

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СБОРОЧНЫХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ В МНОГОПОЗИЦИОННЫХ АГРЕГАТИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

М. М. Захаров, к.т.н., доцент,

О. І. Захарова

Сумський національний аграрний університет

Работа посвящена разработке алгоритма определения размерных взаимосвязей на трехмерной модели многопозиционной агрегатированной технологической системы.

Ключевые слова: алгоритм, многопозиционная система, геометрическая точность, размерные взаимосвязи, агрегатирование, сборка, модель, станок, моделирование.

Постановка проблемы. Иерархичность строения изделия предполагает его членение на сборочные единицы, которые должны быть представлены сборочными размерными цепями. Для решения задачи нахождения сборочных размерных цепей в наибольшей степени подходит теория графов. Задача выявления у неориентированных графов минимальных подграфов, имеющих гамильтонов цикл, нахождение такого цикла, если он существует, является важной задачей теории графов как с практической, так и с теоретической точек зрения.

Анализ последних исследований и публикаций. В настоящее время в литературе не приводятся алгебраические методы решения поставленной задачи. Критерии существования, данные в некоторых работах, представляют теоретический интерес, но они слишком общие и не приемлимы для решения задачи нахождения размерных цепей. В ряде работ с помощью последовательного перемножения матриц определяются все простые цепи. Однако решение задачи рассматривается применительно к ориентированным графам. В этих условиях эффективность решения указанной задачи зависит от правильной ориентации ребер, превращения неориентированного графа в ориентированный, формальных правил задания ориентации ребер нет, поэтому в такой постановке задача не может быть решена в автоматическом режиме.

Цель работы. Разработка алгоритма определения сборочных размерных взаимосвязей на трехмерной модели многопозиционной агрегатированной технологической системы.

Изложение основного материала. Задача нахождения СРЦ решается с использованием теории графов. Сборочные размерные цепи изделия представляются графом (рис. 1) в котором, вершины – поверхности, а ребра – размеры.

Рассмотрим особенности графа, отображающего размерную цепь. Ребра графа имеют кратность 1. Каждой размерной цепи соответствует цикл на графе. Все размеры (кроме замыкающих) могут входить в одну или несколько размерных цепей, следовательно, на графе задан гамильтонов цикл. В графе можно пометить ребра, которые относятся к замыкающим размерам в размерных цепях, относительно которых справедливо утверждение, что эти ребра отно-

сятся только к одному циклу. При этом необходимо учесть, что составляющие звенья размерных цепей, которые входят в другие размерные цепи, могут образовывать замкнутый контур только при наличии замыкающего звена.

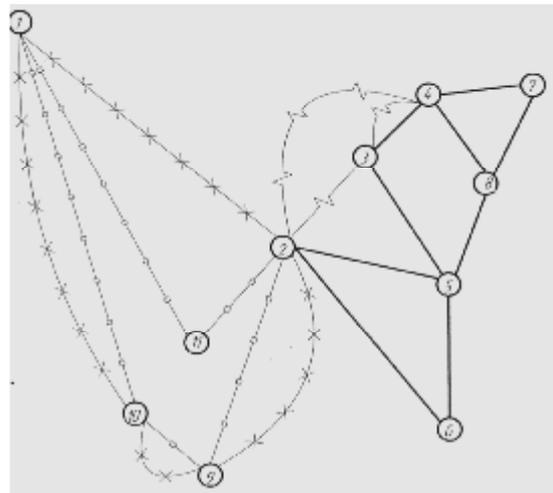


Рис. 1. Фрагмент графа, отображающий сборочные размерные цепи многопозиционного агрегатного станка.

Также необходимо учесть, что пространственная размерная цепь обуславливает наличие между одними и теми же поверхностями нескольких замыкающих звеньев, расположенных в разных плоскостях.

Поэтому необходимо ввести ограничение: размерные цепи расположенные в разных координатных плоскостях обозначены на графе ребрами разного типа.

Поиск составляющих звеньев размерных цепей должен вестись по ребрам того же типа, что и замыкающее звено.

