

УДК 629.735.33.02-027.3:658.51.011.46

JEL Classification: O14, P47, R49

DOI: 10.15587/2706-5448.2020.215691

РОЗРОБКА МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВИКОРИСТАННЯ КОМПЛЕКСУ ІМПУЛЬСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ АГРЕГАТНОГО СКЛАДАННЯ КОНСТРУКЦІЙ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Воробйов Ю. А., Майорова К. В

Об'єктом дослідження є економічний ефект від використання комплексу імпульсних технологій та оснащення для агрегатного складання конструкцій літальних апаратів (ЛА) нерознімними механічними з'єднаннями. Одними із головних обраних чинників, що забезпечують економічний ефект, є підвищення якості, статичної міцності та довговічності конструкції, зниження маси конструкції ЛА.

Проведено аналіз сучасних методів та підходів визначення економічних показників впровадження виробів нової техніки та технологій на підприємстві, що допомагають спрогнозувати загальний економічний ефект. Використано порівняльну ефективність впроваджуваної технології щодо базової, яка застосовується на підприємствах галузі. Визначено складові економічного ефекту від застосування комплексу імпульсних технологій та оснащення та сформовано підхід щодо розрахунків економічного ефекту від створення та вдосконалення пневматичного ручного імпульсного пристрою (ПРП) в системах автоматизованого проектування (САПР).

В ході дослідження запропоновано методики для оцінювання економічного ефекту при впровадженні нових конструктивних і технологічних рішень конструкції ЛА та при застосуванні комплексу імпульсних технологій та оснащення, а також при застосуванні САПР ПРП. У порівнянні з аналогічними відомими методиками запропоновані підходи дозволяють мінімізувати витрати на час для розрахунків та підвищити точність їх цільового призначення. Завдяки цьому забезпечується можливість якісно показати доцільність використання комплексу імпульсних технологій та оснащення для агрегатного складання конструкцій ЛА нерознімними механічними з'єднаннями.

Наведено деякі напрямки оцінювання ефективності від використання системи підтримки прийняття рішень (СППР). СППР містять методи, моделі та алгоритми прийняття рішень, програмне забезпечення (ПЗ), бази даних і знань про предметну область і рекомендації щодо використання на практиці результатів аналізу вихідної інформації. Показано фактори, що впливають на економічний результат застосування СППР в виробництві в вигляді схеми, де за економічний термін життя інвестицій у створення СППР обрано 6 років, прийнятих для САПР.

Ключові слова: економічний ефект, комплекс імпульсних технологій та оснащення, агрегатне складання літальних апаратів.

1. Вступ

У сучасних економічних умовах використання новітніх зразків авіаційної техніки обумовлено підвищенням ефективності строку їх експлуатації. Ефективність строку експлуатації літального апарату (ЛА) насамперед залежить саме від збільшення довговічності планера ЛА. Обидва параметри визначаються в основному витривалістю нерознімних механічних з'єднань (болтових, болт-заклепочних і клепаних з'єднань) та якістю підготовки отворів для утворення цих з'єднань. Використання статичних методів утворення цих з'єднань обмежено через великі габарити, високу вартість, низьку продуктивність і малу енергооснащеність застосовуваного обладнання. Імпульсні технології та інструмент позбавлені цих недоліків. Разом з цим імпульсні технології, як і статичні, забезпечують високу стабільність процесів і якість продукції.

Проектування сучасних ЛА і засобів технологічного оснащення (ЗТО) виробництва здійснюється з використанням комп'ютерних інтегрованих CAD/CAM/CAE/PLM-технологій, а виготовлення значної частини їх деталей виконується на обладнанні з ЧПУ (верстати, обробні центри, клепальні автомати, складальне та контрольне оснащення та ін.). Однак більша частина агрегатних складальних операцій з огляду на обмеженість підходів до місця складання ведеться за допомогою ручного механізованого інструменту (МІ). При цьому важливим завданням є вибір такого МІ, який задовольняв би вимоги щодо габаритних розмірів, енергії, стабільності енергетичних параметрів, безпеки та сангігієни. Полегшити та оптимізувати цей процес дозволяє використання інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень (СППР).

Слід відмітити, що знизити трудомісткість технологічної підготовки виробництва (ТПВ) при забезпеченні наочності технологічного процесу (ТП) для агрегатного складання ЛА дозволить саме застосування електронної структури виробу за допомогою електронних моделей з'єднань. Це може бути забезпечено інтелектуальною СППР при інформаційному забезпеченні складання авіаційних конструкцій.

Виходячи з викладеного вище, при реалізації проекту впровадження комплексу імпульсних технологій та оснащення для агрегатного складання конструкцій ЛА на базі СППР та систем автоматизованого проектування (САПР) є актуальною науковою проблемою та потребою подальшого вирішення.

2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

Об'єктом дослідження є економічний ефект від використання комплексу імпульсних технологій та оснащення для агрегатного складання конструкцій ЛА нерознімними механічними з'єднаннями. Використання на підприємствах статичних методів для агрегатного складання конструкцій ЛА нерознімними механічними з'єднаннями обмежено нині через великі габарити, високу вартість, низьку продуктивність і малу енергооснащеність застосовуваного обладнання. Проте ця технологія на виробництві відпрацьована роками з відомими економічним ефектом, витратами та прибутком. Разом з тим імпульсні технології, як і статичні, забезпечують високу стабільність процесів і якість продукції, та позбавлені недоліків статичних методів. Використання

комплексу імпульсних технологій та оснащення для агрегатного складання конструкцій ЛА нерознімними механічними з'єднаннями забезпечать технологічність методів з постановки кріпильних елементів з пружно-пластичним натягом, зміцнення отворів методами поверхнево-пластичного деформування та ін. Існуючі методики визначення економічних показників впровадження виробів нової техніки не завжди дозволяють виявити наявність економічного ефекту від упровадження наукоємних технологій.

Незважаючи на перелічені достоїнства імпульсних технологій, одним з найбільш проблемних місць є коректне виявлення основних складових, що враховуються в економічному ефекті від впровадження новітніх імпульсних технологій та оснащення для агрегатного складання конструкцій ЛА на підприємстві в сучасних умовах. Проблема можна віднести до маловивченої, що, в свою чергу, надає велике поле діяльності для її подальшого дослідження.

3. Мета та задачі дослідження

Метою роботи є розробка методів, що з високою точністю висвітлюють економічний ефект від впровадження комплексу імпульсних технологій та оснащення для агрегатного складання ЛА в сучасних умовах на основі САПР та СППР.

Для досягнення поставленої мети дослідження визначено такі наукові завдання:

1. Провести аналіз сучасних методів визначення економічних показників впровадження виробів нової техніки.
2. Визначити основні підходи для встановлення комплексних показників ефективності (КПЕ) від впровадження комплексу імпульсних технологій та оснащення, САПР ПРП, СППР при інформаційному забезпеченні складання авіаційних конструкцій.

4. Дослідження існуючих рішень проблеми

4.1. Оцінювання економічного ефекту впровадження нових конструктивних і технологічних рішень

Існуючі методики визначення економічних показників впровадження виробів нової техніки [1] не завжди дозволяють виявити наявність економічного ефекту від упровадження наукоємних технологій. Це обумовлено складністю поелементного розрахунку собівартості за наявності витрат на науково-дослідні і дослідно-конструкторські роботи.

Так, у дослідженнях [2, 3] добре висвітлено взаємозв'язок у виробництві фінансів, стратегій та маркетингу від впровадження нової техніки на підприємстві, подано математичні викладки та розрахунки на прикладі США та поза їх межами, але не має залежності від науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт та від очікуваного економічного ефекту.

Роботи [4, 5] показують структурні зміни виробничого ланцюжка з новими технологіями та надає прогнози щодо створення в майбутньому обмежень та стимулів до цих інновацій, насамперед, це розрив між методами визначення економічних показників та впроваджувальними технологіями. Так, автором цієї роботи зазначено важливість урахування саме відносних факторів витрат в оцінюванні фактичних характеристик від впровадження нових технологій, а не від їх вартості.

