

Аніпко О.Б.¹, д.техн.н., професор, Калкаманов С.А.¹, д.техн.н., професор,
Приймак А.В.², к.техн.н., с.н.с.

ФОРМУЛИ ПРІОРИТЕТІВ І ХІНСАЙД-АНАЛІЗ ПРИ ВАРІАНТНИХ ПРОРОБКАХ НА ЕТАПІ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО ЛІТАКА

¹Національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків
²Національний аерокосмічний університет імені М.Є. Жуковського (ХАІ), Харків

Ключові слова: досягнутий рівень, формула пріоритетів, єдиний підхід, показник транспортної системи, нове рішення, можливі варіанти, інтеграційні властивості, показник інтеграції, порівняльний аналіз, хінсайд.

Сучасний етап досягнутого рівня технологій і техніки характеризується інтенсивною зміною зразків і навіть поколінь. Тому, для своєчасного постачання на ринок конкурентоспроможних зразків, необхідно вже на етапі концептуальних напрацювань перспективного зразка спрогнозувати основні значення його технічних характеристик і чітко сформулювати пріоритети.

Етапу концептуального проектування різних зразків техніки присвячено безліч публікацій наукового [1–4] і навчального характеру [5]. Практично в усіх наведених тут і інших публікаціях наголошується на важливості аналізу досягнутого рівня реалізованих проектів для прогнозування показників технічних вимог перспективних зразків. Однак єдиного, універсального підходу при вирішенні цього завдання до теперішнього часу не розроблено. Відзначимо, що для його вирішення використовуються найрізноманітніші методи, від простого призначення показника, до статистичного аналізу даних за певний період часу. У такий спосіб завдання вирішується, головним чином, стосовно одного показника, як правило, одиничного базового, в кращому випадку – питомого. При цьому, сучасні зразки техніки і навіть їх окремі компоненти є складними технічними системами (СТС), що зумовлює наявність комплексного взаємозв'язку між окремими їх показниками [6, 7].

Беручи до уваги складність взаємозв'язків між показниками і характеристиками СТС, а також те, що помилки чи прорахунки, допущені на етапі концептуального проектування, важко піддаються корекції і можуть стати причиною зриву реалізації розробки, оскільки іноді виявляються лише в процесі випробувань дослідного зразка, доцільним є здійснювати рішення вихідної задачі із застосуванням інтегральних або комплексних показників, які дозволяють виконувати несуперечливе визначення показників технічних характеристик перспективного зразка із дотриманням призначеного пріоритету.

Стосовно транспортного літака пріоритетами при розробці перспективного зразка можуть бути:

1. Економічність повітряного судна (E).
2. Маса (злітна маса, маса корисного (комерційного) навантаження (M)).
3. Тривалість життєвого циклу ($TЖЦ$).
4. Тягоозброєність ($ТО$) і т.д.

Надалі формулою пріоритетів будемо називати послідовність властивостей в порядку убуття їх важливості, що реалізуються в процесі проектування транспортного літака. Для наданих пріоритетів зазначені формули можуть мати вигляд:

$$\begin{aligned} & \text{Э} - \text{М} - \text{ТЖЦ} - \text{ТО} \\ & \text{М} - \text{ТЖЦ} - \text{ТО} - \text{Э} \\ & \text{ТЖЦ} - \text{ТО} - \text{Э} - \text{М} \\ & \text{ТО} - \text{Э} - \text{М} - \text{ТЖЦ} \\ & \text{Э} - \text{М} - \text{ТО} - \text{ТЖЦ} \end{aligned} \quad (1)$$

і так далі.

Коли такі завдання верхнього і нижнього ієрархічних рівнів вирішуються ОКРЕМО, то такий апарат і інформація можуть бути продуктом рішення задачі оптимізації елементів системи.

Розробка підсистем супроводжується прагненням забезпечити найбільш можливу ефективність об'єкта як системи у відповідності із певним пріоритетом, часто навіть в супереч оптимізації підсистем. Для виконання такого проектування необхідний апарат і інформація, що дозволяють оцінити вплив зміни показників підсистем на загальний технічний рівень і ефективність.

