

УДК 658.52.011.56

В.Н. Кореньков канд.техн.наук, А.А. Субін канд.техн.наук  
НТУ України «Київський політехнічний інститут» м.Київ, Україна

## МЕТОДИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ФОРМУВАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ СКЛАДАЛЬНИХ ВИРОБІВ

У статті наведено аналіз вихідних даних необхідних для автоматичного функціонування програмних модулів аналізу складальних виробів. Описано програмне забезпечення для автоматизації введення, а також обробки геометричної інформації безпосередньо зі складальної 3D моделі виробу.

This paper presents the analysis of required initial data for computer-aided modules, which realize the analysis of an assembly. The software for computer-aided input of initial data as well as for the processing the geometric information directly from the product's 3D model is described.

Однією з основних задач, пов'язаних з забезпеченням модуля СААРП (Computer aided assembly process planning) початковою інформацією є пошук можливих відносних напрямків переміщень деталей та перевірка умови їх доступу в зону складання.

Вирішенню першої задачі присвячена досить велика кількість літератури. Загалом, всі методи можна поділити на три наступні групи.

Ап'оріорне визначення можливих напрямів переміщень (наприклад, напрямки колінеарні системі координат).

Визначення можливих напрямів переміщень на базі аналізу кінематичних пар [1-4]. Оскільки ідентифікувати

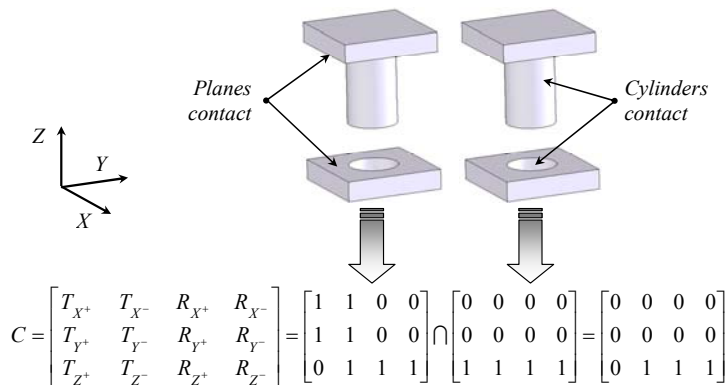


Рис. 1. Приклад визначення напрямків взаємних переміщень деталей шляхом аналізу рухів у кінематичних парах

найбільш поширені типи поверхонь у сучасних 3D CAD досить просто, виділяють площинні, сферичні, циліндричні, конічні та гвинтові пари. Можливі переміщення визначаються за кількістю ступенів свобод (рис. 1).

Третя група методів зводиться до аналізу топології поверхонь контакту деталей [5-10]. Це дозволяє визначати не окремо взяті напрямки, а об'єм простору, в якому може переміщуватись деталь по довільній траєкторії відносно іншої (рис. 2).

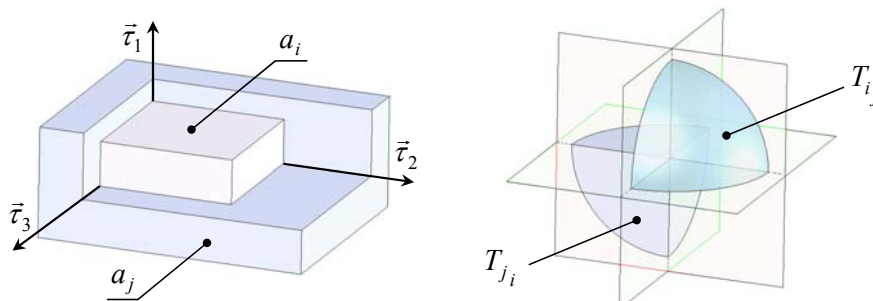


Рис. 2. Геометричне представлення множини траєкторій переміщень  $T_{ij}$  деталі  $a_i$  відносно  $a_j$

