

- [2] O. Podolian, “Forming of a magnetic field with given characteristics in EMA converters of systems of nondestructive testing of industrial equipment”, *Methods and Devices for Quality Control*, vol. 17, pp. 18-21, 2006. (in Ukrainian)
- [3] O. Podolian, “EMA converter”, RU Patent 2006116939, June 6, 2008.
- [4] H. Tymchyk and O. Podolian, “Formation of special-shaped pulses for electromagnetic acoustic transducers”, *Bulletin of the NTUU KPI. Ser. Instrument Making*, vol. 4, pp. 64-69, 2013. (in Ukrainian)
- [5] B. Yavorskyi and A. Detlaf, *Physics Reference. For Engineers and University Students*. Moscow, SU: Nauka, 1978. (in Russian)
- [6] Yu. Sazonov, *Wave Electromagnetic Acoustic Phenomena in Condensed Media and Physical Methods of Their Usage*. Moscow, RF: GEOS, 2003. (in Russian)
- [7] A. Malynka et al., “Electromagnetic-acoustic method for controlling ferromagnetic sheets and tubes”, *Defectoscopy*, vol. 4, pp. 44-48, 1972. (in Russian)
- [8] V. Komarov, “Modeling of manifestations of electromagnetic acoustic transformation in metals I. Transformation of a quasistationary inhomogeneous electromagnetic field into elastic shear oscillations”, *Control. Diagnostic*, vol. 3, pp. 17-25, 2013. (in Russian)
- [9] V. Tsapenko and Yu. Kuts, *The Basis of Ultrasonic Non-Destructive Testing*. Kyiv. Ukraine: NTUU KPI, 2010. (in Ukrainian)
- [10] H. Budenkov and O. Korobeinykova, “Influence of chemical composition and metal temperature on the efficiency of electromagnetic acoustic transformation”, *Defectoscopy*, vol. 4, pp. 40-49, 2009. (in Russian)
- [11] O. Podolian et al., “Theoretical Investigations of the Ultrasonic Wave Generation by an Electromagnetic Acoustic Transducer“, Kyiv. Ukraine: KPI Science News, vol. 3(119), pp. 84–92, 2018.
- [12] O. Podolian and G. Tymchyk, *The Basis of Ultrasonic Non-Destructive Testing*. Kyiv. Ukraine: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2020. – 180 p. (in Ukrainian).

УДК 621.757

ДО ПИТАННЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВУЗЛІВ ВИРОБІВ

Філіппова М. В., Третьяк О. В., Проскурєнко Д. М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

E-mail: m.filippova@kpi.ua, pdm-vp-pbf21@lil.kpi.ua, tov-vp-pbf21@lil.kpi.ua

Ідентифікація вузлів виробів вважається актуальною проблемою в галузі промислового виробництва і є але не до кінця вивченою темою досліджень. Як на етапі проектування продукту, так і на етапі виробництва, мати справу з сучасними деталями дуже складно через їх зростаючу складність. Поширеною стратегією є введення концепції ідентифікації вузлів (Subassembly Identification), щоб уникнути роботи з усіма деталями пристрою одночасно [1, 2]. Ідея полягає в тому, щоб поділити виріб на групи частин, які можна виготовляти незалежно одна від одної.

Існує багато критеріїв, на яких базуються методи ідентифікації стабільних вузлів. Однак більшість методів спираються на підхід, який узагальнено в наступних кроках.

Перший крок – аналіз моделі виробу, побудованої в системах автоматизованого проектування (САПР), тобто отримання топологічної та геометричної інформації. На цьому кроці визначаються контакти та обмеження поверхонь деталей, а також можливі напрямки для переміщення деталей. Ці дані зберігаються або в матрицях, або в графіках.

Другий крок – ідентифікація базових частин. З метою виявлення вузлів вводиться поняття базових деталей. Базові деталі – це m компонентів складальної одиниці, починаючи з яких створюються вузли. Число m завжди встановлюється заздалегідь, і це може бути обмеженням. Вибір базових деталей може відбуватися різними способами, або вручну, або автоматично відповідно до різних критеріїв. Пошук базових частин виконується за матрицями та/або графіками, отриманими в результаті обробки моделі САПР.