У результатах роботи [6], економічний ефект висвітлено за обраними критеріями вартості оснащення базового та впроваджуваного імпульсного пристрою для дорнування отворів. У [7] послідовно викладено теоретичні, методологічні та практичні питання формування й розвитку економіки підприємства. Наведено загальну організаційно-економічну характеристику підприємства як суб'єкта господарювання. Докладно висвітлено питання формування та використання ресурсів підприємства – персоналу, матеріальних і нематеріальних активів, інвестиційних ресурсів. Головну увагу звернуто на інноваційні процеси, організацію та регулювання діяльності підприємства, фінансово-економічні результати й загальну ефективність виробництва, а також на антикризову систему господарювання. Загальний спектр цих досліджень слід зв'язати до розв'язування ситуативних задач при впровадженні нових технологій або оснащення у вже існуючу налагоджену систему економіки підприємства.

4.2. Оцінювання економічного ефекту від застосування комплексу технологій та оснащення

У дослідженнях [8, 9] показано залежність витрат впровадження нової технології та оснащення від програми виробництва, що не рентабельна для низьких обсягів виробництва.

У роботі [10] запропоновано техніко-економічне моделювання розвитку нових технологій та оснащення, яке об'єднує параметри процесів з фінансовими показниками, що впливають на прибутковість нових проектів і технологій на протязі всього життєвого циклу виробу. Техніко-економічне моделювання зберігає інформацію, отриману на всіх етапах розробки, що в подальшому стає основою для прийняття об'єктивних конструктивно-технологічних рішень. В роботі показано, як можна досягти економічного ефекту на базі єдиної цілісної моделі шляхом побудування інтерфейсу користування, виходячи з моделі процесу та розрахунків параметрів оснащення, оцінювання капітальних та експлуатаційних витрат. Фінансові показники в даному випадку пов'язані з процесами та економічними параметрами крізь сітку кореляцій. Основним недоліком цього способу оцінювання економічного ефекту від застосування комплексів технологій та оснащення є необхідність високої кваліфікації робітника та можливість похибки у розрахунках до 30 %.

4.3. Оцінювання економічного ефекту від застосування САПР

Ефективність САПР виявляється в трьох сферах людської діяльності: проектування пристроїв, виготовлення та їх експлуатація.

У роботах [11, 12] узагальнено показано, що використання САПР скорочує терміни проектування та знижує трудомісткість робіт. Найбільш переконливо такі докази приведено у дослідженнях [13, 14], де відображено можливість використання САПР без їх техніко-економічного аналізу. Тобто підвищення результативності діяльності виявляється в підвищенні річного обсягу робіт або скорочення кількості проектувальників, але не відображено переваги при проектуванні та впровадженні нових пристроїв в існуючу систему виробництва

на базі САПР та при подальшому їх використанні.

У сфері створення імпульсних пристроїв досягається економія шляхом підвищення якості проектної документації та інженерних рішень, скорочення термінів випуску імпульсних пристроїв, скорочення трудових витрат, витрат матеріалів, енергії та інших ресурсів.

У сфері експлуатації імпульсних пристроїв, спроектованих засобами САПР, економія досягається завдяки поліпшенню техніко-економічних показників об'єктів, скороченню експлуатаційних витрат.

4.4. Оцінювання економічного ефекту від застосування СППР

СППР належать до особливого класу інформаційних систем, призначених для надання допомоги особам, які приймають рішення, в їх професійній діяльності з використання даних, знань і моделей при підготовці та прийнятті обґрунтованих рішень.

Як висвітлено в [15, 16], СППР містять методи, моделі та алгоритми прийняття рішень, програмне забезпечення, бази даних і знань про предметну область і рекомендації щодо використання на практиці результатів аналізу вихідної інформації. Огляд літератури [17, 18] представляє порівняльне дослідження різних систем та підходів до виконання процесу оцінювання СППР з метою визначення методів оцінки. СППР застосовуються для вирішення завдань вибору оптимальної альтернативи з безлічі наявних класифікацій, стратифікацій, ранжирування структурно складних об'єктів, пошуку «вузьких місць» в різного роду процесах, багатокритеріальної експертизи. Нерідко ці завдання взаємопов'язані та доповнюють одне одного, а серед результатів оброблення даних присутній рейтинг аналізованих альтернатив. Використання СППР прискорює процес обґрунтування та прийняття рішень.

Згідно висновкам авторів роботи [19], на практиці використовують методики оцінювання окремих складових СППР, проте мало вивченою є проблема оцінювання ефективності функціонування інтелектуальної частини СППР, що містить бази моделей, правил, прецедентів.

Існує багато методів та підходів, що пропонують різні варіанти та способи, які дозволяють визначити ті чи інші економічні параметри, що можна спрогнозувати незалежно один від одного для окремих складових економічного ефекту від новітніх впроваджень. За допомогою прикладів узагальнюється набір цих методів, але не показано вплив на економічний ефект науково-дослідних робіт як додаткових витрат, так і проміжку часу. Усе це вимагає конструктивного зв'язку для конкретного дослідного об'єкту.

5. Методи досліджень

Під час виконання роботи застосовано загальнонаукові та спеціальні методи досліджень:

– аналізу та синтезу – для попереднього аналізу з формуванням проблеми, визначенням напрямків досліджень, визначенням припущень області пошуку; визначення основних комплексних показників економічного ефекту та їхньої послідовності, що стають складниками загальних показників комплексного ефекту від впровадження об'єкту дослідження;

– аналогій та порівняльного співставлення – для визначення характеристик

щодо впроваджених рішень, співвідношення витрат і вартісних оцінок відносно існуючих технологій на підприємстві.

6. Результати досліджень

6.1. Оцінювання економічного ефекту від впровадження нових конструктивних і технологічних рішень для агрегатного складання конструкцій ЛА

Для визначення економічного ефекту від впровадження нових конструктивних і технологічних рішень для агрегатного складання конструкцій ЛА в роботах [5, 6] використано КПЕ ТП. КПЕ широко використовується та показує свою адекватність у функціонально-вартісному аналізі, тому для імпульсної технології відносно базової технології на підприємстві, яка ототожнюється з відношенням КПЕ цих технологій:

$$E = \frac{\Delta E}{\Delta K} = \frac{(C_{\text{річ. б}} - C_{\text{річ. н}})}{(K_{\text{н}} - K_{\text{б}})}, \quad (1)$$

де ΔE – економія або додатковий прибуток за рік; ΔK – додаткові витрати для отримання економії або додаткового прибутку за рік; $C_{\text{річ. б}}$, $C_{\text{річ. н}}$ – собівартість річного обсягу робіт за новою та базовою технологіями; $K_{\text{н}}$, $K_{\text{б}}$ – витрати капітального характеру за новою та базовою технологіями.

Такий підхід використовують тоді, коли застосування альтернативних технологій або ЗТО дозволяє досягти поставленої мети. Наприклад, забезпечити виконання необхідного обсягу клепальних робіт на відповідному підприємстві при складанні будь-якого ЛА, який можна вважати подібним до відомого (базового) ЛА з поправочним коефіцієнтом.

Так, річний обсяг клепальних робіт щодо нового ЛА, можна визначити за формулою:

$$Q_{\text{річ. н. ЛА}} = Q_{\text{б}} kN, \quad (2)$$

де $Q_{\text{б}}$ – кількість клепальних з'єднань за базовим ЛА, тис. шт./виріб; k – коефіцієнт спадкоємності нового ЛА і типового ЛА; N – передбачувана річна програма випуску нових ЛА, кількість виробів.

