МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П.КОРОЛЕВА

РАСЧЕТ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

Методические указания к лабораторной работе

САМАРА 2005

Составители : Г.Ф.Краснощекова, А.В. Зеленский

УКД 621.396.6

Расчет размерных цепей: Методические указания / Самарский государственный аэрокосмический университет; Сост. Г.Ф. Краснощекова, А.В.Зеленский. Самара , 2005

В методических указаниях приведены сведения из теории размерных цепей, методом моделирования и расчета технологических размерных цепей на «максимум-минимум» с использованием компьютера. Даны рекомендации по оформлении ю работы, имеются контрольные вопросы для защиты, список рекомендуемой литературы.

Методические указания рекомендуются для студентов, обучающихся по специальности 21.02.01 по курсу «Основы проектирования РЭС»

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королева

Ренцензент:

Лабораторная работа

РАСЧЕТ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

Цель работы: ознакомление с методом моделирования и расчета технологических размерных цепей на "максимум-минимум" с помощью компьютера; научиться моделировать и производить расчет технологических размерных цепей методом "максимум-минимум" с помощью компьютера.

1. Краткие теоретические сведения

При проектировании процессов сборки или механической обработки узлов деталей на практике широко используется теория размерных цепей [1]. Метод расчета размерных цепей позволяет обеспечить размерную взаимозаменяемость.

Размерной цепью называется замкнутая цепь взаимосвязанных размеров, относящихся к одной или нескольким деталям и координирующих относительное положение поверхностей или осей этих деталей.

Любая размерная цепь может быть представлена в виде ориентированного графа, в котором вершинами будут поверхности, линии или точки, соединяемые размерами, а ребрами (дугами) - эти размеры.

Самая простая размерная цепь состоит из трех звеньев, что представляет замкнутый контур (рис.1)

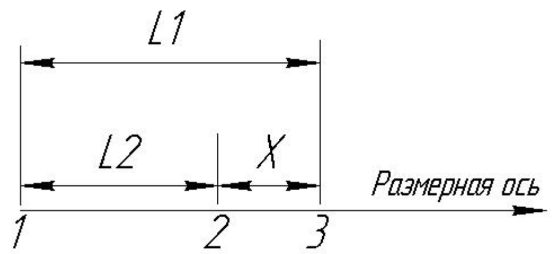

Рис.1 Размерная цепь

Графом G такой цепи будет ориентированный одноконтурный граф (рис.2).

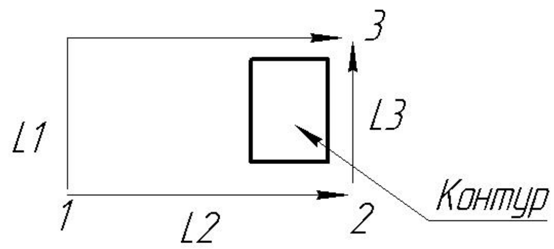

Рис.2 Одноконтурный граф

Направление ребер графа соответствует направлению размеров по размерной оси. Если в таком графе удалить одно из ребер, соответствующее замыкающему звену размерной цепи, то получим дерево L графа G (рис.3).

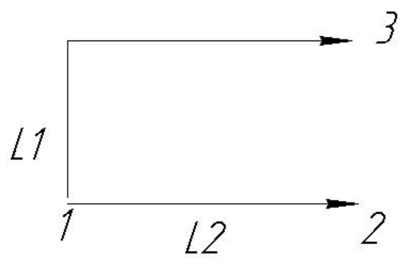

Рис.3 Дерево L графа G

Удаленное ребро X называется хордой дерева L. Для того, чтобы составить уравнение размерной цепи (рис.1) для замыкающего звена X, нужно найти основной контур (f-контур), образованный хордой и единственным путем в дереве L графа G, причем следует иметь в виду, что направление обхода контура определяется направлением хорды. При этом для ветвей дерева, не совпадающих с направлением обхода, значения размеров войдут в уравнение размерной цепи с отрицательным знаком, а для тех, которые совпадают с направлением обхода с положительным. Таким образом для графа, представленного на рис.2, уравнение размерной цепи в неявной форме имеет вид:

X - LI + L2 = 0

или

X = LI - L2

для замыкающего звена X в явной форме.

Существует два основных метода расчета размерных

цепей: вероятностный метод и метод "максимума-минимума". Первый метод имеет высокую точность, но требует громоздких вычислений. Чаще для ориентировочной оценки точности замыкающего звена размерной цепи используют более простой метод "максимума-минимума".

В общем виде для расчета одной размерной цепи на "максимум-минимум", можно представить в виде:

$$X = \sum_{i=1}^{m} L_i^{ув} - \sum_{i=m+1}^{n-1} L_i^{ум}, \qquad (1)$$

где $L_i^{ув}$ - номинальный размер 1-ого увеличивающего звена; $L_i^{ум}$ - номинальный размер 1-ого уменьшающего звена; X - номинальный размер замыкающего звена; m - число увеличивающих звеньев ; n - общее число звеньев цепи (в том числе и замыкающее) .

$$BO(X) = \sum_{i=1}^{m} BO(L_i^{ув}) - \sum_{i=m+1}^{n-1} BO(L_i^{ум});$$

$$HO(X) = \sum_{i=1}^{m} HO(L_i^{ув}) - \sum_{i=m+1}^{n-1} HO(L_i^{ум}),$$

где BO - верхнее отклонение звена ; HO - нижнее отклонение звена.

