

УДК 629.73.036.3:358.4

В.В. Войтенко, В.В. Логінов

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ШЛЯХИ ОЦІНКИ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ДВИГУНА СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ В СИСТЕМІ ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

У статті розглянуті шляхи оцінки ефективності Життєвого циклу авіаційного двигуна силової установки у системі літального апарату військового призначення. Обґрунтовано необхідність розробки єдиної методики визначення характеристик життєвого циклу авіаційного двигуна в системі літака військового призначення. Показано, що технічне обслуговування авіаційної техніки проводиться за кількома методами технічної експлуатації, які відрізняються моделями розрахунку етапів життєвого циклу двигуна. Обґрунтовано необхідність враховувати витрати військової організації на етапах планування, прискореного доведення, модернізації або модифікації авіаційної техніки в умовах обмежених фінансових ресурсів.

Ключові слова: літальний апарат, двигун, силова установка, вартість життєвого циклу, техніко-економічна ефективність, комплексний показник.

Вступ

Створення літальних апаратів з максимальною функціональною ефективністю вимагає проектування їх на основі комплексного підходу (системного аналізу) [1, 2]. Цей підхід заснований на тому, що в складних технічних системах будь-яка складова в підсумку певним чином впливає на всі інші частини і систему в цілому. Не всі такі явища або зв'язки можна виявити. Тому суть цього підходу полягає в систематичному пошуку істотних зв'язків і взаємодії при оцінці ефективності функціонування будь-якої частини системи. Цим системний підхід принципово відрізняється від підходу, в якому складне завдання просто приводиться до прийнятної розмірності та виду.

Однією з найважливіших підсистем літального апарату військового призначення є його силова установка, основна частина якої – авіаційний газотурбінний двигун (ГТД). Першим найбільш відповідальним завданням проектування авіаційного ГТД є вибір типу двигуна, його розмірності, схеми та проектних параметрів, які забезпечують максимальну ефективність літального апарату (ЛА) для якого призначений двигун. Оцінити ефективність прийнятих рішень по технічному обрисі авіаційного ГТД можна за досягнутою ефективністю ЛА [3 – 5].

До найбільш важливої складової ефективності ЛА відноситься економічна ефективність. Сутність економічної оцінки ефективності ЛА зводиться до співставлення повних витрат на його створення і експлуатацію з одержуваним прибутком від його застосування або ефективністю виконання бойового завдання [6, 7]. Важливість економічної оцінки прийнятих рішень при створенні авіаційної техніки пов'язана з непомірно високою вартістю розробки, виробництва та експлуатації літаків і двигунів військового призначення, що стало основним завданням сучасної бойової авіації.

У СРСР був розроблений комплекс моделей і ефективних методів організації виробничих процесів у авіаційній промисловості. Але до теперішнього часу багато економічних моделей і методів, що були розроблені стосовно до централізованого планового господарства радянського періоду, в тій чи іншій мірі втратили свою актуальність. Сучасні умови ринку ставлять перед економікою авіації ряд нових наукових завдань. У рамках радянської школи економіки авіапромисловості не розроблялись методи маркетингу в умовах жорсткої глобальної конкуренції на ринках авіатехніки, оскільки не були актуальні проблеми вибору авіатехніки замовниками. Виникають принципово нові завдання корпоративного управління підприємствами, їх реструктуризації, залучення інвестиційних ресурсів. Сьогодні авіаційне двигунобудування в Україні гостро потребує нового методичного забезпечення [8, 9].

Постановка завдання. Виходячи з вище викладеного необхідно провести аналіз і обґрунтування підходів до оцінки ефективності варіантів двигунів авіаційних силових установок у системі ЛА військового призначення. Розробка методики визначення ефективності застосування силової установки в системі літака військового призначення дозволить оцінити ефективність застосування конструктивно-компонувальних схем літаків транспортної авіації з різними типами двигунів, розробити практичні рекомендації щодо поліпшення параметрів життєвого циклу авіаційної силової установки на перспективних і сучасних бойових літаках, що перебувають на озброєнні Повітряних Сил України [10 – 14].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аерокосмічною промисловістю провідних авіаційних держав світу накопичено великий позитивний досвід вирішення організаційно-економічних проблем, що виникають в ринкових умовах. Дослідженнями економічних проблем галузі займаються фахівці зарубіжних авіабудівних компаній, провідні наукові

колективи – National Bureau of Economic Research (NBER), Stanford University, Massachusetts Institute of Technology (MIT) та інші. Однак перенесення зарубіжного досвіду в українську галузь обмежене з цього ряду об'єктивних причин, зокрема:

- вихідні параметри економічних об'єктів (підприємств) в Україні і в розвинених зарубіжних країнах істотно відрізняються;
- багато ключових інститутів ринку в Україні знаходяться тільки в стадії формування;
- деякі найбільш прогресивні техніко-економічні моделі та методи організації виробництва в авіабудуванні залишаються недоступними українським вченим і практикам.

