

УДК 004.896

DOI: [https://doi.org/1034169/2414-0651.2019.2\(22\).84-92](https://doi.org/1034169/2414-0651.2019.2(22).84-92)**О.М. БАШКИРОВ,***кандидат технічних наук, доцент
<https://orcid.org/0000-0001-9444-0653>***Н.В. ГАМАЛІЙ,** *старший науковий співробітник**<https://orcid.org/0000-0003-1505-854x>
(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)***С.Є. БОЙЧУН,** *інженер**(ДП КБ "Південне" ім. М.К. Янгеля, м. Дніпро)***Н.П. КАДЕТ,** *інженер**(Національний авіаційний університет, м. Київ)*

Оцінка ефективності застосування новітніх інформаційних технологій при проектуванні засобів авіакосмічної техніки

На основі аналізу переваг застосування сучасних інформаційних технологій в системах автоматизованого проектування наведений концептуальний підхід до оцінки ефективності застосування CALS/PLM-технологій для підтримки життєвого циклу засобів авіаційно-космічної техніки.

Ключові слова: проектування авіаційно-космічної техніки, системи автоматизованого проектування, життєвий цикл, CALS/PLM-технологія, оцінка ефективності.

На основе анализа преимуществ современных информационных технологий в системах автоматизированного проектирования приведен концептуальный подход к оценке эффективности применения CALS/PLM-технологий для поддержки жизненного цикла средств авиационно-космической техники

Різноманіття процесів життєвого циклу (ЖЦ) озброєння і військової техніки (ОВТ) та необхідність їхньої оптимізації вимагають активної інформаційної взаємодії суб'єктів (організацій і окремих осіб), які беруть участь в їх здійсненні та підтримці, особливо при розробці таких складних зразків ОВТ, до яких відносяться засоби авіаційно-космічної техніки. Висока складність сучасної оборонної техніки і вимоги до стислих термінів її створення вимагають підвищення ефективності проектування. Розвиток інформаційних технологій на основі систем автоматизованого проектування (САПР) дозволяє якісно змінити процес проектування. Більш того, одним із перспективних засобів підвищення ефективності виробництва може бути широка автоматизація і комплексне застосування управлінських та інформаційних технологій підтримки ЖЦ авіаційно-космічної техніки [1; 2].

Проблема підвищення якості проектування складних зразків техніки шляхом застосування перспективних інформаційних технологій розглядається в різних джерелах, наприклад в [3-5], проте незважаючи на логічну зрозумілість отримання вигоди від застосування САПР визначення математичної оцінки прогнозованої ефективності використання новітніх інформаційних засобів внаслідок складності питання частіше всього взагалі не розглядається.

Таким чином, виникає протиріччя між вимогами сьогодення щодо якості новостворюваних складних зразків ОВТ і термінів їх розробки та реальним станом засобів супроводження зразків аерокосмічної техніки на всіх етапах їхнього ЖЦ. Тому мета статті – обґрунтувати можливість застосування новітніх інформаційних технологій і засобів автоматизованого супроводження всіх етапів ЖЦ високотехнологічної та наукомісткої продукції, до якої відносяться засоби авіаційно-космічної техніки, та здійснити оцінку ефективності перспективних засобів управління ЖЦ.

САПР встоліття є суттєвим фактором підвищення ефективності проектування складних зразків ОВТ і вирішення існуючого протиріччя між необхідністю розгляду великої кількості схемних рішень та жорсткими часовими рамками створення проекту [6-8]. Метою застосування САПР є підвищення ефективності праці інженерів-конструкторів, яке проявляється так:

- скороченням трудомісткості та термінів проектування і планування;

- скороченням собівартості проектування і виготовлення, зменшенням витрат на експлуатацію;

- підвищенням якості і техніко-економічного рівня результатів проектування.

Досягнення цих цілей забезпечується шляхом:

- автоматизації оформлення документації;

- інформаційної підтримки та автоматизації процесу прийняття рішень;

- використання технологій паралельного проектування;

- уніфікації проектних рішень і процесів проектування;

- повторного використання проектних рішень, даних і напрацювань;

заміни натурних випробувань і макетування математичним моделюванням.

Існують два метода автоматизації конструювання вузлів літального апарату: метод типових конструктивних рішень і метод типових процедур (операцій). Переваги використання САПР в процесах проектування складної техніки відомі, проте удосконалення систем автоматизації роботи конструкторів не зупиняється.

Наприклад, в статті [9] проаналізовані переваги варіаційного підходу в САПР перед традиційним параметричним проектуванням, яке ґрунтується на історії побудови моделі (history-based design): кожен новий конструктивний елемент значеннями своїх параметрів однозначно пов'язаний з раніше побудованими елементами. Проблема з використанням даного підходу виникає тоді, коли користувачеві треба позиціювати один відносно іншого два раніше побудованих елемента. В цьому випадку доведеться повернутися до побудови одного з цих елементів і змінити спосіб його параметризації, що не завжди є можливим. Ситуація стає ще гірше, якщо користувач спробує поставити циклічні залежності між елементами. Більшість традиційних систем не можуть працювати, тому що сама процедура стає зацикленою, в результаті чого вона не в змозі дістатися закінчення.