Третій крок – ідентифікація вузлів. Після того, як базові деталі визначені, слід генерувати вузли. Існують два різних способи зв'язування деталей із базовими компонентами. Перший – за допомогою алгоритмів ітеративної оптимізації для розділення виробу. У цьому випадку визначені деякі значення пристосованості, і функція пристосованості повинна бути мінімізована. На кожній ітерації центр і члени кластерів оновлюються, поки не буде досягнуто певного порогу. Другий – шляхом генерації підгрупи деталей, видаляючи зв'язки між усіма основними частинами. Якщо будь-яка з цих підгруп містить лише одну базову частину, то вона сама вважається підгрупою. І навпаки, якщо підгрупа включає дві або більше базових частин, вона повинна бути розділена на стільки підгруп, скільки базових частин. Щоб визначити належність частини до групи базової частини, виконуються деякі оцінки з аналізом раніше описаних матриць/графів.

Однак, щоб забезпечити надійні та ефективні інструменти для промислового застосування, слід враховувати експерименти на реальних моделях продуктів. Дійсно, робота з моделями САПР реальних вузлів, що надаються галузями, дуже вимоглива, і виникає багато проблем, якими, зазвичай нехтують. Загалом, фактично, згадуються лише деякі обмеження представлених методів. Серед них єдина можливість переміщення частин уздовж осей x , y і z , надмірне людське втручання та висока обчислювальна вартість.

Під час роботи з промисловими моделями САПР виникає кілька проблем з автоматизованим вилученням необхідної інформації для застосування алгоритмів виявлення складальних одиниць. Перш за все, у моделях САПР часто відсутні частини або вони представлені в спрощеному вигляді. Це може стосуватися різних ситуацій. З одного боку, проектувальник може опустити незначні деталі з метою зробити модель САПР компактнішою та легшою. З іншого боку, загальноприйнятою практикою є фізично не включення з'єднань та кріплень, оскільки вони є стандартними компонентами [1].

Крім того, деякі компоненти можуть бути неправильно розміщені або

погано змодельовані, створюючи перешкоди або, навпаки, є порожні місця між деталями.

Як наслідок, необхідно припустити деякі гіпотези, і необхідна фаза попередньої обробки, щоб зробити модель придатною для ідентифікації вузлів. Детальний аналіз моделі САПР, насправді, є вирішальним для результатів методів ідентифікації, і всі ці аспекти, які дуже важко розглянути, які зазвичай не помічаються, повинні бути прийняті до уваги.

Тому, для уникнення вище наведених проблем для ідентифікації вузлів виробу пропонується використовувати наступний алгоритм вилучення даних (рис. 1.)