В загальному випадку, при переміщенні деталі  $a_i$  відносно групи деталей  $A' = \{a_j, \dots, a_m\}$ , справедлива рівність (рис. 3.):

$$T_{i(j, \dots, m)} = \bigcap_{q=j}^m T_{i_q}$$

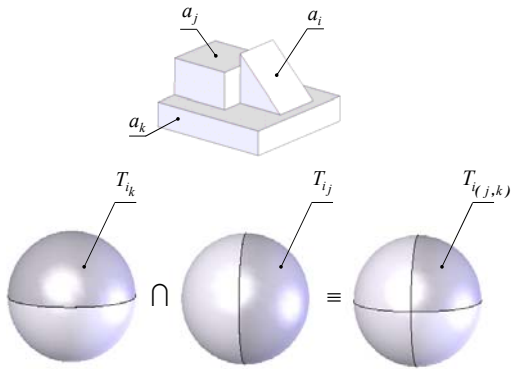


Рис. 3. Визначення простору переміщень груп деталей

переміщення 3D моделі деталі  $a_i$  складального виробу відносно свого початкового положення на деяку величину  $\epsilon$  в напрямку  $t \in T$  та перевірці наявності області перетину між об'єктами виробу. Деталь  $a_i$  обмежує  $a_j$  у напрямку  $t \in T$ , якщо на відстані, рівній габаритному розміру виробу (при переміщенні  $a_j$  з кроком  $\epsilon$ ), буде знайдено область перетину між відповідними 3D об'єктами (рис. 5).

Одним із суттєвих недоліків даного методу є досить висока трудомісткість обчислень при малих значеннях  $\epsilon$ , а при збільшенні величини  $\epsilon$  – з'являється імовірність того, що елементи конструкції двох деталей знаходяться між фіксованими точками перевірки. Як наслідок, частина областей перетину не буде виявленою.

Даних недоліків позбавлений метод аналізу перетинів проекцій поверхонь деталей [14]. Його суть досить проста: якщо при взаємному поступальному переміщенні деталей вздовж деякого напрямку  $t \in T$  деталі перетинатимуться, то також перетинатимуться і проекції ділянок поверхонь цих деталей на площину, перпендикулярну  $t$  (рис. 6).

Однак визначивши у один з наведених вище способів потенційний напрям установки деталі, необхідно перевірити умову доступу даної деталі до місця спряження.

З точки зору геометрії, умова доступу виконується, якщо тривимірний об'єкт, котрий представляє собою слід від руху деталі по деякій траєкторії, не перетинає жодного тіла вже встановлених у виріб елементів (рис. 4).

Алгоритмічно реалізувати дане визначення сучасні 3D CAD системи на сьогодні не дозволяють. Тому виникає потреба розробки методів, котрі опосередковано виконували б аналіз умови доступу.

У випадку використання твердотільних 3D моделей, ефективним є метод «віртуальних» переміщень об'єктів, описання програмної реалізації якого приведене в [11-13]. Зміст даного методу полягає у

