

ГАСАНОВ М.І., МИГУЩЕНКО Р.П., ШОЛКОВИЙ О.М., ФАДЕЕВ В.А., ЗАКОВОРОТНИЙ О.Ю., КЛОЧКО О.О., ФЕДОРЕНКО В.С.

УПРАВЛІННЯ ЖИТТЄВИМ ЦИКЛОМ ПРОДУКЦІЇ АВІАЦІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Основні положення концепції інтеграційної технологічної підготовки авіаційного підприємства PLM-рішенням включають повний детальний опис, захищене зберігання та кероване використання всієї інформації про продукцію протягом усього життєвого циклу продукції з підтримкою цілісності та несуперечності інформації про продукцію та підтримкою та управлінням усіма бізнес-процесами, пов'язаними з ними даними поширення інформації у всьому підприємстві. До складу PLM-рішень на машинобудівного підприємства включені кошти з управління проектами, кошти календарного планування та управління вимогами з використанням засобів Workflow, які реально дозволяють автоматизувати бізнес-процеси в рамках усього підприємства.

Ключові слова: життєвий цикл, управління, авіаційне підприємство, інтеграція, PDM-системи, САПР, технологічна підготовка, авіаційні підприємства, PLM-рішення, інформація, бізнес-процеси, функціональність, гнучкість, масштабованість.

HASANOV M.I., MYGUSHCHENKO R.P., SHOLKOVYI O.M., FADEEV V.A., ZAKOVOROTNIY O.Y., KLOCHKO O.O., FEDORENKO V.S.

PRODUCT LIFE CYCLE MANAGEMENT OF AN AVIATION ENTERPRISE

The main provisions of the concept of integrated technological preparation of the aviation enterprise by the PLM solution include a full detailed description, secure storage and managed use of all product information throughout the entire product life cycle with support for the integrity and consistency of product information and support and management of all business processes related to with them data dissemination throughout the enterprise. PLM solutions for a machine-building enterprise include project management tools, calendar planning tools, and requirements management using workflow tools, which really allow you to automate business processes within the entire enterprise.

Keywords: life cycle, management, aviation enterprise, integration, RDM systems, CAD, technological preparation, aviation enterprises, PLM solutions, information, business processes, functionality; flexibility; scalability.

Abbreviations

CAD - Computer Aided Design – проектування виробів;

CAE - Computer Aided Engineering - інженерні розрахунки;

CAM - Computer Aided Manufacturing - розробка керуючих програм для верстатів з ЧПК;

CAPP – Computer Aided Production Planning – розробка техпроцесів;

ERP – Enterprise Resource Planning – планування ресурсів авіаційного підприємства;

MES – Manufacturing Execution Systems – системи оперативного управління виробництвом авіаційного прелотія;

MPM - Manufacturing Process Management - моделювання та аналіз виробництва виробу;

PLM – Product Lifecycle Management – управління життєвим циклом продукції авіаційного підприємства;

PDM - Product Data Management - управління даними про продукцію;

PM - Project Management - управління проектами;

Workflow - управління документообігом та бізнес-процесами авіаційного підприємства

Вступ. Метою інжинірингу авіаційного підприємства є впровадження PLM-рішень для забезпечення реального управління інформацією про продукцію протягом усього її життєвого циклу і таким чином досягти зниження собівартості продукції, скоротити терміни випуску нової продукції, підвищити конкурентоспроможність підприємства, зробити його більш прозорим та керованим.

Основні положення PLM концепції. Положення концепції PLM включають: 1) повний детальний опис, захищене зберігання та кероване використання всієї інформації про продукцію протягом усього життєвого циклу продукції; 2) підтримка цілісності та несуперечності інформації про продукцію протягом усього її життєвого циклу; 3) підтримка та управління всіма бізнес-процесами та пов'язаними з ними даними для поширення інформації по всьому авіаційному підприємству.

При впровадженні PLM - рішення на машинобудівному підприємстві першому плані виходять такі вимоги: функціональність; швидкодія; гнучкість; масштабованість; безпека. При цьому основним робочим інструментом для співробітників конструкторських та технологічних служб є засоби пошуку інформації, засоби візуалізації та формування звітних документів.

До структури PLM-рішень на авіаційному підприємстві включаються кошти з управління проектами, кошти календарного планування та управління вимогами. Для цього використані засоби Workflow, які реально дозволяють автоматизувати бізнес-процеси в рамках усього підприємства (рис. 1).

Мета дослідження. З метою реалізації організаційно-функціональної сумісності конструкторсько-технологічних підрозділів авіаційного підприємства розроблено ERP-системи [1, 4, 5, 6, 7]. Для цього реалізовано інтеграцію PDM-систем з САПР; інтеграція між ERP та PDM системами (рис. 2).

ERP-система реалізована як багаторівневої системи управління виробництвом з урахуванням MES-системи «Zenith». Вона координує роботу CAD, CAPP, CAM та CAE систем.

Для чого використовуються методи тактичного та стратегічного планування. Тактичне планування виробничого процесу виконується MPM-системою GPS, а стратегічне - MPM-системою OMEGA, рис. 1.

Аналіз основних досягнень та літератури. Система управління проектами (PM) забезпечує взаємодію MPM-системи GPS з CAD-системами (AutoCAD, T-Flex, SolidWorks, КОМПАС) і CAPP-системами (T-Flex Технологія, Techcard, TechnologiCS, ТехноПро).

