоками IDEFO, орієнтовану на достатньо широке коло організаційно-економічних і виробничо-технічних систем. Показано, що з рівнями декомпозиції функцій тісно пов'язана ієрархія функціональних моделей.

Показано вирішення задачі формалізації інформаційних потоків на промислових підприємствах, як основу для побудови інформаційної моделі підприємства за допомогою методів DFD та IDEF3, які дозволяють описати як потоки інформації, так і їх послідовність (рис. 3).

Рис. 3. Алгоритм (IDEF3-діаграма) побудови комплексної моделі процесів життєвого циклу виробів промислового підприємства

Розглянуто теоретичні основи розробки математичної моделі процесів на промислових підприємствах машинобудівної галузі для кількісної характеристики потоків даних та ресурсів. Представлено класифікацію математичних моделей за різними ознаками, а також вимоги до неї щодо адекватності та точності моделювання. Детально розглянуто підходи та методи теорії масового обслуговування, які використовуються для побудови аналітичних математичних моделей

технологічних процесів на промислових підприємствах.

Розробка функціональної, інформаційної та організаційної моделей дозволили перейти до алгоритму побудови комплексу моделей процесів, які описують ЖЦ виробів, діяльність підприємства в цілому.

У рамках обраної концепції моделювання та методів розробки моделей розроблено алгоритм побудови комплексної моделі процесів ЖЦ виробів підприємства та відповідного програмного забезпечення, який представлений діаграмою IDEF3 (див. рис. 3).

Запропонована послідовність розробки відповідних моделей та програмного забезпечення (рис. 4), яка може коректуватися керівництвом проекту в залежності від задач дослідження.

У *третьому розділі* показано, що створення інтегрованого інформаційного середовища автоматизованих систем промислового підприємства починається з реінжинірингу – кардинальної перебудови процесів ЖЦ виробів підприємства, що пов'язано з переходом до нових принципів його побудови. Проведено обґрунтування етапів реінжинірингу та запропонована формалізована послідовність етапів реінжинірингу процесів ЖЦ виробів промислових підприємств.

Побудовано функціональну модель процесів ЖЦ виробів підприємства з урахуванням його конкретної структури та з використанням IDEFO методу. Розроблені функціональні моделі першого та другого рівнів (діяльність – процес) охоплюють практично всі сфери діяльності підприємства з рівнем деталізації, який дозволяє створити певне уявлення про процеси підприємства та можуть бути використані як базові для подальшої деталізації і уточнення, виходячи з конкретних вимог моделювання.

Розроблено організаційну модель базової структурної компоненти, яка є складовою частиною комплексу моделей ЖЦ виробів промислового підприємства машинобудівної галузі. На основі IDEF3 та DFD методів проведено структурний аналіз матеріальних потоків та розроблені інформаційні DFD-моделі процесів ЖЦ виробів промислового підприємства.

Для отримання функціональних моделей четвертого рівня, тобто переходу до операцій та дій в рамках конкретного технологічного процесу (в роботі розглянуто три найбільш складних технологічних процеси) було розроблено певну кількість функціональних моделей, яка визначається співвідношенням

$$N_{\text{mod}} = \sum_{x=1}^n y_x ,$$

де N_{mod} – кількість моделей, x – кількість виробництв в рамках підприємства, y – кількість технологічних процесів кожного виробництва x .

Побудована IDEF3-діаграма (рис. 5) окремої операції має безпосереднє відношення до технологічних процесів і дозволяє виявити:

1. Послідовність виконання операцій (проходження заготовок або деталей під час обробки від одного станка до іншого) в рамках конкретного технологічного процесу.
2. Відсоток відбракованих заготовок (деталей) після виконання кожної технологічної операції.
3. Частку заготовок (деталей), яка приходить в кожен станцію обслуговування (група однотипних верстатів, станків, які працюють паралельно), оскільки розглянуті технологічні процеси мають розподілену структуру.