Задача имеет, в общем случае, следующую постановку. На неориентированном графе, кратность ребер которого равна единице, определить фундаментальное множество циклов, в каждый из которых входит только по одному известному ребру.

Задача выявления существования у неориентированных графов минимальных подграфов, имеющих гамильтонов цикл, нахождение такого цикла, если он существует, является важной задачей теории графов как с практической, так и с теоретической точек зрения.

Для решения задачи поиска сборочных размерных цепей предлагается метод нахождения в неориентированных графах минимальных подграфов, являющихся гамильтоновым циклом.

Для решения задачи:

а) строится матрица M_i (a_{ij}) связей вершин (для ребер графа расположенных в вертикальных плоскостях и горизонтальных отдельно), где $1 \leq i \leq m$; $1 \leq j \leq 2$. Данная матрица имеет размерность $m \times 2$, где m – число строк равное числу ребер графа (связь заносится в матрицу, если ребро непосредственно связывает две вершины);

б) строится матрица M . Данная матрица содержит все замыкающие звенья расположенные в горизонтальных или вертикальных плоскостях и имеет размерность $l \times 2$, где l – число строк равное числу замыкающих звеньев.

Эти две матрицы M_i и M являются исходными для решения задачи и строятся вручную;

в) строится матрица $M_s = (b_{ij})$ степеней вершин, где $1 \leq i \leq n$; $1 \leq j \leq 2$. Матрица M_s имеет размерность $n \times 2$, где n – число вершин в неориентированном графе. Данный этап выполняется автоматически. Для этого из M_i последовательно выбираются вершины ($1 \leq i \leq m$) из обоих столбцов и сколько раз данная вершина встречается в матрице, такова ее степень.

Задача решается в следующей последовательности:

1. В исходном графе G размыкаются все циклы, кроме одного. Для этого из M_i последовательно выбираются (обнуляются) все помеченные связи, имеющиеся в M , кроме одной. Степени соответствующих вершин уменьшаются в M_s на единицу. В результате получим подграф G_0^1 графа G , в котором будет замкнут только один элементарный цикл. Подграф G_0^1 отражается в M_s^1 и M_i^1 .

2. Отбрасываются висячие вершины подграфа G_0^1 . Вершина со степенью, равной едини-

це, является висячей и ее можно исключить из подграфа G_0^1 при нахождении максимального подграфа, в котором предполагается наличие гамильтонового цикла. Для этого из матрицы M_s последовательно выбираются вершины, имеющие степень, равную единице. Затем каждая из этих вершин отыскивается в матрице M_i^1 и также находится вершина, с ней связанная. Исключая выбранные вершины из M_i^1 , уменьшаем в M_s^1 степени вершин с ними связанных, на единицу. Этот процесс повторяется до тех пор, пока степени оставшихся в M_s^1 вершин не будут равны 2. По окончании этого процесса в M_i^1 остаются связи, принадлежащие элементарному циклу.

3. Выбор из M_i^1 гамильтонова цикла. Для этого берется одна из вершин, принадлежащая помеченному ребру. Отыскивается в M_i^1 (в первом или втором столбце) связь с данной вершиной. Найденная вершина принимается за исходную и снова отыскивается связь этой вершины в M_i^1 . Процесс повторяется до тех пор, пока не будет достигнута вершина, с которой начался поиск.

Для нахождения всех гамильтоновых циклов (размерных цепей) процесс повторяется столько раз (с п.1), сколько строк содержит матрица M , или другими словами, столько раз, сколько элементарных гамильтоновых циклов имеет граф G .

В качестве примера, представлен фрагмент пространственных размерных цепей многопозиционного агрегатного станка (рис. 2) и граф к нему (рис. 3).

Нахождение СРЦ, с использованием теории графов, проводилось для четырехпозиционного агрегатного станка с тремя рабочими позициями, расположенными в горизонтальной плоскости. Результаты решения занесены в таблицы 3,4,5,6. Индексом «М» обозначены замыкающие звенья, составляющие звенья которых расположены в соответствующих столбцах.

