

УДК 658.512:658.52.011.56

Н.В. Стельмах

ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ ОПИСУ СТРУКТУРИ СКЛАДАЛЬНОГО ВИРОБУ В ПРИЛАДОБУДУВАННІ

The paper deals with the specific nature of assembly processes in instrument-making and considers the current state of development of computer-aided design technology assembly and their suitability for conditions of instrument-making production. In addition, we develop the mathematical model of the assembly product in instrument-making taking into account complexity and specificity of the assembly, adjustment and test work. We propose the method of forming the model describing the structure of the assembly product which represents it as a hierarchical system of interconnected structural elements. The proposed model is integrated in the CAD system. It is informative and suitable for the process of automated assembly design. Relying on the proposed method describing the product structure we develop the software AsCAM containing the procedures and database design and technology information. This software can effectively solve the problem of technology preparation of small-scale assembly plant in construction of the circuit assembly of the product and flow diagram of assembly.

Вступ

Досягнення високої точності та надійності сучасних приладів часто є результатом застосування великої кількості прецизійного контрольно-вимірювального устаткування та виконання різноманітних регульовально-довідних і налагоджувальних робіт. Тому процес складання приладів є трудомістким і в більшості випадків сягає 60–80 % загальної трудомісткості виготовлення всього приладу. Така велика частка трудомісткості складальних процесів ускладнює організацію та технологічне підготування виробництва і потребує переходу до нової структури побудови виробництва за груповим принципом організації робочих складальних місць, за їх диференціацією та спеціалізацією [1]. Відомо, що ці проблеми можуть бути вирішені інтеграцією всіх етапів виробництва засобами систем автоматизованого проектування, проте сьогодні основною перешкодою цьому є протиріччя між високим рівнем розвитку систем автоматизованого проектування виробів та практичною відсутністю на світовому ринку систем автоматизованого проектування і технологічного підготування складання електромеханічних приладів, які б враховували специфіку малосерійного виробництва. Все це перешкоджає інтеграції етапів виробничого циклу й істотно знижує ефективність виробництва.

Проаналізувавши сучасний стан розвитку систем автоматизованого проектування і технологічного підготування складання з'ясовано, що є значні теоретичні напрацювання й практичні рішення із вдосконалення складальних процесів, особливо за кордоном [2, 3]. Проте більшість таких систем орієнтовані на застосу-

вання у машинобудуванні, тобто вкрай обмежено враховують специфіку виконання складальних, регульовальних і налагоджувальних робіт, випробувань, характерних для приладобудування. Крім того, всі наявні САПР ТП (системи автоматизованого проектування технологічних процесів) машино- і приладобудівного виробництва тією чи іншою мірою є системами, які використовують апарат обробки формалізованих знань, що дає можливість з їх допомогою вирішувати завдання проектування для різних видів виробництв. Однак їх застосування на конкретному підприємстві вимагає доробки із врахуванням реальних умов виробництва. Це пов'язане з тим, що висока ефективність подібних систем зумовлена їх вузькою спеціалізацією. Тому розвиток та розроблення САПР ТП для складання в приладобудуванні є актуальним завданням сьогодення.

Постановка задачі

Метою роботи є розроблення принципів формування математичної моделі структури виробу, яка враховуватиме конструкторсько-технологічні особливості, специфіку приладобудування та буде придатною для інтеграції із системами проектування технології складання.

Розробка моделі опису структури виробу

Ієрархічну структуру об'єкта складання можна представити схемою складального складу (ССС) виробу, яка визначає приналежність його конструктивних елементів до окремих складальних одиниць. Для подальшого розгля-

ду об'єкта складання та формалізованого опису його структури введемо такі поняття:

- $E_k = \{E_{ki}\}$ – елементи конструкції;
 - СВ – складальні вироби
 - СО – складальні одиниці
 - Д – деталі
 - $Д_{СВ}$ – стандартні вироби
 - $Д_{ПВ}$ – покупні вироби
- } $\Rightarrow E_k$.