Основною ідеєю варіаційного підходу до проектування є можливість зв'язування конструктивних елементів із визначенням їхніх параметрів за допомогою обмежень, які задають зв'язок між геометричними елементами моделі та відповідними параметрами. В цьому випадку САПР автоматично підбирає такі значення параметрів конструктивних елементів, які забезпечують задоволення всіх заданих користувачем обмежень на їх взаємне розташування, що полегшує одночасну роботу кількох конструкторів.

До складу інтегральної САПР в цьому випадку мають входити специфічні програмні модулі: варіаційний геометричний обчислювач та ядро геометричного моделювання, місце яких в загальній структурі САПР показано на рис. 1.

Автоматизація проектування дозволяє призупинити тенденцію екстенсивного розвитку чисельності інженерно-технічних працівників, яка з об'єктивних причин не може тривати нескінченно. З розвитком і широким впровадженням САПР чисельність проектувальників і конструкторів, зайнятих в цій сфері, буде скорочуватися. Як видно з рис. 2, на якому ефективність САПР на життєвому циклі виробу обмежена етапом створення потрібної робочої конструкторської і технологічної документації. Продовженням ідей підвищення ефективності праці конструкторів стала концепція єдиної інформаційної підтримки всіх етапів ЖЦ виробів. Поняття життєвий цикл виробу включає в себе стадії життя виробу від вивчення ринку перед проектуванням до утилізації виробу після використання [10]. Інформаційна підтримка етапів ЖЦ стає можливою завдяки створенню і втіленню єдиної бази даних про продукт (виріб). З деяким ступенем узагальнення сукупність етапів життєвого циклу виробів показана на рис. 3.

У найбільш високотехнологічних областях промисловості останні десятиліття активно впроваджуються системи інформаційного супроводу продукції впродовж усього ЖЦ, що використовують CALS-технології – сучасний підхід до проектування і виробництва високотехнологічної та наукомісткої продукції, який полягає у використанні комп'ютерної техніки і сучасних інформаційних технологій на всіх стадіях життєвого циклу виробу та забезпечує однакові способи управління процесами і взаємодії всіх учасників цього циклу: замовників продукції, постачальників (виробників) продукції, експлуатаційного і ремонтного персоналу [11-13].

Цей підхід реалізований відповідно до вимог системи міжнародних стандартів, регламентуючих правила зазначеної взаємодії переважно за допомогою електронного обміну даними. Комп'ютерна підтримка етапів ЖЦ отримала своє оформлення в методології і стандартах CALS, наприклад, стандарти ISO 10303 (step), ISO 13584 (plib), ISO 15531 (mandate) та інші [14-16].

Згідно з концептуальним положенням CALS, реальні бізнес-процеси відображаються на віртуальне

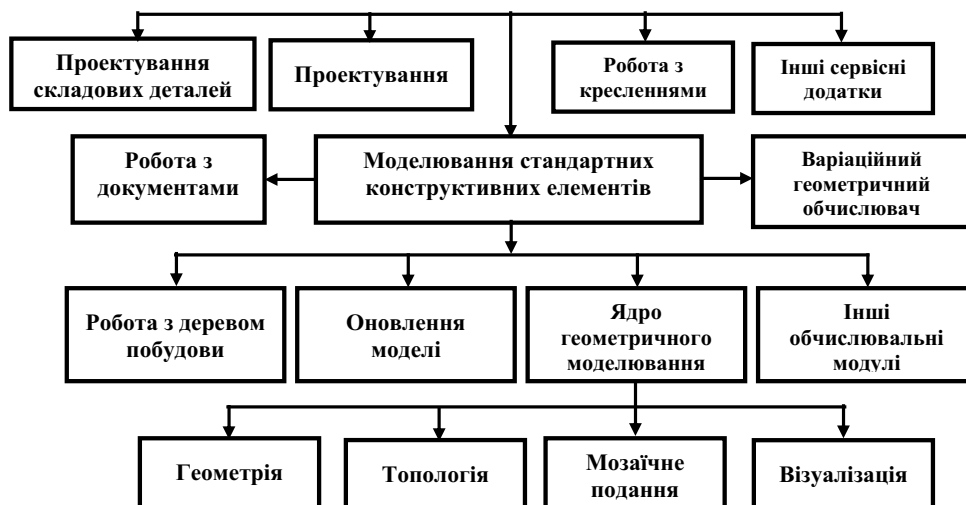


Рис. 1. Склад інтегральної САПР з використанням концепції варіаційного підходу до проектування

