

## ВДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА В АВІАЦІЙНІЙ ГАЛУЗІ

Практика світового авіабудування показує, що успішна робота виробника авіаційної техніки на ринку вимагає постійного вдосконалення діяльності, пов'язаної з безперервним поліпшенням якості продукції, що випускається. Рішення даної проблеми в першу чергу пов'язано з ефективністю прийнятих конструкторських і технологічних рішень, вдосконаленням виробничих процесів і технології виготовлення. Здійснення перерахованих заходів вимагає великих капіталовкладень і часових ресурсів. Це збільшує економічний ризик виробника авіатехніки, пов'язаний з небезпекою понести великі збитки, якщо продукція не матиме достатнього попиту. Найбільш перспективним рішенням для зниження зазначеного ризику є забезпечення якості продукції на початкових етапах конструкторсько-технологічного проектування. Створення складних технічних продуктів для машинобудування, таких як сучасні літаки, являє собою поєднання процесів, кожен з яких несе відповідальність за надання певних конструктивних показників продукту. Ці процеси взаємопов'язані. Вони можуть починатися і закінчуватися на різних етапах життєвого циклу та мати різну довжину в часі. Отже, в роботі розглянуто систему інформаційної підтримки процесів життєвого циклу виробу на підприємстві в авіаційній галузі. Розглянуті сучасні тенденції вдосконалення автоматизації проектування технологічних процесів із застосуванням засобів САПР ТП / CAPP. В ході підтримки процесів життєвого циклу виробу система САПР ТП/ CAPP взаємодіє з такими системами як CAD/ CAM/ CAE, PDM, ERP. Постає питання уніфікації та стандартизації засобів міжпрограмного інтерфейсу, тобто профілів САПР ТП/ CAPP для інформаційної взаємодії програм, що входять в єдиний інформаційний простір. Також були розроблені функціональна схема і схема інтеграції системи САПР ТП / CAPP. А також наведено основні положення концепції геометричних процесів у життєвому циклі складних технічних виробів, означено сфери її практичного застосування.

Ключові слова: технологічний процес, САПР ТП / CAPP, інтеграція даних, життєвий цикл виробу, CAD-система, PDM-система, ERP-система.

Y.B. KOVALENKO, L.P. RYBALKA, M.V. BURLAKA

National Aviation University

## IMPROVEMENT OF THE AUTOMATED SYSTEM OF MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL PREPARATION OF MANUFACTURE IN THE AVIATION INDUSTRY

The practice of world aviation engineering shows that the successful work of aviation equipment manufacturer in the market requires continuous improvement of activities related to the continuous improvement of the quality of products produced. The solution of this problem is primarily due to the efficiency of the design and technological solutions adopted, the improvement of production processes and manufacturing technology. The implementation of these measures requires large capital investment and time resources. This increases the economic risk of the aircraft manufacturer, which is associated with the risk of suffering heavy damage if the product is not sufficiently demanded. The most promising solution for reducing the specified risk is to ensure the quality of products at the initial stages of design and technological design. Creating sophisticated engineering products for mechanical engineering, such as modern aircraft, is a combination of processes, each of which is responsible for providing certain constructive indicators of the product. These processes are interconnected. They can begin and end at different stages of the life cycle and have different lengths in time. Consequently, the system of information support of the product life cycle processes at the enterprise in the aviation industry is considered in the paper. Modern tendencies of automation of designing of technological processes with the use of CAD / TP / CAPP tools are considered. During the maintenance of the product lifecycle processes, the CAD system CAP / CAPP interacts with systems such as CAD / CAM / CAE, PDM, ERP. There is a question of unification and standardization of means of interprogram interface, that is, profiles CAD / TP / CAPP for information interaction between programs included in the single information space. Also, a functional diagram and an integration scheme of the CAD system of the TP / CAPP were developed. Also, the main provisions of the concept of geometric processes in the life cycle of complex technical products are given, the areas of its practical application are indicated.

Keywords: technological process, CAPP, data integration, product lifecycle, CAD-system, PDM-system, ERP-system.

**Вступ.** Одним з найбільш конкурентоспроможних в авіаційній промисловості сегментів автоматизованих систем, що динамічно розвиваються, є системи інформаційної підтримки процесів життєвого циклу повітряного судна (ПП/ CALS-технології), що забезпечують безперервність бізнес-процесів авіабудівного підприємства.