Модель опису структури виробу (МОСВ) можна подати у такому вигляді:

$$E_{k.i.K.n.T_{rd}^{iv}}, \quad (1)$$

де i – порядковий номер E_k на рівні декомпозиції, $i = 1, \dots, m$, $m \in N$; K – назва E_k ; n – кількість E_k , $n = 1, \dots, l$, $l \in N$; T – тип E_k , $T = (СВ, СО, Д, Д_{СВ}, Д_{ПВ})$; rd – рівень декомпозиції E_k , $rd = 1, \dots, k$, $k \in N$; iv – індекс входження E_k , $iv = 1, \dots, m$, $m \in N$.

Для експрес-аналізу можна використовувати модель опису структури виробу (2) в спрощеному вигляді:

$$E_{k.i_{rd}^{iv}}. \quad (2)$$

Зазвичай побудова ССС виробу починається з розподілу виробу на складові. Виріб можна розподілити на кілька СО і деталей. Складальні одиниці, що утворилися після першого його поділу, названі складальними одиницями 1-го порядку. Складальні одиниці 1-го порядку також можуть мати складну будову й розподіляться на більш прості, незалежні одна від одної СО 2-го порядку. Подібно до цього відбувається розподіл СО 2-го порядку, далі 3-го порядку й так далі до одержання СО n -го порядку, які складаються з окремих неподільних елементів – деталей. Таким чином, структуру виробу можна представити у вигляді графа, у корені якого розміщується виріб, у вершинах – окремі деталі й СО, кількість яких зростає, а склад спрощується зі зростанням рівнів поділу [1]. Ієрархічну структуру виробу при його поділі на окремі елементи, із врахуванням прийнятих вище позначень, можна подати у вигляді, наведеному на рис. 1.