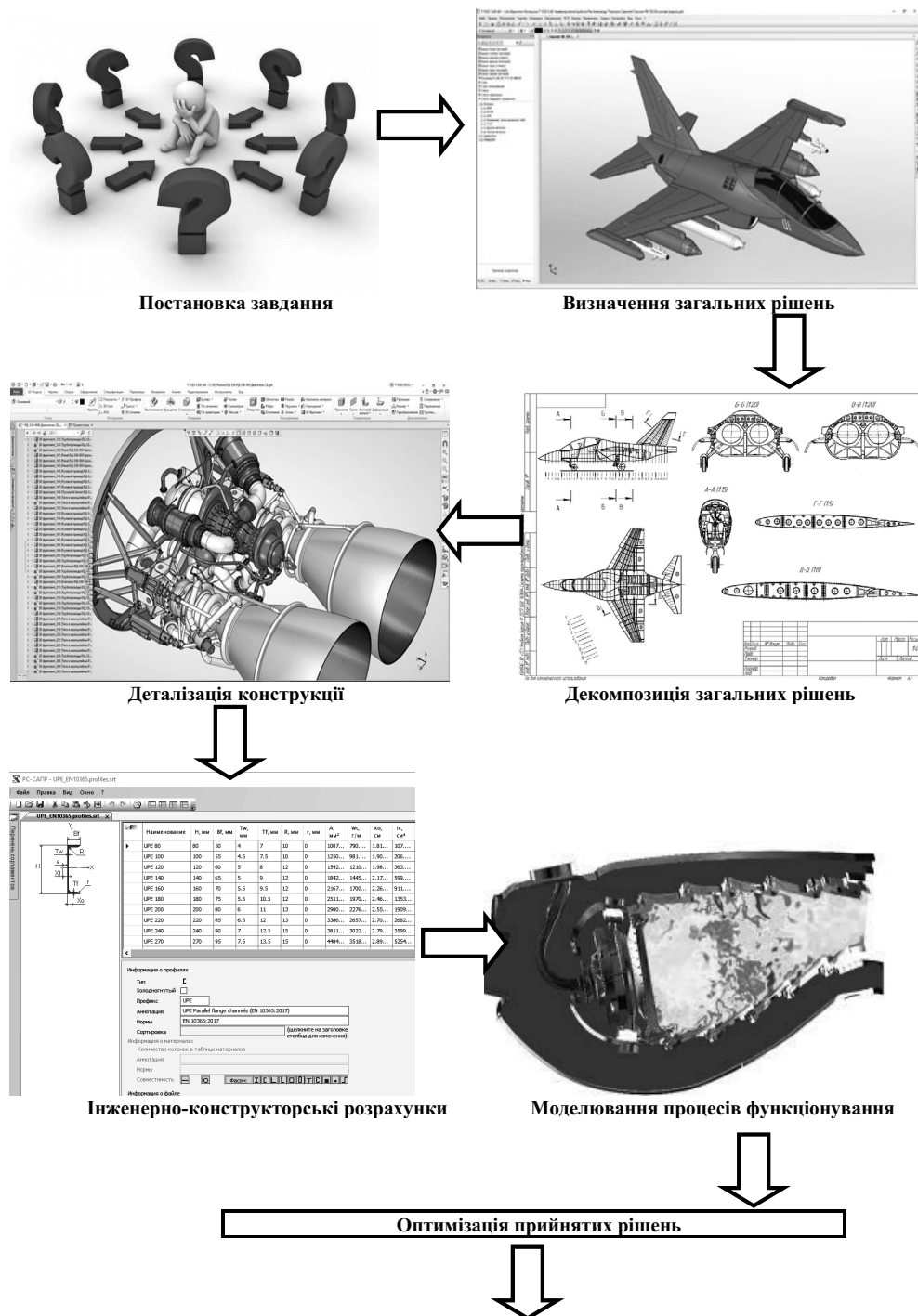


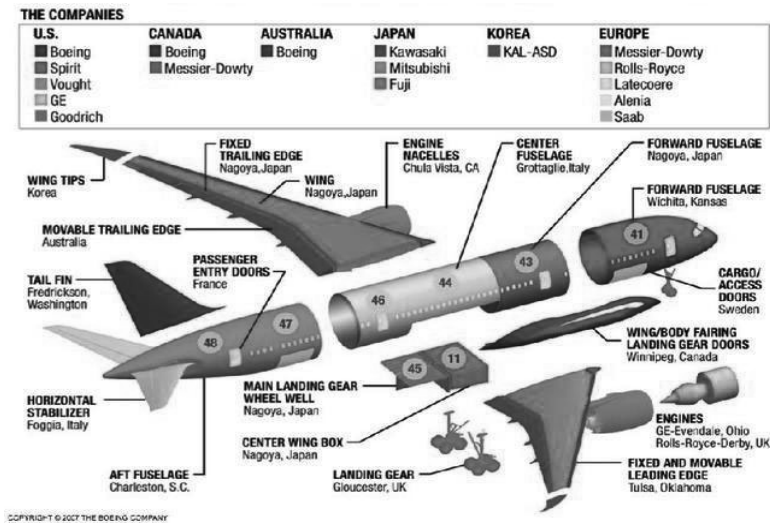
Рис. 2. Етапи роботи САПР

інформаційне середовище, в якому продукт представлений у вигляді повного електронного опису виробу, а середовище його створення і середовище експлуатації – у вигляді систем моделювання процесів та їх реалізації. Всі три складові (визначення продукту, середовища його створення і середовища експлуатації) не тільки взаємопов’язані, а й безперервно розвиваються на всьому протязі життєвого циклу продукту.

