

Д. І. Конотоп<sup>1</sup>, к.т.н., старший викладач

## ЗНАННЯ-ОРІЄНТОВАНА СИСТЕМА ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

**Ua**

У цій статті на основі виконаного аналізу та викладених теоретичних підходів предметної галузі «Проектування ЛА на ескізному етапі» запропоновано метод проектування ЛА, який дозволяє математично достатньо ефективно реалізувати процес побудови ЛА, на прикладі ЛА з використанням онтологічного підходу. Підхід дозволяє визначити шляхи формалізації двох основних ситуацій, які мають місце при проектуванні ЛА: послідовного ускладнення та уточнення (низхідне проектування) та послідовного спрощення (висхідне проектування). Запропонована технологія дозволяє суттєво зменшити загальний час проектування ЛА завдяки використанню кількох рівнів декомпозиції моделі.

Застосування онтологічного підходу полегшує процес проектування, дозволяє вирішити основні завдання сучасного проектування на різних етапах створення ЛА, узгодити паралельну роботу конструкторів над проектом.

Про основні переваги використання онтології проектування ЛА, що розробляються, є:

- 1) ефективне компактне представлення системи знань предметної галузі «Проектування ЛА» на базі сучасних інформаційних технологій (специфікація та концептуалізація);
- 2) пошук інформації в системі знань отриманої онтології (отримання довідкової та навчальної інформації);
- 3) постановка та вирішення необхідних прикладних завдань у рамках даної предметної області (завдання вагового проектування, центрування ЛА);
- 4) розвиток системи та отримання нових знань або впорядкування існуючих, перевірка їхньої несуперечності, корекція дерева проекту ЛА.

**En**

This article, based on the analysis and the theoretical approaches of the subject area "Design of aircraft at the sketch stage" proposed a method of aircraft design, which allows mathematically sufficiently effective implementation of the process of aircraft construction, on the example of aircraft using an ontological approach. The approach allows us to identify ways to formalize the two main situations that occur in the design of aircraft: sequential complication and refinement (descending design) and consistent simplification (ascending design). The proposed technology allows to significantly reducing the total design time of the aircraft through the use of several levels of model decomposition.

The application of the ontological approach facilitates the design process, allows solving the main tasks of modern design at different stages of aircraft creation, to coordinate the parallel work of designers on the project.

The main advantages of using the ontology design of the developed aircraft are:

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

- 1) effective compact presentation of the knowledge system of the subject area "Design of aircraft" on the basis of modern information technologies (specification and conceptualization);
- 2) search for information in the system of knowledge of the obtained ontology (obtaining reference and educational information);
- 3) formulation and solution of the necessary applied tasks within the given subject area (tasks of weight design, centering of the aircraft);
- 4) development of the system and acquisition of new knowledge or streamlining of existing ones, verification of their consistency, correction of the aircraft design tree.

## Вступ

Проектування літального апарату (ЛА) є розвиненою ієрархічною структурою з великою кількістю елементів та внутрішніх зв'язків. Під час проектування ЛА використовуються методи аналізу, декомпозиції та синтезу [1 – 3].

У зв'язку із підвищенням вимог до якості розрахункового проектування та пов'язаного із ним якості моделювання суттєво зростає обсяг та складність геометричних моделей (ГМ) конструкції, систем та обладнання ЛА.

У сучасних *PLM*-системах реалізований метод послідовної деталізації (МПД) під час проектування ЛА у *CAD/CAM/CAE*-системах та втілені у життя такі функції управління процесом проектування ЛА, як: декомпозиція та синтез [4, 5].

Однак *PLM*-системи використовують традиційні інформаційні технології управління базами даних, при яких декомпозиція та синтез даних забезпечуються універсальними алгоритмами, жорстко зашитими у програмний код систем управління базами даних (СУБД). Подібний підхід не дозволяє застосувати МПД для формування синтезу властивостей складних ГМ.

