

УДК 621.002.2:658.512

В.А. Пасічник, к.т.н., доц.

Ю.В. Лашина, магістрант

Національний технічний університет України „КПІ”

**УРАХУВАННЯ МОЖЛИВОСТІ КІНЕМАТИЧНИХ РУХІВ
ЕЛЕМЕНТІВ СКЛАДАЛЬНОЇ ОДИНИЦІ
ПРИ ВИЯВЛЕННІ ПОСЛІДОВНОСТІ РОЗКЛАДАННЯ-СКЛАДАННЯ**

Представлено новий підхід до алгоритмічного формування послідовності розкладання-складання складальної одиниці, в якому враховується можливість кінематичних рухів окремих деталей.

Відомі рішення формалізованого визначення послідовності розкладання-складання [1, 2] дозволяють моделювати складальні одиниці (СО), всі деталі яких є нерухомими в зібраному стані, або принаймні під час можливих переміщень залишаються незмінними бінарні відношення обмежень рухливості (БВОР) між деталями [2]. Проте існує значна кількість СО, в яких її елементи (деталі або підскладання) мають можливість переміщуватись. Під час таких переміщень відбуваються зміни у БВОР, тобто такі відношення перестають бути бінарними. Більше того, для значної кількості СО, без виконання певних допоміжних переміщень, як лінійних, так і обертальних, взагалі неможливо виконати розкладання. Тому удосконалення відомих алгоритмів в частині розширення можливості їх застосування для СО з можливістю кінематичних рухів її елементів є актуальною задачею.

Розв'яжемо задачу знаходження послідовності розкладання-складання на прикладі дверей (рис. 1).

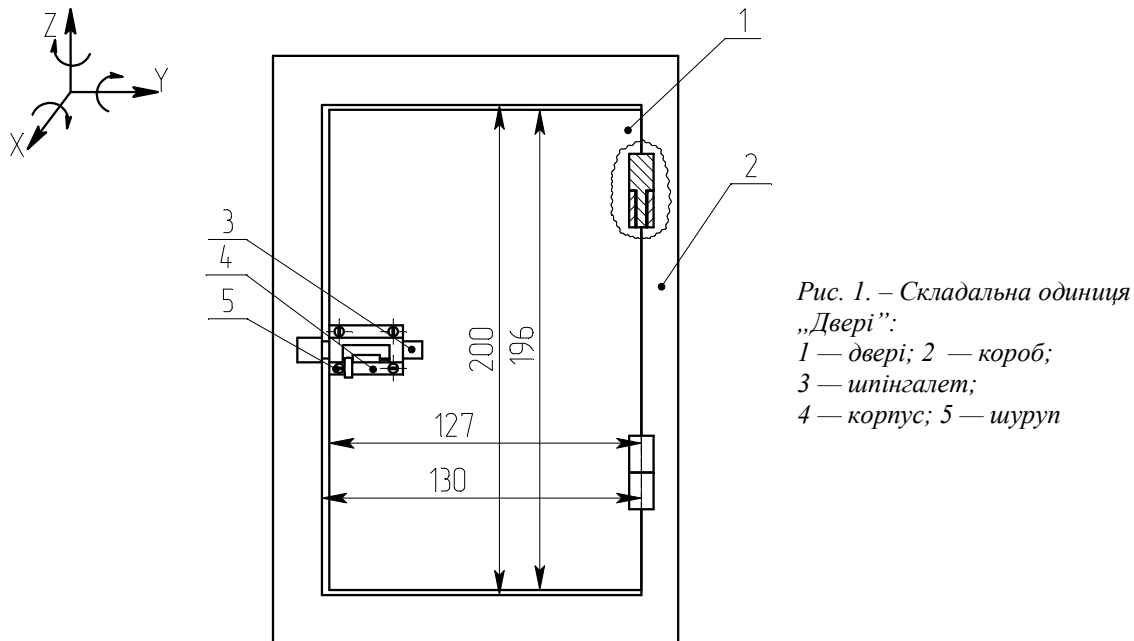


Рис. 1. – Складальна одиниця

„Двері”:

1 — двери; 2 — короб;

3 — шпінгалет;