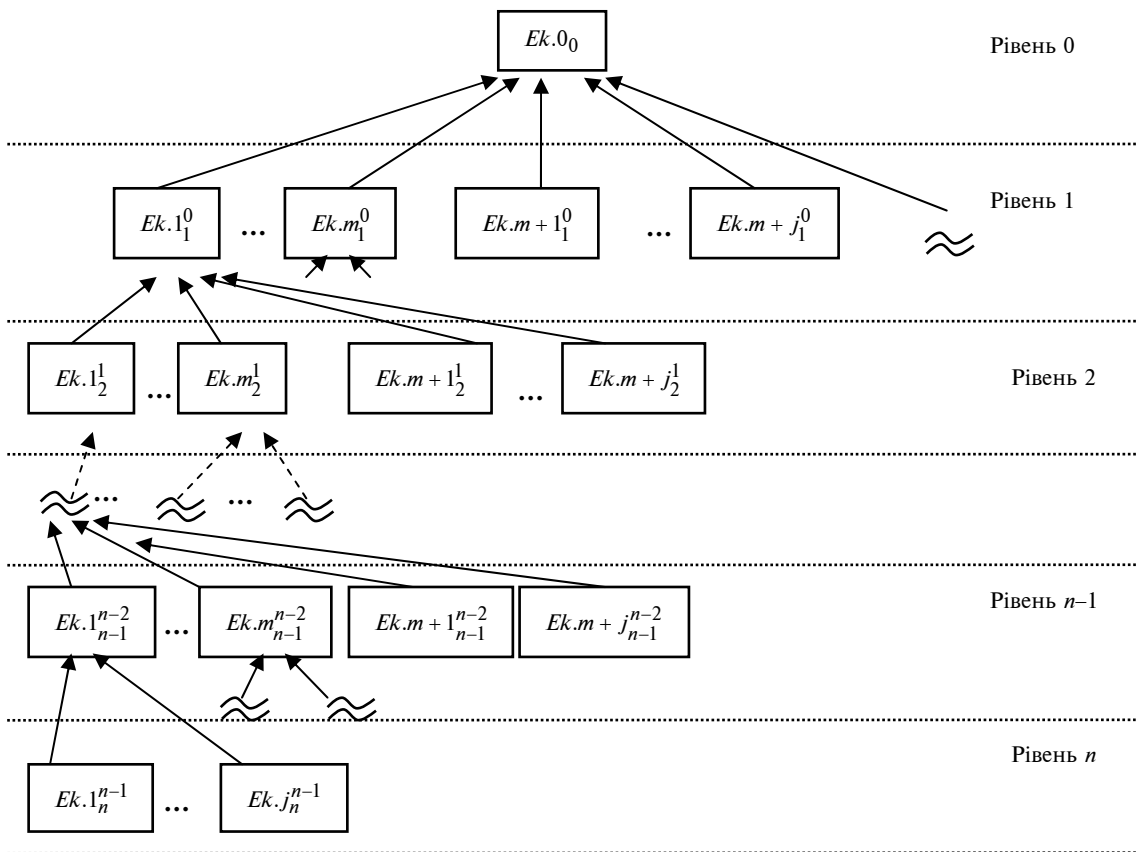


Рис. 1. Декомпозиція складального виробу

Модель опису структури виробу можна навести у вигляді таблиці, списку або графа, що дає можливість:

- отримати інформацію про кількість деталей, їх назву, СО, кількість рівнів декомпозиції конструкції, де СО виділяються наявністю входження в них деталей, стандартних виробів, інших СО;

- при поділі виробу на СО весь об'єм складальних робіт можна поділити на окремі частини і виконувати одночасно, що передбачає значне зменшення тривалості циклу складання;

- формувати послідовність складання із врахуванням того, що СО, які перебувають на одному рівні поділу, але не пов'язані наявністю загальних контурів, можуть складатися в будь-якій послідовності.

Опис математичної моделі структури елементів виробу "Регулятор тиску" (рис. 2.) може бути поданим у вигляді графа (рис. 3) або списку.