Моделюванню і оптимізації експлуатації, технічного обслуговування і ремонту (ТОiP) авіатехніки присвячені роботи С.В. Далецького, О.Я. Деркача, І.А. Никоновой, С.А. Саркисяна, Д.Е. Старика, А.М. Петрова, А.В. Ждановського, Г.Г. Іджияна [15 – 20]. У цій галузі працюють наукові колективи МАІ (НацДУ), МАТІ-РДТУ, ДержНДІ ЦА, ЦІАМ, ЛДІ ім. М.М. Громова, НДІ-13 та НДІ-30 Міністерства оборони РФ, та інші. В Україні такими завданнями займаються ДП "Івченко-Прогрес", ВАТ "Мотор Січ", НАКУ "ХАІ", НАУ та ін. [21 – 44].

У радянську епоху, за наявності єдиної авіакомпанії, парк якої налічував тисячі повітряних суден і авіадвигунів, могла бути ефективною організація практично всіх видів технічного обслуговування авіатехніки силами самої експлуатуючої організації. Однак у сучасних умовах, в силу появи безлічі незалежних комерційних авіакомпаній, а також ускладнення технологій ТОiP, така організація технічного обслуговування перестає задовольняти вимогам ринку [45 – 48].

Перенесення в українські умови передового зарубіжного досвіду організації післяпродажного обслуговування авіатехніки, описаного в працях Ahlbord K., Crable S., Anderson T., Beck A., Blake R., Danielsson S., Dienger S., Day M., Stahr R., Nowlan F., Splinter A., Tuzun D., Willis C. та інших, повинен супроводжуватися аналізом економічної ефективності нових видів послуг на основі економіко-математичного моделювання [19].

В основу техніко-економічних оцінок покладені поняття життєвого циклу (ЖЦ) підсистем літального апарату військового призначення та вартості життєвого циклу (ВЖЦ). На відміну від інших методик, що дозволяють орієнтовно оцінити ВЖЦ двигуна і ЛА на основі інтегрального обліку різних витрат та широкого використання питомих вартостей, деякі підходи засновані на більш детальному розрахунку складових ВЖЦ двигуна силової установки. Це дозволяє оцінити вплив параметрів: ступеня двоконтурності (m), сумарного ступеня підвищення повного тиску ($\pi_{\kappa\Sigma}^*$) і ($T_{\Gamma_{\max}}^*$) – максимальної температури газу перед турбіною на рівень еко-

номічної ефективності авіаційного ГТД транспортного літака військового призначення [49 – 52].

Тому **метою статті** є аналіз життєвого циклу підсистем літального апарату в умовах переходу на різні стратегії технічної експлуатації авіаційної техніки військового призначення.

Основна частина досліджень

Життєвий цикл авіадвигунів характеризується тривалим періодом експлуатації (до 20 ... 30 років), протягом якого виробі потребують різноманітних видів післяпродажного обслуговування. Воно стає в даний час найважливішим видом продукції двигунобудівних підприємств, на який за кордоном припадає понад 50 % виручки (з урахуванням поставки запчастин) [52]. На етап експлуатації авіадвигунів припадає до 40 ... 50 % вартості їх життєвого циклу – для авіатехніки військового призначення, до 80 % і більше – для цивільних авіадвигунів.

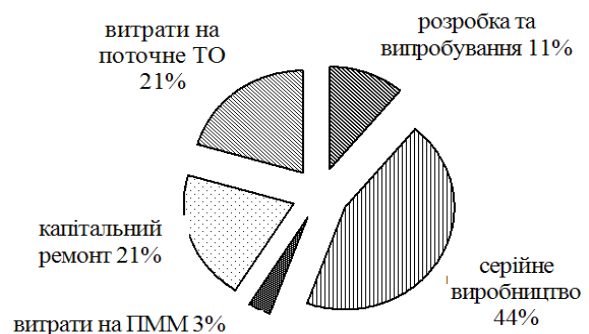


Рис. 1. Структура вартості життєвого циклу авіадвигуна військового призначення F-119-PW-100

У свою чергу, витрати на технічне обслуговування та ремонт (ТОiP) силової установки становлять не менше 40 ... 60 % витрат на ТОiP літального апарату в цілому [18]. Як приклад, на рис. 1 наведена структура витрат на різних етапах життєвого циклу авіадвигуна F-119-PW-100, який розроблений та випускається компанією Pratt & Whitney (США).