Тому, видається природним вимагати використання на нижньому і верхньому рівнях, при проектуванні, однакових підходів і показників, а також єдиних критеріїв для порівняння варіантів. Однак, з огляду на велику кількість прямих і зворотних зв'язків цього недостатньо. Тому вводяться загальні показники і на проміжних ієрархічних рівнях, які при зміні показників верхнього або нижнього рівнів повинні інформувати, щонайменше, про не погіршення властивостей підсистеми. Крім того, важливо врахувати наступні особливості:

- при проектуванні об'єкта можлива оптимізація підсистем в буквальному сенсі, тобто визначення кращих параметрів у відповідності із цільовою функцією;
- не усі підсистеми створюються разом і для даного об'єкта (запозичені вироби, комплектуючі тощо).

Перша особливість є важливою стосовно постулату системотехніки про те, що система, складена із оптимальних систем, не є оптимальною. Тому методи оптимізації, в принципі, мають обмежене застосування для складних систем.

Друга із згаданих особливостей обмежує втручання проектувальника в зміну показників. У цьому випадку часто буває достатнім, при розгляді альтернативних варіантів, прямо оцінити вплив підсистеми на характеристики машини.

В цілому ж в умовах відсутності єдиного підходу до оцінки варіантів проектів або порівняння об'єктів, в якості критеріїв ефективності або вибору варіанту можуть бути використані часткові показники, що відображають точку зору осіб, які приймають рішення, по конкретній підсистемі або об'єкту в цілому. Ця обставина є додатковим аргументом щодо необхідності розробки єдиного підходу для аналізу варіантів і порівняння зразків, який має стати інструментом забезпечення системних принципів, як проектування, так і оцінки об'єктів. Однак на етапі навіть середньострокового прогнозу пряме застосування цього методу є проблемним з огляду на те, що, з одного боку, не усі одиничні базові показники відомі для прогнозованого зразка, а, з іншого – цей метод не дозволяє оцінити ступінь новизни і застосування передових досягнень, як за окремим показником, так і для об'єкта в цілому.

Таким чином, принципове питання про те, чи є прогнозований зразок наступним кроком у розвитку класу або типу техніки, або лише реалізацією одного із багатьох можливих варіантів конструкторських рішень, залишається відкритим.

Інтуїтивно зрозуміло, що для вирішення цього завдання необхідно спиратися на:

1. Формально описаний досягнутий рівень для даного класу (типу) техніки, що і є суттю змісту хінсайда в Форсайт-прогнозах.

2. Інтегральний (або як мінімум комплексний) показник, що характеризує основні властивості зразка техніки в межах класу або типу, і отриманий із урахуванням ієрархії показників, що формалізують опис СТС.

Принцип побудови ієрархічної структури СТС «літальний апарат» полягає у вирішенні завдання взаємного функціонального зв'язку і розподілу параметрів, показників і характеристик за рівнями, які містять одиничні і похідні від них величини.

Кожна підсистема включає елементи, які характеризуються як одиничними параметрами, так і інтегральними характеристиками.

Перший рівень містить базові величини елементів підсистем, другий – добутки, суми, різниці або відношення різних параметрів з першого рівня. Третій рівень включає добутки, суми, різниці або відношення різних параметрів з першого і другого рівнів. Четвертий рівень містить параметри з попередніх рівнів.

Таким чином, на самому верхньому рівні будуть комплексні показники і критерії СТС [3, 9]. Щодо транспортних же літаків викладений підхід може бути реалізований на основі розробленого показника транспортної системи N_{TC} [8]:

$$N_{TC} = \left(1 - \frac{M_{KH}}{M_{zl}}\right) \frac{L_p}{V_{max}} P_o, \quad (2)$$

де M_{KH} – маса корисного(комерційного) навантаження; M_{zl} – максимальна злітна маса; L_p – довжина розбігу; V_{max} – максимальна швидкість польоту; P_o – злітна тяга силової установки.