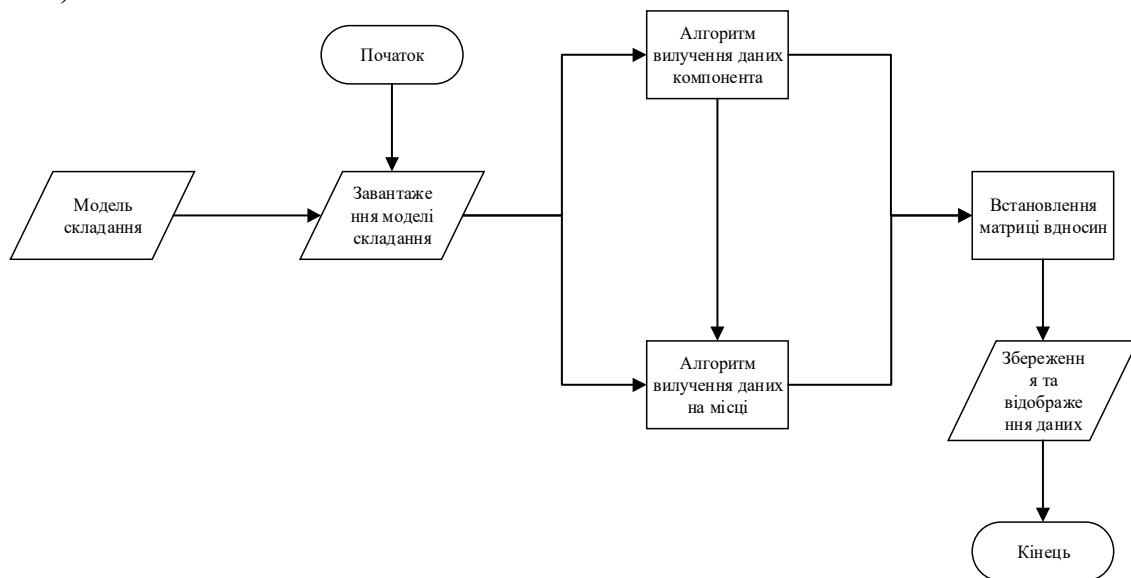


Рис. 1. Алгоритм вилучення даних складання САПР

Після завантаження моделі складання алгоритм починається з вилучення компонентів і даних обмежень, а потім встановлюються зв'язки. Далі використовуються властивості тіла кожного компонента, щоб отримати інформацію про масу, об'єм і площу. Крім того, збираються: ідентифікатор компонента (ID) і початкова позиція. Отримані дані, згодом, використовуються для інших процесів, таких як ідентифікація взаємозв'язків та дослідження колізій. Після чого відбувається встановлення параметрів обмежень складання. У разі обмеження складання параметри поєднаних об'єктів явно задаються параметричною таблицею, якої недостатньо для визначення об'єкта грані, особливо у випадку циліндричної, конічної, сферичної або торичної поверхні. Отже, розроблений алгоритм на першому кроці має доступ до батьківського компонента сутності та витягує конкретні параметри. Потім, на другому кроці, розроблений алгоритм перетворює витягнуті параметри з координати компонента в систему координат складання.

Після того, як ідентифікація базового компонента виконана, алгоритм перевіряє його зв'язки з іншими компонентами, починаючи з компонента, що має вищий бал. Потім алгоритм перевіряє результати зіткнень, щоб здійснити

можливий спосіб складання. Якщо випробуваний напрямок складання не містить складеного компонента, то він розглядається як напрям складання для цього компонента. Цю процедуру повторюють для кожного компонента, зібраного з базовим. У такому випадку цей етап являє собою досягнення першого шару. Алгоритм виконує інший рівень, поки не будуть завершені всі компоненти. Результатом виконання алгоритму є отримання матриць всіх взаємозв'язків деталей у виробів.

Запропонований алгоритм покращує можливості планування складання шляхом прямого вилучення інформації з файлів виробу виконаних в САПР (STEP-файли), аналізу геометричної інформації для визначення геометричних обмежень складання та автоматичного генерування матриць, які представляють взаємозв'язок між деталями 3Д-моделі.

Ключові слова: складання, ідентифікація, САПР, параметри обмежень.

Література

- [1] М. В. Філіппова, С. П. Вислоух, “Методика автоматизованого проектування технології складання виробів приладобудування”, *Вісник НТУУ «КПІ» Серія Машинобудування*, № 32, с. 111-117, 2006.
- [2] М. В. Філіппова, Д. М. Проскурєнко, О. В. Третьак, М. О. Демченко, “Автоматизоване планування послідовності складання”, *Енергетика і автоматика*, № 5, с. 28-44. 2021. doi: 10.31548/energiya2021.05.028
- [3] G. Dini, M. Santochi, “Automated sequencing and subassembly detection in assembly planning”, *CIRP annals*, 41(1), pp. 1-4, 1992.
- [4] D. Agrawal, S. Kumara, D. Finke, “Automated Assembly Sequence Planning and Subassembly Detection”, in *IIE Annual Conference, Proceedings, Institute of Industrial and Systems Engineers (IIE)*, 2014, pp. 781-788.
- [5] T. Dong, R. Tong, L. Zhang, J. Dong, “A knowledge-based approach to assembly sequence planning”, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 32(11-12), pp. 1232-1244, 2007.

UDC 004.93.1

JUSTIFICATION OF THE METHOD OF DETERMINATION OF DEFECTS BY USING COMPUTER VISION TECHNOLOGY

Ihor Mastenko, Nataliia Stelmakh

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine

E-mail: i.mastenko@kpi.ua, n.stelmakh@kpi.ua

Computer Vision (MV) technology has been widely used in instrument-making, modern production is characterized by the automation of all processes, including description quality output characteristics of finished products. Industry 4.0 provides the ability to create "smart plants" which used sensors to monitor all processes [1].

Currently, to determine the qualitative characteristics of products such as bodies of rotation, namely reed tubes for beverages, visual inspection is used, characterized by low productivity and the involvement of a significant amount of human labor during the manufacturing process. Fatigue and inattention of employees is a