В даний час авіакомпанії все меншою мірою виконують ТОiP авіатехніки самостійно і все більше схильні користуватися послугами спеціалізованих ремонтних підприємств. Така стратегія організації бізнесу називається в економічній літературі [44, 51] аутсорсинг (outsourcing, outside resource using, в буквальному перекладі – використання зовнішніх джерел). Проте для авіаційної техніки військового призначення процес її обслуговування має деякі особливості, пов'язані з виконанням бойових завдань.

Продукція галузей, що займаються виробництвом виробів, які мають тривалий життєвий цикл (наприклад, транспортних засобів, енергетичного обладнання, верстатів, обчислювальної техніки, програмного забезпечення), включає в себе не тільки самі виробі, але і весь комплекс послуг підтрим-

ки їх експлуатації. Ця корінна зміна уявлення замовників про продукцію авіаційного двигунобудування має величезне економічне значення для двигунобудівних і ремонтних підприємств. Недостатню увагу проблемам післяпродажного обслуговування виробів, багато в чому визначило низьку конкурентоспроможність продукції вітчизняних підприємств в ринкових умовах всередині країни і за кордоном.

Обслуговування авіадвигунів включає в себе традиційні для продукції машинобудування складові:

- моніторинг стану і діагностику несправностей;
- поточне технічне обслуговування;
- капітальний ремонт;
- модернізацію,

а також ряд специфічних видів послуг. Як було зазначено вище, в сучасних умовах технічне обслуговування авіадвигунів є найважливішим видом виробничої діяльності авіаційного двигунобудування. Саме на етап експлуатації припадає переважна частка витрат замовників авіатехніки [40].

Слід зазначити, що методи визначення експлуатаційних витрат, що використовуються в українській і світовій авіації, на даний час зазнають суттєвих змін. Протягом декількох десятиліть оцінка експлуатаційних витрат авіакомпаній базувалася на понятті прямих експлуатаційних витрат – ПЕВ (в зарубіжній літературі – DOC, Direct Operational Cost) [53]. До їх складу традиційно входять:

- витрати на паливно-мастильні матеріали (ПММ);
- амортизація авіатехніки (включаючи витрати на капітальний ремонт);
- витрати на поточний ремонт авіатехніки;
- зарплата (як льотному, так і наземного складу) та відповідні нарахування;
- аеропортові збори.

Однак така класифікація витрат, як зазначає ряд фахівців, не дозволяє явним чином виділити роль системи післяпродажного обслуговування, ТОіР авіатехніки. На підставі аналізу звітності вітчизняних і зарубіжних авіакомпаній було запропоновано наступне перегрупування статей ПЕВ (без зміни їх загальної величини):

- витрати на ПММ;
- відрахування на реновацію авіатехніки;
- сумарні витрати на ТОіР авіатехніки;
- зарплата (виключно льотному складу) і відповідні нарахування;
- аеропортові збори.

У рамках такої класифікації, досконалість авіатехніки та системи її післяпродажного обслуговування безпосередньо проявляється у двох статтях – у витратах на ТОіР і на реновацію авіатехніки. У свою чергу, витрати на ТОіР додатково поділяються на зарплату ремонтних робітників і авіатехніків, матеріальні витрати на закупівлю запасних частин і

витратних матеріалів, а також накладні витрати, пов'язані з ремонтом авіатехніки (включаючи амортизацію ремонтного обладнання і цехів). Однак і така класифікація витрат представляється у сучасних умовах недостатньо комплексною. Перш за все, в наведених переліках статей витрат відсутні (принаймні, в явному вигляді, що ускладнює аналіз і оптимізацію) такі важливі складові:

- витрати на утримання або оренду змінних виробів, необхідних для підтримки готовності парку авіатехніки під час капітального ремонту штатних виробів;
- фінансові втрати внаслідок простою АТ через відсутність справних авіадвигунів.