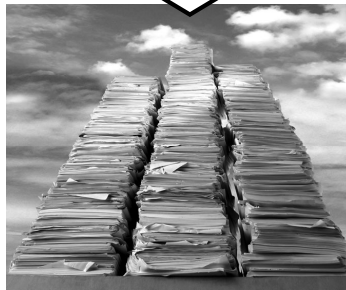
Оцінка ефективності впровадження інформаційних технологій та засобів автоматизації в управлінські дії взагалі та в процеси супроводження ЖЦ авіакосмічних виробів, зокрема, є складною науковою проблемою

і потребує окремого дослідження. Головна проблема полягає в тому, що вплив такого впровадження на кінцевий результат є опосередкованим, а визначити його цифровий еквівалент іноді напряму неможливо. Наприклад, важливим якісним аспектом ефективності САПР є можливість швидкої перебудови виробництва з метою оперативного його реагування на потреби споживача.

При автоматизації проектування зміст праці та інженера-конструктора змінюється за рахунок підвищення частки творчої діяльності та підвищення рівня кваліфікації. Завдяки цьому підвищується задоволеність працею, що істотно стимулює творчі здібності, зростання



Планування виробництва і збірки, технологічна підготовка виробництва



Розробка документації

Продовження рис. 2. Етапи роботи САПР

продуктивності праці, знижує плинність кадрів і т.д. Подібні аспекти соціальної ефективності САПР важко кількісно оцінити, однак не виникає сумнівів, що вони також призводять до позитивних економічних результатів впровадження засобів автоматизації проектувальника. Крім цього, важливим фактором ефективності САПР є підвищення якості проектування, що проявляється в підвищенні ступеня уніфікації і типізації проектних рішень, зменшенні помилок в розрахунках і кресленнях, поданні технічної документації в зручному для замовника вигляді; зменшенні частки відбраковування у виробництві. Зокрема, типізація проектних рішень при проектуванні технологічного оснащення значно знижує різноманітність використовуваних деталей і пристосувань, забезпечує єдину технологію їх виготовлення і т.д. Оцінити ефект від уніфікації і типізації проектних рішень також досить важко, проте ефективність цих заходів є однією з найбільш вагомих.

Відома методика оцінки ефективності застосування системи автоматизації проектування, в якій спочатку встановлюють правила визначення показника якості створення (ПС) і показника якості функціонування (ПФ) САПР [17]. На етапі створення САПР виконується оцінка ПС і ПФ з метою вибору найбільш оптимального варіанта. При оцінці ефективності використання системи проводиться визначення тільки ПФ.

Ці комплексні показники визначаються сукупністю одиничних показників, які показані на рис. 4. Розрахунковий метод визначення комплексних показників заснований на послідовній композиції одиничних показників в комплексні відповідно до ієрархічної структурою ПС і ПФ. Для цього необхідна єдина форма подання одиничних показників, в якості якої використовується апроксимація показників якості лінгвістичними експертними оцінками. Виникаючі при цьому проблеми невизначеності, обумовлені відсутністю загальноприйнятих одиниць виміру і чітких меж у властивостей, що визначають розглянутий показник якості, вирішуються на основі понять нечіткої множини і лінгвістичної змінної.

Для автоматизації процедури визначення ефективності САПР в Інституті технічної кібернетики АН Білорусії розроблений спеціальний програмний комплекс РСQV [17], який дозволив отримати більш наочну оцінку загальної економічної ефективності E САПР за допомогою таких показників, як річний економічний ефект E_p впровадження САПР та витрат на її створення та впровадження:

$$E = E_p - E_n K_{II},$$

K_{II} – повні витрати на створення і впровадження САПР;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.



Рис. 3. Сукупність етапів життєвого циклу виробів



Рис. 4. Структура показників якості САПР

При цьому на практиці під час розрахунків річної економічної ефективності при впровадженні САПР, як правило, включають економічний ефект від поліпшення показників якості проектного об'єкта в зв'язку з тим, що, як зазначалося вище, кількісна оцінка інших аспектів сумарного ефекту САПР виявляється занадто складною.

Незважаючи на привабливість саме економічної оцінки ефективності САПР, є певні чинники, які визначають недоліки вказаних методик:

по-перше, ефективність можливо оцінити лише після порівняння отриманого підприємством доходу при роботі з використанням САПР і без неї. Тобто треба забезпечити або цілковито ідентичну роботу двох підприємств, які відрізняються лише наявністю САПР, що само по собі є навряд чи можливим, або розглядати роботу одного підприємства протягом двох років за однакових умов: один рік без САПР, а в другий – з нею.

Проте без сумнівів умови роботи підприємства на другий рік зміняться не тільки за рахунок впровадження САПР, на економічний ефект діяльності підприємства впливатимуть й інші фактори, відокремити при цьому вплив на ефективність лише САПР неможливо;

по-друге, ці методики дозволяють оцінити лише вже отриманий ефект та не дають можливості прогнозувати (планувати) його.