© М.І. Гасанов, Р.П. Мигущенко, О.М. Шолковий, В.А. Фадеев, О.Ю. Заковоротний, О.О. Клочко, В.С. Федоренко, 2023

МРМ "GPS" забезпечує: прогнозування стану виробничого процесу; формування оптимальної структури технологічного процесу; моделювання відмов та затримок у системі обробки; нормування допоміжних операцій.

На виробничому рівні ERP-система вирішує такі завдання (рис. 3):

- формування оперативного внутрішньоцехового плану з урахуванням наявних заділів та верстатного парку;
- диспетчерський контроль виконання операцій;
- контроль за виконанням плану;
- розрахунок виробничого плану завантаження виробничих потужностей за різними критеріями (максимальний коефіцієнт завантаження обладнання, мінімальний час пролежування деталей тощо);
- перерахунок у реальному часі виробничого плану у разі позаштатних ситуацій, наприклад поломки верстата;
- планування матеріалів, необхідні виконання виробничої програми;
- управління рухом товарних потоків: постачанням, збутом, організацією роботи складів та транспортних служб, плануванням схем доставки товару та сировини;
- розрахунок та документування процесів закупівлі та продажу, створення супровідних документів для кожної партії деталей;
- розрахунок фактичної собівартості виготовлених виробів та основних засобів;
- засоби аналізу бізнесу, що дозволяють визначити прибуткові та збиткові напрями, динаміку стану справ у бізнес-процесах, ефективність роботи різних підрозділів;
- управління персоналом.

Ефективність авіаційного виробництва визначається тимчасовими, енергетичними та вартісними характеристиками. Їх вплив на хід організаційно-технологічного проектування виробничої системи, як правило, має комплексний характер, що в сучасних умовах призводить до необхідності підвищення рівня мобільності та гнучкості виробничих систем за збереження високої продуктивності та надійності. Цим вимогам повною мірою відповідають гнучкі виробничі системи (ГПС), побудовані на принципах агрегування модулів (ГПМ).

Методи проектування систем обробки авіаційного виробництва базуються на аналітичних моделях, що мають розвинений апарат оптимізації. У той самий час, методи проектування ДПС переважно побудовані на імітаційному моделюванні, що саме собою ще призводить до отримання оптимальних організаційно-технологічних рішень, а вимагає додаткового статистичного аналізу моделі.

Результати. Завдання визначення раціональних структур маршрутів обробки виробів вирішено як завдання управління ресурсами в умовах обмежень на вибір основного та допоміжного обладнання [2, 3, 5]:

$$\left. \begin{aligned} \mathbf{TN} &= \{\mathbf{T}, \mathbf{P}, \mathbf{I}, \mathbf{O}, \mathbf{M}_0, \tau, \mathbf{PR}\}; \\ \mathbf{P} &= \{p_i\}, i = \overline{1, n}; \\ \mathbf{T} &= \{t_j\}, j = \overline{1, m}; \\ \mathbf{I} : \mathbf{T} \times \mathbf{P} &\rightarrow \{0,1\}; \\ \mathbf{O} : \mathbf{P} \times \mathbf{T} &\rightarrow \{0,1\}; \\ \mathbf{M}_0 : \mathbf{P} &\rightarrow \mathbf{Z}_0; \\ \tau : \mathbf{T} &\rightarrow \mathbf{R}_0; \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

де \mathbf{P} – кінцева множина позицій (станів ГПС); \mathbf{T} -кінцева безліч переходів (методів перетворення об'єктів обробки в ГПС); \mathbf{I} -функція слідування (результати застосування функції \mathbf{T} до об'єктів ГПС в стані \mathbf{P}); \mathbf{O} – функція передування (перелік умов – наявність станів \mathbf{P} необхідні застосування функції \mathbf{T}); \mathbf{M}_0 - початкове маркування, що задає початковий розподіл міток за позиціями мережі (стан ДПС до початку моделювання); \mathbf{Z}_0 - безліч невід'ємних чисел (значень характеристик елементів та структур ГПС до початку моделювання); τ - функція часів спрацьовування, яка зіставляє кожному переходу постійний час спрацьовування; \mathbf{R}_0 - безліч раціональних невід'ємних чисел (безліч значень характеристик елементів і структур ГПС одержуваних в ході імітаційного моделювання); \mathbf{PR} – відношення пріоритетності (порядку), що задається на множині переходів \mathbf{T} і визначає порядок споживання міток збудженими переходами в умовах конфлікту міток (критерії вибору оптимальних параметрів і структур ГПС для організаційно-технічних і технологічних умов, що сформувалися, на момент прийняття рішення).

Завдання оптимального розміщення технологічного обладнання на плануванні ділянки із заданою транспортною системою та місцями завантаження (розвантаження) обладнання вирішене як завдання максимізації завантаження основного технологічного обладнання на основі мінімізації сумарних транспортних переміщень між модулями. $L(X, Y, \Theta, \Lambda)$.

$$\left\{ \begin{array}{l} \min[L(X, Y, \Theta, \Lambda)] = \sum_{i=1}^M \lambda_i s_i(x_i, y_i, \vartheta_i), \\ f_1(x_i, y_i, \vartheta_i, x_j, y_j, \vartheta_j) \geq 0, \quad i \neq j, \quad j = 1, \dots, M, \\ f_2(x_i, y_i, \vartheta_i) \geq 0, \quad i = 1, \dots, M, \\ f_3(x_j, y_j, \vartheta_j) \geq 0, \quad j = 1, \dots, M, \end{array} \right. \quad (2)$$