Саме ці статті витрат зазнають найбільших змін внаслідок впровадження нових видів сервісних послуг, а також нових стратегій ремонту авіатехніки. При нерозвиненій системі післяпродажного обслуговування, ці витрати і втрати можуть становити суттєву частку в загальному обсязі витрат експлуатуючих організацій.

Цільовою функцією експлуатуючої організації іноді вважаються середньорічні витрати експлуатуючої організації на підтримку готовності авіадвигунів (далі - EMC, Engine Maintenance Cost) при виконанні парком заданого плану польотів [53]:

$$EMC = C_{ТО} + C_{рем} + C_{зап} + C_{оренд} + C_{штраф} \quad (1)$$

Для авіатехніки військового призначення не існує грошової оцінки штрафу за простій, проте в цьому випадку необхідно встановити обмеження на мінімально прийнятний коефіцієнт готовності парку: $K_{Г}^{факт} \geq K_{Г}^{мін}$.

Для парку авіатехніки військового призначення додається умова $K_{Г}^{факт} \geq K_{Г}^{мін}$, але у складі цільової функції відсутній доданок $C_{штраф}$.

Зрозуміло, підхід до моделювання процесів ТОіР авіадвигунів, що використовується, є спрощеним. У ряді робіт [18, 22, 37] використовується більш досконалий апарат імітаційного моделювання, що дозволяє коректно описувати роботу системи в нестационарному режимі, немарковські потоки подій, і т.п. Однак у нашому випадку таке імітаційне моделювання більш складне і трудомістке (що ускладнює його широке впровадження в управлінську практику), і, крім того, вимагає багаторазового відтворення процесу роботи системи, що ускладнює проведення багатоваріантних оптимізаційних розрахунків. Групою співробітників ЦІАМ ім. П.І. Баранова (А.В. Ждановський, Г.Г. Іджиян, І.М. Долгополов, Є.А. Локштанов, и др.) був запропонований і активно застосовується критерій "умовна вартість льотної години" авіадвигуна [18, 19]:

$$ЛГ = \frac{P_{дв} (1 + K_{зап})}{T_{назн}} + \frac{C_{КР}}{T_{рем}} + c_{ТО} + q_{час} \cdot P_{пал} \quad (2)$$

де $P_{дв}$ – ціна нового авіадвигуна даного типу,
 $T_{назн}$ – назначений ресурс (в льотних годинах),
 $C_{кр}$ – середня вартість капітального ремонту,
 $T_{рем}$ – середній міжремонтний ресурс,
 $c_{то}$ – середня вартість поточного ТО та моніторингу стану авіадвигунів, в розрахунку на льотну годину одного двигуна,
 $q_{час}$ – середня годинна витрата палива, кг/год
 $P_{пал}$ – ціна тони палива, ум.од./тону
 $K_{зап}$ – нормативне співвідношення потрібної кількості запасних авіадвигунів і числа штатних авіадвигунів, яке визначається за формулою:

$$K_{зап} = \frac{t_{рем}^{зав}}{365T_{рем}} \eta. \quad (3)$$

Проаналізуємо можливі причини низької інформативності показника ЛГ та технічних критеріїв ефективності авіадвигунів, що використовуються у вітчизняній практиці. Насамперед необхідно оцінювати ефективність системи, а не ізольованого виробу, як такого. При побудові критеріїв техніко-економічної ефективності необхідно виходити з того, що авіадвигуни є лише частиною систем більш високого рівня – парків АТ, що перебувають в експлуатації. У сучасних умовах продукція авіаційного двигунобудування включає в себе не тільки вироби, а й сервісні послуги. Звідси випливає, що критерії ефективності авіадвигунів не можуть ґрунтуватися виключно на технічних і вартісних характеристиках двигуна, і повинні відображати також умови експлуатації та післяпродажного обслуговування виробів у даному парку.

В даний час, коли існує безліч незалежних експлуатуючих організацій, кожна з яких може мати у своєму розпорядженні відносно невеликий парк авіадвигунів даного типу, усереднений, "середньостатистичний" підхід до оцінки економічної ефективності авіадвигунів недостатньо інформативний.

Таким чином, в сучасних умовах критерії економічної ефективності продукції авіаційного двигунобудування повинні:

- безпосередньо враховувати досконалість не тільки самих авіадвигунів, а й системи технічного обслуговування;
- враховувати не лише безпосередні витрати, але і втрати експлуатуючої організації внаслідок простою повітряних суден через відсутність справних авіадвигунів;
- приймати індивідуальні значення для кожної експлуатуючої організації, залежно від характеристик належного їй парку авіатехніки, умов його експлуатації та обслуговування.