Сучасне проектування геометричної моделі ЛА з використанням інформаційних технологій є багатоетапним процесом [4], який включає наступні етапи: складання технічного завдання (ТЗ) та технічної пропозиції (ТП); проектування моделі майстер-геометрії (ММГ) ЛА; моделі розподілу об'єктів (МРО) – рівень опрацювання ескізного та технічного етапів проектування (попереднє проектування); моделі повного визначення виробу (рівень робочого проектування).

У ММГ визначаються та моделюються на основі вимог ТЗ та ТП основні теоретичні поверхні та положення основних силових елементів конструкції ЛА.

МРО – рівень опрацювання ескізного та технічного етапів проектування (попереднє проектування). Даному етапу у статті приділяється пер-

шочергова увага через те, що на ньому закладаються всі основні наукомісткі рішення проектування ЛА.

У разі створення перерахованих вище стадій використовується технологія паралельного проектування, яка забезпечує прямий і зворотний зв'язок поточного та попереднього етапів.

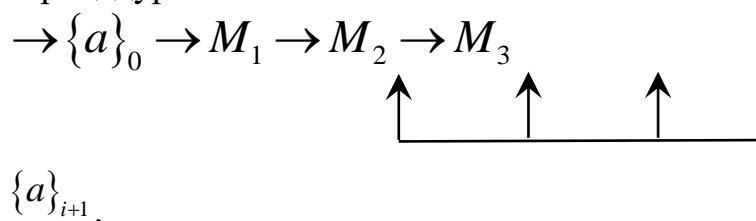
Кінцевим результатом сучасного проектування з використанням *CAD/CAM/CAE* та *PLM*-систем є створення ГМ ЛА, яка відповідає вимогам критеріїв якості, та підготовка робочої документації з метою передачі їх на виробництво [6].

### Постановка задачі

Представити концепцію проектування ЛА із застосуванням знання-орієнтованої системи та принципів аналізу, декомпозиції та синтезу.

### Розробка знання-орієнтованого підходу під час проектування ЛА

Процес проектування ЛА можна подати у вигляді наступної ітераційної процедури:



де  $\{a\}_0$  – вихідні дані (ТЗ),  $M_i$  – створення ГМ на етапах проектування ММГ, МРО та МПОІ відповідно,  $\{a\}_{i+1}$  – нові (змінені) параметри, уточнення проектування, що з'являються за результатами проектування наступних етапів проектування, після чого можуть бути внесені зміни на попередні етапи.

Вище перелічені етапи проектування ЛА можна поєднати у такі глобальні групи: зовнішнє проектування (ТЗ, ТП), формування вигляду (ММГ) та внутрішнє проектування (останні, більш детальні етапи).

Позначимо  $a = (a_1, a_2, \dots, a_N)$  – вектор конструктивних параметрів ЛА, кожен із яких включає певні обмеження (функціональні, геометричні...) залежно від типу параметра,  $a \in A$ .

Вибір координат вектора та множини  $A$  проводиться на основі досвіду проектування подібних ЛА. Для критерію ефективності  $F(a)$  конструктивних параметрів  $a \in A$  завдання оптимального проектування на ескізному етапі під час створення геометричної моделі із урахуванням обмежень, накладених на попередньому етапі – МГ, полягає у визначенні вектора конструктивних параметрів:

$$a^0 \in \text{Arg max}_{a \in A} F(a), \quad (1)$$

де  $\text{Arg max}_{a \in A} F(a) = \{a \in A \mid F(a) = \max_{a \in A} F(a)\}$ .

Проектування ЛА пов'язане із великою розмірністю  $N$  вектора  $a$ , що вимагає великих ресурсів для визначення значень  $F(a)$ . Тому для вирішення (1) необхідно використати метод декомпозиції.