Використовуючи відомості щодо здійснених проектів транспортних літаків побудована залежність $N_{TC} = f(M_{zl})$, як може бути описана функцією:

$$N_{TC} = -90,25 + 0,0064M_{zl} + 3 \times 10^{-9} M_{zl}^2. \quad (3)$$

Тут доречно підкреслити, що представлена залежність із урахуванням середньоквадратичного відхилення отриманих значень N_{TC} від середнього (σ), оціненого у процесі інтерполяції є смугою, в межах якої і знаходяться поєднання показників льотно-технічних характеристик (ЛТХ) для досягнутого рівня техніки і технології. Оскільки ці проекти здійснені, то і відповідні поєднання ЛТХ не вимагають доказів можливості існування і достовірності.

Таким чином, смуга $N_{TC}(M_{zl}) \pm k\sigma$ на рис. 1, являє собою хінсайд для цього типу техніки і, отже, використовуючи показник транспортної системи, що розрахований для перспективного (нового) зразка, можна говорити про те, чи є прогнозований зразок якісно новим рішенням або одним із варіантів поєднання показників.

Так, якщо для перспективного зразка показник N_{TC} виходить за межі смуги $N_{TC}(M_{zl}) \pm k\sigma$, де $k = 1, 2, \dots$, то в будь-якому випадку це є нове рішення. До речі, найкращим буде те з них, для якого при тому ж M_{zl} показник N_{TC} буде найменшим.

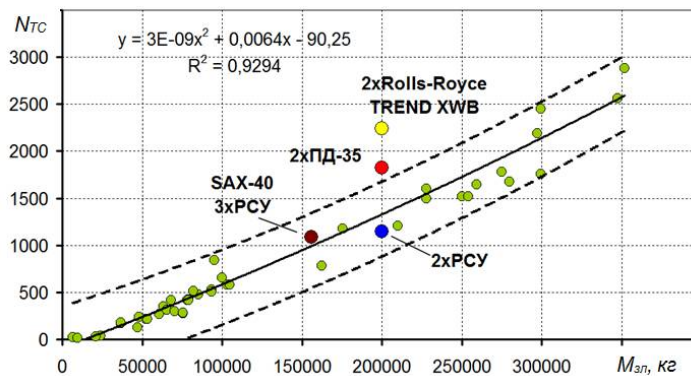


Рисунок 1 – Залежність $N_{TC} = f(M_{zl})$ для транспортних літаків

З іншого ж боку, визначене для перспективного зразка значення показника N_{TC} дозволяє визначити поєднання одиничних базових ЛТХ і, таким чином, визначити напрямки перспективних конструкторських проробок. Тут доречно підкреслити, що ця процедура відноситься до класу обернених задач з точки зору її математичного формулювання, оскільки існує нескінченно велика кількість варіантів поєднань. На цьому етапі, для обґрунтованого обмеження кількості можливих варіантів доцільно скористатися додатковими даними хінсайда, такими як залежності злітної маси від вантажопідйомності для транспортних літаків.

При визначенні показників силової установки (СУ) корисно використовувати залежність тяги СУ від злітної маси, яка наведена на рис. 2, а також показник інтеграції СУ і планера [9].

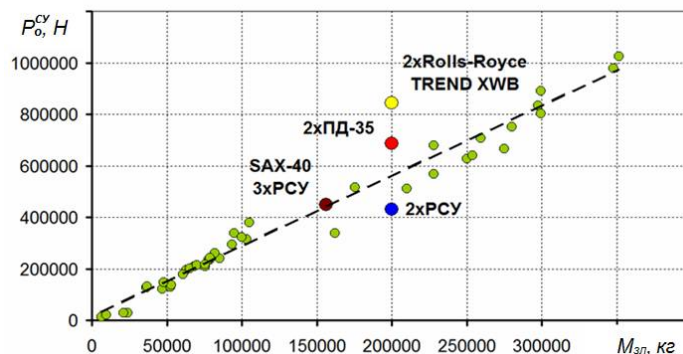


Рисунок 2 – Залежність $P_o^{CY} = f(M_{zl})$, що отримана для існуючих та перспективних транспортних літаків

Аналіз існуючих підходів показує, що вирішення проблеми інтеграції СУ і планера повітряного судна (ПС) побудовано, в основному, на рівні узгодження або оптимізації їх характеристик і не завжди дозволяє отримати необхідні характеристики в експлуатації. В результаті цього підвищуються матеріальні витрати як проектних, так і виробничих організацій на доведення виробів.