Стосовно до продукції авіаційного двигунобудування, найбільш істотний вплив таких чинників, як характеристики витрати палива, напрацювання на

знімання, тривалість і вартість ремонту, термін служби і ціна авіадвигуна, наявність послуг оренди змінних двигунів, регіональних центрів ТОiP і т.п.

Залежно від методу експлуатації, розрахунок потреби в двигунах і їх капітальних ремонтах виконується по одному з трьох алгоритмів.

Технічна експлуатація за ресурсом (ТЕР). Найкращим способом визначення потреби в двигунах і їх капітального ремонту (КР) в даний час є імітаційні моделі, що дозволяють з великою точністю розраховувати необхідні величини. Проте при детальному розрахунку складових ВЖЦ їх застосування ускладнюється. Це пов'язано з досить великою кількістю додаткової інформації, необхідної для розрахунку потреби в двигунах за допомогою імітаційної моделі.

При експлуатації по ПЕВ періодичність та обсяг ТОiP регламентується. Регламентне технічне обслуговування передбачає оперативне, періодичне технічне обслуговування та спеціальні види технічного обслуговування (ТО).

Регламентне ТО (на відміну від поточного ремонту, який, як правило, проводиться при виявленні несправностей) носить профілактичний характер і спрямоване на підтримку працездатності підсистем літака, запобігання відмов і несправностей.

Технічна експлуатація за станом з відпрацюванням фіксованого ресурсу. Розрахунок потреби в двигунах і їх капітальних ремонтах за технічної експлуатації за станом з відпрацюванням фіксованого ресурсу складніший. Ідея і причини появи цього методу експлуатації пов'язані з необхідністю впровадження методів технічної експлуатації за станом для ГТД четвертого покоління. Тимчасовий характер цього заходу визначив відсутність необхідних регресійних моделей. Тому алгоритм розрахунку потреб в двигунах і КР заснований на аналітичному методі.

Технічна експлуатація за станом (ТЕС). Для технічної експлуатації за станом, яка для ГТД останніх поколінь є єдиною прийнятною, існує алгоритм розрахунку потреби в двигунах і їх капітальних ремонтах.

Технічне обслуговування двигуна при ТЕС передбачає проведення різних видів ремонтно-профілактичних робіт по мірі їх необхідності, які диктуються поточним станом конструктивних елементів. В даний час заміна модуля у двигуна модульної конструкції проводиться, як правило, шляхом знімання двигуна з літака. Можливість заміни деяких модулів безпосередньо «на крилі» в даний час практично не використовується.

Висновки з дослідження

Таким чином, аналіз підходів до оцінки техніко-економічної ефективності двигуна в системі ЛА військового призначення показує, що немає єдиної методики визначення характеристик життєвого цик-

лу авіаційного двигуна. Технічне обслуговування АТ проводиться за кількома методам експлуатації, які відрізняються моделями розрахунку етапів життєвого циклу двигуна [25, 54]. Існуючі математичні моделі з оцінки життєвого циклу двигуна силової установки в системі ЛА військового призначення не враховують витрати військової організації на прискорене доведення, модернізацію або модифікацію АТ в умовах обмежених фінансових ресурсів.

Перспективи подальших досліджень

Розробка математичної моделі оцінки техніко-економічної ефективності та економічної досконалості двигуна силової установки в системі військового ЛА дозволить спрогнозувати ефективність етапів експлуатації АТ, що знаходиться на озброєнні Повітряних Сил України.