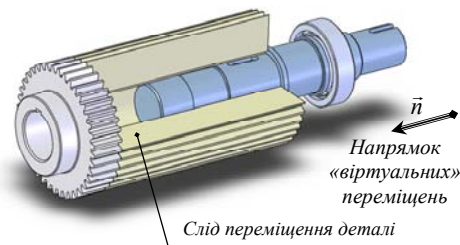


Рис. 4. Перевірка умови доступу

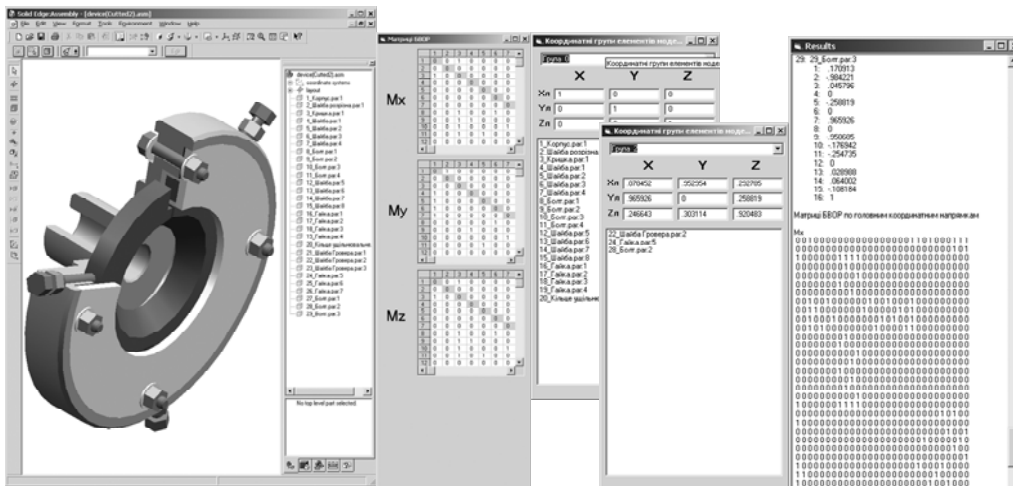


Рис. 5. Інтерфейс програмного модуля „Extrass 2.1”, призначеного для виявлення бінарних відношень обмежень рухливості 3D елементів в складанні

Як видно з рис. 6., елемент  $S_j^p$  обмежує можливі переміщення  $S_j^p$  у напрямку  $\vec{t}_k \in T_{ij}$  лише за двох умов:

- при наявності принаймні двох трикутників  $\Delta_g \in S_j^p$  та  $\Delta_q \in S_i^p$ , проекції яких на площину  $\chi$ , перпендикулярну  $\vec{t}_k \in T_{ij}$ , перетинаються;
- при відстані між  $\Delta_g \in S_j^p$  та  $\Delta_q \in S_i^p$  у напрямку руху  $L_{(\Delta_g, \Delta_q)} > 0$  (очевидно, що поверхня, якій належить трикутник  $\Delta_r \in S_j^p$  не обмежуватиме переміщення  $S_j^p$ ).

Даний підхід дозволяє звести задачу із тривимірної до двовимірної. Для перевірки перетину однієї пари полігональних поверхонь (трикутників) потребує лише 74 арифметичних операцій. Але попри всі переваги, головна

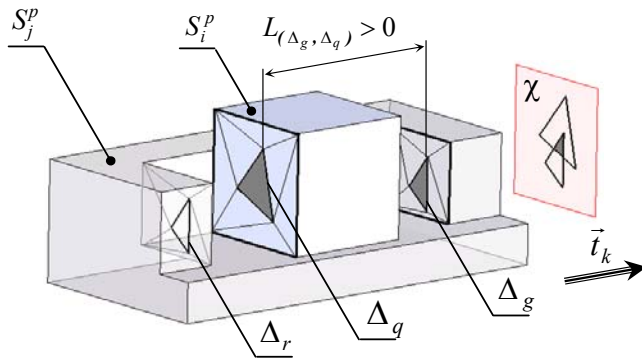


Рис. 6. Приклад визначення можливості установки деталі методом аналізу перетинів проекцій поверхонь

поверхонь.

2. Для кожної деталі за контактними обмеженнями визначити множину найбільш значимих напрямків монтажу.
3. По кожному напрямку для всіх пар деталей:
  - Для всіх комбінацій поверхонь двох деталей визначити наявність області перетину їх проекцій.
  - У разі виявлення області перетину, слід визначити взаємне положення поверхонь відносно напрямку аналізу (співпадання векторів  $t$  та  $k$ ).

Таким чином можна зробити висновок, що аналіз безпосередньо топології сплайнових поверхонь на даному етапі розвитку CAD є чи не єдиним методом формування початкових даних (за прийнятний для інженера час) для систем автоматизованого проектування технології складання виробів.