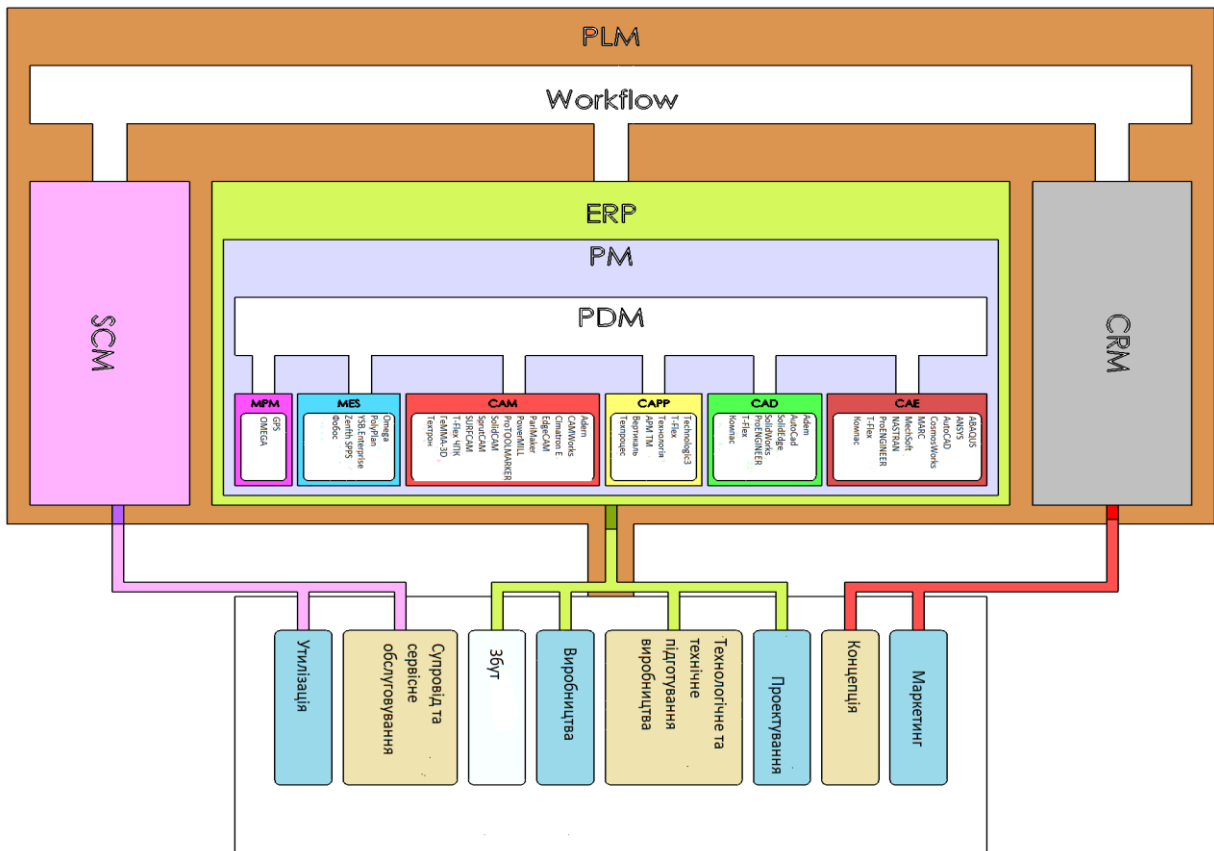


Рис. 1 – Схема формування життєвого циклу авіаційного підприємства з використанням PLM – систем