Інтеграція планера і СУ як комплексна проблема синтезу ПС включає в себе етапи: параметричний, критеріальний, конструктивний і технологічний. Найбільший інтерес представляє параметрична інтеграція, оскільки вона має найбільший вплив на визначення ЛТХ ПС на етапі попередніх розробок. Для дослідження параметрів СУ з

метою виявлення загальних закономірностей їх зміни необхідно поруч із комплексом конкретних льотно-технічних критеріїв оцінки ПС, розглянутих вище, мати єдиний узагальнюючий критерій, який би характеризував ефективність СУ в системі ПС і дозволяв знаходити оптимальні рішення в загальному вигляді. Різноманітність критеріїв пояснюється тим, що до різних ПС пред'являються в кожному конкретному випадку певні вимоги, які висуваються замовником. Для кожного конкретного проекту може вибиратися своя певна множина критеріїв і обмежень.

Для транспортного літака в якості зазначеного вище критерію може бути використаний показник інтеграції планера та СУ. Для його отримання уведемо наступні співвідношення: $(P_{\text{дв}} / G_{\text{зл}}) / S_{\text{нп}}$ – характеризує тягові можливості СУ на 1 м^2 несучої поверхні ПС; $C_{x_2} / S_{\text{м}}$ – характеризує питомий аеродинамічний опір гондоли в системі планера. Далі необхідно виділити тягу двигуна (або СУ), що припадає на питомий опір ПС, віднесено до 1 м^2 несучої поверхні. В результаті отримаємо наступний вигляд вказаного показника:

$$P_{\text{инт}} = \frac{(P_{\text{дв}} / G_{\text{зл}}) / S_{\text{нп}}}{C_{x_2} / S_{\text{м}}} = \frac{(P_{\text{дв}} / G_{\text{зл}}) S_{\text{м}}}{S_{\text{нп}} C_{x_2}}, \quad (4)$$

де $P_{\text{дв}}$ – тяга двигуна; $S_{\text{м}}$ – площа міделевого перетину ПС; $S_{\text{нп}}$ – площа несучої поверхні планера ПС; C_{x_2} – коефіцієнт аеродинамічного опору гондоли двигуна.

Фізична сутність розробленого показника інтеграції полягає у визначенні інтеграційної властивості ПС з урахуванням тягових, аеродинамічних і геометричних характеристик. Розроблений показник застосований для порівняльної оцінки транспортних літаків [9]. Літаки обрані з різним числом двигунів і розподілені по чотирьом групам: літаки з $4 \times \text{ТРД}$; літаки з $2 \times \text{ТРДД}$; літаки з $2 \times \text{ТРДД}$ і $1 \times \text{ТРД}$; літаки з $4 \times \text{ТРДД}$.

З використанням (4) стає можливим отримати деякі опорні значення конструктивних розмірів літака, таких як площа перетину по міделю, значення коефіцієнта лобового опору гондоли C_{x_2} , площа несучої поверхні. Відзначимо, що задача використання показника інтеграції СУ і планера для визначення відповідних показників, так само як і для описаного вище випадку з $N_{\text{ТС}}$, відноситься до класу обернених задач.

В цілому ж, показник інтеграції носить загальний характер і враховує основні характеристики СУ і планера ПС. Цей показник можна використовувати як для прямого визначення характеристик ПС, так і навпаки, задавшись його значенням, можна визначати параметри ПС як єдиної технічної системи. Визначаючи значення показника інтеграції для групи ПС, можна отримати узагальнені рівняння залежностей показника інтеграції від параметрів і характеристик СУ, а також елементів планера ПС.

Таким чином, розроблений показник інтеграції чутливий до кількості силових установок на ПС, дозволяє оцінювати ступінь (глибину) інтеграції планера і СУ ПС на етапах попередніх розробок, достатньо об'єктивно характеризує ступінь технічної досконалості конструктивно-компоновочного рішення ПС як єдиної технічної системи. Крім того, за допомогою розробленого показника інтеграції можна вирішувати і зворотну задачу. Задаючи значення показника інтеграції для обраного діапазону характеристик планера, можна визначати параметри і характеристики двигуна силової установки.