В якості інструментальних засобів на кожному етапі життєвого циклу використовуються відповідні спеціалізовані інформаційні системи: системи інженерних розрахунків (CAE), системи управління даними про виріб (PDM), системи конструкторського проектування і моделювання (CAD/ CAM), системи автоматизованого проектування технологічних процесів (САПР ТП/ CAPP), системи управління ресурсами (ERP/ MRP) та ін. Використання такої кількості спеціалізованих інформаційних систем створює великий потік різноманітної інформації і виникає проблема інтеграції та систематизації даних. Це наслідок використання інформаційних систем різних виробників, що використовують різні апаратні і програмні платформи, які мають різну інформаційну архітектуру та ін.

До сучасної САПР ТП/ CAPP пред'являються високі вимоги до універсальності, комплексності, інтегрованості з існуючими на підприємстві базами даних і системами, відносній простоті в адаптації та експлуатації, поширенням методики автоматизованого проектування на різні види виробництв, підтримки технології «клієнт-сервер».

На сучасному етапі розвитку автоматизованого проектування в авіаційній галузі, особлива роль геометричних даних, як інтегруючої основи для інших комп'ютерних моделей (аеродинамічних, міцності, конструкції, технологічних та ін.) значно зросла. Про це свідчать роботи Ваніна І.В., Гребеникова А.Г., Двейрина А.З., Геремеса Ю.Н., Гуменного А.М., Центило Н.П., Косяченко В.И., Конопакцій Р.П., Кудрявцев В.А. Наведені в них методи параметричного та структурного формоутворення, а також проаналізовані аспекти побудови та використання геометричних моделей у контексті життєвого циклу виробу є достатньо прогресивними засобами для автоматизації проектування, однак мають певні обмеження щодо реалізації інтегрованого підходу, необхідного для досягнення визначених різними дисциплінами показників якості створюваної продукції [1–3].

**Постановка завдання.** Метою даної статті є визначення основних загальних положень запропонованої концепції геометричних процесів у контексті технології управління життєвим циклом виробу як інтегруючого фактора автоматизованого проектування та виготовлення складної продукції в авіаційній галузі.

Отже, удосконалення автоматизації проектування технологічних процесів з застосуванням засобів САПР ТП/ САРР може бути досягнуто за рахунок інтеграції джерел даних і бізнес-процесів, взаємодіючих автоматизованих систем управління різної функціональності.

**Результати дослідження.** У табл. 1 пропонуємо класифікація завдань інтеграції, отримана в результаті аналізу і виділення загальних характеристик [5]. Завдання інтеграції виробничих інформаційних систем розглядалися як локальні завдання інтеграції і вирішувалися в основному створенням інтеграційних інтерфейсів між системами, які потребують інтеграції даних.

Таблиця 1

Класифікація задач інтеграції

Клас	Задача	Інструменти та технології
Інтеграція користувачів інформаційних технологій	Єдина точка доступу до інформаційних ресурсів (Single Sign On); Управління знаннями (Knowledge Management); Організація роботи в команді (Collaboration)	Портальні технології
Інтеграція даних	Консолідація та аналіз даних з облікових систем; Збір і підготовка даних (Extract Transform Loading, ETL); Управління основними даними (Master Data Management)	Сховища даних (Data Warehouse, DW); Системи управління основними даними; Інструменти ЕТ
Інтеграція інформації	Побудова сервісно-орієнтованих архітектур (SOA, Service Oriented Architecture)	Композитні додатки
Інтеграція додатків	Управління бізнес-процесами (Business Process Management); Обмін повідомленнями (Enterprise Messaging)	Системи управління бізнес-процесами (Business Process Management Suites, BPMS); Системи обміну повідомленнями
Інтеграція платформ та стандартів	Організація мережевої взаємодії обладнання; Стандартизація форматів і протоколів взаємодії	LAN; Win, Unix, Novell; XML, XSLT, J2EE, SOAP, UDDI, WSDL, HTTP, FTP, JDB

На сьогоднішній день основні тенденції вдосконалення автоматизації проектування технологічних процесів з застосуванням засобів САПР ТП/ САРР спрямовані на використання нових підходів в області представлення даних. Новий підхід полягає в реалізації об'єктно-орієнтованих методів організації технологічних баз даних, СОМ-технології, відкритої архітектури, заснованої на ActiveX компонентах. Ієрархія класів, що описують технологічні суті (операція, перехід, оснащення, конструктивний елемент), дозволяє реалізувати механізми успадкування. Це полегшує доступ до атрибутів об'єктів із зовнішніх додатків, таких як розрахунок режимів обробки, припусків, трудове і матеріальне нормування [5]. В результаті використання нового підходу можна зробити наступний висновок: розвинений API-функціонал об'єктної моделі технічного процесу, який базується на СОМ-технології, робить архітектуру САПР ТП/ САРР відкритою для інтеграції з будь-якими автоматизованими системами життєвого циклу виробу.