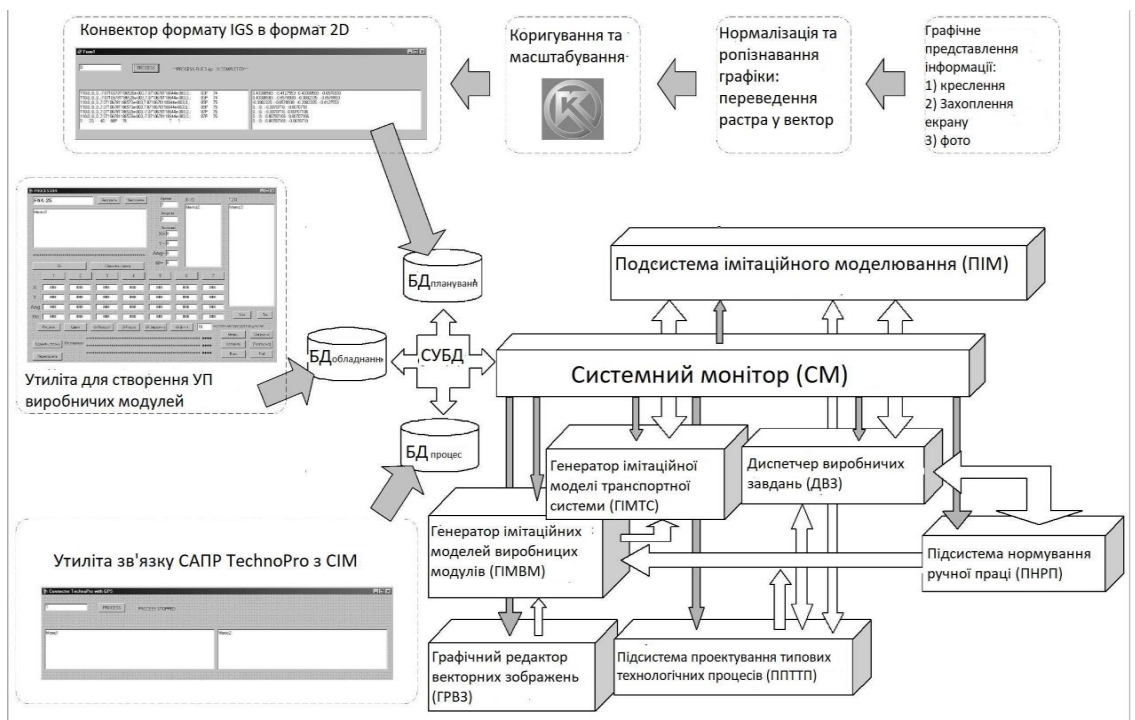


Рис. 2 – Функціональна схема ERP-системи авіаційного підприємства

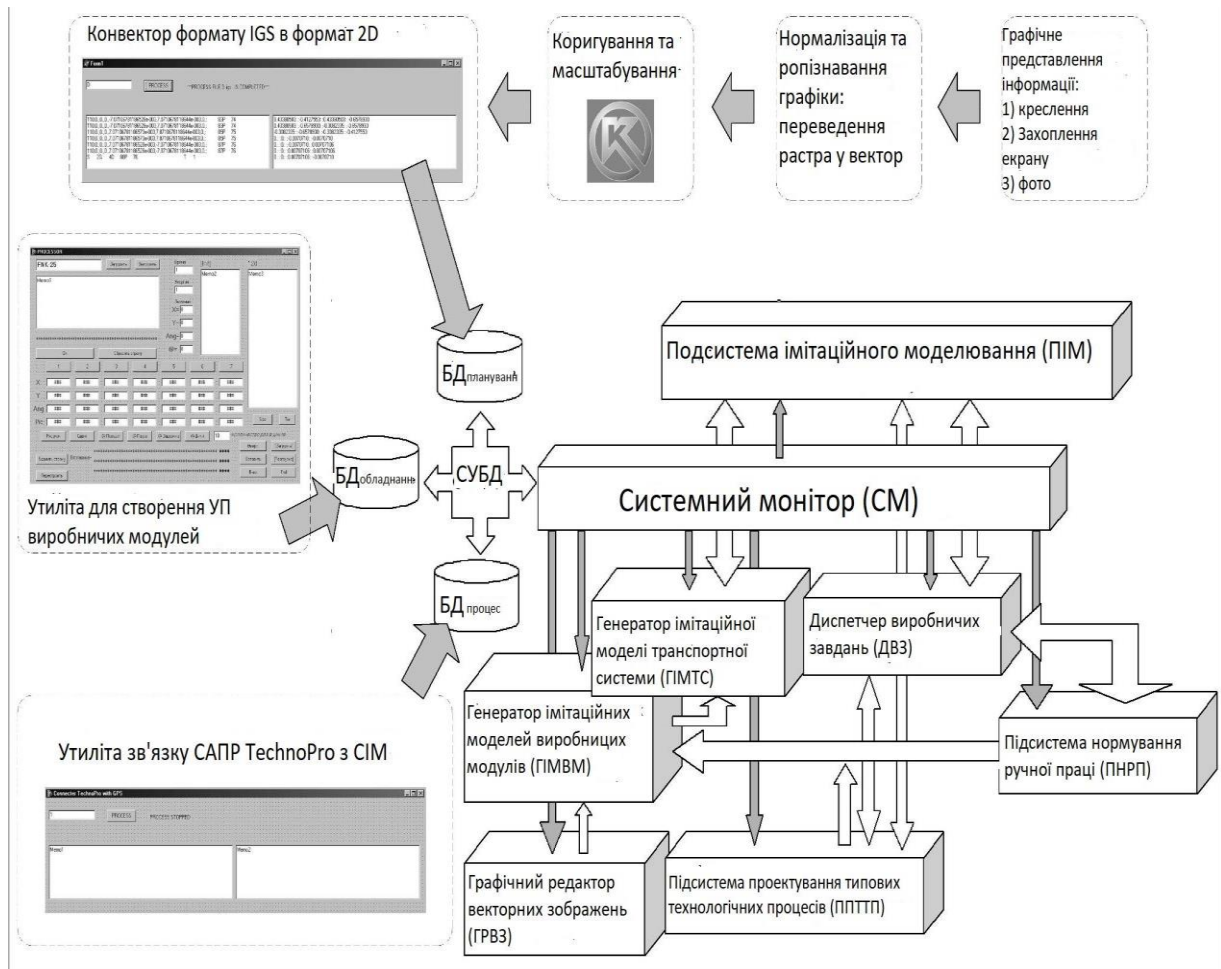


Рис. 3 – Фрагмент структури PLM – системи авіаційного підприємства

де M - кількість об'єктів (модулів), що розміщуються; $\square = (\square_1, \square_2, \dots, \square_M)$ - вектор інтенсивностей звернення модулів до транспорту; $X = (x_1, x_2, \dots, x_M)$; $Y = (y_1, y_2, \dots, y_M)$ - вектори координат точок прив'язування модулів; $\square = (\square_1, \square_2, \dots, \square_M)$ - вектор орієнтації модулів щодо транспортних ліній; $S = (s_1, s_2, \dots, s_M)$ - вектор відстаней між модулями і складом.