Для проведення порівняльного аналізу необхідно визначити основні принципи вибору показників і критеріїв, за якими необхідно оцінити ступінь інтеграції силової установки і планера транспортного ПС.

Висновки: Таким чином, на основі застосування відповідних показників розроблений регулярний підхід щодо оцінки ступеня інноваційності показників перспективного транспортного літака та формалізований хінсайд для цього класу повітряних суден. Враховуючи, що запропонований показник транспортної системи відображає досягнутий технічний рівень при створенні транспортних літаків, побудована функція, що послідовно відображає розвиток літаків цього класу, повинна доповнюватися показниками реалізованих вже проєктів. Доцільно при розробці форсайта оцінювати перспективні значення запропонованих інтегральних показників з подальшим переходом до аналізу окремих конструктивних і льотно-технічних характеристик літака.

Література

1. Marcus Shon. Possible application of cognitive computing as a means of technology foresight//Research activities 2017, p. 24–25.
2. Joubert P.N. Some Aspects of Submarine Design. Part 1. Hydrodynamics. 2004. 73 p.
3. Анипко О.Б. Концептуальное проектирование объектов бронетанковой техники / О.Б. Анипко, М.Д. Борисюк, Ю.М. Бусяк. – Харків: НТУ «ХПІ», 2008 – 198 с.
4. Project Management in Nuclear Power. Technical Reports. IAEA Nuclear Energy Series. №6, №P-T-2.7. 139 p.
5. Комаров В.А. Концептуальное проектирование самолёта: учеб. пособие / В.А. Комарови др. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2013. – 120 с.
6. Захаров И.Г. Концептуальный анализ в военном кораблестроении. – СПб.: Судостроение, 2001. – 264 с.
7. Анипко О.Б. Перечень показателей свойств и база данных ГТХ транспортного летательного аппарата как сложной технической системы // О.Б. Анипко, А.В. Приймак, Ю.И. Миргород / Интегровані технології та енергозбереження. – Харків: НТУ «ХПІ», 2013. – №1. – С. 123–125.
8. Научные основы интегрированного проектирования самолетов транспортной категории / Д.С. Кива, А.Г. Гребеников – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2014. – Ч. 3. – 376 с.
9. Анипко О.Б. Интеграция силовой установки и планера транспортного самолета / О.Б. Анипко, В.Г. Башинский, В.В. Логинов, В.Б. Семенов. – Запорожье: Издательский комплекс АО «Мотор Сич», 2013 – 329 с.
10. Маслов В.Г. Теория и методы начальных этапов проектирования авиационных ГТД / В.Г. Маслов, В.С. Кузьмичев, А.Н. Коварцев, В.А. Григорьев. – Самара: СГАУ, 1996. – 147 с.
11. Соболев И.М. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями / И.М. Соболев, Р.Б. Статников. – М.: Наука, 1981. – 110 с.
12. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач / Ф.П. Васильев. – М.: Наука, 1988. – 698 с.
13. Подиновский В.В. Паретооптимальные решения многокритериальных задач / В.В. Подиновский, В.Д. Ногин. – М.: Наука, 1982. – 232 с.

Bibliography (transliterated)

1. Marcus Shon. Possible application of cognitive computing as a means of technology foresight//Research activities 2017, p. 24–25.