Рис. 5. IDEF3-діаграма технологічного процесу обробки деталей (дрібносерійне виробництво, механоскладальний цех)

Розроблена аналітична математична модель, яка описує функції, відношення між ними, матеріальні потоки на підприємстві чіткими математичними рівняннями або співвідношеннями, які можуть бути розв'язані відомими аналітичними або чисельними методами. Для розробки математичної моделі цих процесів зроблені припущення, виходячи з їх реальних структур і властивостей:

1. Вхідний потік заготовок, який приходить на обробку – найпростіший пуасонівський потік з інтенсивністю λ .

2. Кожний блок на IDEF3-діаграмі розглядається, як система обслуговування, яка має n однакових і паралельно працюючих каналів. Заготовка, яка надійшла на станцію, обробляється в тому каналі, що першим звільнився від обробки заготовки, яка надійшла раніше.

Середній час механічної обробки (час зайнятості) на всіх каналах однієї станції однаковий, є постійною величиною і дорівнює t_3 , що відповідає інтенсивності процесу обробки $\mu = \frac{1}{t_3}$.

3. Більша частина систем обслуговування має більше одного каналу $n = \{1, \dots, 8\}$, матеріальні потоки на виходах станцій розподіляються на декілька потоків.

Структуру системи, яка розглядається, можна віднести до складної умови нормального функціонування системи, що описується нерівністю

$$\frac{\lambda}{\mu \cdot n} < 1, \quad (1)$$

Невиконання умови (1), у випадку коли інтенсивність потоку на вході станції перевищує інтенсивність обробки цієї станції, призводить до того, що черга заготовок, які чекають на обробку, буде із зростання n .

Так як система має розподілену структуру, то для кожної гілки вихідного потоку приписується частка заготовок (деталей) d_j , яка приходить в цю гілку. Числові значення цих часток повинні задовольняти вимогу:

$$\sum_j d_j = 1, j = 1, 2, \dots, n, \quad (2)$$

Імовірність того, що станція вільна p_0 , розраховується за формулою

$$p_0 = \left[1 + \sum_{k=1}^n \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^{n+1}}{n!(n-\alpha)} \left(1 - e^{-\frac{n-\alpha}{\beta}} \right) \right]^{-1}, \quad (3)$$

для $n \neq a$, але з урахуванням того, що система масового обслуговування є системою з очікуванням ($\frac{1}{v} \rightarrow \infty$, складова $1 - e^{-\frac{n-\alpha}{\beta}} = 1$) приймає вигляд

$$p_0 = \frac{1}{1 + \sum_{k=1}^n \frac{a^k}{k!} + \frac{a^{n+1}}{n!(n-a)}}, \quad (4)$$

де $a = \frac{\lambda}{\mu}$, $\beta = \frac{v}{\mu}$, v – інтенсивність покидання каналу, k – можливі стани системи масового обслуговування. Для випадку $n = a$, тобто коли інтенсивність вхідного потоку дорівнює інтенсивності обробки станції з урахуванням всіх її каналів, вираз (4) не розраховується так, як умова (1) не

виконується.

Математичний опис кількісних характеристик технологічних процесів, детально розглянутих у дисертаційній роботі, може бути представлений наступними співвідношеннями:

- середня кількість заготовок $N_{оч}$, які очікують черги на обробку

$$N_{оч} = \frac{a^{n+1} P_0}{n \cdot n! \left(1 - \frac{a}{n}\right)^2}, \quad (5)$$

- середня кількість заготовок, які одночасно знаходяться в системі масового обслуговування $N_{сист}$, тобто які обробляються та очікують черги

$$N_{сист} = N_{оч} + a, \quad (6)$$

- середній час перебування заготовки в черзі $T_{оч}$ і в системі $T_{сист}$ відповідно дорівнюють

$$T_{оч} = \frac{N_{оч}}{\lambda}, \quad (7)$$

$$T_{сист} = \frac{N_{сист}}{\lambda}, \quad (8)$$

- середній час простою станції $T_{пр}$ в очікуванні чергової заготовки дорівнює

$$T_{пр} = \frac{P_0}{\lambda}, \quad (9)$$

Що стосується значення λ_i ($i = 1, \dots, m$), то воно визначається наступним чином. Якщо під час обробки не виникає браку, то інтенсивність потоку, який поступає на наступну станцію, визначається формулою:

$$\lambda_i = \lambda_{i-1} (1 - p_{i-1}), \quad (10)$$

де p_{i-1} – імовірність відбракування заготовки або середня частка відбракованих заготовок.