Вирішення задач мінімізації конфігурації ГПС та оптимізації послідовності запуску виробів на обробку реалізовано шляхом аналізу діаграми роботи її обладнання та гістограми середнього завантаження модулів. В його основу покладено алгоритм довільної вибірки партій обробки за критерієм максимального завантаження основного обладнання. Отриманий у своїй протокол стану системи обробки є вихідним матеріалом для поточного планування.

До завдань енергозбереження належить завдання формування структури виробничої системи за енергетичними критеріями (рис. 4). Вона, у свою чергу, розбита на завдання мінімізації витрат енергії на виконання виробничого завдання та формування парку обладнання з мінімальною надмірністю енергетичних параметрів силових установок.

Як критерії оптимізації використані:

- Ефективна потужність приводів технологічного обладнання $N(t)$, (3);

$$N(t) = N_{ГД}(t) + N_{под}(t), \quad (3)$$

де $N_{ГД}(t)$ - потужність приводу головного руху, $N_{под}(t)$ потужність приводу подачі;
 A_j - робота виконавчих механізмів верстата, (4);

$$A_j = \sum N_j(t) \cdot t, \quad (4)$$

де: j - номер вузла, що входить у виробничий модуль та виконує технологічну операцію; $N_j(t)$ - потужність приводу j -го вузла, що використовується для виконання елементарного руху; t - час роботи j -го вузла;
 $ККД_{ст}$ - коефіцієнт корисної дії виробничої системи (окремих верстатів, модулів ($ККД_{мод}$), ділянки ($ККД_{уч}$), цеху ($ККД_{ц}$), транспортної системи ($ККД_{тс}$)) (5)

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{КПД}_{\text{СТ}} = \frac{\sum A_{\text{рез}}}{\sum A_{\text{СТ}}} \\ \text{КПД}_{\text{МОД}} = \frac{\sum A_{\text{рез}}}{\sum A_{\text{МОД}}} \\ \text{КПД}_{\text{УЧ}} = \frac{\sum A_{\text{рез}}}{\sum A_{\text{УЧ}}} \\ \text{КПД}_{\text{Ц}} = \frac{\sum A_{\text{рез}}}{\sum A_{\text{Ц}}} \\ \text{КПД}_{\text{ТС}} = \frac{\sum A_{\text{Ц}} - \sum A_{\text{ТМ}}}{\sum A_{\text{Ц}}} \end{array} \right. , \quad (5)$$

де $A_{\text{рез}}$ - корисна робота сил різання, витрачена приводами головного руху та подач верстата; $A_{\text{СТ}}$ - загальна робота, витрачена верстатом; $A_{\text{МОД}}$ - робота, витрачена всіма механізмами оброблювального модуля, що мають електричні приводи (верстатами, маніпуляторами, пристроями та ін.); $A_{\text{МОД}}$ - робота, витрачена всіма підрозділами, що входять у ділянку та мають як енергетичні установки електричні двигуни (модулі, транспортні пристрої, накопичувачі); $A_{\text{Ц}}$ - робота, витрачена всіма підрозділами, що входять до цеху; $A_{\text{ТС}}$ - робота, витрачена транспортним модулем на переміщення об'єкта обробки.