В ході підтримки процесів життєвого циклу виробу система САПР ТП/ САРР взаємодіє з такими системами як CAD/ CAM/ CAE, PDM, ERP. Постає питання уніфікації та стандартизації засобів міжпрограмного інтерфейсу, тобто профілів САПР ТП/ САРР для інформаційної взаємодії програм, що входять в єдиний інформаційний простір. Профілем відкритої системи називають сукупність стандартів і нормативних документів, які забезпечують виконання системою заданих функцій. Так в профілях САПР ТП/ САРР можуть фігурувати мову EXPRESS стандарту STEP, стандарт графічного призначеного для користувача інтерфейсу Motif, уніфікована мова SQL обміну даними між різними системами управління базами даних та ін.

САПР ТП/ CAPP є інтерактивним середовищем, наповненим базами даних за матеріалами, сортаменту, обладнання, технологічного оснащення та іншої довідкової інформацією. Сучасні САПР ТП/ CAPP включають розрахункові модулі по технологічним режимам і нормування, а також налаштування під спеціалізовані форми документів.

Завдання інтеграції САПР ТП/ CAPP в єдиний інформаційний простір наступна: по заданій моделі виробу, виконаної в САД-системі і на підставі НДІ, що зберігається в PDM, скласти план його виробництва – маршрут виготовлення. В цей маршрут входять відомості про послідовність технологічних операцій виготовлення деталі, а також складальних операціях (якщо такі є); обладнання, що використовується на кожній операції, і інструмент, за допомогою якого на операціях проводиться обробка. Зазвичай технологічна підготовка виробництва здійснюється в написанні технологічних процесів на нові вироби, або розробка нових технологічних процесів по вже наявній базі типових технологічних процесів. Якщо говорити про автоматизацію написання технологічних процесів, то існує два підходи: модифікований і генеративних. При модифікованому підході завдання САПР ТП/ CAPP-системи полягає в пошуку найбільш схожого виробу в існуючій базі даних і пред'явленню його операційної карти для модифікації. При модифікованому підході широко застосовується групова технологія, що дозволяє проводити класифікації деталей в сімейства схожих. Генеративний підхід полягає в розпізнаванні у деталі типових конструктивних елементів та застосування до них типових технологічних процесів (токарна обробка, свердління та ін.) При генеративних підході використовуються відомі методи штучного інтелекту для розпізнавання елементів і логічного висновку.

На підставі огляду та критичного аналізу різних САПР ТП/ CAPP, пропонується наступний склад основних функцій:

- розробка опису техпроцесу виготовлення нового виробу;
- розробка опису техпроцесу збірки;
- формування технологічної документації;
- розрахунок подетальної і зведених норм часу;
- розрахунок подетальної і зведених норм витрат основних і допоміжних матеріалів;
- формування організаційно-технологічної схеми потоку з виготовлення виробу.

Розроблена інтегрована система на інформаційному рівні (рис. 1) підтримується єдиною базою даних (PDM). У ній зберігається інформація про структуру та геометрії виробу (як результат проектування в системі САД), про технологію виготовлення (як результат роботи системи CAPP) і керуючі програми для обладнання з ЧПУ (як вихідна інформація для обробки в системі САМ на обладнанні з ЧПУ).

Основа завдання на проектування технологічного процесу складають відомості про деталі: опис її конфігурації, розмірних зв'язків, технічних вимог. Така необхідна інформація зберігається в PDM системі, яка надходить з САД системи.