4 — корпус; 5 — шуруп

Для наочності спростимо конструкцію: будемо вважати полотно дверей разом із петлями й кріпленням однією деталлю – двері 1; короб разом з іншою частиною петель й кріпленням однією деталлю – короб 2; кілька шурупів, які кріплять шпінгалет 3 та його корпус 4 до дверей 1, мають однакові БВОР відносно інших деталей СО, тому об’єднаємо їх у технологічну групу [3] і позначимо – шуруп 5. Таким чином наша складальна одиниця може бути представлена п’ятьма деталями, для яких представимо матриці БВОР [4] – рис. 2, а та БВОР [1] – рис. 2, б.

Застосування до представленої на рис. 2 моделі СО відомих [1, 2] алгоритмів формалізованого розкладання-складання дозволить отримати таку послідовність:

$$5\{M_{x+}\} \Rightarrow (3 \wedge 4)\{M_{y+}\} \Rightarrow !$$

Тобто після руйнування єдиного у СО з’єднання, що забезпечує нероз’ємність (ЗЗН) між деталями а5 і а1 можна видалити деталь а5, далі стає можливим сумісно видалити комплект деталей а3 і а4 в додатному напрямку осі Y. Після цього розбирання буде припинено, оскільки дві деталі а1 і а2 повністю обмежують переміщення одна одної по всіх напрямках.

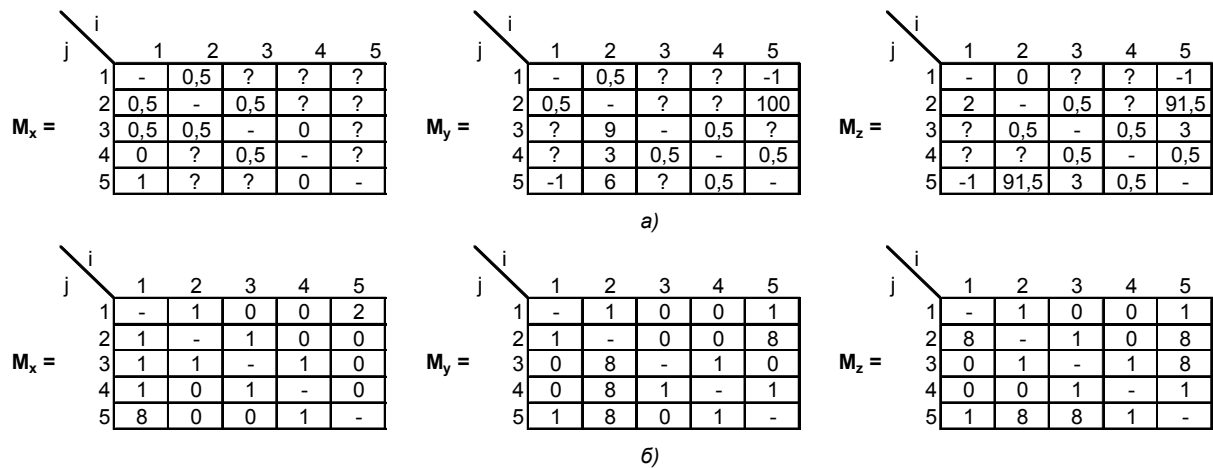


Рис. 2. Матриці лінійних відношень обмежень рухливості: а) відносні; б) бінарні

Втім, візуальний аналіз конструкції вказує, що можна повернути одну з деталей навколо осі Z, після чого роз'єднати їх. Крім того, можливість відчинити двері, повернувши й перемістивши шпінгалет, алгоритмічно взагалі неймовірна. Тобто відомі алгоритми, які замість того, щоб „відкрити двері”, пропонують нам „відкручувати шурупи і розбирати замок”. Не заперечуючи широкі можливості відомих рішень, спробуємо розширити їхню дію на такі складальні одиниці, в яких окремі деталі мають можливість рухатись (переміщуватись або обертатися) без початкового руйнування ЗЗН.

Спочатку доповнимо модель СО матрицями обертальних обмежень рухливості (рис. 3).