Проте відомий підхід, викладений, наприклад, в [18], згідно з яким складний процес розкладається на складові завдання, за допомогою експертних оцінок визначається вираж ефективності кожної складової, а цей частковий вираж підсумовується з врахуванням важливості окремого процесу або підсистеми за допомогою їх коефіцієнта ваги (цінності). Тому розглянемо складові CALS-технології, які покликані з більшою ефективністю і з меншими витратами сприяти вирішенню таких завдань:

1. Накопичення, зберігання і систематичне оновлення даних про виріб, зокрема, такої інформації:

даних про склад і структуру виробу, тобто про його компоненти та їхню ієрархічну підпорядкованість;

інформації про характеристики виробу і його компоненти (наприклад, габарити, маса, показники надійності, тактико-технічні характеристики і т.д.);

посилань на технічну документацію, що описує виріб (зокрема, у вигляді електронних креслень, 3D-моделей і т.д.) та зберігається в електронному архіві.

2. Узгодження, затвердження і систематичне відстеження виконання вимог до виробу і його компонентів на всіх стадіях ЖЦ.

3. Паралельна розробка конструкції виробу і визначення системи його експлуатації, технічного обслуговування і ремонту, в тому числі:

забезпечення надійності (безвідмовності, довговічності) виробу як конструктивними, так й експлуатаційними засобами;

забезпечення ремонтпридатності та експлуатаційної технологічності за допомогою аналізу як новостворюваного виробу, так і його прототипів;

формування регламентів і технологічних операцій технічного обслуговування, що забезпечують істотне скорочення тривалості цих процедур;

визначення раціональної періодичності планово-профілактичних робіт (в одиницях календарного часу або напрацювання), оцінка тривалості і вартості виконання відповідних технологічних процесів; аналіз і реалізація можливостей скорочення тривалості і вартості впровадження нових технологічних процесів;

визначення раціональної номенклатури і кількості витратних матеріалів, запасних частин, інструментів та приладів (ЗІП), які слід постачати разом з виробом, купувати і зберігати на складах з тим, щоб забезпечити необхідну готовність техніки при мінімальних витратах на придбання та зберігання.

4. Кодифікація продукції, в тому числі тієї, що поставляється для державних потреб, яка дозволяє впорядкувати поставки і скоротити витрати часу задоволення заявок на ЗІП.

5. Моніторинг ходу експлуатації, що дозволяє накопичувати і аналізувати фактичні дані про надійність, витрачання ресурсів всіх видів (трудових, матеріальних, фінансових та ін.), ефективності застосування і т.д. з метою подальшого використання цих даних при модернізації існуючих і проектуванні нових зразків техніки.

6. Електронна технологія створення експлуатаційної та ремонтної документації на виріб, що забезпечує виконання таких функцій:

створення бази готових фрагментів (модулів) документації, призначених для багаторазового використання при створенні модифікацій і різних виконань базового виробу, що забезпечує значне скорочення витрат;

можливість з мінімальними витратами підтримувати актуальний стан документації при змінах конструкції виробу в ході його модернізації протягом ЖЦ;

багаторазове скорочення фізичних обсягів документації при її виданні в електронному вигляді;

різке (на порядки) скорочення витрат часу на пошук потрібної інформації в ході технічного обслуговування і ремонту, а також при виникненні нештатних ситуацій, при виданні документації в електронному вигляді.

7. Стандартизація процесів і технологій управління та інформаційної взаємодії всіх учасників ЖЦ виробу на всіх його стадіях, що забезпечує однаковість дій і розуміння даних усіма учасниками ЖЦ, а також можливість багаторазового використання одного разу створених даних, що істотно знижує витрати на інформаційну підтримку процесів ЖЦ.

Таким чином, якщо сім перелічених часткових показників ефективності окремої складової CALS-технології позначити відповідно як $E_{Нак}$, $E_{Узг}$, $E_{ІПР}$, $E_{Код}$, $E_{Мон}$, $E_{ЕТ}$, $E_{См}$, то вплив впровадження інформаційної технології на кінцевий результат (ефективність $Q_{ІТ}$) системи супроводження ЖЦ виробів із застосуванням новітньої технології за допомогою типового критерію ефективності / вартість можна розрахувати як суму окремих складових з врахуванням вагового коефіцієнта кожної складової виразом:

$$Q_{ІТ} = \sum (K_{Нак} E_{Нак} + K_{Узг} E_{Узг} + K_{ІПР} E_{ІПР} + K_{Код} E_{Код} + K_{Мон} E_{Мон} + K_{ЕТ} E_{ЕТ} + K_{См} E_{См}) / 3B_{ЖЦ},$$

де K_i – ваговий коефіцієнт (коефіцієнт важливості або цінності) кожного часткового показника окремої складової CALS-технології відповідно;

$3B_{ЖЦ}$ – загальні витрати на функціонування системи управління ЖЦ.