Річні зведені витрати за варіантами клепання можна визначити за такою формулою:

$$Z_{\text{річ. н. ЛА}}^{\text{кл}} = C_{\text{н}}^{\text{кл}} Q_{\text{річ. н. ЛА}}^{\text{кл}} + E_{\text{норм}} K_{\text{н}}, \quad (3)$$

$$Z_{\text{річ. б. ЛА}}^{\text{кл}} = C_{\text{б}}^{\text{кл}} Q_{\text{річ. н. ЛА}}^{\text{кл}} + E_{\text{норм}} K_{\text{б}}, \quad (4)$$

де $C_{\text{н}}^{\text{кл}}$, $C_{\text{б}}^{\text{кл}}$ – середня технологічна собівартість одиниці клепальної роботи для нового та базового варіантів технології клепання, дол./шт.; $Q_{\text{річ. н. ЛА}}^{\text{кл}}$ – річний обсяг клепальних робіт при складанні нового ЛА, тис. шт.; $E_{\text{норм}}$ – нормативний коефіцієнт економічної ефективності в регіоні або на підприємстві (середня

рентабельність капіталу).

Річний економічний ефект від заміни базового варіанта технології на новий можна знайти як різницю зведених витрат за варіантами, тобто:

$$\begin{aligned} E_{\text{річ}} &= Z_{\text{б. ЛА}} - Z_{\text{н. ЛА}} = C_{\text{н}} Q_{\text{н.ЛА}} + E_{\text{н}} K_{\text{н}} - \\ &- C_{\text{б}} Q_{\text{н.ЛА}} + E_{\text{н}} K_{\text{б}} = (C_{\text{н}} - C_{\text{б}}) Q_{\text{н. ЛА}} - \\ &- E_{\text{н}} (K_{\text{н}} - K_{\text{б}}) = \Delta E - E_{\text{н}} \Delta K, \end{aligned} \quad (5)$$

де ΔE – річна економія від застосування нової технології порівняно з базовою; ΔK – додаткові капіталовкладення у впровадження нової технології.

А порівняльну ефективність E можна знайти за формулою (1) з перевіркою умови $E > E_{\text{н}}$.

6.2. Оцінювання економічного ефекту від застосування комплексу імпульсних технологій та оснащення в агрегатному складанні ЛА

Аналізуючи роботи [5, 6], економія завдяки імпульсному клепанню титанових заклепок визначиться як:

$$E_{\text{КТЗ}} = E_{\text{зм}} + \Delta E_{\text{сз}} + E_{\text{рес}}, \quad (6)$$

де $E_{\text{зм}}$ – економічний результат зниження маси ЛА; $\Delta E_{\text{сз}}$ – зниження витрат за річним кошторисом і собівартості річного обсягу робіт завдяки зменшенню трудомісткості виконання з'єднань; $E_{\text{рес}}$ – річна економія завдяки підвищенню ресурсу з'єднань.

На рис. 1 подано складові економічного ефекту застосування комплексу імпульсних технологій. Результати цих досліджень показали, що можна так само розрахувати економію завдяки застосуванню імпульсного встановлення болт-заклепок без технологічного хвостовика відповідно до формули:

$$E_{\text{ПБЗ}} = E_{\text{тит}} + E_{\text{соб. виг. БЗ}} + E_{\text{ум. пр}}, \quad (7)$$

де $E_{\text{тит}}$ – річна економія титанових сплавів для стрижнів болт-заклепок; $E_{\text{соб. виг. БЗ}}$ – зниження собівартості болт-заклепок; $E_{\text{ум. пр.}}$ – річна економія витрат завдяки поліпшенню умов праці робітників.

Аналогічну економію на імпульсному клепанні у складі робото-технічного комплексу (РТК) в умовах стапельного складання можна розрахувати за формулою:

$$E_{\text{РТК}} = E_{\text{ЗП}}^{\text{РТК}} + E_{\text{рес}}^{\text{РТК}} + E_{\text{облад}}, \quad (8)$$

де $E_{\text{ЗП}}^{\text{РТК}}$ – річне зниження витрат на оплату праці та відрахування до фондів завдяки автоматизації процесу виконання з'єднань в умовах стапельного складання, зниження трудомісткості складальних робіт і скорочення кількості робітників; $E_{\text{рес}}^{\text{РТК}}$ – річна економія внаслідок підвищення якості та ресурсу

з'єднань; $E_{облад}$ – річне зниження витрат на обладнання.

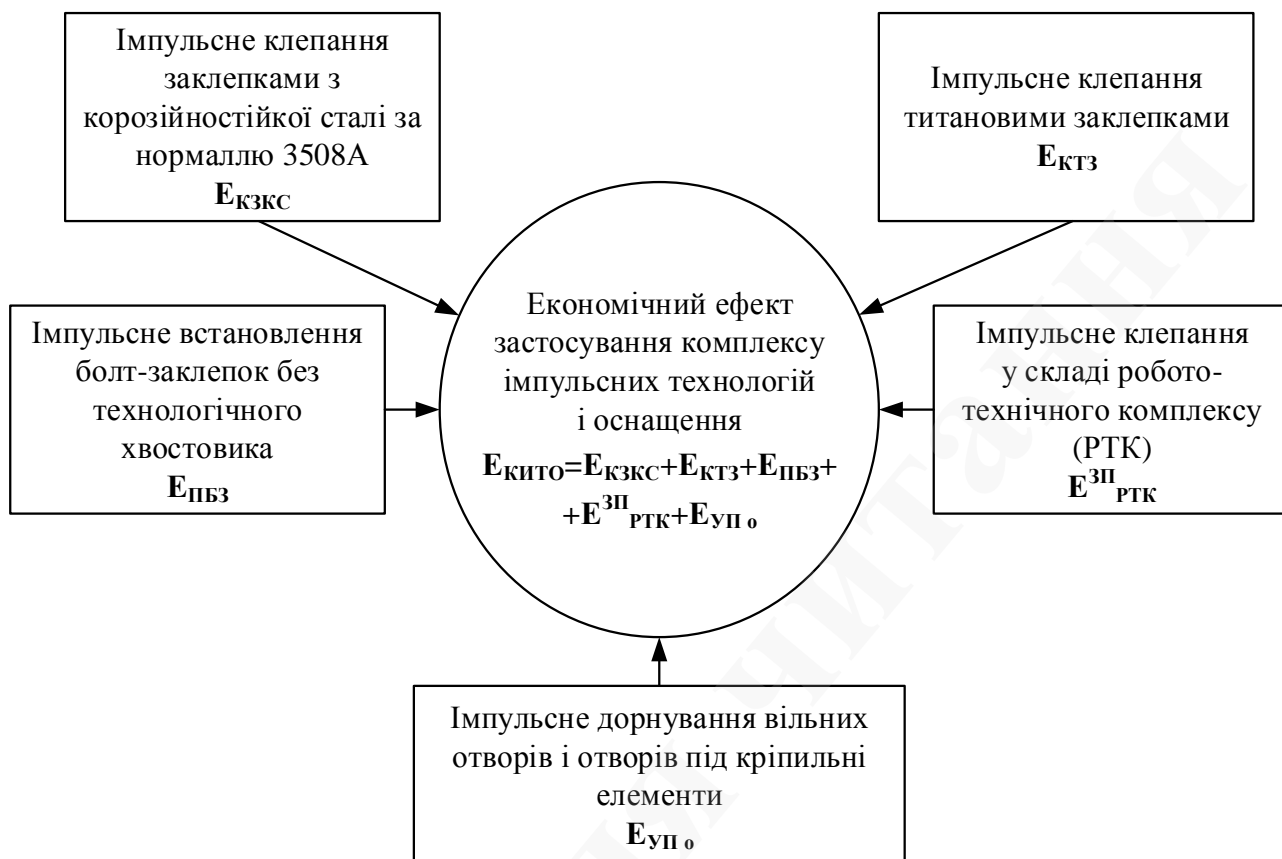


Рис. 1. Складові економічного ефекту від застосування комплексу імпульсних технологій та оснащення [6]

Економія завдяки імпульсному дорнуванню вільних отворів і отворів під кріпильні елементи за рік становитиме:

$$E_{ДСОіОКЕ} = E_{зм.о} + E_{нос} + E_{інстр} + E_{ПБ} + E_{ст. повіт} + E_{ум. пр}, \quad (9)$$

де $E_{зм.о}$ – річна економія внаслідок зниження трудомісткості зміцнення отворів; $E_{нос}$ – економія завдяки зниженню вартості енергоносія на річний обсяг робіт (для базового оснащення); $E_{ПБ}$ – річна економія застосування впровадження порівняно з базовим внаслідок зменшення кількості виконавців, скорочення допоміжного часу; $E_{інстр}$ – річна економія через зменшення вартості інструменту; $E_{ст. повіт.}$ – річна економія стисненого повітря (для базового оснащення).