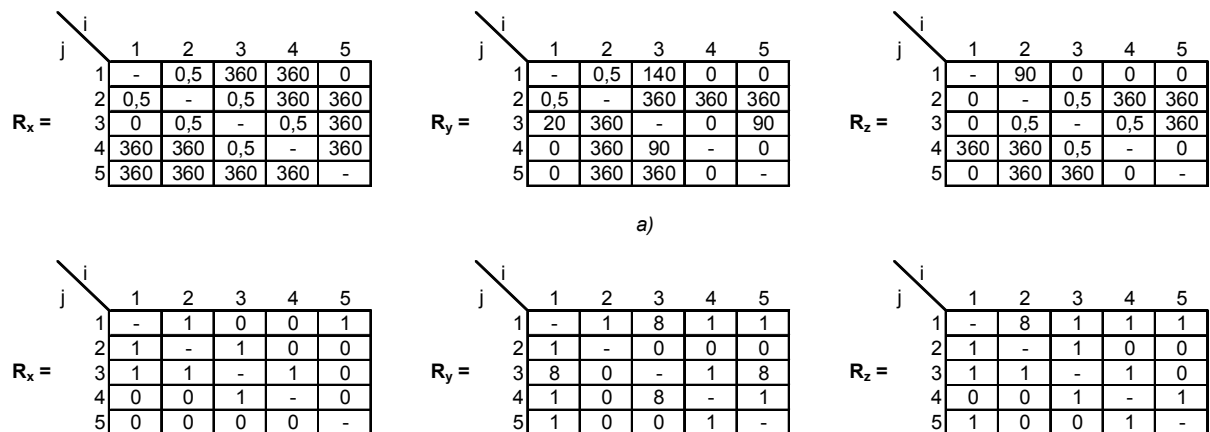


Рис. 3. Матриці обертальних відношень обмежень рухливості: а) відносні (в градусах); б) бінарні

Наявність в матриці R_y стовпця, що не містить контактних обмежень („1”), вказує на можливість повернути деталь а3 на величину $\min(d_{3,1...n}, d_{4,1...n})$ (рис. 4), причому матриці БВОР після повертання деталі а3 на 90° частково змінюються (рис. 5). Відмінності від попереднього стану, що на рисунку виділені фоном, стосуються не лише лінійних та обертальних матриць осі Y, де відбувається заміна значень елементів $d_{4,3}$ і $d_{3,4}$. та заміни контактного обертального обмеження $d_{1,3}$ на віддалене, а й матриці M_x , де відбулася зміна значення елемента $d_{4,3}$ з контактного на відсутність обмеження.