Інтенсивність вхідного потоку відповідної станції при цьому з урахуванням (2) та (10) визначається формулою:

$$\lambda_j = d_j \lambda_i. \quad (11)$$

Аналіз розробленої математичної моделі (1 – 11) вказує на відсутність потреби в спеціальних довгострокових експериментальних заходах для накопичування статистичних даних окрім даних, пов'язаних з відсотковим відношенням відбракованих виробів.

Четвертий розділ присвячено розробці програмного забезпечення для реалізації розробленої математичної моделі та аналітичного дослідження розглянутих технологічних процесів з точки зору підвищення їх ефективності. Представлено алгоритмічну реалізацію розробленого програмного забезпечення для аналізу завантаження обладнання технологічних ліній ділянок і цехів промислового підприємства машинобудівної галузі (рис. 6). Представлено алгоритмічну реалізацію методики побудови ПС промислового підприємства, яка поєднала в собі детально досліджені в попередніх розділах питання щодо моделювання та реінжинірингу процесів.

Розроблений алгоритм роботи програмного забезпечення, представлений на рис. 7, пояснює послідовність виконання розрахунків кількісних параметрів технологічних процесів.

Рис. 6. Алгоритм роботи програмного забезпечення для аналізу технологічних процесів підприємства

Рис. 7. Алгоритм розрахунків параметрів технологічних процесів

Безпосередньо аналітичне дослідження технологічних процесів дозволило виявити “вузькі” місця та суттєво підвищити завантаження обладнання шляхом структурних змін. На рис. 8 представлені результати досліджень для технологічного процесу обробки деталей для заготівельного, дрібносерійного і крупносерійного виробництва.

Рис. 8. Порівняльний аналіз графіків завантаження обладнання

Оптимізація технологічного процесу за рахунок підвищення ефективності передбачає декілька напрямків, серед яких: збільшення кількості каналів станцій обслуговування за рахунок однотипного обладнання, заміна існуючого обладнання новим більш ефективним з погляду його продуктивності, перерозподіл потоків заготовок. Автором запропоновано критерій ефективності структурних змін K_E , який використовується для економічної оцінки щодо закупівлі нового більш продуктивного обладнання для повної або часткової заміни старого, або ж встановлення додаткового однотипного з існуючими показниками продуктивності. Критерій ефективності розраховується для двох варіантів за наступною формулою

$$K_E = \begin{cases} \frac{C_i^O \left[\frac{\lambda_i}{\mu_i^O} - n_i^{OI} \right]}{L_i^O} - \frac{C_i^H \frac{\lambda_i}{\mu_i^H}}{L_i^H} & \text{— при повній заміні старого обладнання,} \\ \frac{C_i^O \left[\frac{\lambda_i}{\mu_i^O} - n_i^{OI} \right]}{L_i^O} - \frac{C_i^H \left[\frac{\lambda_i - \mu_i^O n_i^{OI}}{\mu_i^H} \right]}{L_i^H} & \text{— при частковій заміні старого обладнання,} \end{cases} \quad (12)$$

де C_i^O, C_i^H – вартість нового однотипного з існуючим та нового більш продуктивного обладнання відповідно; λ_i – інтенсивність потоку на вході станції обслуговування, в якій здійснюється переобладнання або збільшення однотипних каналів; μ_i^O, μ_i^H – інтенсивність обробки старого однотипного з існуючим обладнанням і нового обладнання відповідно; n_i^{OI} – кількість каналів, які існують на момент розрахунків в системі обслуговування; L_i^O, L_i^H – гарантована тривалість функціонування нового однотипного з існуючим обладнання та нового більш продуктивного обладнання, заявлена виробником (граничний термін експлуатації, при якій виконуються заявлені характеристики); i – кількість “вузьких” місць (станцій обслуговування) для яких необхідно зробити структурні зміни.