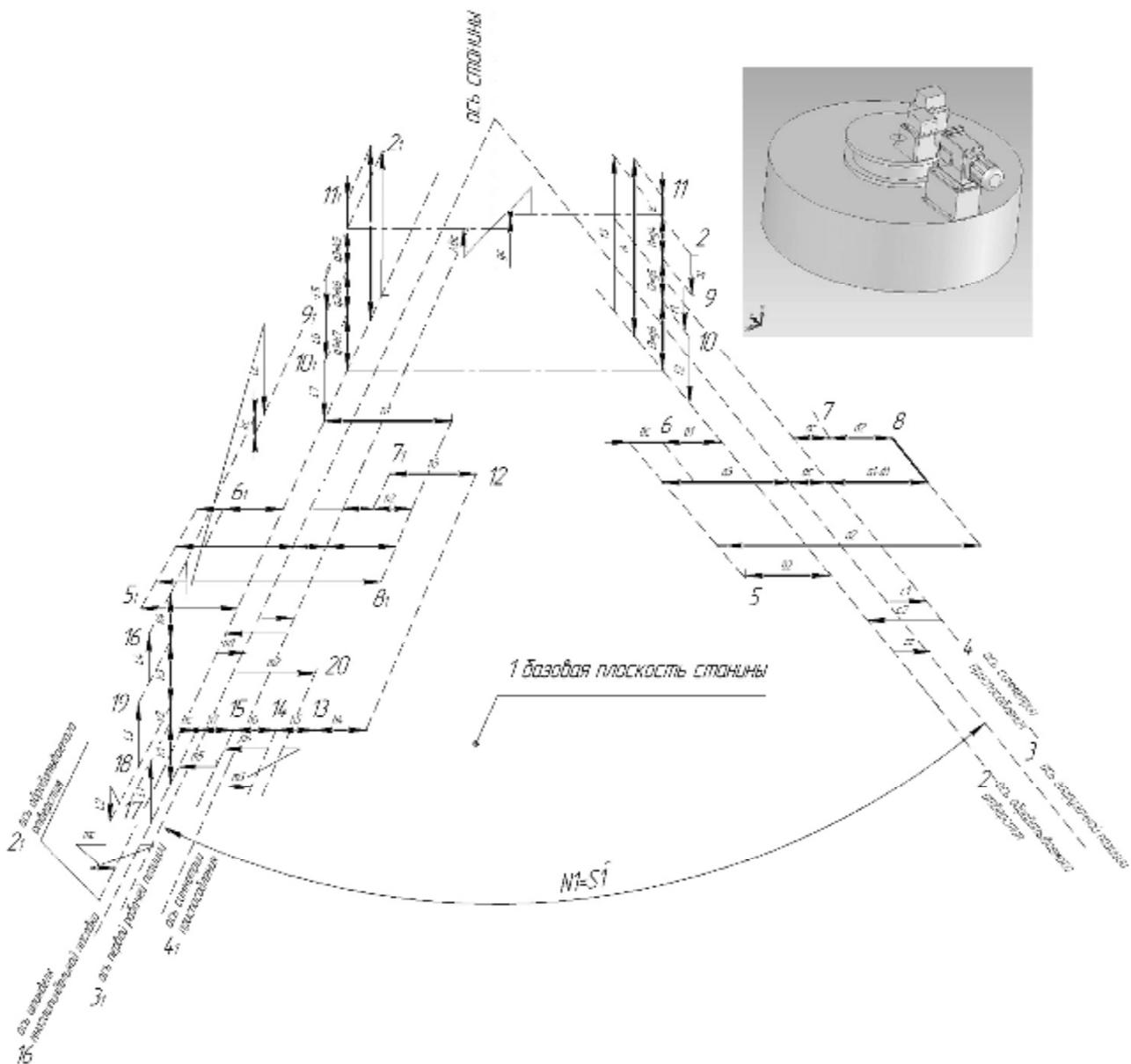


Рис. 2. Фрагмент пространственных размерных цепей многопозиционного агрегатного станка.