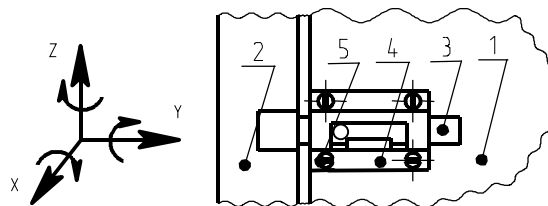


Рис. 4. СО після повороту шпінгалета 3

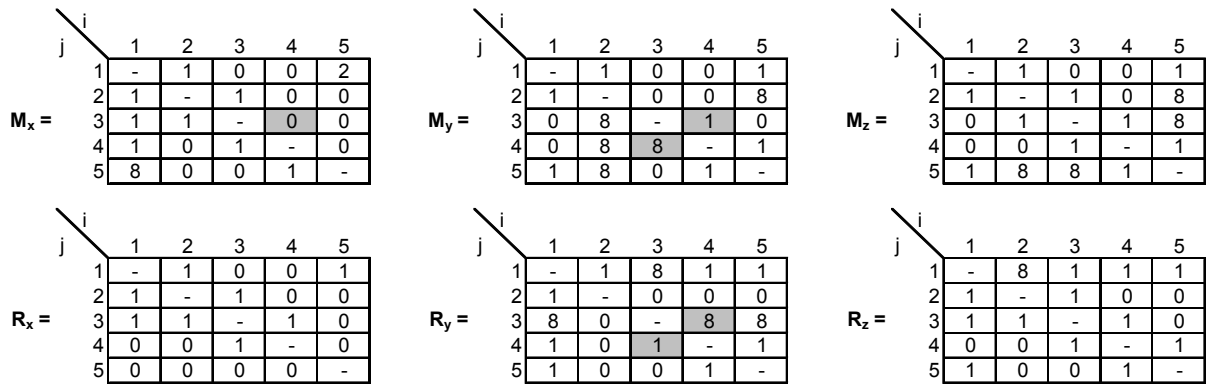


Рис. 5. Матриці БВОР після повороту деталі a₃ навколо осі Y

Новий стан (рис. 5) вказує на нову можливість обмеженого лінійного переміщення деталі a₃ в напрямку Y⁺ (відсутність контактних обмежень у стовпчику 3). Таке переміщення на величину $\min(d_{3,1..n}, d_{4,1..n})$ дозволяє отримати новий стан (рис. 6 і 7), в якому з'являється можливість обмежено повернути деталь a₂ навколо осі Z (відсутність контактних обмежень у стовпчику 2).

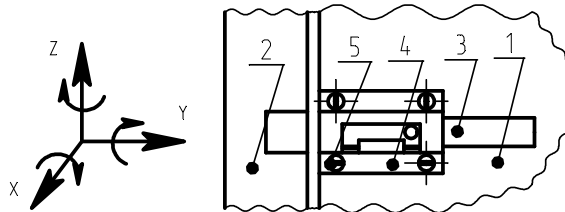


Рис. 6. СО після переміщення шпінгалета 3 вздовж осі Y

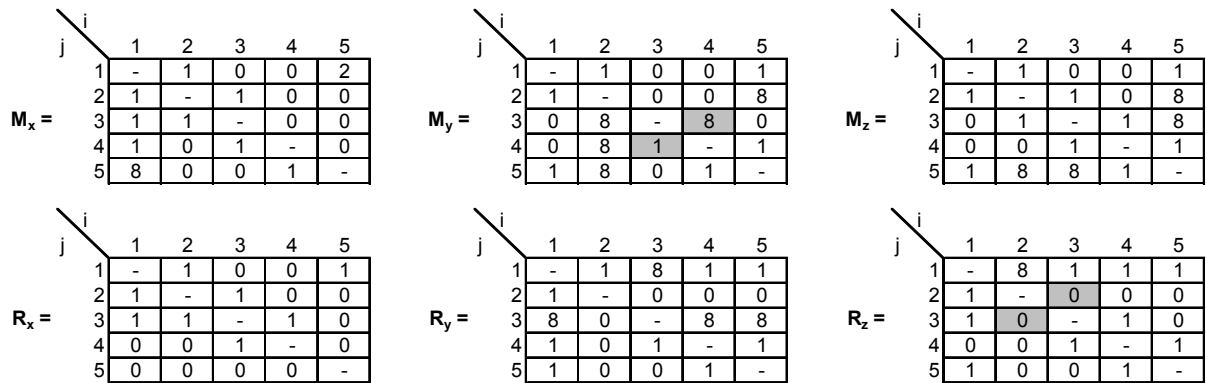


Рис. 7. Матриці БВОР після переміщення деталі a₃ вздовж осі Y⁺

Можливість повернути деталь a₂ на кут 90° означає одночасну можливість повернути комплект деталей {a₁∧a₃∧a₄∧a₅}, що означає можливість „відкрити двері” (рис. 8). Після таких поворотів змінюються матриці лінійних БВОР (рис. 9), що вказує на можливість видалити деталь a₂ в напрямку Z⁻∧(Y[±]∧X⁻), або комплекту {a₁∧a₃∧a₄∧a₅} в напрямку Z⁺∧(Y[±]∧X⁺).