Складові формул (5)–(9) можна розрахувати таким чином.

Річна економія від заміни гостродефіцитних і дорогих заклепок із сердечником та заклепками з корозійностійкої сталі:

$$E_{закл} = (\Pi_{з. серд} - \Pi_{з. кор}) N_{закл}, \quad (10)$$

де $\Pi_{з.серд.}$ – ціна заклепки з сердечником; $\Pi_{з.кор.}$ – ціна заклепки з корозійностійкої сталі; $N_{закл.}$ – потреба в заклепках на річний обсяг робіт.

Річне зниження витрат на виготовлення спеціального інструменту:

$$E_{сп.інстр} = \Pi_{сп.інстр}^{б.осн} \cdot n_{сп.інстр}^{б.осн} - \Pi_{сп.інстр}^{н.осн} \cdot n_{сп.інстр}^{н.осн}, \quad (11)$$

де $\Pi_{сп.інстр}^{б.осн}$ – ціна одиниці спеціального інструменту для заклепок з сердечником (базове оснащення); $n_{сп.інстр}^{б.осн}$ – потрібна на річний обсяг кількість спеціального інструменту, яку можна знайти через зносостійкість $\Pi_{сп.інстр}^{н.осн}$ і річну потребу в заклепках $N_{закл.}$:

$$n_{сп.інстр}^{б.осн} = \frac{N_{закл.}}{\Pi_{сп.інстр}^{б.осн}}, \quad (12)$$

де $\Pi_{сп.інстр}^{б.осн}$ – ціна одиниці спеціального інструменту для заклепок з корозійностійкої сталі (нове оснащення); $n_{сп.інстр}^{б.осн}$ – потрібна на річний обсяг кількість спеціального інструменту, яку можна знайти через зносостійкість $\Pi_{сп.інстр}^{б.осн}$ і річну потребу в заклепках $N_{закл.}$:

$$n_{сп.інстр}^{н.осн} = \frac{N_{закл.}}{\Pi_{сп.інстр}^{н.осн}}. \quad (13)$$

Поліпшення умов праці може виявитися в збільшенні продуктивності, а також у зниженні розряду роботи, від якого залежать розцінки за виконання ТО:

$$E_{ЗП}^{ум.пр} = T^б \cdot I_{год}^б \cdot (1 + H_{відр}) (1 + H_д) - T^н \cdot I_{год}^н \cdot (1 + H_{відр}) (1 + H_д), \quad (14)$$

де $T^б$, $T^н$ – річна трудомісткість робіт у базовому та новому варіантах технології, відповідно; $I_{год}^б$, $I_{год}^н$ – годинна тарифна ставка, яка відповідає середньому розряду роботи в базовому та новому варіантах технології, відповідно; $H_{відр}$ – коефіцієнт відрахувань до фондів зайнятості, соціального та пенсійного страхування ($H_{відр}=0,37$); $H_д$ – коефіцієнт додаткової заробітної плати ($H_д=0,2-0,3$).

Економічний результат від зниження маси ЛА типу Ан-124 (Україна) через застосування імпульсного клепаання титановими заклепками для формули (6) складається з економії від зниження собівартості перевезень $E_{соб.пер}$ і додаткового прибутку від збільшення обсягів перевезень ΔP , що розраховують відповідно до [6] за формулою:

$$E_{\text{см}} = n_{\text{ЛА}} (E_{\text{соб. пер}} + \Delta P) =$$

$$= \left[\begin{array}{l} \Delta C_{\text{тх км}} (Q + \Delta Q) \cdot V \cdot K_q \cdot H + \\ + \Delta Q \cdot K_q \cdot V \cdot H \cdot P_{\text{тх км}} \end{array} \right] n_{\text{ЛА}}, \quad (15)$$

де $n_{\text{ЛА}}$ – середньорічна кількість експлуатованих ЛА даного типу, шт.; $\Delta C_{\text{тх км}}$ – зниження собівартості 1 т·км на літаку типу Ан-124 у результаті зниження маси планера; Q – базове комерційне навантаження ЛА типу Ан-124; ΔQ – збільшення комерційного навантаження в результаті зниження маси планера ЛА; V – крейсерська швидкість ЛА типу Ан-124; K_q – середній коефіцієнт використання комерційного навантаження ЛА (0,6–0,8); H – середньорічний наліт ЛА типу Ан-124, годин (1500–2000 год/рік); $P_{\text{тх км}}$ – норма прибутку при перевезеннях (зазвичай беруть 10 % від собівартості 1 т·км для ЛА даного типу [6]).

Зниження витрат за річним кошторисом і собівартості річного обсягу робіт внаслідок зниження трудомісткості з'єднань $\Delta E_{\text{сз}}$ для формули (3) можна розрахувати за такою формулою:

$$\Delta E_{\text{сз}} = \Delta T I_{\text{год}}^{\text{кл}} (1 + H_{\text{вдр}}) (1 + H_{\text{д}}), \quad (16)$$

де ΔT – річна економія трудомісткості робіт виконання з'єднань завдяки імпульсному клепанню титанових заклепок, нормо-годин; $I_{\text{год}}^{\text{кл}}$ – годинна тарифна ставка, яка відповідає розряду роботи з клепання титанових заклепок, дол./нормо-години.

Річна економія внаслідок підвищення ресурсу з'єднань може мати місце при збільшенні амортизаційного ресурсу планера ЛА, якщо це можливо в результаті використання титанових заклепок. Розрахунок виконують за формулою:

$$E_{\text{рес}} = \left(\frac{\Pi_{\text{пл}}}{T_{\text{ам. р}}^{\text{б}}} - \frac{\Pi_{\text{пл}}}{T_{\text{ам. р}}^{\text{н}}} \right) H n_{\text{ЛА}}, \quad (17)$$

де $\Pi_{\text{пл}}$ – ціна планера ЛА відповідного типу, дол.; $T_{\text{ам. р}}^{\text{б}}$ і $T_{\text{ам. р}}^{\text{н}}$ – амортизаційний ресурс планера ЛА відповідного типу при базовій та новій технологіях, год; H – середньорічний наліт ЛА відповідного типу, год; $n_{\text{ЛА}}$ – середньорічна кількість ЛА відповідного типу, які експлуатують авіакомпанії, шт.

Складові для розрахунку $E_{\text{ПБЗ}}$ визначаються таким чином. Річна економія титанових сплавів для стрижнів болт-заклепок:

$$E_{\text{тит}} = \Delta M N_{\text{БЗ}} \Pi_{\text{тит}} m_{\text{ЛА}}, \quad (18)$$

де ΔM – економія ваги титанового прутка через застосування болт-заклепок без технологічного хвостовика (2,170 кг/1000 болт-заклепок); $N_{\text{БЗ}}$ – кількість болт-

заклепок у конструкції планера ЛА відповідного типу, тис. шт.; $C_{тит}$ – вартість прутка з титанового сплаву ВТ16 (14 дол./кг); $m_{ЛА}$ – середня кількість планерів ЛА відповідного типу, що виготовляється за рік, шт.

Зниження трудомісткості виготовлення болт-заклепок з титану та собівартості робіт за рік знаходять за формулою:

$$E_{\text{соб виг БЗ}} = \Delta t_{\text{БЗ}} N_{\text{БЗ}} m_{\text{ЛА}} l_{\text{БЗ}} (1 + K_d)(1 + K_{\text{відр}}), \quad (19)$$

де $\Delta t_{\text{БЗ}}$ – економія трудовитрат на виготовлення болт-заклепки з титану ВТ16, нормо-годин; $t_{\text{БЗ}}$ – годинна тарифна ставка відповідного розряду роботи з виготовлення болт-заклепок, дол./нормо-години.