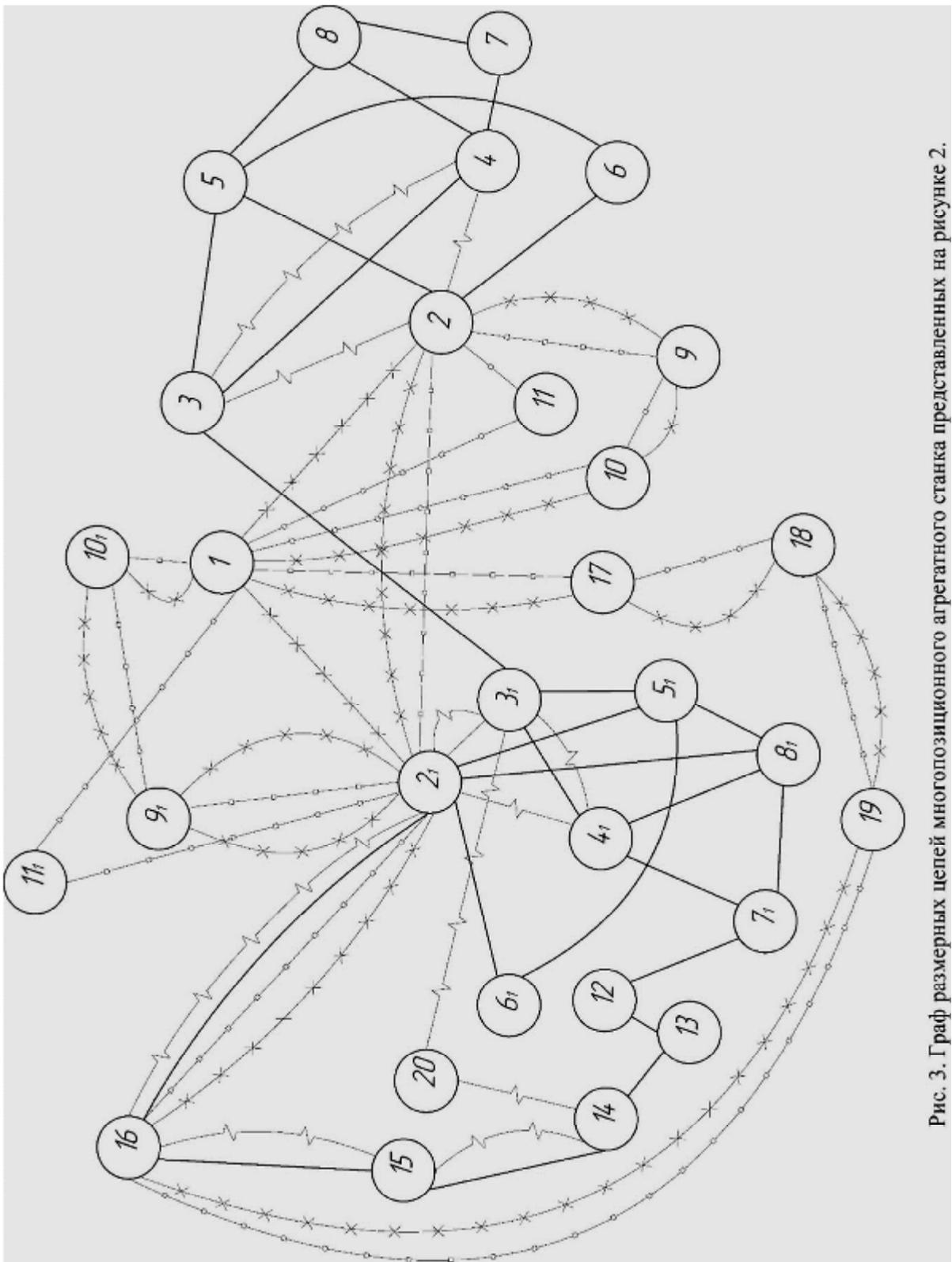


Рис. 3. Граф размерных цепей многопозиционного агрегатного станка представленных на рисунке 2.