Тоді загальна цільова функція оцінки ефективності системи управління ЖЦ авіакосмічних виробів можна скласти з двох виразів:

$$Q_{ІТ} = \sum (K_{Нак} E_{Нак} + K_{Узг} E_{Узг} + K_{ІПР} E_{ІПР} + K_{Код} E_{Код} + K_{Мон} E_{Мон} + K_{ЕТ} E_{ЕТ} + K_{См} E_{См}) / 3B_{ЖЦ} \rightarrow \max;$$

$$3B_{ЖЦ} \rightarrow \min.$$

Як бачимо, впровадження САПР впливає на обидві складові цільової функції: з підвищенням ефективності зменшуються загальні витрати на функціонування системи управління ЖЦ виробу.

Таким чином, в статті аналізується досвід передових країн щодо впровадження перспективних інформаційних технологій і комп'ютерних засобів при проектуванні складних виробів і систем озброєння і військової техніки, розглянуті переваги використання CALS-технологій при застосуванні систем автоматизації управління життєвим циклом авіаційно-космічної техніки, наведений концептуальний підхід до оцінки прогнозованого ефекту від впровадження новітніх інформаційних технологій в систему супроводження виробництва і управління життєвим циклом ОВТ.

Висновки

1. В статті обґрунтована доцільність впровадження інноваційних інформаційних технологій, таких, як CALS-технологій, в процеси супроводження і управління ЖЦ складних виробів і систем ОВТ, зокрема авіаційно-космічної техніки. Основні переваги, пов'язані

з управлінням інженерними даними та процесами ЖЦ авіакосмічних виробів із застосуванням CALS-технології такі: підвищення продуктивності праці, зниження побічних витрат, забезпечення сучасного супроводження інтелектуальної власності підприємства, планування і управління багатьма підприємствами, які беруть участь в життєвому циклі продукції, розширення і вдосконалення коопераційних зв'язків, істотне зменшення кількості помилок і переробок, що призводить до скорочення термінів реалізації проектів і суттєвого підвищення якості продукції, розповсюдження засобів і технологій інформаційної підтримки на післяпродажні стадії життєвого циклу – інтегрована логістична підтримка ЖЦ виробів, забезпечення відповідності виробництва вимогам серії міжнародних стандартів ISO 9000, зокрема [19; 20].

2. Головною перевагою CALS-технології в першу чергу насправді є не сингулярна унікальність, не виключна новизна, а комплексність використання автоматизації. Ця комплексність проявляється в такій формі:

під час використання технології CALS користувачі не шукають потрібні дані, інформаційні засоби та інструменти для вирішення завдань, оскільки в єдиній системі вже поєднані та функціонують різні процеси і сервіси, які досі працювали автономно та розрізнено;

в технології CALS реалізована багаторівневість автоматизації, коли здійснюється одночасна автоматизація не тільки діяльності окремих посадових осіб, але й автоматизація діяльності підприємств в цілому, включаючи автоматизацію бізнес-процесів та реінжиніринг бізнес-процесів.

3. Ефективність CALS-технології вже доведена досвідом використання при проектуванні складних зразків техніки, в різних джерелах наводяться кількісні оцінки ефективності її впровадження в промисловості США [21]:

скорочення витрат на проектування становить від 10 до 30%;

скорочення часу розробки виробів складає від 40 до 60%;

скорочення частки браку і об'єму конструктивних змін – від 20 до 70%.

скорочення витрат на підготовку технічної документації – до 40%;

скорочення витрат на розробку експлуатаційної документації – до 30%;

в цілому відбувається скорочення від 25% до 75% часу виведення нових виробів на ринок.

В подальшому дослідження мають бути продовжені шляхом розробки детальної методики оцінки ефективності впровадження CALS-технології у процеси супроводження життєвого циклу складних зразків авіаційно-космічної техніки.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Башкиров О.М., Зімін В.Є., Коваленко С.О. Автоматизований комплекс планування технічного обслуговування та ремонту авіаційної техніки // Труды академії. № 69. К. : НАОУ, 2006. С. 127-134.
2. Жизненный цикл и реализация летательного аппарата: монография / Бойцов Б.В., Борисов В.Д., Киселев Н.М., Подколзин В.Г. – М.: Вид-во Моск. авиац. ин-та (гос. техн. ун-та), 2005. – 519 с.
3. Козырев М.А. Автоматизация проектирования систем интеллектуального анализа данных в сфере энергетики и регионального управления: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.12; / Козырев, Михаил Александрович. – Иваново, 2004. – 212 с.
4. Шапот М. Интеллектуальный анализ данных в системах поддержки принятия решений. Открытые Системы, № 1, 2008 г., С. 30-35. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/os/1998/01/179360/>
5. Цыганкова М.А., Цапко Е.А. Международный CALS-стандарт ISO 10303 STEP в производстве и управлении // Молодежь и современные информационные технологии : 36. праць XI Міжнар. наук.-практ. конф., м. Томськ / Національний дослідницький Томський політехнічний університет (ТПУ). – Вид-во ТПУ, 2013. – С. 400-402.
6. Буряков А.А. Взаимодействие прикладного информационного обеспечения при формировании геометрического облика магистрального самолета: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.12; / Буряков Александр Александрович. – М., 2006. – 216 с.
7. CALS-технології. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studme.com.ua/1581102610906/managedzhment/cals_tehnologii.htm.
8. CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://uk.wikipedia.org/wiki/CALS>.
9. Ушаков Д.В. Технологии вариационного проектирования для разработки типичных приложений САПР. URL: http://isicad.ru/uploads/LGS_Toolkits_Whitepaper.pdf.
10. Бойчун С.Є., Майстренко О.А., Лапицький С.В. CALS/PLM технології проектування і супроводження життєвого циклу виробів авіакосмічної галузі. // Збірник наук. праць / ЦНДІ ОБТ ЗС України. Вип. 1 (72). К. : ЦНДІ ОБТ ЗС України, 2019. С. 65-74.
11. Братухин А.Г., Давыдов Ю.В., Елисеєв Ю.С., Павлов Ю.Б., Сузов В.И. CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support – непрерывная информационная поддержка жизненного цикла продукции) в авиастроении. – М. : Изд-во МАИ, 2000. 304 с.
12. Интеграция данных об изделии на основе ИППИ/ CALS-технологий. Часть 1. – М.: «Европейский центр по качеству», 2002. 174 с.
13. Судов Е.В., Левин А.И. Концепция развития CALS-технологий в промышленности России. М.: НИЦ CALS «Прикладная логистика», 2002. 130 с.
14. The STEP Standard – ISO 10303. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication>