Для критерію ефективності структурних змін (12), розрахунок здійснюється для двох випадків: по-перше, для випадку, коли старе обладнання повністю замінюється на нове більш продуктивне та по-друге, для випадку, коли до старого обладнання додається необхідна кількість каналів з новим більш продуктивним обладнанням для виконання вимоги нормального функціонування станції обслуговування.

Розроблена методика побудови ПС автоматизованих систем ЖЦ виробів промислового підприємства складається з чотирнадцяти етапів, послідовність виконання яких представлена IDEF3-діаграмою (рис. 9).

Рис. 9. IDEF3-діаграма методики побудови інтегрованого інформаційного середовища автоматизованих систем промислового підприємства

Запропонована методика побудови ІС автоматизованих систем життєвого циклу виробів підприємства дозволить зробити процес впровадження ІС на промислових підприємствах прозорим і зрозумілим для всіх його учасників за рахунок чіткої формалізації всіх етапів та розмежування границь між ними, що дає змогу керівнику проекту та групи по впровадженню розробляти коректну стратегію інформаційної інтеграції підприємства з урахуванням його ресурсів та цілей. Представлено необхідний склад робочої групи по впровадженню методики (рис. 10).

Рис. 10. Склад робочої групи з побудови інтегрованого інформаційного середовища автоматизованих систем життєвого циклу промислових виробництв

У додатках приведено: розроблені функціональні моделі процесів ЖЦ виробів ВАТ „Сумське науково-виробниче об'єднання ім. М.В.Фрунзе”; деревовидні діаграми процесів ЖЦ виробів ВАТ „Сумське науково-виробниче об'єднання ім. М.В.Фрунзе”; організаційні моделі процесів ЖЦ виробів ВАТ „Сумське науково-виробниче об'єднання ім. М.В.Фрунзе”; фрагмент програмної реалізації математичної моделі технологічних процесів, акти про впровадження та використання результатів досліджень.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота є теоретично обґрунтованим дослідженням, узагальненням та практичним розв'язанням науково-технічної задачі по підвищенню ефективності діяльності промислових підприємств, суттю якої є розробка моделей та методів побудови інтегрованого інформаційного середовища автоматизованих систем життєвого циклу виробів.

Отримані в дисертаційній роботі результати забезпечують фахівців з інформаційних технологій необхідним інструментарієм для розробки та впровадження інтегрованих автоматизованих систем, зокрема:

1. Виявлено вплив досягнень сучасних інформаційних технологій на процеси інтеграції автоматизованих систем та їх реінжиніринг, проведено аналіз методів створення інтегрованого інформаційного середовища та методів інтеграції автоматизованих систем життєвого циклу виробів промислових підприємств, проведено обґрунтування напрямку досліджень та задач дисертаційної роботи.

2. Розроблено взаємопов'язаний комплекс з функціональної, організаційної та інформаційної моделей життєвого циклу виробів промислового підприємства, який є методологічною основою досліджень процесів управління реінжинірингом і дозволяє формалізувати процеси життєвого циклу виробів підприємства та побудувати загальний алгоритм управління процесом побудови інтегрованого інформаційного середовища автоматизованих систем.

3. Розроблено аналітичну математичну модель технологічних процесів життєвого циклу виробів, яка дозволяє здійснювати їх удосконалення з метою підвищення ефективності промислового підприємства.

4. Вперше запропоновано математичну формулу розрахунку критерію ефективності структурних змін промислового підприємства, яка дозволяє обґрунтовувати економічні механізми вдосконалення технологічних процесів.

5. Вперше розроблено метод побудови інтегрованого інформаційного середовища автоматизованих систем життєвого циклу виробів промислового підприємства, який представлено у вигляді методики на основі IDEF3 діаграми, що дозволяє чітко формалізувати та систематизувати всі її 14 етапів для підтримки процесу прийняття об'єктивних рішень керівництвом підприємств, системними аналітиками, фахівцями з інформаційних технологій консалтингових та промислових підприємств.