2. Joubert P.N. Some Aspects of Submarine Design. Part 1. Hydrodynamics. 2004. 73 p.
3. Anipko O.B. Kontseptualnoe proektirovanie ob'ektov bronetankovoy tehniki /O.B. Anipko, M.D. Borisyuk, Yu.M. Busyak. – Harkiv: NTU «HPI», 2008 – 198 p.
4. Project Management in Nuclear Power. Technical Reports. IAEA Nuclear Energy Series. #6, #R-T-2.7. 139 r.
5. Komarov V.A. Kontseptualnoe proektirovanie samolyota: ucheb. posobie / V.A. Komarovi dr. – Samara: Izd-vo Samar. gos. aerokosm. un-ta, 2013. – 120 p.
6. Zaharov I.G. Kontseptualnyy analiz v voennom korablestroenii. – SPb.: Sudostroenie, 2001. – 264 p.
7. Anipko O.B. Perechen pokazateley svoystv i baza dannykh TTH transportnogo letatel'nogo apparata kak slozhnoy tehnikeskoy sistemy // O.B. Anipko, A.V. Priymak, Yu.I. Mirgorod / Integrovani tehnologii ta energozberezhennya. – Harkiv: NTU «HPI», 2013. – #1. – P. 123–125.
8. Nauchnyie osnovy integririvannogo proektirovaniya samoletov transportnoy kategorii / D.S. Kiva, A.G. Grebenikov – H.: Nats. aerokosm. un-t im. N.E. Zhukovskogo «Hark. aviats. in-t», 2014. – Ch. 3. – 376 p.
9. Anipko O.B. Integratsiya silovoy ustanovki i planera transportnogo samoleta / O.B. Anipko, V.G. Bashinskiy, V.V. Loginov, V.B. Semenov. – Zaporozhe: Izdatelskiy kompleks AO «Motor Sich», 2013 – 329 p.
10. Maslov V.G. Teoriya i metody nachalnykh etapov proektirovaniya aviatsionnykh GTD / V.G. Maslov, V.S. Kuzmichev, A.N. Kovartsev, V.A. Grigorev. – Samara: SGAU, 1996. – 147 p.
11. Sobol I.M. Vyibor optimalnykh parametrov v zadachah so mnogimi kriteriyami / I.M. Sobol, R.B. Statnikov. – M.: Nauka, 1981. – 110 p.
12. Vasilev F.P. Chislennyye metody resheniya ekstremalnykh zadach /F.P. Vasilev. – M.: Nauka, 1988. – 698 p.
13. Podinovskiy V.V. Paretooptimalnyie resheniya mnogokriterialnykh zadach / V.V. Podinovskiy, V.D. Nogin. – M.: Nauka, 1982. – 232 p.

УДК 621.45.02.024:05.054

Аніпко О.Б., д.техн.н., професор, Калкаманов С.А., д.техн.н., професор,
Приймак А.В., к.техн.н., с.н.с

ФОРМУЛИ ПРІОРИТЕТІВ І ХІНСАЙД-АНАЛІЗ ПРИ ВАРІАНТНИХ ПРОРОБКАХ НА ЕТАПІ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО ЛІТАКА

Процес створення зразків будь-якої техніки, в тому числі й авіаційної техніки є достатньо складним багатоетапним процесом, який спрямований на вирішення цілого ряду різноманітних по складності завдань. Однак, якщо питання та завдання, які вирішуються безпосередньо на етапах проектування є достатньо добре вивченими та піддаються чіткій формалізації, то етапи концептуального проектування, на яких приймаються рішення про розробку проекту зразка вивчені недостатньо. Особливий інтерес викликає вирішення завдання оцінки фактично досягнутого технічного рівня вже реалізованих зразків техніки з подальшим прогнозування показників технічних вимог на перспективу та встановленням пріоритетності їх реалізації безпосередньо в процесі проє-

ктування. Показано, що його вирішення принципово можливе шляхом застосування інтегральних або комплексних показників, які дозволяють виконувати несуперечливе визначення показників технічних характеристик перспективного зразка із дотриманням призначеного пріоритету.

В статті розроблено основи такого підходу та продемонстрована можливість його реалізації на основі аналізу показників та льотно-технічних характеристик перспективного транспортного літака.

В рамках проведених досліджень розроблений регулярний підхід щодо оцінки ступеня інноваційності показників перспективного транспортного літака та формалізований хінсайд для цього класу повітряних суден на основі комплексного застосування розроблених авторами статті показників транспортної системи та інтеграції планера і силової установки літака. Продемонстровано високу їх ефективність щодо вирішення часткових завдань дослідження, таких як: оцінка ступеня інноваційності безпосередньо нового зразка транспортного літака; визначення напрямків перспективних конструкторських проробок; узгодження та встановлення пріоритетності показників та характеристик планера та силової установки літака.