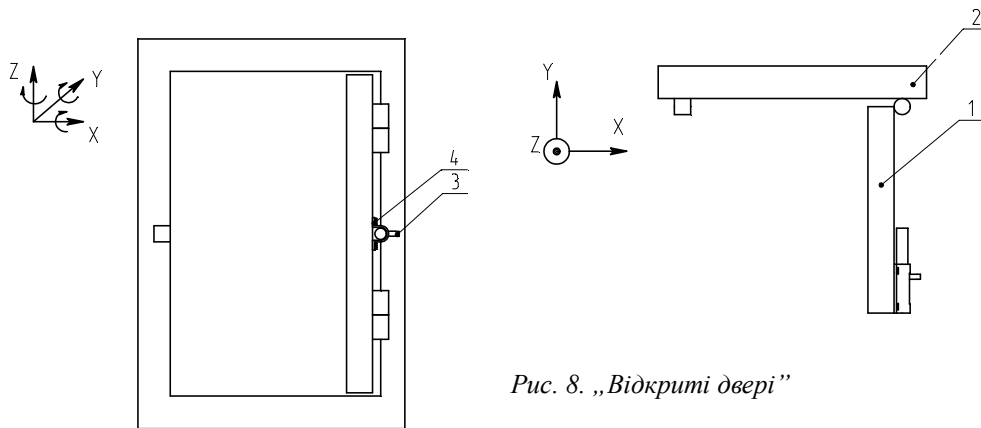


Рис. 8. „Відкриті двері”

$M_x =$

	i					
j		1	2	3	4	5
1		-	1	0	0	2
2		1	-	0	0	0
3		1	0	-	1	0
4		1	0	1	-	0
5		8	0	0	1	-

$M_y =$

	i					
j		1	2	3	4	5
1		-	1	0	0	1
2		1	-	8	8	8
3		0	0	-	8	0
4		0	0	1	-	1
5		1	0	0	1	-

$M_z =$

	i					
j		1	2	3	4	5
1		-	1	0	0	1
2		8	-	0	0	0
3		0	0	-	1	8
4		0	0	1	-	1
5		1	0	8	1	-

Рис. 9. Матриці БВОР після повороту деталі a₂ навколо осі Z+

Подальше застосування відомих розв’язків до комплекту деталей {a₁∧a₃∧a₄∧a₅} не має ніяких відмінностей від відомих розв’язків [1–3], тому не будемо зупинятися на подальших діях, а запишемо остаточну послідовність дій щодо „відкривання-розкладання” дверей.

$$3\{R_{y+} : \min(d_{3,1..n})\} \Rightarrow M_{y+} : \min(d_{3,1..n}) \Rightarrow 2\{R_{z+} : \min(d_{2,1..n})\} \Rightarrow M_{z-} : \min(d_{2,1..n}) \Rightarrow M_{x-y\pm} \Rightarrow$$

$$5\{M_{x+}\} \Rightarrow \begin{bmatrix} 4\{M_{x+}\} \\ 1\{M_{x-,y\pm,z\pm}\} \end{bmatrix} \Rightarrow 3$$

Нами запропонована форма запису послідовності „відкривання-розкладання” складальної одиниці, яка полягає в тому, що спочатку вказується номер деталі у СО, у фігурних дужках – переміщення, які можна реалізувати, причому R та M із обмеженням переміщення (після двокрапки) вказують на можливість обмеженого переміщення вздовж відповідної осі, а без вказівки обмеження – означають можливість остаточного видалення зі складання. Якщо дії виконуються над деталлю або деталями послідовно, вони записуються через знак слідування, якщо ж є можливість виконувати дії паралельно, – це вказується в декілька рядків у квадратних дужках.

Запишемо **удосконалений алгоритм** розкладання-складання СО, який враховує можливість окремих деталей рухатися у СО, причому ці рухи можуть виконувати роль допоміжних під час розкладання-складання (рис. 10). Темним фоном виділені нові, порівняно з відомими, блоки алгоритму.

Етап 1. Формування початкової моделі СО. Відбувається відповідно до правил, викладених в [1, 4] для всіх значущих координатних напрямків [3].

Етап 2. Розкладання СО. Відбувається відповідно до правил, викладених в [1, 2].

Етап 3. Результат аналізу. Якщо відомі алгоритми дозволили „розкласти” СО, тоді відбувається перехід до етапу 4, інакше – переходимо до нового етапу 5.

Етап 4. Інвертування розкладання у складання. Реалізація цього етапу дозволяє для певної базової деталі перетворити отриману послідовність розкладання у послідовність складання.