Таблица 3. Размерные цепи расположенные в горизонтальной плоскости

M5-6	M5 ₁ -6 ₁	M5 ₂ -6 ₂	M5 ₃ -6 ₃	M4-7	M4 ₁ -7 ₁	M4 ₂ -7 ₂	M4 ₃ -7 ₃	M3-4	M3 ₁ -4 ₁	M3 ₂ -4 ₂	M3 ₃ -4 ₃	M2 ₁ -16	M2 ₂ -16 ₂	M2 ₃ -16 ₃	M3-3 ₂	M3 ₁ -3 ₃	M3-3 ₃
6-2	6 ₁ -2 ₁	6 ₂ -2 ₂	6 ₃ -2 ₃	4-8	4 ₁ -8 ₁	4 ₂ -8 ₂	4 ₃ -8 ₃	4-8	4 ₁ -8 ₁	4 ₂ -8 ₂	4 ₃ -8 ₃	2 ₁ -8 ₁	2 ₂ -8 ₂	2 ₃ -8 ₃	3-3 ₁	3 ₂ -3 ₃	3-3 ₁
2-5	2 ₁ -5 ₁	2 ₂ -5 ₂	2 ₃ -5 ₃	8-7	8 ₁ -7 ₁	8 ₂ -7 ₂	8 ₃ -7 ₃	8-5	8 ₁ -5 ₁	8 ₂ -5 ₂	8 ₃ -5 ₃	8 ₁ -7 ₁	8 ₂ -7 ₂	8 ₃ -7 ₃	3 ₁ -3 ₂	3 ₁ -3 ₂	3 ₁ -3 ₂
								5-3	5 ₁ -3 ₁	5 ₂ -3 ₂	5 ₃ -3 ₃	7 ₁ -12	7 ₂ -12 ₂	7 ₃ -12 ₃			3 ₂ -3 ₃
												12-13	12 ₂ -13 ₂	12 ₃ -13 ₃			
												13-14	13 ₂ -14 ₂	13 ₃ -14 ₃			
												14-15	14 ₂ -15 ₂	14 ₃ -15 ₃			
												15-16	15 ₂ -16 ₂	15 ₃ -16 ₃			

Таблиця 4. Размерные цепи расположенные в вертикальной плоскости

M2-11	M2 ₁ -11 ₁	M2 ₂ -11 ₂	M2 ₃ -11 ₃	M16-2 ₁	M16 ₂ -2 ₂	M16 ₃ -2 ₃	M2-2 ₁	M2-2 ₂	M2-2 ₃	M2 ₁ -2 ₃	M2 ₁ -2 ₂	M2 ₂ -2 ₃	M16-16 ₃	M16-16 ₂	M16 ₂ -16 ₃
2-9	2 ₁ -9 ₁	2 ₂ -9 ₂	2 ₃ -9 ₃	16-19	16 ₂ -19 ₂	16 ₃ -19 ₃	2-9	2-9	2-9	2 ₁ -9 ₁	2 ₁ -9 ₁	2 ₂ -9 ₂	16-19	16-19	16 ₂ -19 ₂
9-10	9 ₁ -10 ₁	9 ₂ -10 ₂	9 ₃ -10 ₃	19-18	19 ₂ -18 ₂	19 ₃ -18 ₃	9-10	9-10	9-10	9 ₁ -10 ₁	9 ₁ -10 ₁	9 ₂ -10 ₂	19-18	19-18	19 ₂ -18 ₂
10-1	10 ₁ -1	10 ₂ -1	10 ₃ -1	18-17	18 ₂ -17 ₂	18 ₃ -17 ₃	10-1	10-1	10-1	10 ₁ -1	10 ₁ -1	10 ₂ -1	18-17	18-17	18 ₂ -17 ₂
1-11	1-11 ₁	1-11 ₂	1-11 ₃	17-1	17 ₂ -1	17 ₃ -1	1-10 ₁	1-10 ₂	1-10 ₃	2 ₃ -9 ₃	2 ₂ -9 ₂	2 ₃ -9 ₃	17-1	17-1	17 ₂ -1
				1-10 ₁	1-10 ₂	1-10 ₃	9 ₁ -10 ₁	9 ₂ -10 ₂	9 ₃ -10 ₃	9 ₃ -10 ₃	9 ₂ -10 ₂	9 ₃ -10 ₃	16 ₃ -19 ₃	16 ₂ -19 ₂	16 ₃ -19 ₃
				9 ₁ -10 ₁	9 ₂ -10 ₂	9 ₃ -10 ₃	2 ₁ -9 ₁	2 ₂ -9 ₂	2 ₃ -9 ₃	10 ₃ -1	10 ₂ -1	10 ₃ -1	19 ₃ -18 ₃	19 ₂ -18 ₂	19 ₃ -18 ₃
				2 ₁ -9 ₁	2 ₂ -9 ₂	2 ₃ -9 ₃							18 ₃ -17 ₃	18 ₂ -17 ₂	18 ₃ -17 ₃
													17 ₃ -1	17 ₂ -1	17 ₃ -1