Декомпозиція полягає у розкладанні вихідної системи на ряд незалежних підсистем. У конструкції об'єкта одним із основних співвідношень є співвідношення «частина-ціле», яке можна зобразити теоретико-множинною операцією об'єднання:

$$A = \bigcup_{i \in I} a_i,$$

де  $i \in I$ , що складає сукупність частин, які об'єднують  $a_i$  в одне ціле –  $A$ .

Структура даних проекту ескізного етапу створення ЛА має вигляд дерева [7], приклад якого представлений на рис. 1.

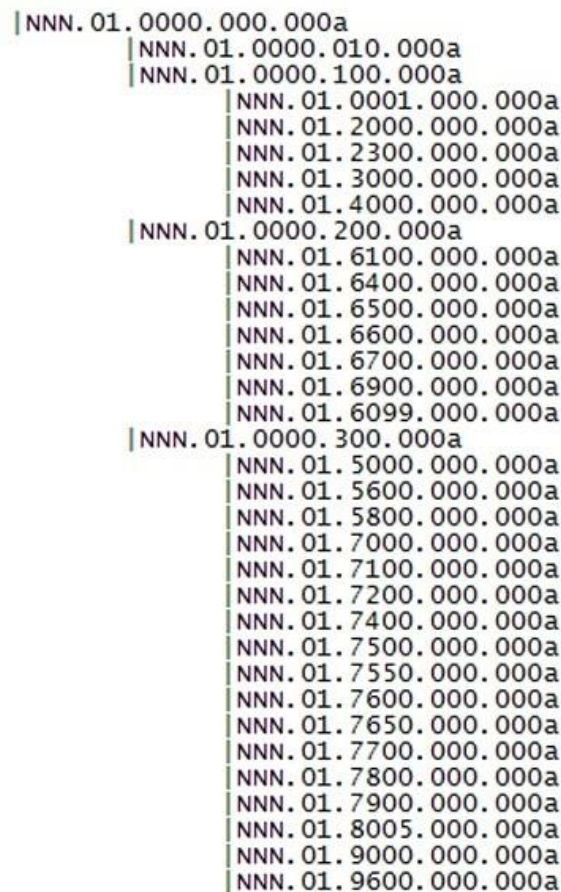


Рис. 1. Приклад дерева проекту МРО виробу ЛА NNN

У дереві загальна модель ЛА представляється як сукупність моделей субоб'єктів (складових загальної моделі: складальних одиниць і деталей), кожна із яких досліджується окремо з своїм безліччю конструктивних параметрів  $a_i \in A$ .

Дерево проекту показує позначення основних складальних одиниць конструкції, силової установки, систем та обладнання ЛА, а також включає

розроблену ММГ ЛА у вигляді спроектованих ГМ ЛА у певних CAD/CAM/CAE -системах.

Наприклад, *NNN.01.0000.000.000a* – ключ головного складання, яке означає, що дана збірна одиниця розкриває першу модифікацію виробу ЛА, позначеного малюнку, як *NNN*. Дана складальна одиниця включає всі складальні одиниці конструкції, силового набору, а також системи та обладнання проектного ЛА.

На основі вищевикладених основних принципів проектування ГМ ЛА у процес проектування вводяться знання-орієнтовані інформаційні системи на прикладі застосування концепції онтологічних баз знань.

Онтологічні бази знань [8 – 10] дозволяють представити дані процесу проектування як упорядкованої структури з чітко визначеними зв'язками між різними складовими частинами процесу проектування, об'єднати між собою різні проектні дані, організувати зв'язок між різними етапами і завданнями проектування.

Розглянемо онтологію предметної області – «Проектування ЛА», яка містить поняття цієї предметної області, інтерпретацію знань та відносин усередині цієї галузі. Онтологія описує основні зв'язки та співвідношення між частинами процесу проектування та інтегрована у CAD/CAM/CAE та PLM-систему [11 – 14].

Процес проектування ЛА на етапі створення МРО (основний етап зовнішнього проектування ЛА) на чотири основні складові (підкласи проектування), які назвемо так: «Документація», «Забезпечення», «Геометрична модель» та «Характеристики файлу».