Поліпшення умов праці під час використання пневмоімпульсних молотків, наприклад, МПП-90М (Україна), порівняно з магнітно-імпульсною установкою (МІУ) для клепаання, наприклад, НН503 (Україна), дозволяє підвищити продуктивність праці та знизити втрати робочого часу за їх тимчасовою непрацездатністю:

$$E_{\text{ум. пр}} = Z_{\text{зах}} n_{\text{рм}} + \Delta t_{\text{тонв}} N_{\text{БЗ}} m_{\text{ЛА}} l_{\text{БЗ}} \times (1 + K_d)(1 + K_{\text{відр}}) + \Delta T_{\text{пот}} \bar{Z}_{\text{дн}}, \quad (20)$$

де $Z_{\text{зах}}$ – витрати на забезпечення захисту та екранів від впливу струмів високої напруги та магнітних полів на одну МІУ, дол./шт.; $n_{\text{рм}}$ – кількість робочих місць, де застосовується установка МІУ, шт.; $\Delta t_{\text{тонв}}$ – зниження завдяки поліпшенню умов праці технічно обґрунтованої норми часу на виконання робіт з установлення болт-заклепки, год; $\Delta T_{\text{пот}}$ – зниження втрат робочого часу через поліпшення умов праці при складанні, люд.×дні; $\bar{Z}_{\text{дн}}$ – середньоденний заробіток робітника на складанні (клепальників), дол./день.

Для розрахунку доданків економічного результату використання імпульсного клепаання в складі РТК в умовах стапельного складання $E_{\text{РТК}}$ використовують аналогічний підхід, як у формулі (14), де за новим варіантом технології складання передбачається використання РТК:

$$E_{\text{ЗП}}^{\text{РТК}} = T^{\text{б}} \cdot I_{\text{год}}^{\text{б}} \cdot (1 + H_{\text{відр}})(1 + H_{\text{д}}) - T^{\text{РТК}} \cdot I_{\text{год}}^{\text{РТК}} \cdot (1 + H_{\text{відр}})(1 + H_{\text{д}}). \quad (21)$$

Економічний результат підвищення якості та ресурсу з'єднань можна оцінити за формулою (17), якщо це дає можливість збільшити амортизаційний ресурс планера ЛА.

Зниження витрат на обладнання:

$$E_{\text{вitr. облад}} = P_{\text{вitr. облад}}^{\text{б}} - P_{\text{вitr. облад}}^{\text{РТК}}, \quad (22)$$

де $P_{\text{витр. облад}}^{\text{б}}$, $P_{\text{витр. облад}}^{\text{РТК}}$ – базовий обсяг витрат на обладнання за рік і річний обсяг витрат на обладнання в умовах РТК, дол.

Економічний результат імпульсного дорнування вільних отворів і отворів під кріпильні елементи, відповідно до формули (9) має ряд окремих складових, які потребують ряд розрахунків відповідно до факторів економічної ефективності.

При зміцненні отворів і зниженні трудомісткості цієї операції економічний результат можна розрахувати аналогічно формулі (14):

$$E_{\text{УП о}} = \frac{(t^{\text{б}} - t^{\text{н}}) N_{\text{отв}} m_{\text{ЛА}}}{360} I_{\text{год}}^{\text{д}} (1 + H_{\text{відр}})(1 + H_{\text{д}}), \quad (23)$$

де $t^{\text{б}}$ – трудомісткість дорнування отворів в умовах використання МІУ, $t^{\text{б}}=12$ с; $t^{\text{н}}$ – трудомісткість дорнування в умовах використання пневмо-імпульсного інструменту, $t^{\text{н}}=6$ с; $N_{\text{отв}}$ – кількість вільних отворів в планері ЛА, що потребують дорнування, шт.; $m_{\text{ЛА}}$ – середня кількість виготовлених за рік планерів ЛА відповідного типу, шт.; $I_{\text{год}}^{\text{д}}$ – середня погодинна ставка за виконання операцій дорнування відповідно до розряду роботи, дол./год.

Зменшення вартості енергоносія в умовах річного обсягу робіт з дорнування можна знайти як:

$$E_{\text{нос}}^{\text{д}} = (\Pi_{\text{нос}}^{\text{б}} - \Pi_{\text{нос}}^{\text{н}}) N_{\text{отв}} m_{\text{ЛА}}, \quad (24)$$

де $\Pi_{\text{нос}}^{\text{б}}$ – вартість енергоносія для МІУ-П1 (Росія) для зміцнення одного отвору, дол.; $\Pi_{\text{нос}}^{\text{н}}$ – вартість енергоносія для ПУД-90 (Україна) для зміцнення одного отвору, $\Pi_{\text{нос}}^{\text{н}} = 0,000032$ дол.

Зменшення вартості інструменту в умовах застосування ПУД-90 замість МІУ-П1 можна визначити так:

$$E_{\text{інстр}} = (C_{\text{інстр}}^{\text{б}} - C_{\text{інстр}}^{\text{н}}) n_{\text{пристр}}, \quad (25)$$

де $C_{\text{інстр}}^{\text{б}}$ – вартість МІУ-П1 (12 000 дол. США); $C_{\text{інстр}}^{\text{н}}$ – вартість ПУД-90 (1 100 дол. США); $n_{\text{пристр}}$ – кількість пристроїв для дорнування отворів, необхідна для забезпечення річного обсягу робіт, шт.

Перерахунок з доларів США в національну валюту країни можна здійснити за офіційним обмінним курсом валют для міжбанківських операцій на дату проведення розрахунку.

Економія за рік від застосування пневмоімпульсних пристроїв ПУД-90 (Україна) для дорнування отворів порівняно з машиною для установаження болтів типу МБЗ-1,5 з пневмогідролічним насосом-мультиплікатором ПГНМ1-250 (Росія) розраховують за формулою, аналогічною формулою (23):

$$E_{\text{УП о}} = \frac{(t^6 - t^H) N_{\text{отв}} m_{\text{ЛА}}}{360} I_{\text{год}}^d (1 + H_{\text{відр}})(1 + H_d), \quad (26)$$

де t^6 – трудомісткість дорнування отворів машиною МБЗ-1,5, $t^H=30$ с; t^H – трудомісткість дорнування отворів ПУД-90, $t^H=6$ с.

Річна економія стисненого повітря при використанні ПУД-90 порівняно з МБЗ-1,5:

$$E_{\text{ст. пов}} = (P_6 - P_H) N_{\text{цикл}} \Pi_{\text{ст. пов}}, \quad (27)$$

де P_6 – витрати стисненого повітря при використанні МБЗ-1,5 (Україна), $P_6=0,076$ м³/цикл; P_H – витрати стисненого повітря при використанні ПУД-90, $P_H=0,002$ м³/цикл; $N_{\text{цикл}}$ – річна кількість циклів дорнування отворів; $\Pi_{\text{ст. пов}}$ – ціна стисненого повітря, дол./м³.

Зменшення вартості інструменту при використанні ПУД-90 замість МБЗ-1,5 розраховуємо аналогічно формулі (25):

$$E_{\text{інстр}} = (C_{\text{інстр}}^6 - C_{\text{інстр}}^H) n_{\text{пристр}}, \quad (28)$$

де $C_{\text{інстр}}^6$ – вартість МБЗ-1,5 з пневмогідрравлічним насосом-мультиплікатором ПГНМ1-250 (3 385 дол. США); $C_{\text{інстр}}^H$ – вартість ПУД-90 (1 100 дол. США); $n_{\text{пристр}}$ – кількість використовуваних за рік пристроїв, шт.

Поліпшити умови праці при використанні ПУД-90 замість МБЗ-1,5 є можливим, але для оцінювання економічного результату необхідні додаткові дослідження. Оскільки різниця у вазі пристроїв незначна (1,5 кг), хоча пневмогідрравлічний привід у цілому має вагу 14,6 кг, що дещо ускладнює маневреність.