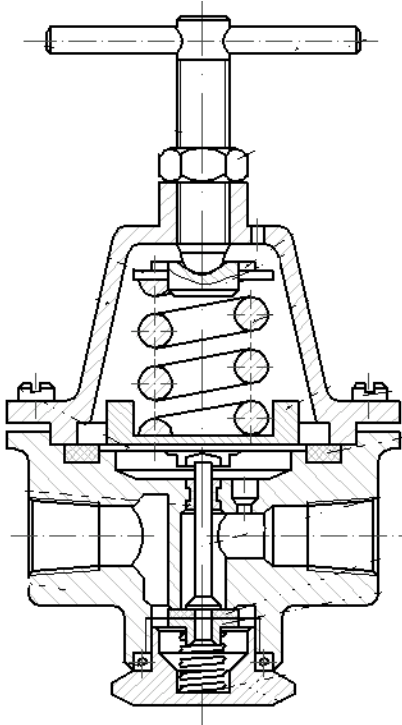


Рис. 2. Складальна одиниця "Регулятор тиску"

Опис математичної моделі структури елементів виробу "Регулятор тиску" у вигляді списку має такий вигляд:

Ek.1.Регулятор тиску.1.СВ₀;

Ek.1.Корпус в ск.1.СО₁⁰;

Ek.1.Корпус.1.Д₂¹; Ek.2.Прокладка.1.Д₂¹;

Ek.3.Шток в ск.1.СО₂¹;

Ek.1.Шток.1.Д₃³ Ek.2.Прокладка.1.Д₃³;

Ek.3.Сідло.1.Д₃³; Ek.4.Прокладка.1.Д₂¹;

Ek.5.Пружина.1.Д₂¹; Ek.6.Кришка.1.Д₂¹;

Ek.2.Діафрагма.1.Д₁⁰ Ek.3.Прокладка.1.Д₁⁰;

Ek.4.Підп'ятник вк.1.СО₁⁰; Ek.7.Шайба.1.Д₂⁴;

Ek.8.Фланець.1.Д₂⁴; Ek.9.Підп'ятник.1.Д₂⁴;

Ek.5.Пружина.1.Д₁⁰; Ek.6.Сідло.1.Д₁⁰;

Ek.7.Кришка в ск.1.СО₁⁰; Ek.10.Кришка.1.Д₂⁷;

Ek.11.Гвинт ходовий в ск.1.СО₂⁷;

Ek.4.Ручка.1.Д₃¹¹; Ek.5.Гвинт.1.Д_{СТ3}¹¹;

Ek.6.Гайка.1.Д_{СТ3}¹¹; Ek.12.Гвинт.1.Д_{СТ2}⁷;

Ek.8.Гвинт.6.Д_{СТ1}⁰.