Основна частина цієї онтології – геометрична модель та її поділ на субоб'єкти. Геометрична модель містить 3D-моделі відповідно до вимог зовнішнього проектування та відображає структуру дерева проекту, відображеного на рис. 1.

Для представлення онтології проектування ЛА було обрано мову опису онтологій *OWL (Ontology Web Language)*. Приклад вищеописаної онтології на ескізному етапі проектування ЛА за результатами налагодження у програмі *Protégé* (модуль *OWLviz* пакета *Protégé*) показаний на рис. 2.

Код *OWL* за результатами моделювання у пакеті *Protégé 3.4.4* можна використовувати у подальшій роботі всередині бази знань, обробляючи цю інформацію у певній програмі, використовуючи *Java* - додатки для зв'язку CAD/CAM/CAE та PLM-систем та пакету *Protégé*.

Опишемо приклад використання розробленої онтології у разі декомпозиції та синтезі ГМ ЛА. На рис. 3 представлено ГМ панелі бічної задньої правої.

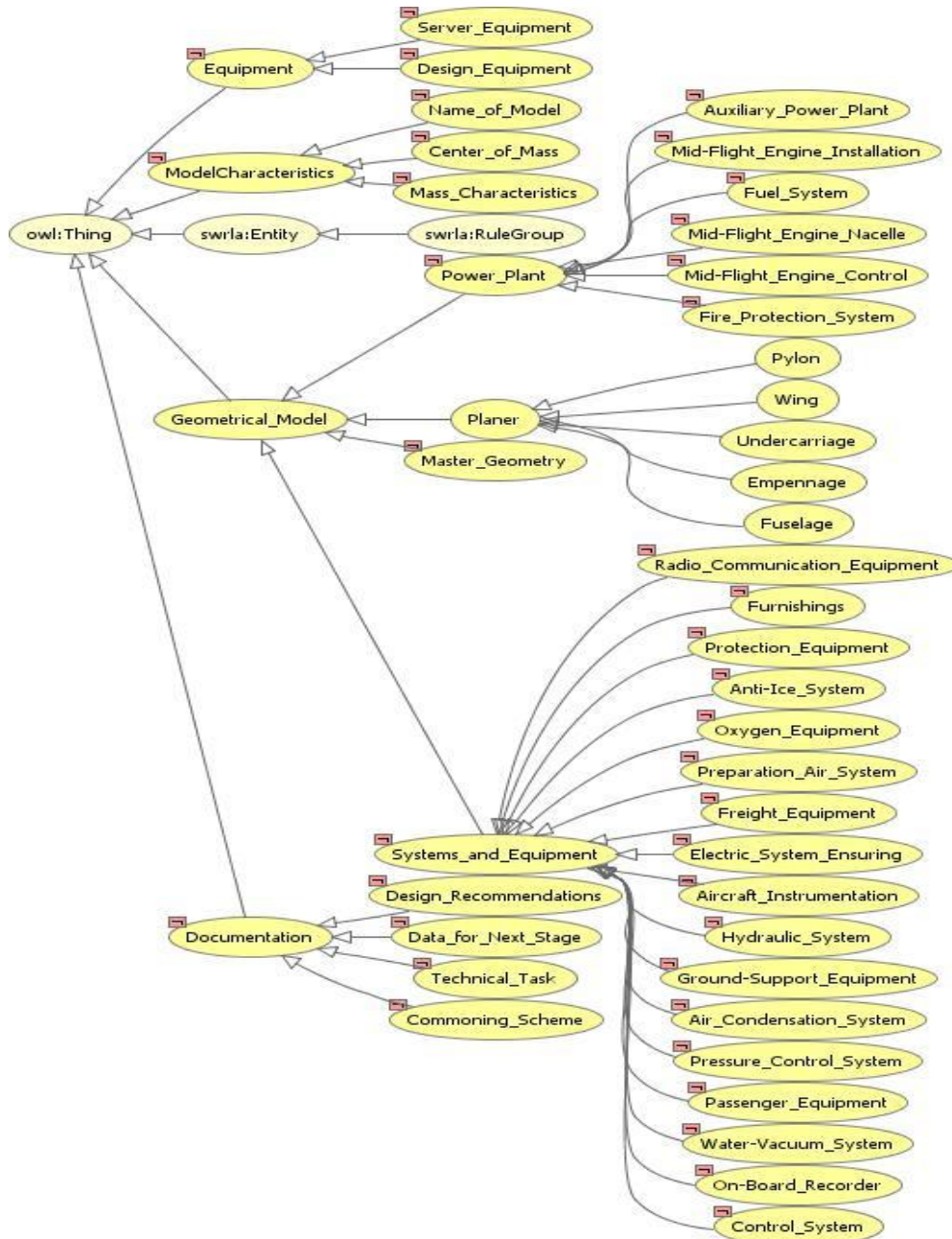


Рис. 2. Варіант онтології проектування ЛА