6.3. Оцінювання економічного ефекту від застосування САПР ПРІП

Система основних показників для САПР ПРІП ідентична системі показників економічної ефективності науково-дослідних робіт (НДР) і дослідно-конструкторських робіт (ДКР), тобто це річний економічний ефект E_t , інтегральний ефект $E_{\text{інт}}$ і коефіцієнт загальної економічної ефективності E .

Річний економічний ефект можна знайти за формулою:

$$E_t = (\Delta C_t + E_{\text{виг. } t} + E_{\text{екс. } t}) - E_H (K_{\text{пр}} + \Delta K), \quad (29)$$

але для врахування фактору часу потрібно розраховувати так:

$$E_t = \Delta C_t + E_{\text{виг. } t} + E_{\text{екс. } t} - K_{\text{пр } t} - \Delta K_t, \quad (30)$$

де ΔC_t – зниження собівартості проектування імпульсних пристроїв в t -му році; $E_{\text{виг. } t}$ – економія t -го року від зниження собівартості виготовлення імпульсних пристроїв, які спроектовані засобами САПР; $E_{\text{екс. } t}$ – економія від скорочення експлуатаційних витрат

на імпульсні пристрої, які були спроектовані засобами САПР; $K_{пр.t}$ – виробничі витрати на створення САПР ПРІП; ΔK_t – додаткові капіталовкладення на САПР ПРІП (навчання робітників, вартість пробної експлуатації та ін.).

Суму річного економічного ефекту розподіляють між усіма учасниками розробки, впровадження та застосування САПР ПРІП.

Для прийняття господарського рішення про доцільність створення САПР ПРІП і обґрунтування доцільності фінансування цього заходу потрібно розрахувати інтегральний ефект за відповідний розрахунковий період, оскільки прийняте з окремих річних показників рішення може бути помилковим. Цей ефект складається із сум річних економічних ефектів за термін служби САПР ПРІП. Тривалість терміну служби САПР ПРІП у першу модернізацію приймають на рівні 6 років. Таким чином, інтегральний ефект:

$$E_{\text{інт}} = \sum_{t=1}^6 E_t \alpha_t + E_{\text{дод}}, \quad (31)$$

де E_t – річний економічний ефект t -го року створення та експлуатації САПР ПРІП; $E_{\text{дод}}$ – додатковий прибуток від дострокового введення в експлуатацію ЛА завдяки скороченню терміну ТПП ЛА та застосування САПР ПРІП; α_t – коефіцієнт приведення за часом.

Коефіцієнт загальної економічної ефективності САПР ПРІП може бути розрахований так:

$$E = \frac{E_{\text{інт}}}{6(K_{\text{пр}} + \Delta K)}, \quad (32)$$

або $E = \frac{(\Delta E + E_{\text{виг}} + E_{\text{екс}})}{(K_{\text{пр}} + \Delta K)}$, після чого має бути перевірена умова $E > E_{\text{н}}$.

Тепер слід розглянути докладніше розрахунок складових річного ефекту E_t . Зниження собівартості проектування визначають за формулою:

$$\Delta C_t = \Delta Q_t Z_{\text{ден}} (1 + H_{\text{відр}}) - W_t, \quad (33)$$

де ΔQ_t – зниження витрат праці на проектування в розрахунковому році t , люд.×дні; $Z_{\text{ден}}$ – середньоденний зарібок проектувальника з урахуванням доплат; $H_{\text{відр}}$ – коефіцієнт відрахувань до фондів (пенсійний, соціального страхування та зайнятості); W_t – річні витрати t -го року на експлуатацію САПР ПРІП.

Річну економію від зниження собівартості виготовлення (кошторисної вартості) ПРІП, які спроектовані засобами САПР, при технологічному циклі j -го виробу менш одного року, розраховують таким чином:

$$E_{\text{виг}} = \sum_{j=1}^{mt} E_{\text{пит. } j} N_{jt}, \quad (34)$$

де $E_{\text{пит. } j}$ – питома економія від зниження собівартості виготовлення об'єкта проектування j -го типу; N_{jt} – річна програма виготовлення об'єктів j -го типу в t -му році; mt – номенклатура виробів t -го року.

Загальну річну економію від зниження експлуатаційних витрат на об'єктах, спроектованих засобами САПР, розраховують як:

$$E_{\text{екс. } t} = \sum_{j=1}^{Z_t} E_{\text{екс. } j} N_{jt}, \quad (35)$$

де $E_{\text{екс. } j}$ – річна економія від зниження експлуатаційних витрат на j -му об'єкті; N_{jt} – кількість j -х об'єктів, що експлуатуються в t -му році; Z_t – номенклатура об'єктів, що експлуатуються в t -му році.

Додатковий прибуток від дострокового введення в експлуатацію об'єктів проектування розраховують за формулою:

$$E_{\text{дод}} = E_n (K_{\text{вироб}} + \Delta K) \Delta t + \sum_j \Pi_j N_j \Delta t_j, \quad (36)$$

де E_n – нормативний коефіцієнт ефективності; $K_{\text{вироб}}$ – загальні виробничі витрати на створення САПР ПРІП; ΔK – додаткові капіталовкладення організації на САПР ПРІП; Δt – середній період дострокового введення в експлуатацію САПР ПРІП, роки; Π_j – річний дохід від експлуатації ЛА, для виготовлення якого використовувався САПР ПРІП; N_j – кількість j -х ЛА, уведених в експлуатацію достроково; Δt_j – період дострокового введення в експлуатацію j -х ЛА, для яких використовували САПР ПРІП, роки.

Для урахування впливу фактору часу при визначенні ефектів або витрат слід пам'ятати, що при розрахунку коефіцієнта приведення за часом з урахуванням формули (31):

$$\alpha_t = (1 + E_{\text{НП}})^{(t_p - t)}. \quad (37)$$

Розрахунковий рік слід вибирати залежно від того, який показник потрібно звести за часом. Необхідно з'ясувати, максимізується або мінімізується цей показник, оскільки у разі вибору як розрахунковий перший рік коефіцієнт приведення α_t буде менше одиниці, оскільки ступінь $(t_p - t)$ дає від'ємне число. І навпаки: при застосуванні як розрахунковий період останній рік ступінь формули (37) буде додатним і коефіцієнт α_t буде мати значення більше одиниці, за винятком останнього року, для якого $(t_p - t) = 0$, і відповідно $\alpha_t = 1$.

6.4. Оцінювання економічного ефекту від застосування СППР

У табл. 1 наведено деякі напрямки оцінювання ефективності СППР.

Таблиця 1

Напрямки оцінювання ефективності системи підтримки прийняття рішень [19]

Найменування та суть підходів до оцінювання ефективності СППР	Переваги	Недоліки
Оцінювання економічної ефективності ПЗ СППР шляхом зіставлення економічного ефекту від розроблення (впровадження) ПЗ з витратами на його створення (придбання)	Враховується, наскільки впровадження ПЗ СППР дозволило зменшити кількість робочих місць аналітиків і отримати економію на їхню заробітну плату. Цей спосіб широко відомий і можна застосувати не тільки до СППР, але й до будь-якого програмного забезпечення	Складно відокремити ефект, отриманий в результаті використання ПЗ від ефекту, одержаного іншими видами діяльності та зовнішнім середовищем
Оцінювання часової ефективності СППР (наскільки СППР дозволяє скоротити час на оброблення вихідних даних для прийняття рішення та обґрунтування оптимального рішення)	Цей підхід простий у застосуванні, для отримання результату можна використовувати тестові завдання до введення системи в експлуатацію	Не враховує вартісні показники
Оцінювання якості СППР, при цьому визначається, якою мірою задоволені вимоги користувачів СППР у співвідношенні з можливостями виробників і завданнями, поставленими проєктувальниками СППР. Для розрахунку показника якості СППР використовується теоретико-множинний підхід	Дозволяє визначити шляхи доопрацювання, адаптації або розвитку системи, а в деяких випадках – способи зниження собівартості її створення та підвищення економічної ефективності	Присутній певний суб'єктивізм оцінювання, задоволення вимог може виявитися різним для різних людей однієї і тієї ж професії. Не враховує вартісні показники
Оцінювання економічної ефективності СППР шляхом зіставлення фінансових результатів, отриманих безпосередньо від прийнятих рішень, з витратами на створення (придбання) СППР	Такий спосіб застосовується, якщо система призначена для підтримки прийняття рішень, результат реалізації яких дозволяє отримати прибуток у грошовому вираженні в короткостроковій перспективі	Ефективність, розрахована таким способом, буде змінюватися динамічно залежно від числа успішних або неуспішних рішень, які дали відповідно прибуток або збиток