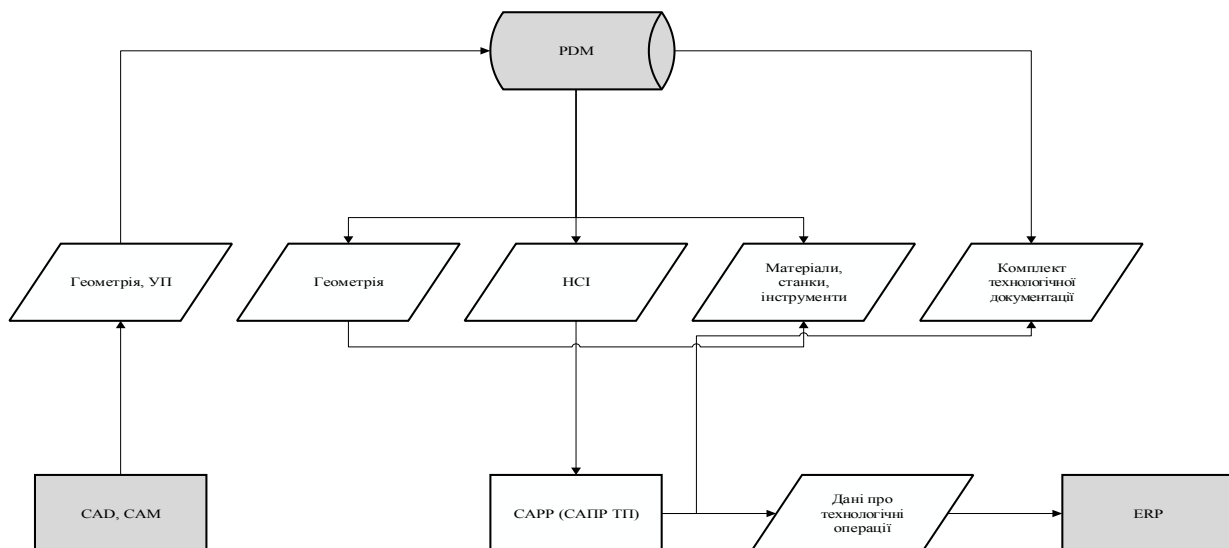


Рис. 1. Схема інтеграції CAPP

Проектування ТП починається з аналізу деталі. Після цього формується змінна інформація – інформація про деталі, для якої необхідно спроектувати ТП. Ця деталь називається поточною. Вхідна інформація може бути представлена у вигляді коду, таблиці кодованих відомостей, машинної графіки або на формалізованому мовою.

Умовно-постійна інформація – це інформація, необхідна для проектування ТП, виходячи зі змісту змінної інформації. До цієї інформації належать НДІ (відомості про застосовуваний обладнанні, засобах технологічного оснащення, нормативні матеріали для вибору режимів обробки і розрахунку норм часів та ін. [7]).

При кожному проектуванні ТП на різні деталі інформація про деталі, введене для проектування ТП, буде різною. Тому ця інформація і назвали змінної. Інформація про обладнання й оснащення при проектуванні ТП на різні деталі змінюється набагато рідше, хоча теж може змінитися. Тому вона називається умовно-постійної.

Найбільш очевидною спосіб забезпечення зв'язку між даними в різних додатках – побудова всіх систем на базі єдиної НДІ (MDM). Правильно спроектована система НДІ забезпечує легку інтеграцію інформації з будь-яких систем, так як виключає проблеми, пов'язані з низькою цілісністю даних. Однак на практиці так буває рідко, і кожна система має свій склад довідників НДІ. Завдання забезпечення їх взаємоузгодження досить складна і не тільки з точки зору програмної реалізації. Часто проблема полягає в тому, що різні системи оперують з різною структурною моделлю виробничої системи. Розрізняють повністю централізовану, частково централізовану, децентралізовану з консолідацією в єдиній системі схеми побудови. У деяких випадках навіть доцільно будувати НДІ на основі деревоподібних структур каталогів типу DAP (DirectoryAccessProtocol), наприклад, на основі LDAP (LightweightDAP) або «повноцінного» варіанту X.500 [5].

Змінна інформація про деталі, на які проектувалися або будуть спроектовані ТП, зберігається в базах даних деталей.

Умовно-постійна інформація може зберігатися в базах даних і в базах знань. Її вибір і рішення інших задач проектування може виконуватися за розробленими технологіями алгоритмів.

Необхідною інформацією для проектування ТП є відомості про парк металообробного обладнання на підприємстві, технічні характеристики верстатів, ріжучому, допоміжному та вимірювальному інструментах, верстатних пристосуваннях, заготовчому виробництві, державних стандартах, нормаль, всіх необхідних керівних і нормативних матеріалах. При автоматизованому проектуванні необхідно організувати інформаційно-довідкову базу даних, яка могла б забезпечити процес проектування необхідною довідковою інформацією.