На рис. 4, *a* представлено структуру ГМ панелі бічної задньої правої після використання декомпозиції ГМ панелі і рис. 4, *б* – після синтезу. Синтез кінцевого результату на кожному поточному рівні декомпозиції являє собою об'єднання результатів завдань наступного рівня, порівняний за критеріями якості поточного рівня.

В результаті, завдяки онтології можливо внести зміни у ГМ виробу, що розробляється, і відстежити відображення змін у структурі шляхом управління основними параметрами ГМ в онтологічній базі знань, що також відображено на рис. 5, *a* і рис. 5.б, де представлено ГМ зміненого виробу.



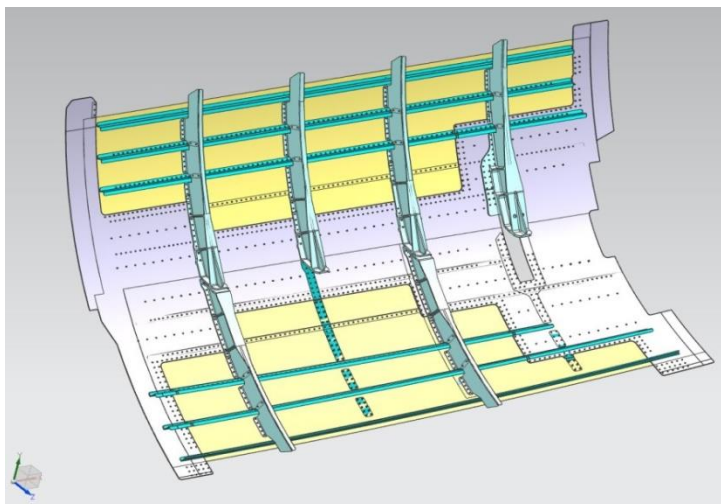


Рис. 3. ГМ панелі бічної задньої правої

### **Висновки**

Представлено концепцію проектування ЛА із застосуванням знання-орієнтованої системи та принципів аналізу, декомпозиції та синтезу, який дозволяє ефективно реалізувати процес побудови ЛА. Основними результатами розробленої знання-орієнтованої концепції під час проектування ЛА, на основі впровадження онтології, є:

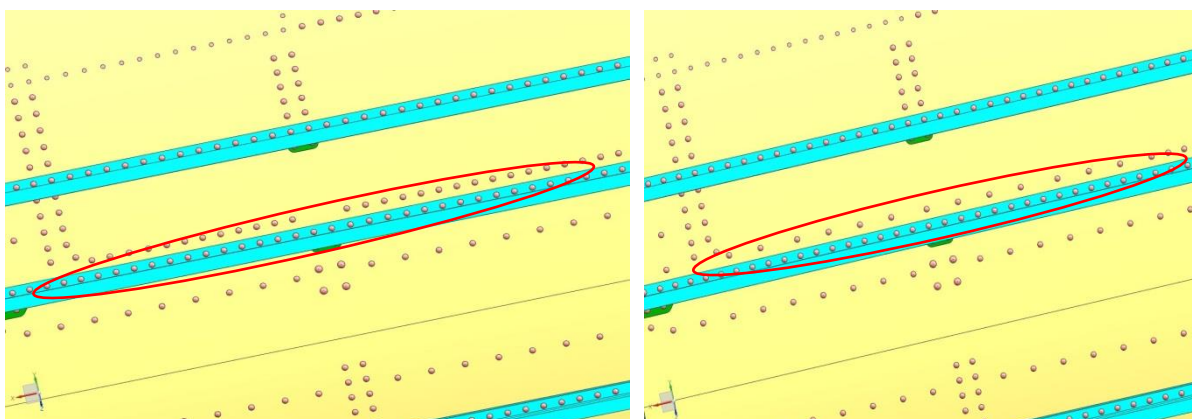
1. Концепція дозволяє визначити шляхи формалізації двох основних ситуацій, які мають місце при проектуванні ЛА: послідовного ускладнення та уточнення (низхідне проектування) та послідовного спрощення (висхідне проектування).
2. Запропонована концепція дозволяє суттєво зменшити загальний час проектування ЛА завдяки використанню кількох рівнів декомпозиції моделі.
3. Аналіз застосування онтологічного підходу показує полегшення процесу проектування, дозволяє вирішити основні завдання сучасного проектування на різних етапах створення ЛА, узгодити паралельну роботу конструкторів над проектом.
4. Концепція ефективно та компактно надає представлення системи знань предметної галузі «Проектування ЛА» на базі сучасних інформаційних технологій (специфікація та концептуалізація)
5. Концепція представляє організацію пошуку інформації у системі знань отриманої онтології (отримання довідкової та навчальної інформації).
6. Використовуючи розроблену концепцію, можливо виконати постановку та вирішення необхідних прикладних завдань у рамках предметної області «Проектування ЛА» (зокрема, завдання вагового проектування, центрування ЛА і т.ін.);