- /220517554_Introduction_to_ISO_10303_-_the_STEP_Standard_for_Product_Data_Exchange_pp
15. The Standard – ISO 13584 (plib). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sis.se/api/document/preview/912894/>.
 16. The Standard – ISO 15531 (mandate). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/220171079_ISO_15531_MANDATE_a_standardised_data_model_for_manufacturing_management.
 17. Бородулин Ю.Б., Гусев В.А., Попов Г.В. Автоматизированное проектирование силовых трансформаторов. М.: Энергоатомиздат, 1987. – 264 с.
 18. Павловський І.В., Твердохлібов В.В., Башкиров О.М. Пропозиції щодо удосконалення системи логістичного забезпечення Збройних Сил України // Озброєння і військова техніка. 2017. № 1 (13). К.: ЦНДІ ОБТ ЗС України, С. 50-54.
 19. Federal Information Processing Standards Publication 184 1993 December 21 Announcing the Standard for INTEGRATION DEFINITION FOR INFORMATION MODELING (IDEF1X). Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.edef.com/wp-content/uploads/2016/02/Idef1x.pdf>
 20. FIPS 183 (IDEF/0), Draft Federal Information Processing Standards Publication 183. 1993 December 21. Announcing the Standard for INTEGRATION DEFINITION FOR FUNCTION MODELING (IDEF0). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.edef.com/wp-content/uploads/2016/02/idef0.pdf>
 21. Информационные технологии в экономике и управлении. Часть 1 / под ред. В.В. Трофимова. – М.: Вид-во Юрайт, 2018. 269 с.
 5. Tsygankova, M.A. and Tsapko, Ye.A. (2013), “Mezhdunarodnyy CALS-standart ISO 10303 STEP v proizvodstve i upravlenii” [International CALS-standard ISO 10303 STEP in production and management], Collected Works of the XI International Scientific and Practical Conference “*Youth and modern information technology*”, National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, p.p. 400-402.
 6. Buryakov, A.A. (2006), “*Vzaimodeystviye prikladnogo informatsionnogo obespecheniya pri formirovaniy geometricheskogo oblika magistral'nogo samoleta*” [Interaction of applied information support in the formation of the geometric appearance of the main aircraft: dissertation], Moscow, 216 p.
 7. CALS-технології. available at: http://studme.com.ua/1581102610906/menedzhment/cals_tehnologii.htm. (accessed 12 April 2019).
 8. CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support). [available at: <https://uk.wikipedia.org/wiki/CALS>].
 9. Ushakov, D.V. “Tehnologii variatsionnogo proyektirovaniya dlya razrabotki tipichnykh prilozheniy SAPR” [Variational design technologies for the development of typical CAD applications.], available at: http://isicad.ru/uploads/LGS_Toolkits_Whitepaper.pdf. (accessed 12 April 2019).
 10. Boychun, S.É., Maystrenko, O.A. and Lapytskiy, S.V. (2019) “CALS/PLM tehnologii i suprovodzhennya zhyttyevoho tsyklu vyrobiv aviakosmichnoyi haluzi” [CALS / PLM technology for designing and maintaining the life cycle of products in the aerospace industry], *Collection of scientific works of Central research institute of weapons and military equipment of the Armed Forces of Ukraine*, No. 1(72), p.p. 65-74.