Етап 5. Відновлення попередньої моделі СО. Необхідність цього етапу визначається тим, що у випадку неможливості розібрати СО відомими способами слід повернутися до попереднього стану (для початкового аналізу це буде початкова модель СО) для подальшої спроби відшукати можливі допоміжні рухи.

Етап 6. Пошук можливих рухів деталей. Суть цього етапу полягає в пошуку в матрицях БВОР відсутності для кожної з деталей контактних обмежень. Причому такий рух може бути складним і являти

собою послідовність рухів різних деталей. Завершується цей етап у тому випадку, коли виявлені всі можливі для даного стану моделі рухи.

Етап 7. Результат пошуку допоміжних рухів. Якщо пошук можливих рухів виявив можливість переміщення принаймні однієї деталі, слід перейти до етапу 8, в іншому випадку в самій конструкції СО присутня помилка, яка не дозволяє її розібрати. В цьому випадку слід вивести лише повідомлення про помилку і припинити роботу. Відмітимо також, що до такого стану може призвести й недосконалість цього алгоритму, який не охоплює всі можливі конструкції СО.

Етап 8. Модифікація моделі СО. Реалізація допоміжних переміщень повинна призводити до змін у відношення БВОР та ВВОР. Після кожного допоміжного переміщення слід вносити такі зміни, що найкраще реалізувати шляхом аналізу тривимірної моделі складальної одиниці, створеної в одній з 3D CAD-систем [5]. Після внесення змін у модель СО слід повернутися до етапу 2 і продовжити пошук послідовності розкладання.

Таким чином, алгоритм припиняє аналіз конструкції СО в тому випадку, коли сформована послідовність складання з або без допоміжних рухів, або коли конструкція СО містить помилки.

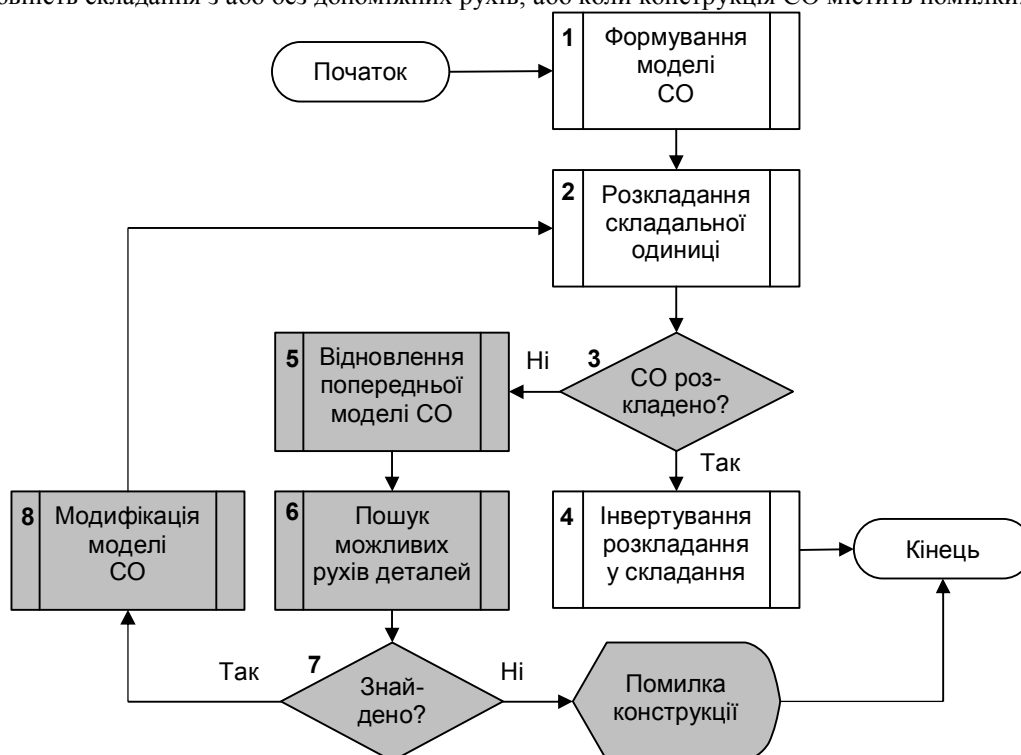


Рис. 10. Удосконалений алгоритм аналізу складальної одиниці

Висновки. Урахування в математичній моделі СО можливості взаємного обмеженого переміщення або обертання деталей дозволяє розповсюдити відомі алгоритми розкладання-складання, що базуються на аналізі бінарних обмежень рухливості, на такі СО, які розкласти й скласти можна тільки із застосуванням допоміжних рухів.