Размерные цепи, описывающие деталь или узел, могут представлять собой систему цепей.

Рассмотрим деталь (рис.4) с операционными припусками, снимаемыми на различных этапах механической обработки. С допусками на чертеже нанесены заданные по чертежу размеры, а остальные - операционные линейные размеры, в порядке их получения при обработке. Задавая положительное направление на оси размеров (слева направо), систему размерных цепей, изображенную на рис.4, можно представить как ориентированный граф G (рис.5), в котором направление ребер соответствует направлению размеров по размерной оси.

Такой граф обладает рядом свойств:

- он всегда связанный (иначе некоторые размеры деталей нельзя определить);
- он содержит дерево L (всякий конечный связанный граф содержит дерево), для которого хорды X (соответствующие замыкающим звена X цепи) образуют систему основных контуров (f- контуров) графа.

Системой основных контуров графа G для дерева L называется система из e-V-l контуров, каждый из которых образуется соответствующей хордой и единственным путем в дереве, причем направление обхода контура совпадает с ориентацией хорды.

Здесь: e - число ребер графа G; V - число вершин графа G.

Всякий ориентированный граф G можно записать с помощью матрицы инцидентности R, а систему основных контуров - с помощью матрицы основных контуров Bf графа G

для заданного дерева L.

Размерная цепь представляет собой f-контур ориентированного графа G для дерева L. Контуры ориентированного графа G можно представить в виде контурной матрицы B.

Контурная матрица $B = \left\| b_{ij} \right\|$ направленного графа G с V вершинами и e ребрами это матрица с конечным числом строк и с числом столбцов, равным e, где bij = l, если ребро j принадлежит контуру i и их направления совпадают; bij=-l, если ребро j принадлежит контуру i и их направления противоположны; bij=0, если ребро j не принадлежит контуру i.

Матрица основных контуров Bf графа G по отношению к дереву L это подматрица контурной матрицы B,

$$Bf = \left\| J * Bft \right\|, \ ,$$

где J - единичная матрица, порядка e-V+1, определяющая ранг матрицы Bf ;