Список літератури

1. Иродов Р.Д. Методологические основы выбора параметров реактивного двигателя под заданные требования к маневренному самолету: сб. тезисов 2-ой международной науч.-техн. конф. "Авиадвигатели XXI века". Т.1 / Р.Д. Иродов, И.Г. Баширов. – М.: ЦИАМ. – 2005. – С. 228-230.
2. Логинов В.В. Комплексный подход по формированию технического облика силовой установки, интегрируемой в планер, при синтезе летательного аппарата / В.В. Логинов // Интегровані технології та енергозбереження. – Х.: НТУ "ХПІ". – 2009. – № 2. – С. 88-99.
3. Анилко О.Б. Интеграция характеристик силовой установки и планера летательного аппарата: проблемы и пути их решения / О.Б. Анилко, В.В. Логинов // Авіаційно-космічна техніка та технологія. – Х.: НАКУ ім. М.С. Жуковського "ХАІ". – 2006. – № 2(28). – С. 59-65.
4. Флоров И.Ф. Методы оценки эффективности применения двигателей в авиации / И.Ф. Флоров // Труды ЦИАМ. – 1985. – № 1099. – 260 с.
5. Проектирование самолетов / С.М. Езер, В.Ф. Мишин, Н.К. Лисейцев и др.; под ред. С.М. Езера. – М.: Машиностроение, 1983. – 616 с.
6. Прогрессивные технологии моделирования, оптимизации и интеллектуальной автоматизации этапов жизненного цикла авиационных двигателей: Моногр./ А.В. Богуслаев, Ал.А. Олейник, Ан.А. Олейник, Д.В. Павленко, С.А. Субботина. – Запорожье: ОАО "Мотор Сич", 2009. – 468 с.
7. Уткин В.Ф. Эффективность технических систем: Надежность и эффективность в технике: справочн.; т. 3) / В.Ф. Уткин, Ю.В. Крючков. – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с. (
8. Качан А.Я. Информационные модели жизненного цикла и прочностной надежности авиационного двигателя / А.Я. Качан, А.В. Богуслаев, С.Б. Беликов, Ю.Н. Внуков // Вестник Двигателестроения. – 2007. – № 2. – С. 39-43.
9. Богуслаев А.В. Современные информационные технологии в авиадвигателестроении / А.В. Богуслаев, В.И. Дубровин, И.А. Набока // Вестник двигателестроения. – 2004. – № 4. – С. 18-22.
10. Дональд Д. Энциклопедия военной авиации / Дэвид Дональд, Йон Лейк; пер. с англ. А. Бердов, И. Мальцев, А. Алексеев. – Изд-во "Омега", 2003. – 443 с.
11. Самолет Ил-76. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Ил-76>.
12. Самолет Ан-26. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Ан-26>.
13. Jane's. Aero-Engines // Edited by Bill Gunston OBE, FRAeS, March, 2005. – 750 p.
14. Общероссийский каталог современной авиации: [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://brazd.ru/av/su-35.html>.
15. Техническая эксплуатация летательных аппаратов: учебн. для вузов / Н.Н. Смирнов, Н.И. Владимиров, Ж.С. Чернено и др.; под ред. Н.Н. Смирнова. – М.: Транспорт, 1990. – 423 с.
16. Положение об установлении и увеличении ресурсов газотурбинных двигателей Гражданской авиации, их агрегатов и комплектующих изделий. – М.: ЦИАМ-ГосНИИ ГА, 1994.
17. Акимов В.М. Экономическая эффективность повышения ресурса и надежности ГТД / В.М. Акимов, Д.Э. Старик, А.А. Морозов. – М.: Машиностроение, 1972. – 172 с.
18. Локитанов Е.А. Модели потоков замен двигателей на самолетах и их приложения / Е.А. Локитанов, А.А. Морозов, С.А. Чернышев // Труды ЦИАМ. – 1984. – № 1117. – 30 с.
19. Никонова И.А. Разработка обобщенных моделей прогнозирования объектов производства и ремонта авиадвигателей / И.А. Никонова, В.А. Пономарев, Г.Г. Иджиян // Труды ГосНИИ ГА. – 1986. – Вып. 248. – С.131-143.
20. Вопросы стимулирования и взаимных гарантийных обязательств при эксплуатации двигателей по техническому состоянию / П.А. Витер, В.Г. Казанский, Н.П. Красильников, А.А. Морозов, А.В. Ждановский, И.А. Никонова, С.Г. Степанов, Н.Я. Ткачук // Труды ЦИАМ. – 1981. – № 934. – С.48-52.
21. Временная методика сравнительной оценки транспортных самолетов (МЭО-82). – М.: МГА, 1982. – 188 с.
22. Шейнин В.М., Козловский В.И. Весовое проектирование и эффективность пассажирских самолетов. Т. 1. Весовой расчет самолета и весовое планирование. – М.: Машиностроение, 1977. – 344 с.
23. Ахмедзянов А.М. Выбор параметров авиационных газотурбинных двигателей / А.М. Ахмедзянов, Ю.Г. Арьков, Х.С. Гумеров. – Уфа: УАИ, 1986. – 70 с.
24. Учет влияния преемственности ГТД при прогнозировании надежности / Л.Ф. Кошкина и др. // Труды ЦИАМ. – № 1030. – С.36-45.
25. Формирование облика перспективных авиационных двигателей // Новости зарубежной науки и техники. Сер. Двигатели для авиации и космонавтики. – М.: ЦИАМ, 1992. – № 9-10. – С. 25-28.
26. Леонтьев О.Б. Методичний підхід до обґрунтування кількісно-якісного складу перспективних Збройних Сил України на етапах стратегічного планування їх розвитку / О.Б. Леонтьев, В.О. Нерубацький, О.В. Нікіфоров, Є.Б. Смірнов // Збірник наукових праць ОНДІ ЗСУ. – 2005. – Вип. 2 (2). – С. 40-55.
27. Леонтьев О.Б. Обґрунтування методичного підходу до визначення раціонального розподілу бюджетних коштів на підтримку рівня справності озброєння та військової техніки Повітряних Сил / О.Б. Леонтьев // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Х.: ХУПС, 2009. – № 2(2). – С. 31-37.
28. Мавренков О.Є. До питання пріоритетних напрямків модернізації бойового літального апарату / О.Є. Мавренков, А.М. Жуков // Збірник наукових праць ДНДІА. – 2007. – № 10. – С. 106-110.
29. Мавренков О.Є. Оцінювання коефіцієнта бойового потенціалу літального апарату, що модернізується / О.Є. Мавренков // Збірник наукових праць ДНДІА. – 2007. – № 3 (10). – С. 102-106.
30. Мавренков О.Є. До питання оцінювання заданого рівня бойового потенціалу авіації Збройних Сил України