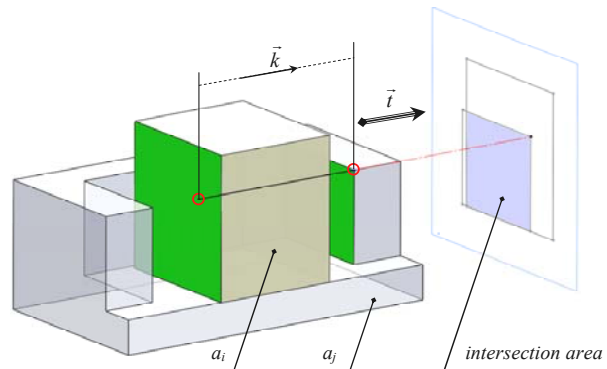


Рис. 7. Приклад визначення установки деталі методом проекцій

### Список літератури

1. Kramer G.A. Solving geometric constraint systems, a case study in kinematics, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1992.
2. Laperrière L., ElMaraghy H. GAPP: A generative assembly process planner // Journal of Manufacturing Systems. – 1996. – Vol. 15, №4. – P. 282-293.
3. Turner J., Subramaniam S., Gupta S. Constrain representation and reduction in assembly modeling and analysis // IEEE Transaction on Robotics and Automation. – 1992. – Vol. 8, №6. – P. 741-749.
4. Пасічник В.А. Виявлення кінематичних з'єднань у складальній одиниці на основі інформації про бінарні відношення обмеження рухливості / В.А. Пасічник, Ю.В. Лашина // Труды Одесского политехнического университета: Науч. и произв.-прак. сб. по техн. и ест. наукам. – Одесса, 2008. – Вып. 1(29). – С.31-35
5. Woo T.C., Dutta D. Automatic disassembly and total ordering in three dimensions // Transactions of the ASME. – 1991. – Vol. 113, №2. – P. 207-213.
6. Woo T.C. Visibility maps and spherical algorithms // Computer Aided Design. – 1994. – Vol. 26, №1. – P.6-16.
7. Wilson R.H., Latombe J. Geometric reasoning about mechanical assembly // Artificial Intelligence. – 1994. – Vol. 71, №2. – P. 371-396.
8. Latombe J., Wilson R.H., Cazals F. Assembly Sequence with tolerances parts // Computer Aided Design. – 1997. – Vol. 29, №2. – P.159-174.
9. Romney B., Godard C., Goldwasser M., Ramkumar G. An Efficient System for Geometric Assembly Sequence Generation and Evaluation // Proc. ASME International Computers in Engineering Conference. – 1995. – P. 699-712.
10. Siddique Z., Rosen D.W. A virtual prototyping approach to product disassembly reasoning // Computer Aided Design. – 1997. – Vol. 29, №12. – P. 847-860.
11. Давыгора В.Н., Пасечник В.А., Сімута Р.Р. Спосіб визначення взаємних обмежень рухливості деталей у складальній одиниці // Вісник Технологічного університету Поділля. – 2000. – №3 / ч.2. – С. 157-161.
12. Сімута Р.Р. Забезпечення якості і прискорення технологічної підготовки механоскладального виробництва: Дис. канд. техн. наук: 05.02.08. – К., 2003. –174 с.
13. Сімута Р.Р. Визначення бінарних відношень обмеження рухливості деталей складальної одиниці в напрямках, які не є колінеарними головній системі координат // Наукові вісті НТУУ „КПІ”. – 2002. – №6. – С. 89-93.
14. Кореньков В.М. Автоматизований синтез маршрутних технологічних процесів складання. Дис... канд. техн. наук: 05.02.08. – К., 2005. –171 с.
15. Rejneri N. Détermination et simulation des opérations d'assemblage Lors de la conception de systèmes mécaniques: These Pour obtenir le grade de Docteur de l'Inpg Institut national polytechnique de Grenoble 2000.
16. Romney B., Godard C., Goldwasser M., Ramkumar G. An Efficient System for Geometric Assembly Sequence Generation and Evaluation // Proc. ASME International Computers in Engineering Conference. – 1995. – P. 699-712.