СППР – завдання комплексне та потребує особливого підходу, тому необхідно:

- виявити i -фактори економічної ефективності застосування такої системи;
- за кожним окремим i -м фактором розробити (або використовувати) методику розрахунку вартісного результату від використання системи P_i ;
- знайти інтегральний вартісний результат t -го року застосування системи

підтримки прийняття рішень:

$$P_t = \sum_{i=1}^n P_i, \quad (38)$$

де P_i – результат за i -м фактором; розрахувати витрати, які мають бути зроблені для досягнення результату за i -м фактором Z_i ; знайти інтегральні витрати:

$$Z_t = \sum_{i=1}^n Z_i; \quad (39)$$

– інтегральний ефект за термін служби $T_{\text{сл}}$ або за розрахунковий період визначають за формулою:

$$E_{\text{інт}} = \sum_{t=1}^{T_{\text{сл}}} (P_t - Z_t) \alpha_t, \quad (40)$$

де P_t – сумарний вартісний результат t -го року; α_t – дисконтний коефіцієнт t -го року.

Термін служби проєкту $T_{\text{сл}}$ беруть 6–10 років.

Просту рентабельність SRR можна знайти через середні показники, як відношення:

$$SRR = \frac{\sum_{t=1}^{T_{\text{сл}}} (P_t - Z_t)}{T_{\text{сл}} \cdot K}, \quad (41)$$

де K – сумарні капіталовкладення в СППР.

Отримане має бути більше $SRRE_{\text{норм}}$.

Фактори, що впливають на економічний результат застосування СППР, подано у вигляді схеми на рис. 2.

Таким чином, для кожного t -го року річний економічний результат складається з таких складових:

$$E_t^{\text{СППР}} = E_t^{\text{ТС}} + E_t^{\text{бр}} + E_t^{\text{рек}} + E_t^{\text{над}} + E_t^{\text{ЛЧ}} + E_t^{\text{ПН}} + E_t^{\text{екс}} + E_t^{\text{кат}}. \quad (42)$$

Річний економічний результат застосування СППР залежить від обсягів застосування СППР і обсягів експлуатації техніки, виробленої в умовах СППР.

За економічний термін життя інвестицій в створення СППР, який можна брати на рівні 6 років, прийнятих для САПР, сумарний результат може бути знайдений з урахуванням фактору часу за формулою:

$$E_{\Sigma}^{\text{СППР}} = \sum_{t=1}^6 E_t^{\text{СППР}} \alpha_t. \quad (43)$$

Спеціальний коефіцієнт:

$$\alpha_t = 1 / (1 + E_{\text{нп}})^{1-t}, \quad (44)$$

де $E_{\text{нп}}$ – норматив приведення різночасових витрат, який дорівнює 0,08 [6]; t – період приведення (t -й рік).

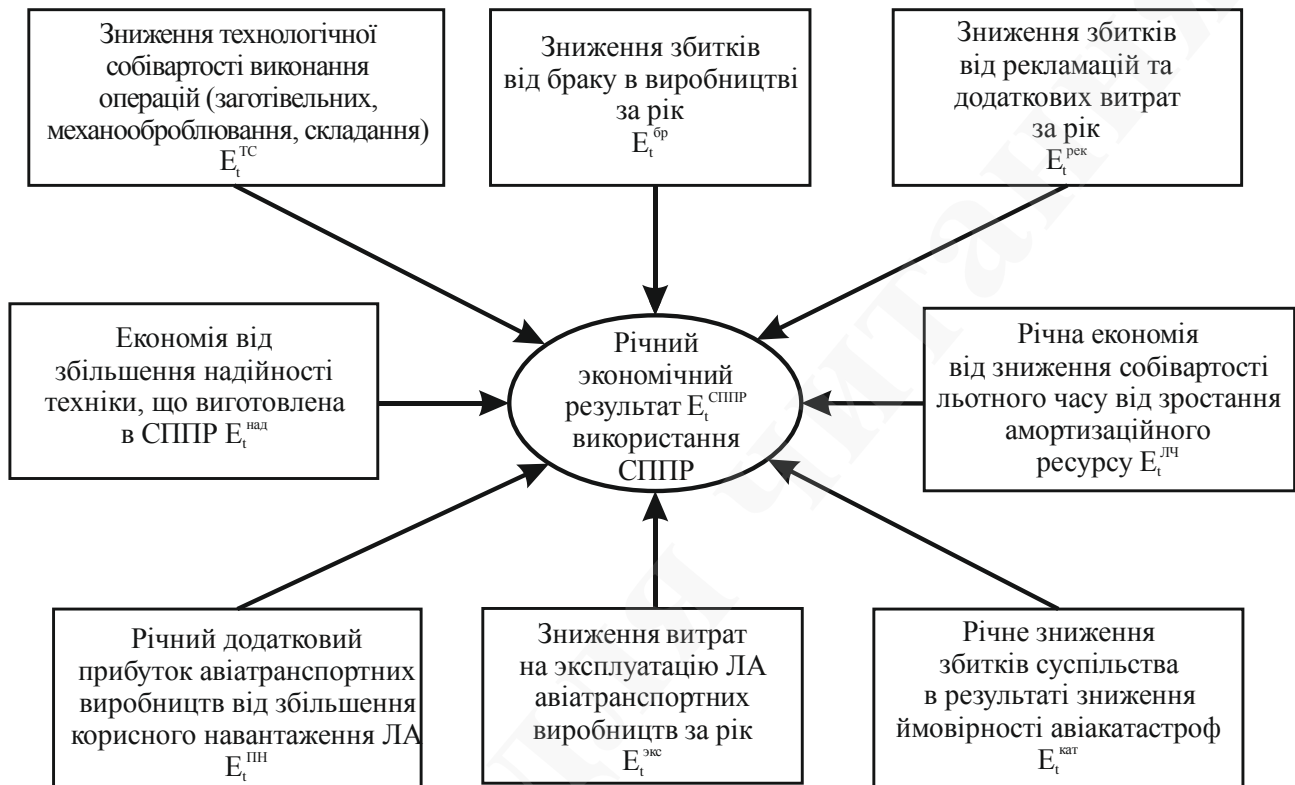


Рис. 2. Фактори економічної ефективності та складові економічного результату застосування системи підтримки прийняття рішень [19]

Розраховані за формулою (44) коефіцієнти α_t мають такі значення для відповідних років: першого року – 1,0; другого – 0,926; третього – 0,857; четвертого – 0,793; п'ятого – 0,734; шостого – 0,680.

Середньорічний показник економічного результату застосування СППР знаходять за такою формулою:

$$E_{\text{СГ}}^{\text{СППР}} = \frac{E_{\Sigma}^{\text{СППР}}}{6}. \quad (45)$$

Співвідношення цього середньорічного результату з капіталовкладеннями K на створення СППР дозволить оцінити економічну ефективність цих витрат:

$$E = \frac{E_{\text{СГ}}^{\text{СППР}}}{K}. \quad (46)$$

Одержане значення E повинно бути вище нормативного, тобто має

виконуватися умова $E > E_n$.

Для урахування фактору часу в разі, якщо період створення СППР і витрати на його створення тривають більше року, то урахування часового чинника буде полягати в додаванні до фактично витрачених сум (капіталовкладень). Слід додати ще й упущену вигоду від того, що вкладені кошти були вилучені з обігу (зняті з рахунків) і не дали обумовлених у фінансовій установі відсотків. Таким чином, з урахуванням компаундінга величину K' можна знайти за формулою:

$$K' = \sum_{t=1}^{t_{ок}} K_t (1 + E_{нп})^t, \quad (47)$$

де K_t – сума інвестицій t -го року.