<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.100.001	Панель боковая задняя правая	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.100.001	Панель боковая задняя правая
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 13034-12-1334	Косынка 12-1334-ОСТ1 13034-78	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 13034-12-1334	Косынка 12-1334-ОСТ1 13034-78
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 13034-12-1340 x 2	Косынка 12-1340-ОСТ1 13034-78	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 13034-12-1340 x 2	Косынка 12-1340-ОСТ1 13034-78
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 13034-2-1333 x 9	Косынка 2-1333-ОСТ1 13034-78	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 13034-2-1333 x 9	Косынка 2-1333-ОСТ1 13034-78
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.100.001mt1	Герметик У-30МЭС-5М ТУ38 1051436-88	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.100.001mt1	Герметик У-30МЭС-5М ТУ38 1051436-88
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.100.001mt2	Пленка клеевая ВК-51А ТУ1-596-212-85	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.100.001mt2	Пленка клеевая ВК-51А ТУ1-596-212-85
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.100.001mt3	Клей ВК-25 ПИ1.2.260-84	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.100.001mt3	Клей ВК-25 ПИ1.2.260-84
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.100.003	Обшивка	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.100.003	Обшивка
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.100.005 x 2	Уголок	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.100.005 x 2	Уголок
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.101.001	Лист подкладной	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.101.001	Лист подкладной
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.102.000 x 14	Уголок	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.102.000 x 14	Уголок
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.104.000	Прокладка	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.104.000	Прокладка
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.450.003	Стрингер	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.450.003	Стрингер
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.450.005	Стрингер	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.450.005	Стрингер
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.450.007	Стрингер	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.450.007	Стрингер
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.450.009	Стрингер	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.450.009	Стрингер
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.450.011	Стрингер	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.450.011	Стрингер
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.450.013	Стрингер	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.450.013	Стрингер
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.450.015	Стрингер	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.450.015	Стрингер
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.450.017	Стрингер	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.450.017	Стрингер
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.450.019	Стрингер	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.450.019	Стрингер
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.450.021	Стрингер	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0280.450.021	Стрингер
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0932.110.001	Бок шп.32	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0932.110.001	Бок шп.32
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0932.300.001	Бок шп.32	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0932.300.001	Бок шп.32
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0933.300.001	Бок шп.33	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0933.300.001	Бок шп.33
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0934.110.001	Кронштейн	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0934.110.001	Кронштейн
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0934.300.001	Бок шп.34	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0934.300.001	Бок шп.34
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0935.300.001	Бок шп.35	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NNN.00.0935.300.001	Бок шп.35
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 34040d-4-10-а x 321	Заклепка 4-10-Ан.Окс-ОСТ1 34040-79	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 34040d-4-10-а x 321	Заклепка 4-10-Ан.Окс-ОСТ1 34040-79
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 34040d-4-11-а x 16	Заклепка 4-11-Ан.Окс-ОСТ1 34040-79	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 34040d-4-11-а x 16	Заклепка 4-11-Ан.Окс-ОСТ1 34040-79
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 34040d-4-12-а x 103	Заклепка 4-12-Ан.Окс-ОСТ1 34040-79	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 34040d-4-12-а x 103	Заклепка 4-12-Ан.Окс-ОСТ1 34040-79
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 34040d-4-13-а x 55	Заклепка 4-13-Ан.Окс-ОСТ1 34040-79	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 34040d-4-13-а x 55	Заклепка 4-13-Ан.Окс-ОСТ1 34040-79
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 34040d-4-14-а x 32	Заклепка 4-14-Ан.Окс-ОСТ1 34040-79	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 34040d-4-14-а x 32	Заклепка 4-14-Ан.Окс-ОСТ1 34040-79
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 34040d-4-15-а x 26	Заклепка 4-15-Ан.Окс-ОСТ1 34040-79	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 34040d-4-15-а x 26	Заклепка 4-15-Ан.Окс-ОСТ1 34040-79
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 34040d-4-16-а x 9	Заклепка 4-16-Ан.Окс-ОСТ1 34040-79	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 34040d-4-16-а x 9	Заклепка 4-16-Ан.Окс-ОСТ1 34040-79
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 34040d-4-8-а x 761	Заклепка 4-8-Ан.Окс-ОСТ1 34040-79	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 34040d-4-8-а x 751	Заклепка 4-8-Ан.Окс-ОСТ1 34040-79
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 34040d-4-9-а x 82	Заклепка 4-9-Ан.Окс-ОСТ1 34040-79	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 34040d-4-9-а x 82	Заклепка 4-9-Ан.Окс-ОСТ1 34040-79
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 34040d-5-16-а x 4	Заклепка 5-16-Ан.Окс-ОСТ1 34040-79	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 34040d-5-16-а x 4	Заклепка 5-16-Ан.Окс-ОСТ1 34040-79
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 34040d-5-18-а x 4	Заклепка 5-18-Ан.Окс-ОСТ1 34040-79	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 34040d-5-18-а x 4	Заклепка 5-18-Ан.Окс-ОСТ1 34040-79
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 34040d-5-24-а x 8	Заклепка 5-24-Ан.Окс-ОСТ1 34040-79	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 34040d-5-24-а x 8	Заклепка 5-24-Ан.Окс-ОСТ1 34040-79
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 34056d-4-11-а x 31	Заклепка 4-11-Ан.Окс-ОСТ1 34056-2005	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 34056d-4-11-а x 31	Заклепка 4-11-Ан.Окс-ОСТ1 34056-2005
<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 34056d-4-9-а x 202	Заклепка 4-9-Ан.Окс-ОСТ1 34056-2005	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 34056d-4-9-а x 202	Заклепка 4-9-Ан.Окс-ОСТ1 34056-2005

а)

б)

Рис. 4. Структура ГМ панели бічної задньої правої: а) після декомпозиції; б) після синтезу



а)

б)

Рис. 5. ГМ панелі: а) після декомпозиції; б) після синтезу



7. Концепція дозволяє отримувати нові знання або впорядковувати існуючі, перевіряти їхню несуперечність, коригувати дерево проекту ЛА.