Опис складального виробу в розгорнутому вигляді дає змогу повністю описати зв'язки і підпорядкованість елементів у ньому. Проте для виробів, які складаються з великої кількості елементів, такий деталізований опис надзвичайно трудомісткий [4, 5].

Так, для морського одномоторного гірокомпаса "КГК "КРУЇЗ", що складається з понад 300 елементів, на початковому етапі проектування можна застосувати експрес-опис, який, відповідно, у подальшому може бути доповнений.

Експрес-опис складальної одиниці "КГК "КРУЇЗ" "Підвіс" наведено на рис. 4.

На базі розглянутої вище математичної моделі опису структури виробу було розроблено процедури побудови схеми складального складу та технологічної схеми складання (ТСС) і створено спеціальне програмне забезпечення "AsCAM" [6, 7].

Проектування технології в середовищі "AsCAM" розпочинається з формування інформаційного файлу про виріб. Підготовка інформації про виріб для проектування може виконуватись двома методами. Перший базується на введенні в ручному режимі всієї інформації про виріб, другий — автоматичний, за допомогою спеціального макросу.

Проектування технології складання виробів згідно з першим методом реалізується в двох режимах:

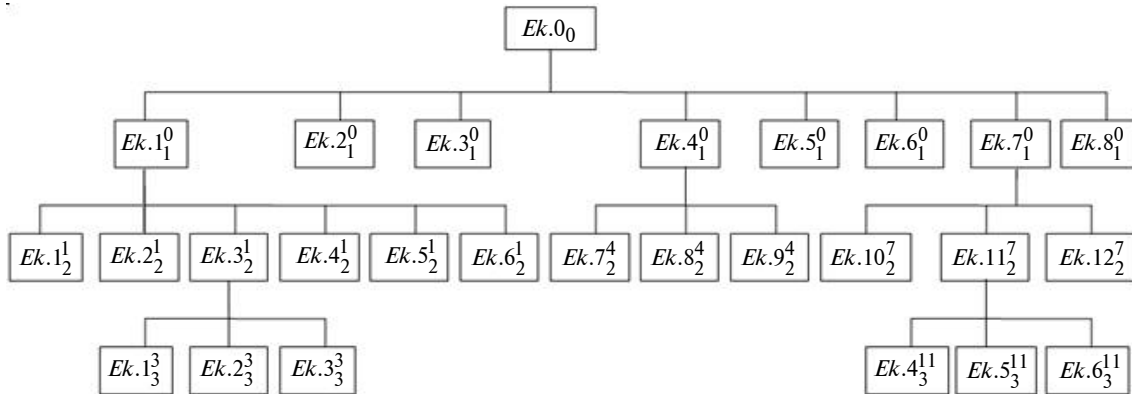


Рис. 3. Опис структури складального виробу “Регулятор тиску” у вигляді графа

$Ek_{1_0}; Ek_{1_1^0}; Ek_{1_2^1}; Ek_{1_3^3}; Ek_{2_1^0}; Ek_{2_2^1}; Ek_{2_3^3}; Ek_{3_1^0}; Ek_{3_2^1}; Ek_{3_3^3}; Ek_{4_1^0}; Ek_{4_2^1}; Ek_{4_3^11}; Ek_{5_1^0}; Ek_{5_2^1}; Ek_{5_3^11}; Ek_{6_1^0}; Ek_{6_2^1}; Ek_{6_3^11}; Ek_{7_1^0}; Ek_{7_2^4}; Ek_{7_3^10}; Ek_{7_4^11}; Ek_{8_1^0}; Ek_{8_2^4}; Ek_{8_3^10}; Ek_{8_4^11}; Ek_{9_1^0}; Ek_{9_2^4}; Ek_{9_3^10}; Ek_{9_4^11}; Ek_{10_1^0}; Ek_{10_2^7}; Ek_{10_3^11}; Ek_{11_1^0}; Ek_{11_2^7}; Ek_{11_3^11}; Ek_{12_1^0}; Ek_{12_2^7}; Ek_{12_3^11}; Ek_{13_1^0}; Ek_{13_2^1}; Ek_{13_3^12}; Ek_{14_1^0}; Ek_{14_2^1}; Ek_{14_3^12}; Ek_{15_1^0}; Ek_{15_2^4}; Ek_{15_3^0}; Ek_{16_1^0}; Ek_{16_2^4}; Ek_{16_3^0}; Ek_{17_1^0}; Ek_{17_2^4}; Ek_{17_3^0}; Ek_{18_1^0}; Ek_{18_2^4}; Ek_{18_3^0}; Ek_{19_1^0}; Ek_{19_2^4}; Ek_{19_3^0}; Ek_{20_1^0}; Ek_{20_2^4}; Ek_{20_3^0}; Ek_{21_1^0}; Ek_{21_2^4}; Ek_{21_3^0}; Ek_{22_1^0}; Ek_{22_2^4}; Ek_{22_3^0}; Ek_{23_1^0}; Ek_{23_2^4}; Ek_{23_3^0}; Ek_{24_1^0}; Ek_{24_2^4}; Ek_{24_3^0}; Ek_{25_1^0}; Ek_{25_2^4}; Ek_{25_3^0}; Ek_{26_1^0}; Ek_{26_2^4}; Ek_{26_3^0}; Ek_{27_1^0}; Ek_{27_2^4}; Ek_{27_3^0}; Ek_{28_1^0}; Ek_{28_2^4}; Ek_{28_3^0}.$