Розроблені алгоритми, програмне та методичне забезпечення пройшли апробацію при аналізі, дослідженні та вдосконаленні реальних виробничих процесів, що дозволяє збільшити інтенсивність їх протікання до 3-х разів та збільшити завантаження обладнання до 2-х разів.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. *Павленко П.М., Толбатов В.А.* Математичне моделювання процесів завантаження обладнання на підприємствах машинобудівної галузі // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. – 2005. – № 25. – С. 94-99.
2. *Толбатов В.А.* Алгоритми побудови моделі підприємства машинобудівної галузі // Вісник СумДУ. – 2005. – № 9(81). – С. 57-65.
3. *Толбатов В.А.* Аналітичне дослідження завантаження обладнання технологічних ліній підприємства машинобудівної галузі // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2005. – № 2. – С. 165-171.
4. *Толбатов В.А.* Методологія створення бази знань життєвого циклу автономної електростанції // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2005. – №1. – С. 153-157.
5. *Толбатов В.А.* Інтегроване інформаційне середовище машинобудівного підприємства // Електроніка та системи управління. – 2006. – № 3 (9). – С. 146-150.
6. *Толбатов В.А.* Сучасні проблеми інтеграції автоматизованих систем управління промислових підприємств машинобудівної галузі // Радіоелектроніка. Інформатика. Управління. – 2006. – № 1. – С. 159-164.
7. *Павленко П.М., Толбатов В.А.* Методика реінжинірингу бізнес-процесів підприємства машинобудівної галузі // Вісник інженерної академії України. – 2006. – Вип. 2-3. – С. 63-66.
8. *Толбатов В.А.* Методика побудови інтегрованого інформаційного середовища підприємства машинобудівної галузі на базі PDM та ERP-систем // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2007. – № 1(8). – С. 90-96.
9. *Толбатов В.А.* Методика побудови інтегрованого інформаційного середовища промислового підприємства // Тези науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів фізико-технічного факультету. СумДУ. – 2006. – № 1. – С. 79-82.
10. *Толбатов В.А.* Реінжиніринг інформаційної системи як складова реінжинірингу підприємства машинобудівної галузі // Тези науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів фізико-технічного факультету. СумДУ. – 2006. – №1. – С. 83-84.
11. *Павленко П.М., Трейтяк В.В., Кудряков В.Ю., Толбатов В.А.* Розробка методів управління процесами технічної підготовки виробництва промислових підприємств // Матеріали VIII Міжнар. наук.-техн. конф. „АВІА-2007” : Секція „Комп'ютерні технології”. – К.: НАУ, 2007. – Т. 1. – С. 13.103-13.106.

АНОТАЦІЯ

Толбатов В.А. Моделі та методи побудови автоматизованих інтегрованих систем життєвого циклу виробів промислових підприємств. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – автоматизовані системи управління і прогресивні інформаційні технології. – Національний авіаційний університет, Київ, 2007.

Дисертацію присвячено вирішенню науково-технічної задачі побудови інтегрованого інформаційного середовища автоматизованих систем життєвого циклу виробів промислових підприємств на базі сучасних інформаційних технологій в галузі автоматизації управління. Розроблено метод побудови і взаємозв'язок між функціональними, організаційними, інформаційними та математичними моделями промислового підприємства для здійснення системного аналізу, як одного

з основних етапів побудови інтегрованого інформаційного середовища підприємства. Розроблена і програмно реалізована аналітична математична модель технологічних процесів підприємства з урахуванням конкретної структури технологічних ліній. Запропоновано математичний критерій ефективності структурних змін технологічних процесів промислових підприємств при здійсненні системного аналізу технологічних процесів з погляду їх ефективності та вдосконалення. Розроблена методика побудови інтегрованого інформаційного середовища автоматизованих систем життєвого циклу виробів промислового підприємства з детальним розглядом найбільш складних її етапів. Отримані теоретичні результати доведено до практичного застосування і впроваджено на промислових підприємствах.

Ключові слова: інтегровані автоматизовані системи, інтегроване інформаційне середовище, функціональні моделі, CALS-технології, реінжиніринг процесів, технологічні процеси, системний аналіз, діаграма потоків даних.

АННОТАЦИЯ

Толбатов В.А. Модели и методы построения автоматизированных интегрированных систем жизненного цикла изделий промышленных предприятий. – Рукопись.