REFERENCES

1. Bashkyrov, O.M., Zimin, V.Ye. and Kovalenko S.O. (2006), “Avtomatyzovanyu kompleks planuvannya tekhnichnogo obsluhovuvannya ta remontu aviatsiynoyi tekhniki” [Automated complex of planning of technical maintenance and repair of aviation engineering], *Academy work*, No. 69. pp. 127-134.
2. Boytsov, B.V., Borisov, V.D., Kiselev, N.M. and Podkolzin V.G. (2005) “*Zhiznenny tsikl i realizatsiya letatel'nogo apparata*” [Life cycle and implementation of the aircraft], Moscow Aviation Institute (State Technical University), Moscow, 519 p.
3. Kozyrev, M.A. (2004), “*Avtomatizatsiya proyektirovaniya sistem intellektual'nogo analiza dannykh v sfere energetiki i regional'nogo upravleniya*” [Automation of the design of data mining systems in the field of energy and regional management: dissertation], Ivanovo, 212 p.
4. Shapot, M. (2008), “Intellektual'nyy analiz dannykh v sistemakh podderzhki prinyatiya resheniy” [Intelligent data analysis in decision support systems], *Open Systems Journal*, No. 1, p.p. 30-35, available at: www.osp.ru/os/1998/01/179360/ (accessed 12 April 2019).
11. Bratukhin, A.G., Davydov, YU.V., Yeliseyev, YU.S., Pavlov, YU.B. and Surov, V.I. (2000), “*CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support – nepreryvnaya informatsionnaya podderzhka zhiznennogo tsikla produktsii) v aviastroenii*” [CALS (Continuous Acquisition and Life Cycle Support) in the aircraft industry], Moscow Aviation Institute, Moscow, 304 p.
12. “*Integratsiya dannykh ob izdelii na osnove IPI/CALS-tehnologii*” [Integration of product data based on IPI (information support for product manufacturing) / CALS-extensible], Part 1, (2002), European Center for Quality, 174 p.
13. Sudov, Ye.V. and Levin, A.I. (2002) “*Kontseptsiya razvitiya CALS-tehnologiy v promyshlennosti Rossii*” [Concept of development of CALS-technologies in the Russian industry], research Center CALS “Applied Logistics”, Moscow, 130 p.
14. The STEP Standard – ISO 10303. available at: https://www.researchgate.net/publication/220517554_Introduction_to_ISO_10303_-_the_STEP_Standard_for_Product_Data_Exchange_pp.

15. The Standard – ISO 13584 (plib). [Електронний ресурс]. – available at: <https://www.sis.se/api/document/preview/912894/>.
16. The Standard – ISO 15531 (mandate). [Електронний ресурс]. – available at: https://www.researchgate.net/publication/220171079_ISO_15531_MANDATE_a_standardised_data_model_for_manufacturing_management.
17. Borodulin, YU.B., Gusev, V.A. and Popov, G.V. (1987) “*Avtomatizirovannoye proyektirovaniye silovykh transformatorov*” [Automated design of power transformers], Energoatomizdat, Moscow, 264 p.
18. Pavlovs'kyi, I.V., Tverdokhibov, V.V. and Bashkyrov, O.M. (2017) “Propozytsiyi shchodo udoskonalennya systemy lohistychnoho zabezpechennya Zbroynykh Syl Ukrainy” [Proposals for the improvement of the logistics system of the Armed Forces of Ukraine], *Weapons and military equipment Journal*, No. 1(13), p.p. 50-54.
19. Federal Information Processing Standards Publication 184 1993 December 21 Announcing the Standard for INTEGRATION DEFINITION FOR INFORMATION MODELING (IDEF1X). Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.edef.com/wp-content/uploads/2016/02/Idef1x.pdf>
20. FIPS 183 (IDEF/0), Draft Federal Information Processing Standards Publication 183. 1993 December 21. Announcing the Standard for INTEGRATION DEFINITION FOR FUNCTION MODELING (IDEF0). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.edef.com/wp-content/uploads/2016/02/idef0.pdf>
21. Trofimov, V.V. (2018), “Informatsionnyye tekhnologii v ekonomike i upravlenii” [Information technologies in economics and management], Part 1, Yurait Publishing House, Moscow, 269 p.

Відомості про авторів:**Башкиров Олександр Миколайович**

канд. техн. наук, доцент,
 провідний науковий співробітник Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України, Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-9444-0653>

Information about the authors:**Oleksandr Bashkyrov**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
 Leading Researcher of Central research institute of weapons and military equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-9444-0653>

Бойчун Сергій Євгенійович,

інженер КБ «Південне» ім. М.К. Янгеля

Sergiy Boychun, engineer, State Enterprise Design Bureau «Pivdenne» named after M.K. Yangel

Гамалій Наталія Вікторівна,

старший науковий співробітник Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України, Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-1505-854X>

Natalia Hamaliy,

Senior Researcher of Central research institute of weapons and military equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-1505-854X>

Кадет Наталія Павлівна

старший викладач Національного авіаційного університету (НАУ), Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-2954-6325>

Natalia Kadet

Senior Lecturer of National Aviation University (NAU), Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-2954-6325>

Стаття надійшла до редколегії 22.04.2019 р.

Рецензент В. В. Зубарєв, д-р техн. наук, професор
 (Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України)
<https://orcid.org/0000-0002-4998-726X>