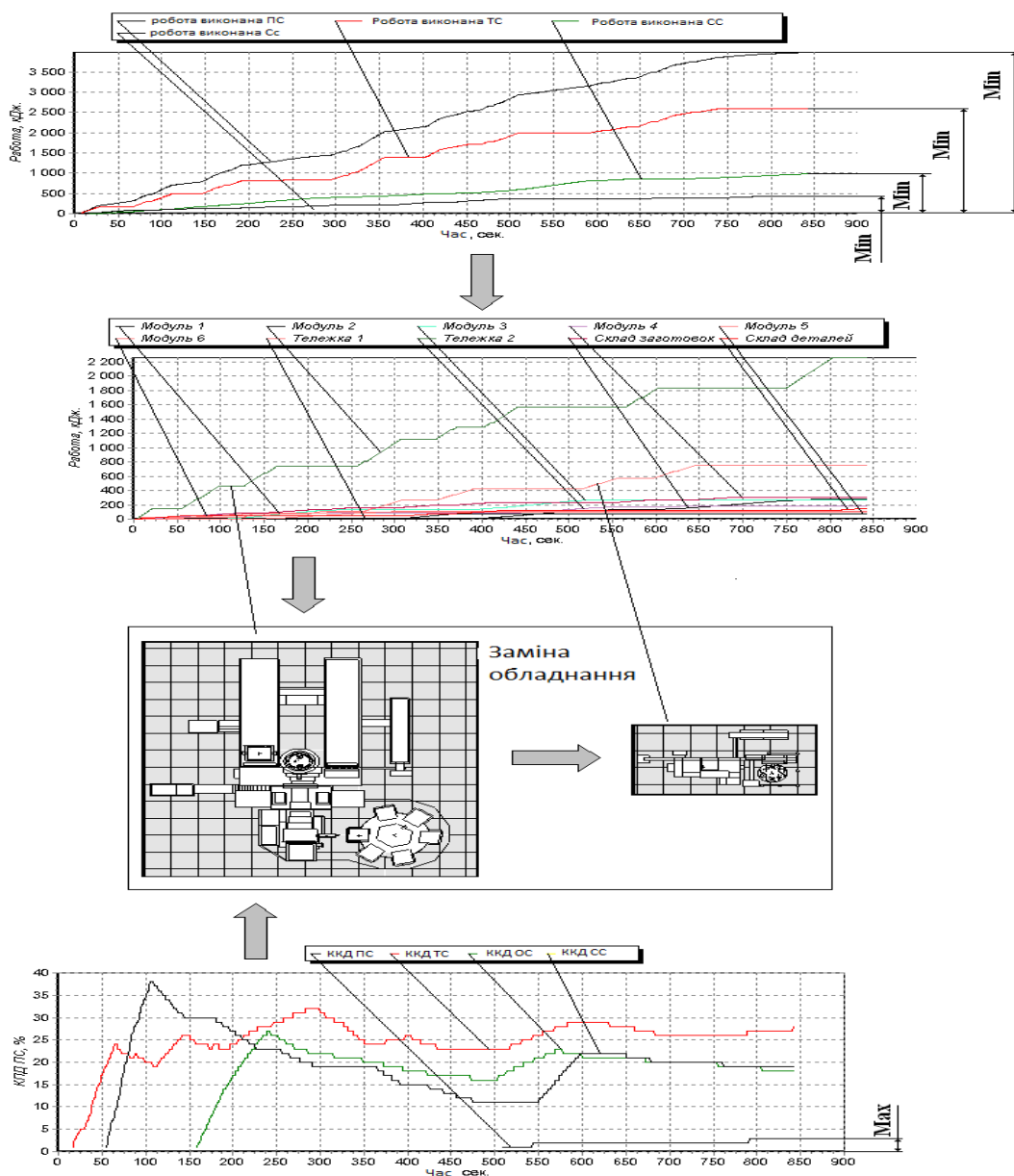


Рис. 4 – Послідовність заміни обладнання ДПС залежно від рівня її енергетичних показників

Вибір технологічного обладнання за критерієм мінімальної енергоємності системи обробки починається з аналізу обсягу робіт, виконаних різними системами ДПС (рис. 4). Ця інформація дозволяє

ISSN 2079-004X(Print), ISSN 2786-7587(Online). Вісник НТУ «ХП». 2023.№2 (8)

визначити стратегію зниження витрат енергії у технологічній системі (у наведеному прикладі найбільш енергоємним є транспортування заготовок між модулями) [2, 3, 8, 9, 10].

На наступному етапі визначається найбільш енергоємний модуль, що входить до обраної системи для оптимізації. При цьому можливі такі варіанти стратегії вибору:

- Вибір модуля за значенням виконаної роботи ($\max(A_j)$);
- вибір модуля за найбільш енергоємною силовою установкою ($\max(N(t))$);
- Вибір модуля за критерієм мінімальної ефективності використання енергії ($\min(\text{КПД}_{\text{мод}})$).

У аналізованому прикладі (рис. 4) найменшу енергетичну ефективність має обробна система ($\text{КПДОС}=18\%$). До її складу входить найбільш енергоємний модуль (Модуль 2 - IP800PM2Ф4, $A_2 = 2200$ кДж). Його заміна на менш енергоємне обладнання (наприклад, Модуль 1 – 1В340Ф30) може суттєво знизити енергетичні витрати у системі обробки. Для ухвалення остаточного рішення про його заміну необхідно додатково провести порівняльний функціональний аналіз основного та допоміжного обладнання взаємозамінних модулів

Висновки

1. Запропоновано та теоретично обґрунтовано систему об'єктивних критеріїв оцінки технологічних рішень, що характеризують об'єкт обробки, технологічний процес формоутворення та формоутворювальне обладнання та дозволяють здійснювати синтез та аналіз технологічних систем механічної обробки в авіаційному виробництві з урахуванням технологічного прогнозування нових нанотехнологій.

2. Розроблено прикладні основи автоматизованих систем синтезу та аналізу структурно-параметричних характеристик технологічних систем механічної обробки, що базуються на алгоритмах комплексних та локальних САПР.

3. Створення принципів гарантованої технології механічної обробки, характерної при виготовленні високоточних деталей, базується на технологічному прогнозуванні, метою якого є визначення на перспективу змін структурно-параметричних характеристик технологічних процесів та обладнання та засобів оснащення, що реалізують їх, які формуються на основі аналізу структури та параметрів об'єкта обробки, і навіть адекватних змін витрат за виробництво.

4. Розроблена методика технологічного прогнозування розвитку дозволяє авіаційному підприємству ефективно підійти до вироблення перспективного плану розвитку, до складання щорічних бізнес-планів модернізації виробництва та комплектації сучасним металорізальним обладнанням, інструментом та вимірювальною технікою.