Таблиця 5. Размерные цепи отклонения от параллельности расположенные в горизонтальной плоскости

M2-3	M2 ₁ -3 ₁	M2 ₂ -3 ₂	M2 ₃ -3 ₃	M16-2 ₁	M16 ₂ -2 ₂	M16 ₃ -2 ₃
3-4	3 ₁ -4 ₁	3 ₂ -4 ₂	3 ₃ -4 ₃	2 ₁ -3 ₁	2 ₂ -3 ₂	2 ₃ -3 ₃
4-2	4 ₁ -2 ₁	4 ₂ -2 ₂	4 ₃ -2 ₃	3 ₁ -20	3 ₂ -20 ₂	3 ₃ -20 ₃
				20-14	20 ₂ -14 ₂	20 ₃ -14 ₃
				14-15	14 ₂ -15 ₂	14 ₃ -15 ₃
				15-16	15 ₂ -16 ₂	15 ₃ -16 ₃

Таблиця 6. Размерные цепи отклонения от параллельности расположенные в вертикальной плоскости

M2-9	M2 ₁ -9 ₁	M2 ₂ -9 ₂	M2 ₃ -9 ₃	M16-2 ₁	M16 ₂ -2 ₂	M16 ₃ -2 ₃	M2-2 ₁	M2-2 ₂	M2-2 ₃	M2 ₁ -2 ₃	M2 ₁ -2 ₂	M2 ₂ -2 ₃	M16-16 ₃	M16-16 ₂	M16 ₂ -16 ₃
				16-19	16 ₂ -19 ₂	16 ₃ -19 ₃	2-9	2-9	2-9	2 ₁ -9 ₁	2 ₁ -9 ₁	2 ₂ -9 ₂	16-19	16-19	16 ₂ -19 ₂
9-10	9 ₁ -10 ₁	9 ₂ -10 ₂	9 ₃ -10 ₃	19-18	19 ₂ -18 ₂	19 ₃ -18 ₃	9-10	9-10	9-10	9 ₁ -10 ₁	9 ₁ -10 ₁	9 ₂ -10 ₂	19-18	19-18	19 ₂ -18 ₂
10-1	10 ₁ -1	10 ₂ -1	10 ₃ -1	18-17	18 ₂ -17 ₂	18 ₃ -17 ₃	10-1	10-1	10-1	10 ₁ -1	10 ₁ -1	10 ₂ -1	18-17	18-17	18 ₂ -17 ₂
1-2	1-2 ₁	1-2 ₂	1-2 ₃	17-1	17 ₂ -1	17 ₃ -1	1-10 ₁	1-10 ₂	1-10 ₃	2 ₃ -9 ₃	2 ₂ -9 ₂	2 ₃ -9 ₃	17-1	17-1	17 ₂ -1
				1-10 ₁	1-10 ₂	1-10 ₃	9 ₁ -10 ₁	9 ₂ -10 ₂	9 ₃ -10 ₃	9 ₃ -10 ₃	9 ₂ -10 ₂	9 ₃ -10 ₃	16 ₃ -19 ₃	16 ₂ -19 ₂	16 ₃ -19 ₃
				9 ₁ -10 ₁	9 ₂ -10 ₂	9 ₃ -10 ₃	2 ₁ -9 ₁	2 ₂ -9 ₂	2 ₃ -9 ₃	10 ₃ -1	10 ₂ -1	10 ₃ -1	19 ₃ -18 ₃	19 ₂ -18 ₂	19 ₃ -18 ₃
				2 ₁ -9 ₁	2 ₂ -9 ₂	2 ₃ -9 ₃							18 ₃ -17 ₃	18 ₂ -17 ₂	18 ₃ -17 ₃
													17 ₃ -1	17 ₂ -1	17 ₃ -1