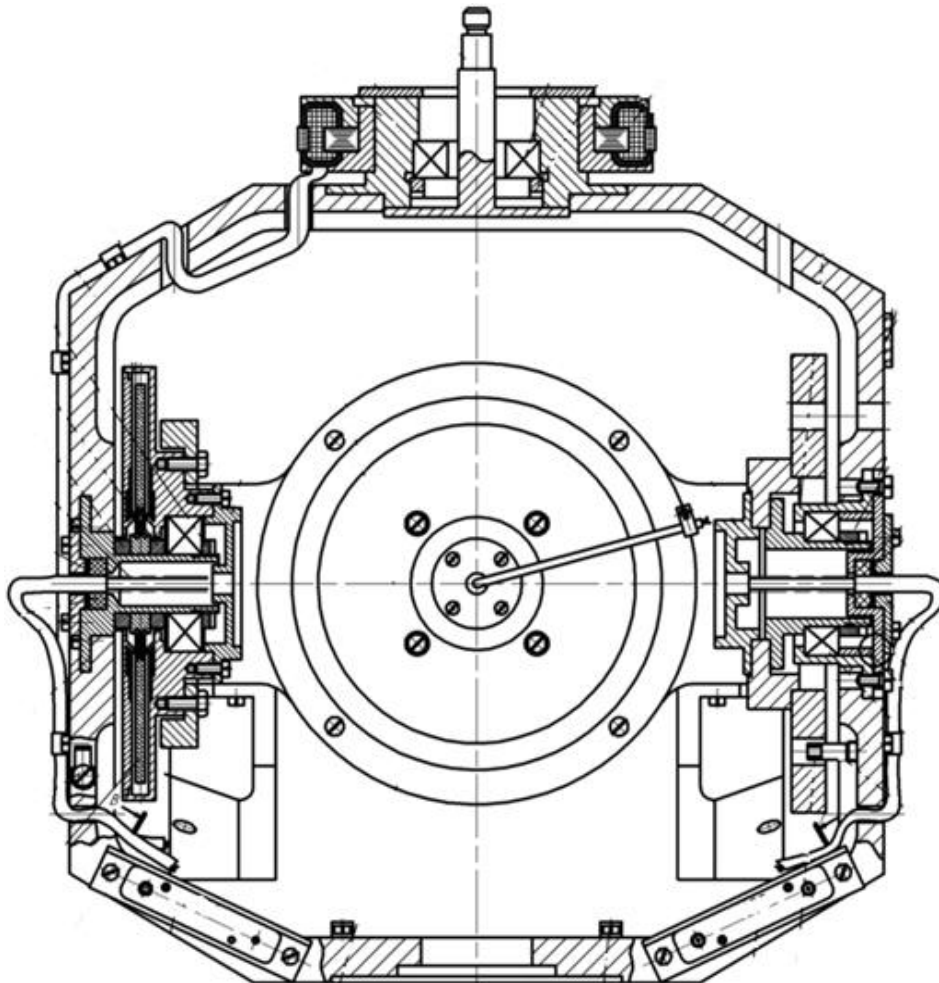


Рис. 4. Складальна одиниця “Підвіс” виробу “КГК “КРУІЗ”

а) на базі генерації нових проектних рішень;

б) на базі існуючих проектних рішень (архів проектних рішень).

Проектування технології складання виробів згідно з другим методом базується на застосуванні спеціального програмного модуля, який реалізує обробку електронної версії конструкторської документації на виріб (специфікації) і автоматично формує математичну модель опису структури виробу. Результат моделювання проектної рішення "ССС" для СО виробу "КГК "КРУЇЗ" "Підвіс" та "ТСС".

Висновки

Застосування запропонованого в роботі методу представлення інформації про складальний виріб та створення на його основі математичних моделей структури виробу в поєднанні з базою конструкторсько-технологічної

інформації дало можливість розробити програмне забезпечення "AsCAM", яке забезпечує ефективне вирішення завдань проектування технології складання приладів. Експериментально доведено, що методи автоматизованого проектування схеми складального складу та ТСС приладів на базі запропонованої моделі опису структури виробу в програмному середовищі "AsCAM" дають змогу виконувати багатоваріантне гнучке проектування технології складання виробу та легко адаптуватися до змін конструктивних параметрів виробу й організаційно-технологічних вимог виробництва.

У подальшому планується створення на базі запропонованої математичної моделі опису структури виробу нових математичних моделей опису технології складання виробів, які дадуть можливість проектування технологічного процесу складання виробів в автоматизованому режимі з отриманням відповідної технологічної документації у вигляді маршрутних та операційних карт.

1. Румбешта В.О. Основи технології складання приладів. – К.: ІСДО, 1993. – 304 с.
2. G.F. Dalgleis et al., "Strategies for Expert System Support in Assembly Oriented CAD", Proc. Of the Lancaste Int. Work Shop on Eng Design, Comp. Aided Conceptual Design, p. 198, 2010.
3. Grant J. and Cullen R., "Creation of a "Shared" Design Environment, Using 3D Product Modelling and Visualisation Technologies", in 9th Int. Conf. on Comp. Appl. in Shipbuilding, Yokohama: ICCAS'07, 2007, pp. 261–284.
4. Румбешта В.О., Стельмах Н.В. Прийняття рішень в автоматизованій системі технологічної підготовки приладобудівного виробництва на базі дискретної оптимізації // Наук. вісн. Кремен. ун-ту економіки, інформ. технол. і управ. Нові технології. – 2009. – № 1 (23). – С. 189–191.
5. Стельмах Н.В. Програмний модуль для прискореної технологічної підготовки складального дрібносерійного виробництва приладів // Вісн. НТУУ "КПІ". Машинобудування. – 2009. – № 54. – С. 12–17.
6. Патент України № 41528 UA Україна, МПК G05B19/418. Виробнича система для складання приладів; Стельмах Н.В., Румбешта В.О.; Заявл. 24.12.2008; Опубл. 25.05.2009 р., Бюл. № 10.
7. А. с. № 31431. Комп'ютерна програма "AsCAM" / Стельмах Н.В., Кот В.С. – Держ. служба інтелект. власн. Укр. – 21.12.2009 р.

Рекомендована Радою
приладобудівного факультету
НТУУ "КПІ"

Надійшла до редакції
17 жовтня 2012 року