Диссертация на получение научной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 - автоматизированные системы управления и прогрессивные информационные технологии. - Национальный авиационный университет, Киев, 2007.

Диссертация посвящена решению научно-технической задачи построения интегрированной информационной среды автоматизированных систем жизненного цикла изделий промышленных предприятий на базе современных информационных технологий в области автоматизации управления, направленных на повышение эффективности промышленного производства. В работе обоснованы принципы и методы моделирования процессов жизненного цикла изделий промышленных предприятий, которые учитывают влияние процессов глобальной трансформации промышленности и влияние современных информационных технологий.

Разработана концепция комплексного моделирования, методы построения моделей и взаимосвязь между функциональными, организационными, информационными и математическими моделями промышленного предприятия для осуществления системного анализа, как одного из основных этапов построения интегрированной информационной среды предприятия. Разработан алгоритм построения комплексной модели процессов жизненного цикла изделий промышленного производства. Проведено обоснование этапов реинжиниринга и предложена формализованная последовательность этапов реинжиниринга процессов жизненного цикла изделий промышленных производств.

Исследованы возможности функционального моделирования как инструментального средства формализации процессов жизненного цикла изделий. Построены типовые IDEF3 диаграммы процессов жизненного цикла изделий предприятия машиностроительной отрасли. Разработаны организационные модели базовой структурной компоненты промышленного предприятия. Проведен структурный анализ материальных потоков и разработаны информационные DFD модели процессов жизненного цикла изделий. Разработана и программно реализована аналитическая математическая модель технологических процессов предприятия с учетом конкретной структуры технологических линий. Разработано программное обеспечение для реализации математической модели. Представлена алгоритмическая реализация разработанного программного обеспечения для анализа загрузки оборудования технологических линий участков и цехов предприятия машиностроительной отрасли.

Предложен математический критерий эффективности структурных изменений технологических процессов промышленных предприятий при осуществлении системного анализа техно-

логических процессов с точки зрения их эффективности и совершенствования.

На основе разработанной концепции моделей и возможностей современных автоматизированных систем производственного назначения разработана методика построения интегрированной информационной среды автоматизированных систем жизненного цикла изделий промышленного предприятия с детальным рассмотрением наиболее сложных ее этапов.

Предложенная методика построения интегрированной информационной среды автоматизированных систем жизненного цикла изделий производства позволит сделать процесс внедрения интегрированной информационной среды на промышленных предприятиях прозрачным и доступным для всех его участников за счет четкой формализации всех этапов и расстановки границ между ними, что позволит руководителю проекта и группы внедрения разработать корректную стратегию информационной интеграции предприятия с учетом его ресурсов и целей.

Ключевые слова: интегрированные автоматизированы системы, интегрирована информационная среда, функциональные модели, CALS-технологии, реинжиниринг процессов, технологические процессы, системный анализ, диаграмма потоков данных.

SUMMARY

Tolbatov V.A. Models and methods of construction of the automated integrated systems of enterprises' product life cycle. – Manuscript.

Dissertation for scientific degree of candidate of engineering sciences in specialty 05.13.06 – automated control systems and progressive information technologies. – National aviation university, Kyiv, 2007.

Dissertation is dedicated to the solving the scientific and technical task of construction of the integrated informative environment of the automated systems enterprises' product life cycle on the base of modern information technologies. There was developed the method of construction and intercommunication between the functional, organizational, informative and mathematical models of industrial enterprise for systems analysis, as one of the basic points of construction of the integrated informative environment of enterprise. There was developed and programmatically implemented the analytical mathematical model of technological processes of enterprise in accordance to the specific structure of technological lines. There were proposed mathematical criterion for efficiency of structural changes of technological processes of industrial enterprises during system analysis of technological processes in view of their efficiency and perfection. There was worked out the method of construction of the integrated informative environment of the automated systems of enterprises' product life cycle with the detailed review of its the most difficult points. Received theoretical results were worked in practice on industrial enterprises.

Keywords: integrated automated systems, integrated informative environment, functional models, CALS-technologies, re-engineering processes, technological processes, system analysis, data stream diagram.