Ключові слова: досягнутий рівень, формула пріоритетів, єдиний підхід, показник транспортної системи, нове рішення, можливі варіанти, інтеграційні властивості, показник інтеграції, порівняльний аналіз, хінсайд

Анипко О.Б., д.техн.н., професор, Калкаманов С.А., д.техн.н., професор,
Приймак А.В., к.техн.н., с.н.с

ФОРМУЛЫ ПРИОРИТЕТОВ И ХИНСАЙД-АНАЛИЗ ПРИ ВАРИАНТНЫХ ПРОРАБОТКАХ НА ЭТАПЕ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОГО САМОЛЕТА

Процесс создания образцов любой техники, в том числе и авиационной техники, является достаточно сложным многоэтапным процессом, который направлен на решение целого ряда различных по сложности задач. Однако, если вопросы и задачи, решаемые непосредственно на этапах проектирования достаточно хорошо изученными и поддаются четкой формализации, то этапы концептуального проектирования, на которых принимаются решения о разработке проекта образца изучены недостаточно. Особый интерес вызывает решение задачи оценки фактически достигнутого технического уровня уже реализованных образцов техники с последующим прогнозированием показателей технических требований на перспективу и установлением приоритетности их реализации непосредственно в процессе проектирования. Показано, что ее решение принципиально возможно путем использования интегральных или комплексных показателей, позволяющих выполнять непротиворечивое определение показателей технических характеристик перспективного образца с соблюдением назначенного приоритета.

В статье разработаны основы такого подхода и продемонстрирована возможность его реализации на основе анализа показателей и летно-технических характеристик перспективного транспортного самолета.

В рамках проведенных исследований разработан регулярный подход к оценке степени инновационности показателей перспективного транспортного самолета и формализован хінсайд для этого класса воздушных судов на основе комплексного использования разработанных авторами статьи показателей транспортной системы и интеграции планера и силовой установки самолета. Продемонстрирована высокая их эффективность по решению частных задач исследования, таких как: оценка степени инноваци-

онности непосредственно нового образца транспортного самолета; определение направлений перспективных конструкторских проработок; согласование и установление приоритетности показателей и характеристик планера и силовой установки самолета.

Ключевые слова: достигнутый уровень, формула приоритетов, единый подход, показатель транспортной системы, новое решение, возможные варианты, интеграционные свойства, показатель интеграции, сравнительный анализ, хинсайд

Anipko O.B., Kalkamanov C.A., Pryimak A.V.

PRIORITY FORMULAS AND HINDSIGHT ANALYSIS IN VARIATIONAL TREATMENT AT THE STAGE OF CONCEPTUAL DESIGN OF TRANSPORT AIRCRAFT (UTILITY AIRCRAFT)

The process of creating samples of any equipment, including aircraft, is a rather complex multi-stage process, which is aimed at solving a large number of various tasks in complexity. However, though the questions and tasks to be solved directly at the stage of design are well studied and clearly formalized, the stages of conceptual design where development decisions of prototype design are made have not been studied sufficiently. Of particular interest is the solution to the problem of assessment of actually achieved technical level of equipment models already implemented with the subsequent prediction of technical requirements for future and establishing the priority of their implementation directly in the design process. It is shown that such a solution is fundamentally possible, which allows to perform a coherent determination of indicators of technical characteristics of a prospective prototype in compliance with the priorities.

The article develops the foundations of such an approach and demonstrates the possibility of its implementation based on an analysis of indicators and aircraft performance characteristics of a perspective transport aircraft (utility aircraft).

In the framework of the research, a regular approach of the assessment of degree of innovation indicators of a perspective transport aircraft has been developed and hindsight for this class of aircraft on the basis of the integrated use of the transport system indicators and the integration of airframe and power system of the aircraft developed by the authors of the article have been formulated.. The high efficiency of the approach in solving particular research problems, such as: assessment of the innovation degree of a directly new model of a transport aircraft; determination of the directions of perspective design developments; coordination and prioritization of indicators and characteristics of the airframe and engine of the aircraft has been demonstrated.

Keywords: achieved level, priority formula, unified approach, transport system indicator, new solution, possible options, integration properties, integration indicator, comparative analysis, hindsight