Выводы. Предлагаемое решение нахождения СРЦ обладает следующими основными преимуществами по сравнению с известными: простотой кодирования исходной информации и записи ее в исходные данные; уменьшение времени нахождения СРЦ за счет рациональной организации процесса поиска; простотой определения общих звеньев в пространственных размерных цепях изделия; использование из-

вестных методов нахождения гамильтоновых циклов предполагает ориентирование звеньев контура с последующим поиском цепи. В данном случае эффективность решения зависит не только от метода поиска, но и от ориентации звеньев контура. Предлагаемое решение позволяет определить элементарные циклы без ориентации звеньев.

Список використаної літератури:

1. Мельниченко А.А. Теоретические основы управления качеством агрегатированного металлообрабатывающего оборудования: Дис. д-ра техн. наук.- Харьков.: Украинская инженерно-педагогическая академия, 1999. – 295 с.
2. Сычев Ю.И. Повышение точности и качества многопозиционной обработки выбором структуры и параметров агрегатированных технологических систем: Дис. к-та техн. наук.- Харьков.: Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», 2006. – 145с.

Захаров М.М., Захарова О.И. Методика визначення складальних розмірних ланцюгів у багатопозиційних агрегованих технологічних системах

Робота присвячена розробці алгоритму визначення розмірних взаємозв'язків на тривимірній моделі багатопозиційної агрегованої технологічної системи. Складальні розмірні ланцюги виробу представляються графом у якому, вершини – поверхні, а ребра - розміри. Ребра графа мають кратність 1. Кожному розмірному ланцюгу відповідає цикл на графі. Усі розміри (крім замикаючих) можуть входити в один або кілька розмірних ланцюгів, отже, на графові заданий гамильтонов цикл. У графі можна позначити ребра, які відносяться до замикаючих розмірів у розмірних ланцюгах, щодо яких слушне твердження, що ці ребра відносяться тільки до одному циклу. При цьому необхідно врахувати, що складові ланки розмірних ланцюгів, які входять в інші розмірні ланцюги, можуть утворювати замкнений контур тільки при наявності замикаючої ланки. Завдання має, у загальному випадку таку постановку. На неорієнтованому графі, кратність ребер якого дорівнює одиниці, визначити фундаментальну безліч циклів, у кожний з яких входить тільки по одному відомому ребру. Завдання виявлення існування в неорієнтованих графах мінімальних подграфів, що мають гамильтонов цикл, знаходження - такого циклу, якщо він існує, є важливим завданням теорії графів як із практичної, так і з теоретичної точок зору. Для розв'язання завдання пошуку складальних

розмірних ланцюгів пропонується метод знаходження в неорієнтованих графах мінімальних підграфів, що є гамільтоновим циклом. Запропоноване знаходження складальних розмірних ланцюгів має наступні основні переваги в порівнянні з відомими: простотою кодування вихідної інформації й запису її у вихідні дані; зменшення часу знаходження складальних розмірних ланцюгів за рахунок раціональної організації процесу пошуку; простотою визначення загальних ланок у просторових розмірних ланцюгах виробу; використання відомих методів знаходження гамільтонових циклів припускає орієнтування ланок контуру з наступним пошуком ланцюга. У цьому випадку ефективність розв'язання залежить не тільки від методу пошуку, але й від орієнтації ланок контуру. Запропоноване рішення дозволяє визначити елементарні цикли без орієнтації ланок.