Сумісне застосування для аналізу ВВОР і БВОР дозволяє не тільки отримати послідовність дій по розкладанню-складанню виробів, а й отримати числові значення величин переміщень/поворотів вздовж відповідних осей, що є корисним при створенні систем автоматизованого програмування складального обладнання з ЧПК.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Давыгора В.Н., Пасечник В.А. Теория формализованного синтеза множества альтернатив доминирующих порядков последовательно-параллельной сборки // Вестник НТУУ «КПИ». – К., 2000. – № 39 / Машиностроение. – С. 55–77
2. Давыгора В.Н. Методика автоматизованого синтезу раціональних порядків складання // Technologia i automatyzacja montazu. – Warszawa: OBR TEKOMA, 2001. – № 2. – С. 3–10.
3. Пасечник В.А., Сімута Р.Р.. Виявлення значущих координатних напрямків і технологічних груп деталей у складанні // Вісник Житомирського інженерно-технологічного інституту. – Житомир, 2002 / Спеціальний випуск / ІКТ 2002. – С. 152–157.

4. Пасічник В.А., Ковальова Ю.В. Моделювання складальних одиниць на основі інформації про взаємні обмеження рухливості // Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції „Сучасні наукові дослідження – 2006”, Дніпропетровськ.– 2006. – Том 16/Технічні науки / Наука і освіта. – С. 81–84.
5. Пасічник В.А., Сімута Р.Р. Автоматизоване формування математичної моделі складального виробу // Вісник Технологічного університету Поділля. – Хмельницький, 2003.– № 4 (53).– С. 236–242.

ПАСІЧНИК Віталій Анатолійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології машинобудування Національного технічного університету України „Київський політехнічний інститут”.

Наукові інтереси:

– автоматизація проектування і технологічної підготовки процесів складання, автоматизації і роботизації складальних робіт.

Тел. (+38-044)-454-95-33

E-mail: tm_mmi@users.ntu-kpi.kiev.ua

ЛАШИНА Юлія Вікторівна – магістрант кафедри технології машинобудування Національного технічного університету України „Київський політехнічний інститут”.

Наукові інтереси:

– математичне моделювання складальних процесів, інтеграція проектування виробу з технологічною підготовкою його виробництва.

Тел. (+38-044)-454-95-33

E-mail: tm_mmi@users.ntu-kpi.kiev.ua

Подано 10.09.2006

Пасічник В.А., Лашина Ю.В. Урахування можливості кінематичних рухів елементів складальної одиниці при виявленні послідовності розкладання-складання

Пасечник В.А., Лашина Ю.В. Учет возможностей кинематических движений элементов сборочной единицы при определении последовательности сборки-разборки

Pasichnyk V.A., Lashyna Y.V. Accounting of possibilities of kinematical motions of assembly unit elements when determining assembling-disassembling sequence

УДК 621.002.2:658.512

Урахування можливості кінематичних рухів елементів складальної одиниці при виявленні послідовності розкладання-складання / В.А. Пасічник, Ю.В. Лашина

Представлено новий підхід до алгоритмічного формування послідовності розкладання-складання складальної одиниці, в якому враховується можливість кінематичних рухів окремих деталей.

УДК 621.002.2:658.512

Учет возможностей кинематических движений элементов сборочной единицы при определении последовательности сборки-разборки / В.А. Пасечник, Ю.В. Лашина

Представлен новый подход к алгоритмическому формированию последовательности сборки-разборки, в котором учитывается возможность кинематических движений отдельных деталей.

УДК 621.002.2:658.512

Accounting of possibilities of kinematical motions of assembly unit elements when determining assembling-disassembling sequence / V.A. Pasichnyk, Y.V. Lashyna

A new approach to the algorithmic generation of assembling-disassembling which considers kinematical motion of single parts is presented.