### Список використаної літератури

1. *Зінченко В. П., Борисов В. В.* Методи та алгоритми автоматизованого проектування складних технічних об'єктів. // Управляючі системи та машини. – Київ, 2011 – Вип. № 1. - с. 46 – 56.
2. *Richter T.* Integrated parametric aircraft design, Technical Report / T. Richter, M. Mechler, D. Schmitt // Institute of Aeronautical Engineering, Technical University Munich, 85747 Garching, 2002.
3. *Raymer D.* Aircraft design: A conceptual approach. Fourth Edition. / D. Raymer –American Institute of Aeronautics and Astronautics, 4th edition, 2006. – 869 p.
4. *Борисов В. В.* Розробка моделей міцності конструкцій на основі методу послідовної деталізації / В. В. Борисов, В. П. Зінченко // Праці IV Міжнар. науково-техн. конф. «Гіротехнології, навігація, управління рухом та конструювання авіаційно-космічної техніки», присвяченої 100-річчю від дня народження акад. С.П. Корольова, НТУУ «КПІ» - Х., 2007. Т. 1, - С. 55-61.
5. Інформаційні технології у випробуваннях складних об'єктів: методи та засоби / В. І. Скуріхін, В. Г. Квачов, Ю. Р. Валькман, Л. П. Яковенко // Інс-т кібернетики ім. В. М. Глушкова. - К: наук. думка, 1990. – 320 с.
6. Інформаційні технології у наукомісткому машинобудуванні. / За загальною ред. А. Г. Братухіна. - К.: Техніка, 2001. - 728 с.
7. *Зінченко В. П., Зінченко С. В., Борисов В. В., Абрамов Ю. В.* Електронний документообіг: засоби та методи // Відкриті інформаційні та комп'ютерні інтегровані технології. - Харків: Держ. Аероком. Ун-т «ХАІ», 2001. - Вип. № 10. - с. 165 - 177.
8. *Gruninger M.* Ontology-applications and design / M. Gruninger, J. Lee // Communications of the ACM – 2002. – Volume 45, Issue 2. – P. 39–41.
9. *Stokes M.* Managing Engineering Knowledge МОКА: Methodology for Knowledge Based Engineering Application / M. Stokes – Professional Engineering Publishing, 2001. – 298 p.
10. *Hepp M.* Ontology management; semantic web / M. Hepp, P. De Leenheer, A. De Moor, Y. Sure // Semantic Web Services and Business Applications, Springer, 2008. – 295 p.
11. *Конотоп Д. І.* Інформаційна система створення узагальненої моделі складних технічних об'єктів / Конотоп Д. І. // Механіка гіроскопічних систем. – 2020. – № 40. – С. 37–46.

12. *Konotop D.* Information technology of generalized model creation of complex technical objects / D. Konotop, V. Zinchenko, I. Budinska, W. Li // Computing and Informatics. – 2019. – Vol. 38. – P. 1111–1130.
13. *Abramova A. V.* Application of Sheynin's plural calculations method at the initial stages of complex technical object design / A. V. Abramova, D. I. Konotop // 2-nd International Conference «Methods and Systems of Navigation and Motion Control» (Kyiv, October, 9 - 12, 2012) – К.: Освіта України – 2012. – Proceedings. – С. 129–132.
14. *Abramov E.* Knowledge-oriented support of complex technical object design / E. Abramov, D. Konotop, A. Abramova // 2-nd International Conference «Actual problems of UAV development» (Kyiv, October, 15 - 17, 2013) – Proceedings. – P. 122–125.