/ О.Є. Мавренков, С.І. Леженін // Збірник наукових праць ДНДІА. – 2011. – № 14. – С. 16-22.

31. Мат-ли наук.-пр. конф. «Актуальні проблеми розвитку АТ», 18 - 19 червня 2009 року: тези доповідей. - К.: ДНДІА, 2009. – 126 с.

32. Мунтіян В.І. Економіка та оборонні витрати: аналіз зарубіжних досліджень і український шлях розвитку / В.І. Мунтіян. - К.: НДФІ, 1998. – 464 с.

33. Самков О.В. Методологічні складові модернізації парку авіаційної техніки в сучасних умовах / О.В. Самков // Вісник НАУ. - 2008. - № 1 (34). - С. 47-50.

34. Самков О.В. До питання порівняльної оцінки військових літаків / О.В. Самков, О.Є. Мавренков // Збірник наукових праць КІ ВПС. - 1999. - Вип. 6. - С. 135-140.

35. Харченко О.В. До питання обґрунтування раціонального типу парку літальних апаратів військового призначення / О.В. Харченко, О.Є. Мавренков // Зб. наук. пр. ДНДІА. - 2008. - № 4 (11). - С. 6-10.

36. Егер С.М. Основы авиационной техники Текст.: учебник/ С.М. Егер, А.М. Матвиенко, ИА, Шаталов; под ред. И.А. Шаталова. Изд. Третье, испр. и доп. - М.Машиностроение, 2003.– 720 с.

37. Иванов В.В. Метод выбора оптимального технического решения при проектировании ГТУ. Текст / В.В. Иванов, И.Л. Осипов // Известия ВУЗов. Авиационная техника: науч.-техн. журн. 2007. – № 1. – С. 61-64.

38. Макаров В.Е. К вопросу о создании специализированной среды разработки и поддержки жизненного цикла авиационных двигателей. Текст / В.Е. Макаров, В.Д. Коровкин // Техника воздушного флота, 2005. – Т. LXXIX(79). – № 3-4. – С. 90-101.

39. Маслов В.Г. Теория и методы начальных этапов проектирования авиационных ГТД. Текст / В.Г. Маслов [и др.] Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 1996. – 147 с.

40. Акимова Н.Ф. Многоуровневая система показателей экономической эффективности управления коммерческой деятельностью авиакомпании / Н.Ф. Акимова. М.: Доброе слово, 2000. – 180 с.

41. Экономическое обоснование выбора воздушного судна на основе определения себестоимости летного часа: метод. указания по выполнению курсовой работы / Д.С. Черкашин. – Хабаровск: ДВГУПС, 2007. – 32 с.

42. Губенко А.В. Проблемы развития пассажирского транспорта региона / А.В. Губенко. – Хабаровск: Изд-во ХГТУ, 2000. – 283 с.