Використання цього K' у формулі (47) погіршить показник E , але при цьому враховано фактор часу.

7. SWOT-аналіз результатів досліджень

Strengths. Сильні сторони дослідження та застосування запропонованих методів розрахунків оцінювання економічного ефекту від впровадження дослідного об'єкту полягають у тому, що їх можна застосовувати в системах САПР виробництва авіаційного виробництва не залежно від програми випуску виробу. Надані підходи можна використовувати для прогнозування рентабельності впровадження, висвітлення мінімізації витрат, пов'язаних із впровадженням інших проєктів в області інформаційних технологій, СППР та ін. В порівнянні з аналогами, запропоноване дослідження дозволяє спрогнозувати можливі ризики та витрати, виключивши тим самим фактор несподіванки.

Отже, запропоновані методи дозволяють:

– якщо як критерій вибору найкращого варіанта розв'язання задачі використовують мінімум витрат, то відомості за часом призводять до останнього року розрахункового періоду. Тоді більш прийнятними будуть варіант з більш коротким терміном капіталовкладень і варіант, згідно з яким значні за сумами витрати здійснюють ближче до розрахункового року;

– якщо як критерій вибору найкращого варіанта розв'язання задачі використовують максимум прибутку, то дані різночасових показників призводять до першого року розрахункового періоду, тобто до року початку фінансування. Тоді більш прийнятними будуть варіант з більш коротким терміном отримання ефекту та варіант, згідно з яким більший ефект досягається в найближчі роки.

Weaknesses. Для розрахунку величин складових річного економічного результату E для кожної складової суми має бути подана методика розрахунку, а після наповнення цих теоретичних аспектів конкретними числовими показниками можна отримати конкретний результат.

Аналіз запропонованих методів оцінювання економічного ефекту від впровадження досліджуваного об'єкту дозволив виявити їх недоліки, зокрема, є складність та тривалість їх введення в автоматизовані системи та необхідності враховування багатьох показників в розрахунках.

Opportunities. Слід зазначити, що в подальшому методики оцінювання економічного ефекту впроваджуваного об'єкту можливо доповнити модулями проблемно-орієнтованих пакетів програм, які звичайно базуються на розробленому математичному апараті. Таке математичне забезпечення можна модернізувати, включаючи елементи адаптивних алгоритмів, і мобільно використовувати його для розв'язання широкого спектра задач, пов'язаних із гнучкістю корекцій вводу даних тих чи інших показників дослідження від впровадження інновацій на виробництві.

Threats. До погроз розрахункових методів оцінки економічного ефекту можна віднести те, що, навіть, запропоновані підходи не є технологією, що дозволяє з високою точністю з похибкою не більше 5 % отримати результати від впровадження нових технологій в авіаційному виробництві ЛА.

8. Висновки

1. Здійснено аналіз методів та підходів оцінювання економічного ефекту використання виробів нової техніки та технології. Визначені основні характеристики впровадження та встановлені КПЕ. Економічний ефект забезпечується головним чином шляхом зменшення трудомісткості виконання з'єднань, збільшення довговічності конструкції, зниження маси ЛА внаслідок замінення болтових з'єднань болт-заклепочними та заклепочними, економії дорогих матеріалів. Додатково на результати економічного ефекту впливають зменшення вартості та матеріаломісткості ЗТО складальних процесів, зменшення трудомісткості та термінів ТПВ, поліпшення умов праці робітників.

2. Визначено сукупність методів і послідовність підходів до розрахунку економічного ефекту впровадження комплексу імпульсних технологій та оснащення, САПР ПРП, СППР при інформаційному забезпеченні складання авіаційних конструкцій та онтологічних СППР за вибором ручних імпульсних пристроїв. Зазначені методи та підходи можуть враховувати особливості виробництва та використовуватися в системі САПР на протязі всього життєвого циклу конструкції ЛА.

Література

1. Samochkin, V. N., Pronin, Iu. B., Logacheva, E. N. (2000). *Gibkoe razvitie predpriiatiia: Effektivnost i biudzhetirovanie*. Moscow: Delo, 352.
2. Cabral, L. (2000). *Introduction to industrial organization*. Cambridge: MIT Press, 424.
3. Church, J., Ware, R. (2000). *Industrial organization. A strategic approach*. Boston: Irwin McGraw-Hill. Available at: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1663633/mod_resource/content/1/ChurchWare.pdf
4. Antonelli, C. (2004). *The Economics of Innovation, New Technologies and Structural Change*. Torino, 78.
5. Tochilin, P. V., Sagatelian, G. R., Nazarov, Iu. F. (2001). Metodika rascheta ekonomicheskoi effektivnosti vnedreniia naukoemkikh tekhnologii. *MGOU–XXI–Novye tekhnologii*, 1, 29–34.

6. Vorobev, Iu. A. (2003). Opredelenie ekonomicheskoi effektivnosti vnedreniia tekhnologii impulsnoi klepki. *Aviatsiino-kosmichna tekhnika i tekhnologiya*, 1 (36), 76–81.
7. Pokropyvnyi, S. F. (Ed.) (2006). *Ekonomika pidpriemstva*. Kyiv: KNEU, 350.
8. Tönissen, S. (2014). *Economic Efficiency of Manufacturing Technology Integration*. Aachen: Apprimus Verlag. Available at: <https://core.ac.uk/download/pdf/36618919.pdf>
9. Petrou, A.; Michalos, A. C. (Eds.) (2014). *Economic Efficiency. Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research*. Dordrecht: Springer, 1793–1794. doi: http://doi.org/10.1007/978-94-007-0753-5_818
10. Burk, C. (2018). *Techno-Economic Modeling for New Technology Development*. The Global Home of Chemical Engineers. Available at: <https://www.aiche.org/resources/publications/cep/2018/january/techno-economic-modeling-new-technology-development>
11. Tönissen, S., Rey, J., Klocke, F. (2015). Economic efficiency of manufacturing technology integration. *Journal of Manufacturing Systems*, 37, 173–181. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jmsy.2015.07.003>
12. Richter, A. (2013). Economic Advantages by CAD/CAM Use in Compound with Production Data Organization. *Digital Product and Process Development Systems: IFIP TC 5 International Conference. NEW PROLAMAT*. Dresden, 53–60
13. Chang, K.-H. (2013). *Product Manufacturing and Cost Estimating Using CAD/CAE*. Academic Press, 570. doi: <http://doi.org/10.1016/c2012-0-00833-2>
14. Yifu Lin, J., Liu, P. (2020). Inclusive catch-up: the new structural economics approach. *Recovering better: economic and social challenges and opportunities A compilation of the High-level Advisory Board on Economic and Social Affairs*, 52–68.
15. Pick, R. A., Weatherholt, N. (2012). A Review On Evaluation And Benefits Of Decision Support Systems. *Review of Business Information Systems (RBIS)*, 17 (1), 7–20. doi: <http://doi.org/10.19030/rbis.v17i1.7580>
16. Lin, J. Y. (2013). *New structural economics*. doi: <http://doi.org/10.1596/978-0-8213-8955-3>
17. Boukhayma, K., ElManouar, A. (2015). Evaluating decision support systems. *15th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA)*. Marrakech: IEEE. doi: <http://doi.org/10.1109/isda.2015.7489263>
18. Boukhayma, K., Ben Hiba, L., Elmanouar, A. (2019). DSS success: The intertwining of satisfaction and learning. *The ArabWIC 6th Annual International Conference Research Track*. doi: <http://doi.org/10.1145/3333165.3333174>
19. Vinodh, S., Jayakrishna, K., Kumar, V., Dutta, R. (2013). Development of decision support system for sustainability evaluation: a case study. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 16 (1), 163–174. doi: <http://doi.org/10.1007/s10098-013-0613-7>