Список літератури

1. Равська Н.С., Парненко В.С., Гасанов М.І., Заковоротний О.Ю., Ключко О.О. Наукові основи визначення залежностей теорії різання в алгоритмах при реалізації нейронних мереж процесів формоутворення // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Techniques in a machine industry: zb. nauk.pr. / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків : НТУ «ХПІ», 2023. – № 1 (7) 2023. – С. 29–35. – ISSN 2079-004X, DOI: 10.20998/2079-004X.2023.1(7).04.
2. Тимофеев, Ю.В. Сетевое многоуровневое представление организационно-технологических структур производственных систем / Ю.В. Тимофеев, А.Н. Шелковой, Ю.Г. Гуцаленко // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут": Збірка наукових праць. Тематичний випуск Технологія в машинобудуванні. - Харків: НТУ "ХПІ", 2005. - №23. - С.194-213.
3. Тимофеев, Ю.В. Модернизация организационно-технологической структуры участка обработки детали «Стакан верхний» / Ю.В.Тимофеев, А.Н.Шелковой, А.А. Пермяков // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: Збірка наукових праць. - Краматорськ: ДДМА. – Вип.19. – 2004. – С.75-81.
4. Фадеев, В.А. Синтез технологических систем механической обработки / В.А.Фадеев // Харьков: НТУ «ХПИ». – 2007.- 187 с.
5. Шелковий, О.М. Досвід застосування імітаційного моделювання при вирішенні задачі модернізації виробничих підрозділів авіаційної промисловості / О.М.Шелковий, В.А. Фадеєв, Ю.Г. Гуцаленко, С.А. Костигов // Авиационно-космическая техника и технология: Научно-технический журнал. □ Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского, „ХАИ”. □ Харьков, 2008. □ Вып. 7/54. □ С.181 □188.
6. Magomed Hasanov, Alexander Klochko, Vadim Horoshaylo, Borys Vorontsov, Anton Ryazantsev Duplex Scheme of the Technological Impact of the Provision of Operational Properties of a Hardened Large Module Gears // Int. J. of Integrated Engineering Vol. 14 No. 6 (2022) p. 55-62, <http://penerbit.uthm.edu.my/ojs/index.php/ijie>, ISSN : 2229-838X e-ISSN : 2600-7916 (Skopus).
7. Равська Н.С., Корбут Є.В., Родін Р.П., Парненко В.С., Заковоротний О.Ю., Ключко О.О., Сапон С.П., dr. Rolahd Loroch. Імітаційне моделювання процесів спрощеним алгоритмом методу групового врахування аргументів. // Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали XX Міжнародної науково-технічної конференції 01 – 03 вересня 2022 року / за заг. ред. В. Д. Ковальова. – Краматорськ-Тернопіль: ДДМА, 2022. – С. 180– 181. – ISBN 978-617-7889-20-4.
8. Klochko, O., Okhrimenko, O., & Shapovalov, M. (2021). Initial instrumental surface of modular millings on the basis of one-band hyperboloid for the manufacture of gear wheeled wheels. Mechanics and Advanced Technologies, 5(3), 374–380. <https://doi.org/10.20535/2521-1943.2021.5.3.250168>.
9. Особливості побудови алгоритмів метода групового врахування аргументів. Ключко О.О., Корбут Є.В., Равська Н.С., Родін Р.П., Парненко В.С. Збірник наукових праць XI Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Процеси механічної обробки, верстати та інструмент», 5–6 листопада 2021 року. – Житомир : Державний університет «Житомирська політехніка», 2021. – С. 137–139.
10. Равська Н.С., Корбут Є.В., Івановський О.А., Родін Р.П., Парненко В.С., Заковоротний О.Ю., Ключко О.О., Сапон С.П., Loroch Rolahd Теорія евристичної самоорганізації в імітаційному моделюванні управління процесами. Проблеми інформатики та моделювання (ПІМ-2021). Тези двадцять першої міжнародної науково-технічної конференції. – Харків: НТУ "ХПІ", 2021. – С. 61 – 62.

Bibliography (transliterated):

1. Rav'ska N.S., Pamenko V.S., Gasanov M.I., Zakovorotnyi O.Yu., Klochko O.O. Naukovі osnovi viznachennya zalezhnostey teoriyi ri'zannya v algoritmakh pri reali'zaciji neyronnikh merezh procesiv formoutvorenniya // Visnik Naczi'onal'nogo tekhnichnogo uni'versitetu «KhPI». Seriya: Tekhnologii'yi v mashinobuduvanni = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Techniques in a machine industry: zb. nauk.pr. / Naczi. tekhn. un-t «Kharkiv. poli'tekhn. in-t». – Kharkiv : NTU «KhPI», 2023. – # 1 (7) 2023. – S. 29–35. – ISSN 2079-004X, DOI: 10.20998/2079-004X.2023.1(7).04.