43. Костромина Е.В. Авиатранспортный маркетинг / Е.В. Костромина. – М.: Авиабизнес, 2005. – 384 с.

44. Леонтьев Р.Г. Прогнозирование авиатоктов и оптимизация управления воздушной транспортной системой / Р.Г. Леонтьев. – М.: Наука, 1984. – 184 с.

45. Гипич Г.Н. Организация инженерно-авиационного обеспечения летной годности воздушных судов / Г.Н. Гипич, Ю.М. Чинючин // Вопросы поддержания летной годности летательных аппаратов в процессе эксплуатации: Межвуз. сб. науч. тр. – М.: МГТУ ГА, 1996. – С. 13-19.

46. Гипич Г.Н. Современное состояние проблемы поддержания летной годности ВС // Инженерно-авиационный вестник. – № 5 (23). – М.: Изд. УПЛГ ГВС ФСВТ России, 1999. – С. 4-15.

47. Щелкунов В.И. Критерии и методы оценки стратегий институциональных форм / В.И. Щелкунов // Проблемы системного подхода в экономике: сб. науч. тр. – К.: КМУГА, 1999. – С. 10-12.

48. Олянюк П.В. Мировая система воздушного транспорта : учеб. пособие / П.В. Олянюк // Академия ГА. – СПб., 2006. – 281 с.

49. Фалеев С.В. Современные проблемы создания двигателей летательных аппаратов [Электрон. ресурс]: электрон. уч. пособ. / С.В. Фалеев; Минобрнауки России, самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королева.

50. Андрейченков А.В. Анализ, синтез, планирование решений в экономике / А.В. Андрейченков, О.Н. Андрейченкова. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.

51. Андреев С.В. Особенности жизненного цикла ГТД / С.В. Андреев, А.Б. Белов // Двигатель. – 2008. – № 2. – С. 12-15.

52. Кривов Г.А. Мировая авиация на рубеже XX-XXI столетий / Г.А. Кривов, В.А. Матвиенко, Л.Ф. Афанасьева. – К.: Промышленность, рынки, 2003. – 296 с.

53. Клочков В.В. Организация конкурентного производства и послепродажного обслуживания авиадвигателей. – М.: Экономика и финансы, 2006. – 464 с.

54. Перспективы военной авиации на 30 лет / Обзор ОНТИ ЦАГИ, 1987. - № 28. - С. 1-32. (Серия - Авиастроение).

Надійшла до редколегії 9.04.2013

Рецензент: д-р техн. наук, ст. наук. співр. Є.О. Українець, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ПУТИ ОЦЕНКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ДВИГАТЕЛЯ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ В СИСТЕМЕ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В.В. Войтенко, В.В. Логинов

В статье рассмотрены пути оценки эффективности жизненного цикла авиационного двигателя силовой установки в системе летательного аппарата военного назначения. Обоснована необходимость разработки единой методологии определения характеристик жизненного цикла авиационного двигателя в системе самолета военного назначения. Показано, что техническое обслуживание авиационной техники проводится по нескольким методам технической эксплуатации, отличающихся моделями расчета этапов жизненного цикла двигателя. Обоснована необходимость учитывать расходы военной организации на этапах планирования, ускоренного доведения, модернизации или модификации авиационной техники в условиях ограниченных финансовых ресурсов. Ключевые слова: летательный аппарат, двигатель, силовая установка, стоимость жизненного цикла, технико-экономическая эффективность, комплексный показатель.

Ключевые слова: летательный аппарат, двигатель, силовая установка, стоимость жизненного цикла, технико-экономическая эффективность, комплексный показатель.

LIFE CYCLE ASSESSMENT OF THE WAY THE ENGINE POWER UNIT IN THE MILITARY AIRCRAFT

V.V. Voitenko, V.V. Loginov

The article deals with the ways of evaluating the effectiveness of life cycle aircraft engine propulsion system of an aircraft for military use. The necessity of developing a common methodology for determining the characteristics of the life cycle air engine in the system of military aircraft. Shown that maintenance of aircraft produced by several methods of technical operation, which differ model calculation stages of the life cycle engine. The necessity to consider the cost of military organization in the planning phase, accelerated proof upgrades or modifications to aircraft with limited financial resources.

Keywords: aircraft, engine, power plant, life cycle cost, technical and economic efficiency, a comprehensive index.