Вихідна інформація, результат проектування для САПР ТП / САРР – це опис технологічного процесу. Згідно ГОСТ 3.1121-84 до технологічних документів відносяться графічні та текстові документи, які окремо або в сукупності визначають технологічний процес виготовлення або ремонту виробу, включаючи контроль і переміщення, комплектацію деталей, складальних одиниць, матеріалів, оснащення. Застосовувані форми технологічних документів повинні відповідати ГОСТ 3.1130 за розмірами форматів і параметрам графіки, з урахуванням реальних можливостей друкуючих пристроїв і форматів аркушів.

При розробці технологічних процесів із застосуванням САПР ТП/ САРР допускається застосування форм технологічних документів відмінних від форм, наведених в стандартах серії ЄСТД, за умов наявності в них всієї регламентованої відповідними державної інформації. Допускається відміну текстового викладу інформації в документах, розроблених з використанням програмного забезпечення, обумовлене особливостями ПЗ, від викладу в документах, розроблених рукописним способом [8, 9].

Основні технологічні документи поділяють на документи загального і спеціального призначення.

Документи загального призначення – технологічні документи, що застосовуються в окремо або в комплекті документів на технологічні процеси, незалежно від застосовуваних технологічних методів виготовлення або ремонту. До документів загального призначення відносяться:

- титульний аркуш;
- карта ескізів;
- технологічна інструкція.

Документи спеціального призначення – документи, що застосовуються при описі технологічних процесів і операцій в залежності від типу і виду виробництва і застосовуваних технологічних методів виготовлення або ремонту виробу.

До документів спеціального призначення відносяться:

- маршрутна карта;
- карта технологічного процесу;
- карта типового (групового) технологічного процесу;
- операційна карта;
- карта типової (групової) операції;
- карта технологічної інформації;
- комплектувальні карта;
- техніко-нормувальна карта;
- еталон технологічного паспорта;
- карта налагодження;
- відомість оснастки;
- відомість обладнання;
- відомість матеріалів та ін.

Крім технологічної документації вихідною інформацією САПР ТП так само є керуючі програми для верстатів з ЦПУ, трудомісткість виготовлення виробу і витрата матеріалів.

Процес автоматизованого проектування базується на безлічі типових рішень і алгоритмах їх вибору. Їх опис зберігається в самій системі САПР ТП/ САРР і в її інтеграції немає необхідності, так як в інших підсистемах єдиного інформаційного простору вона не використовується.

Керуючись вищенаведеним аналізом даних і аналізом функціональності розроблена узагальнена функціональна модель САПР ТП/ САРР системи (рис. 2).