2. Timofeev, Yu.V. Setevoe mnogourovnevnoe predstavlenie organizacionno-tekhnologicheskikh struktur proizvodstvennykh sistem / Yu.V. Timofeev, A.N. Shelkovej, Yu.G. Guzalenko // *Vi'snik Naczi'onal'nogo tekhnichnogo uni'versitetu "Kharki'vs'kij poli'tekhnichnij i'nstitut": Zbi'rka naukovikh prac' . Tematichnij vipusk Tekhnologiya v mashinobuduvanni` . - Kharki'v: NTU "KhPI", 2005. - No23. - S.194-213.*
3. Timofeev, Yu.V. Modernizatsiya organizacionno-tekhnologicheskoy struktury uchastka obrabotki detali «Stakan verkhnij» / Yu.V. Timofeev, A.N. Shelkovej, A.A. Permyakov // *Nadi'jni'st' i'nstrumentu ta optimizatsiya tekhnologicheskikh sistem: Zbi'rka naukovikh prac' . - Kramators'k: DDMA. – Vip.19. – 2004. – S.75-81.*
4. Fadeev, V.A. Sintez tekhnologicheskikh sistem mekhanicheskoy obrabotki / V.A. Fadeev // *Khar'kov: NTU «KhPI». – 2007. - 187 s.*
5. Shelkovej, O.M. Dosvi'd zastosuvannya i'mi'taczi'jnogo modelyuvannya pri viri'shenni' zadachi' moderni'zaczi'yi virobничих pi'drozdi'li'v avi'aczi'jnoyi promislivosti' / O.M. Shelkovej, V.A. Fadyeyev, Yu.G. Guzalenko, Ye.A. Kostigov // *Aviacionno-kosmicheskaya tekhnika i tekhnologiya: Nauchno-tekhnicheskij zhurnal. □ Naczi'onal'ny'j a'e'rokosmicheskij universitet im. N.E. Zhukovskogo, „KhAI”. □ Khar'kov, 2008. □ Vy'p. 7/54. □ S.181 □ 188.*
6. Magomed Hasanov, Alexander Klochko, Vadim Horoshaylo, Borys Vorontsov, Anton Ryazantsev Duplex Scheme of the Technological Impact of the Provision of Operational Properties of a Hardened Large Module Gears // *Int. J. of Integrated Engineering Vol. 14 No. 6 (2022) p. 55-62, <http://penerbit.uthm.edu.my/ojs/index.php/ijie>, ISSN : 2229-838X e-ISSN : 2600-7916 (Skopus).*
7. Ravs'ka N.S., Korbut Ye.V., Rodin R.P., Parnenko V.S., Zakovorotnij O.Yu., Klochko O.O., Sapon S.P., dr. Rolahd Loroeh. *Г ми' taczi'jne modelyuvannya procesami sproshhenim algoritmom metodu grupovogo vrakhuvannya argumenti'v. // Vazhke mashinobuduvannya. Problemi ta perspektivi rozvitu. Materi'ali XX Mi'zhnarodnoyi naukovo-tekhnichnoyi konferenczi'yi 01 – 03 veresnya 2022 roku / za zag. red. V. D. Koval'ova. – Kramators'k-Ternopi'l': DDMA, 2022. – S. 180– 181. – ISBN 978-617-7889-20-4.*
8. Klochko, O., Okhrimenko, O., & Shapovalov, M. (2021). Initial instrumental surface of modular millings on the basis of one-band hyperboloid for the manufacture of gear wheeled wheels. *Mechanics and Advanced Technologies*, 5(3), 374–380. <https://doi.org/10.20535/2521-1943.2021.5.3.250168>.
9. Osoblivosti' pobudovi algoritmi'v metoda grupovogo vrakhuvannya argumenti'v. Klochko O.O., Korbut Ye.V., Ravs'ka N.S., Rodin R.P., Parnenko V.S. *Zbi'mik naukovikh prac' KhPI Vseukrayins'koyi naukovo-tekhnichnoyi konferenczi'yi z mi'zhnarodnoyu uchastyu «Procesi mekhanichnoyi obrobki, verstaty ta i'nstrument», 5–6 listopada 2021 roku. – Zhitomir : Derzhavnij uni'versitet «Zhitomir's'ka poli'tekhnika», 2021. – S. 137 –139.*
10. Ravs'ka N.S., Korbut Ye.V., Ivanov's'kij O.A., Rodin R.P., Parnenko V.S., Zakovorotnij O.Yu., Klochko O.O., Sapon S.P., Loroeh Rolahd *Teori'yi evristichnoyi samoorgani'zaczi'yi v i'mi'taczi'jnomy modelyuvanni' upravli'nnya procesami. Problemi i'nformatiki ta modelyuvannya (PI'M-2021). Tezi dvadcyat' pershoji mi'zhnarodnoyi naukovo-tekhnichnoyi konferenczi'yi. – Kharki'v: NTU "KhPI", 2021. – S. 61 – 62.*

Поступила (received) 02.02.2023

Відомості про авторів / About the Authors

Гасанов Магомедємін Ісамагомедович (Gasanov Magomedimin) – проректор по науково-педагогічній роботі, доктор технічних наук, професор кафедри технологія машинобудування і металорізальні верстати, Національного технічного університету «Харківський політехнічний університет», м. Харків; тел.: (096) 590-88-50; e-mail: magomedimin.gasanov@khi.edu.ua; ORCID: 0000-0002-2161-2386

Мигуцєко Руслан Павлович (Mygushchenko Ruslan) – доктор технічних наук, професор, проректор по науково-педагогічній роботі Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків; e-mail: mrp1@ukr.net, ORCID: 0000-0002-3287-9772

Шелковий Олександр Миколайович (Shelkovyi Olexsandr) – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», завідувач кафедри інтегрованих технологій машинобудування ім. М.Ф. Семка; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7414-4854>; e-mail: alnikshelk@gmail.com.

Фадєєв Валерій Андрійович (Fadeev Valeri) – доктор технічних наук, професор кафедри «Технологія машинобудування та металорізальні верстати» Навчально-наукового інституту механічної інженерії і транспорту Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна, тел.:+ 380 50 323 64 18, e-mail: fadeev@fed.com.ua, ORCID: 0000-0003-2535-9039

Закворотний Олександр Юрійович (Zakovorotniy Olexsandr) – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерної інженерії та програмування, Національного технічного університету «Харківський політехнічний університет», м. Харків; тел.: (097) 967-32-71; e-mail: Olexsandr.Zakovorotniy@khi.edu.ua; ORCID: 0000-0003-4415-838X

Клочко Олександр Олександрович (Klochko Olexsandr) – доктор технічних наук, професор кафедри технології машинобудування та металорізальних верстатів Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, вул. Кирпичова, 2, Україна; тел.:+38096-6359372, e-mail: ukrstanko21@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2841-9455

Федоренко Віталій Сергійович (Fedorenko Vitaly) – аспірант кафедри технології машинобудування та металорізальні верстати Національного технічного університету «Харківський політехнічний університет», м. Харків; тел.: (095) 9159688–e-mail: 19fws98@gmail.com, ORCID 0009-0006-3781-6144