Ключові слова: алгоритм, багатопозиційна система, геометрична точність, розмірні взаємозв'язки, агрегування, складання, модель, верстат, моделювання.

Zaharov M., Zaharova O. Methodology of determination of frame-clamping size chains is in the multiposition packaged technological systems

Work is sanctified to development of algorithm of determination of size intercommunications on the three-dimensional model of the multiposition packaged technological system. The frame-clamping size chains of good appear a count in that, tops are surfaces, and ribs are sizes. The ribs of count have multipleness 1. To every size chain a cycle answers on a column. All sizes (except locking) can be included in one or a few size chains, thus, on a count a cycle is set. It is possible in a column to designate ribs, that behave to the locking sizes in size chains, in relation to that there is a just statement, that these ribs behave only to one to the cycle. Thus it is necessary to take into account that the component links of size chains, that is included in other size chains, can form the reserved contour only at presence of locking link. A task has, in general case such raising. On non-orientable count, the multipleness of ribs of that equals unit, to define the fundamental enormous amount of cycles in each of that included only on one known rib. A task of exposure of existence is in the non-orientable columns of minimum graphs, that have a cycle, being - such cycle, if he exists

it is an important task to the theory of the graphs both from practical and from theoretical points of view. For the decision of task to the search of frame-clamping size chains a being method is offered

in the non-orientable columns of minimum graphs, that is a cycle. The offered being of frame-clamping size chains has next basic advantages as compared to known: by simplicity of code of initial information and record of her in a weekend given; reduction to time of being of frame-clamping size chains is due to rational organization of process of search; by simplicity of determination of general links in the spatial size chains of good; use of the known methods of being of cycles the orientation of links assumes to the contour fromby the next search of chain. In this case efficiency of decision depends not only on the method of search but also from the orientation of links to the contour. The offered solution allows to define elementary cycles are without the orientation of links.

Keywords: algorithm, multiposition system, geometrical exactness, size intercommunications, unitizations, stowages, model, machine-tool, design.

Дата надходження до редакції: 15.02.2016
Рецензент: д.т.н., проф. Тарельник В.Б.

УДК 514.18

КОНСТРУЮВАННЯ ПРОСТОРОВИХ КРИВИХ У ФУНКЦІЇ НАТУРАЛЬНОГО ПАРАМЕТРА НА ОСНОВІ КУЛІ ОДИНИЧНОГО РАДІУСА

Т. М. Захарова, к.т.н., Сумський національний аграрний університет

На основі розробленого підходу конструювання просторових кривих у функції натурального параметра за допомогою кулі одиничного радіуса отримано ряд кривих із зазначенням їх параметричних рівнянь у функції довжини власної дуги. Візуалізовано отримані результати.

Ключові слова: крива, натуральний параметр, параметричні рівняння, довжина дуги.

Постановка проблеми. Ряд практичних задач технічного характеру [1, 2] потребує опису кривих параметричними рівняннями у функції натурального параметру. До таких задач можна віднести задачі згинання листового матеріалу, проектування робочих органів сільськогосподарських знарядь за напередзаданими вимогами до них, задачі кінематики і динаміки складного руху матеріальної точки, задачі теоретичної ме-

ханіки, яка оперує натуральним (природним) способом задання руху точки тощо. При наявності параметричних рівнянь у функції натурального параметра кривої завжди можна знайти її натуральні рівняння, які у свою чергу мають широке застосування, зокрема, у диференціальній геометрії. Питання можливості запису кривих у такій формі потребує вирішення, адже інформація з даного приводу у науковій літературі є досить