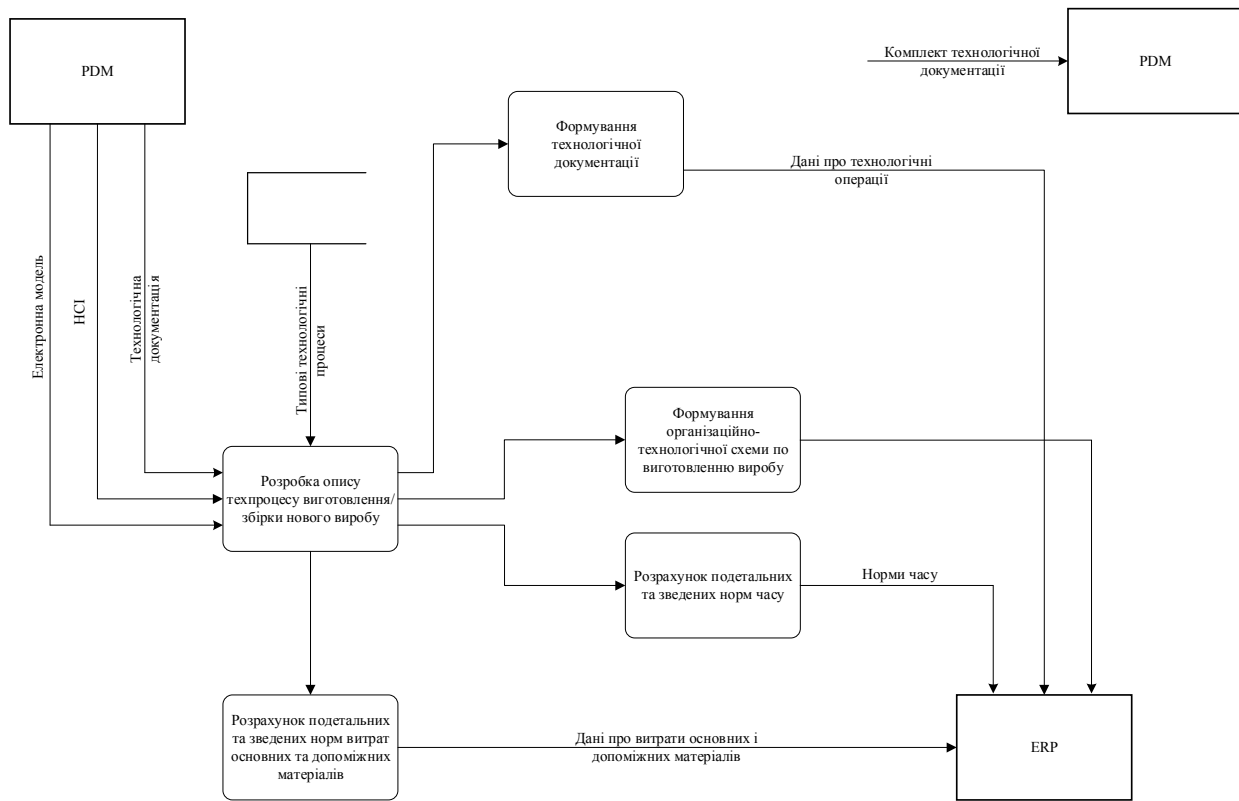


Рис. 2. Функціональна схема САРР-системи

Удосконалення автоматизованої системи технологічної підготовки виробництва на основі інтеграції даних автоматизованих систем управління різної функціональності дозволить підвищити якість виготовлення і скоротити час на підготовку виробництва і випуск ПС.

**Висновки.** Отже носіями інформації у процесах та при їх взаємодії виступають інформаційні об'єкти, що можуть бути різними електронними документами, які містять певні дані. Одними з базових інформаційних об'єктів є геометричні моделі та сформовані на їх основі моделі повного електронного визначення виробів в авіаційній галузі. Тому раціональне визначення необхідних процесів та їх максимальна формалізація, а також оптимальний поділ на стадії, дозволяють реалізувати концепцію автоматизованого управління життєвим циклом виробу за допомогою сучасних PLM (Product Lifecycle Management)-технологій, підвищити можливість зосередження зусиль на ключових процесах та їх покращенні, отримувати передбачувані характеристики продукції, поліпшувати її функціонування за рахунок ефективного управління процесами.

## Література

1. Ванін І.В. Деякі аспекти моделювання складних геометричних об'єктів / І.В. Ванін, Г.А. Вірченко, Я.І. Ткачевський // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – Вип. 69. – К. : КНУБА, 2001. – С. 151–154.
2. Геремес Ю.Н. Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии / Ю.Н. Геремес, А.М. Гуменный. – Харьков : НАКУ «ХАИ», 2006. – Вып. 30. – С. 10–30.
3. Ванін В.В. Структурно-параметричні геометричні моделі як основа для узгодженої розробки літака на стадії ескізного проектування / В.В. Ванін, Г.А. Вірченко, І.В. Ванін // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – № 4. – К. : НТУУ «КПІ», 2006. – С. 35–41.
4. Ванін В.В. Структурно-параметричні геометричні моделі як інваріантна складова комп'ютерних інформаційних технологій підтримки життєвого циклу виробів машинобудування / В.В. Ванін, Г.А. Вірченко, В.В. Ванін // Праці Тавр. держ. агротех. академії. – Мелітополь : ТДАТА, 2007. – Вип. 4, т. 36. – С. 16–21.
5. Калабин В. Управление основными данными как одна из задач интеграции корпоративных систем управления / В. Калабин // Бизнес-информатика. – 2007. – № 1. – С. 19–28.
6. Копылов Ю. Актуальные направления разработки и совершенствования САПР технологических

процессов систем / Ю. Копылов, Е. Гордиенко // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – № 112. – С. 26–28.

7. Козлецов А. Современные способы организации обмена данными с системами управления / А. Козлецов, И. Решетников // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2010. – № 2. – С. 17–23.

8. Центило Н.П. Проектирование и производство аэродинамических моделей самолетов с применением стратегии полного электронного определения изделия / Н.П. Центило, В.И. Косяченко, Р.П. Конопацкий, В.А. Кудрявцев // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков : НАКУ «ХАИ», 2009. – Вып. 44. – С. 5–11.

9. Ванин В.В. Разработка компьютерных моделей базовой геометрии самолета с использованием современных информационных технологий / И.В. Ванин, Г.А. Вирченко, Я.И. Ткачевский // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков : НАКУ «ХАИ», 2009. – Вып. 42. – С. 82–86.

10. Гребеников А.Г. Метод параметрического моделирования носовой части фюзеляжа самолета транспортной категории / А.Г. Гребеников, А.С. Чумак // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков : НАКУ «ХАИ», 2012. – Вып. 57. – С. 213–228.

#### References

1. Vanin I.V. Deiaki aspekty modeliuvannya skladnykh heometrychnykh ob'ektiv / I.V. Vanin, H.A. Virchenko, Ya.I. Tkachevskiy // Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika. – Vyp. 69. – K. : KNUBA, 2001. – S. 151–154.

2. Geremes YU.N. Otkrytyie informatsionnye i kompyuternye integrirovannye tehnologi / YU.N. Geremes, A.M. Gumennyiy. – Harkov : NAKU «HAI», 2006. – Vyip. 30. – S. 10–30.

3. Vanin V.V. Strukturno-parametrychni heometrychni modeli yak osnova dlia uzgodzhenoї rozrobky litaka na stadii eskiznoho proektuvannya / V.V. Vanin, H.A. Virchenko, I.V. Vanin // Naukovi visti NTUU «KPI». – № 4. – K. : NTUU «KPI», 2006. – S. 35–41.

4. Vanin V.V. Strukturno-parametrychni heometrychni modeli yak invariantna skladova kompiuternykh informatsiynnykh tekhnolohii pidtrymky zhyttievoho tsykladu vyrobiv mashynobuduvannya / V.V. Vanin, H.A. Virchenko, V.V. Vanin // Pratsi Tavri. derzh. ahrotekh. akademii. – Melitopol : TDATA, 2007. – Vyp. 4, t. 36. – S. 16–21.

5. Kalabin V. Upravlenie osnovnyimi dannymi kak odna iz zadach integratsii korporativnykh sistem upravleniya / V. Kalabin // Biznes-informatika. – 2007. – № 1. – S. 19–28.

6. Kopylov YU. Aktualnye napravleniya razrabotki i sovershenstvovaniya SAPR tehnologicheskikh protsessov sistem / YU. Kopylov, E. Gordienko // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta. – 2011. – № 112. – S. 26–28.

7. Kozletsov A. Sovremennyye sposoby organizatsii obmena dannymi s sistemami upravleniya / A. Kozletsov, I. Reshetnikov // Informatsionnye tehnologii v proektirovanii i proizvodstve. – 2010. – № 2. – S. 17–23.

8. TSentilo N.P. Proektirovanie i proizvodstvo aerodinamicheskikh modeley samoletov s primeneniem strategii polnogo elektronnoho opredeleniya izdeliya / N.P. TSentilo, V.I. Kosyachenko, R.P. Konopatskiy, V.A. Kudryavtsev // Otkrytyie informatsionnye i kompyuternye integrirovannye tehnologii. – Harkov : NAKU «HAI», 2009. – Vyip. 44. – S. 5–11.

9. Vanin V.V. Razrabotka kompyuternykh modeley bazovoy geometrii samoleta s ispolzovaniem sovremennykh informatsionnykh tehnologiy / I.V. Vanin, G.A. Virchenko, Ya.I. Tkachevskiy // Otkrytyie informatsionnye i kompyuternye integrirovannye tehnologii. – Harkov : NAKU «HAI», 2009. – Vyip. 42. – S. 82–86.

10. Grebenikov A.G. Metod parametricheskogo modelirovaniya nosovoy chasti fyuzelyaja samoleta transportnoy kategorii / A.G. Grebenikov, A.S. Chumak // Otkrytyie informatsionnye i kompyuternye integrirovannye tehnologii. – Harkov : NAKU «HAI», 2012. – Vyip. 57. – S. 213–228.

Рецензія/Peer review : 09.05.2018 р.

Надрукована/Printed : 13.07.2018 р.

Стаття прорецензована редакційною колегією