$$Bf = \left\| b_{pq} \right\| \text{ e-v+1, v-1 – подматрица матрицы B}$$

$$1 \le p \le (e - v + 1);$$

$$1 \le q \le (v - 1);$$

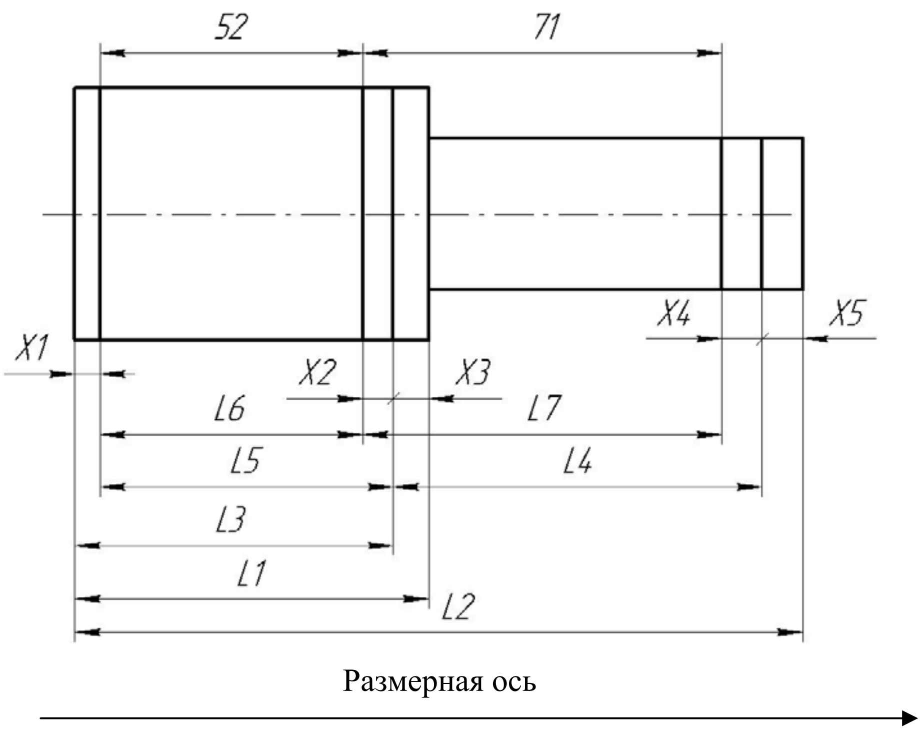

Рис.4 Размерная цепь (система цепи) L1

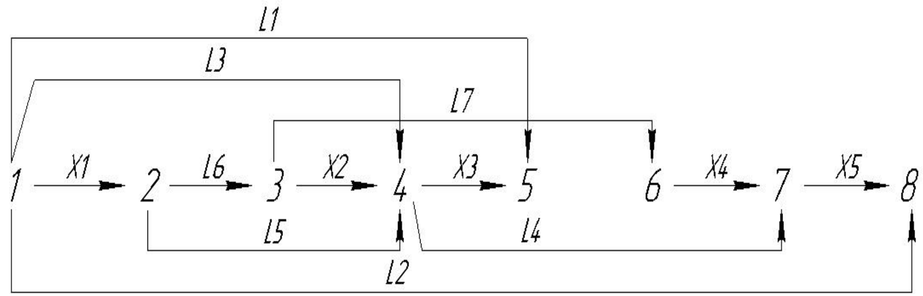

Рис.5 Граф G

Например, для графа изображенного на рис.5 матрица Bf будет иметь вид:

$$Bf = \begin{array}{c} \begin{matrix} X1 & X2 & X3 & X4 & X5 \end{matrix} \quad \begin{matrix} L1 & L2 & L3 & L4 & L5 & L6 & L7 \end{matrix} \\ \underbrace{\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}}_{J} * \underbrace{\begin{vmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 0 & -1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}}_{Bft} \end{array}$$

По матрице Bft осуществляется качественный анализ размерной цепи, т.е. определяют увеличивающие или уменьшающие входящие звенья. Если $b_{pq} = 1$, то q-е звено p-й размерной цепи уменьшающее, если $b_{pq} = -1$, то названное звено увеличивающее. Вся информация о p-й размерной цепи находится в p-й строке матрицы Bf, причем коэффициенты матрицы J, равные единице, указывают, какое звено для p-й размерной цепи является замыкающим.

Используя матрицу Bf, уравнение для расчета замыкающих звеньев системы размерных цепей можно записать в матричной форме.

$$\overline{X} + BftT = 0$$

или

$$Bf\overline{T}_0 = 0 ,$$

где X - матрица-столбец (e-v+l)=l, элементами которой являются номинальные размеры замыкающих звеньев системы размерных цепей; T - матрица-столбец (1-V)*1, элементами которой являются номинальные размеры составляющих звеньев системы размерных цепей;

$$\overline{T}_0 = \left\| \overline{X} / T \right\| \text{ - матрица-столбец.}$$

Чтобы представить граф G в форме, удобной для ввода в компьютер, введем понятие модифицированной матрицы инциденций. Для этого произвольно пронумеруем все V вершины графа G числами натурального ряда от 1 до V.

Определение: Модифицированная матрица инциденций $A = \left\| a_{ij} \right\|$ ориентированного графа G с V вершинами и r ребрами есть матрица порядка 2*r, где $a_{rj} = n$ если ребро j совпадает с вершиной, имеющий номер n, и направленно от нее; $a_{rj} = m$ если ребро j совпадает с вершиной, имеющей номер m, и направленной к ней;

$$1 \le n \le v;$$
$$1 \le m \le v;$$
$$1 \le r \le 2.$$

Согласно определению модифицированная матрица инциденций графа G, изображенного в работе графа, будет иметь вид:

$$\begin{array}{cc} & \begin{array}{ccccccccccccc} X1 & X2 & X3 & X4 & X5 & & T1 & T2 & T3 & T4 & T5 & T6 & T7 \end{array} \\ A1 = \begin{array}{c} 1 \\ 2 \end{array} & \underbrace{\begin{array}{ccc|cc} 1 & 3 & 4 & 6 & 7 \\ 2 & 4 & 5 & 7 & 8 \end{array}}_{Ax} * \underbrace{\begin{array}{ccc||cccc|} 1 & 1 & 1 & 4 & 2 & 2 & 3 \\ 5 & 8 & 4 & 7 & 4 & 3 & 6 \end{array}}_{At} \end{array}$$

Модифицированную матрицу A можно представить в виде двух модифицированных подматриц: подматрицы хорд Ax и подматрицы деревьев At;

$$\overline{A} = \left\| \overline{A}x * \overline{A}t \right\| \quad .$$

Подматрицы Ax и At определяются аналогично определению матрицы A и имеют вид:

$$Ax = \left\| a_{rp} \right\| r\ ;\ e - v + 1;$$

$$A = \left\| \overline{a}_{rp} \right\| r;\ \ v - 1,$$

где

$$1 \le n \le v;$$
$$1 \le m \le v;$$
$$1 \le r \le 2.$$

В математической формулировке задача качественного анализа размерной цепи ставится следующим образом: для ориентированного конечного графа G, заданного матрицей A, найти матрицу основных контуров Bf . относительно дерева Тольятти.

Обозначения :

Натуральная матрица Bft=A

HP=B ; HP'=W ;

HO=C ; HO'=Y ;

BO=Z ; BO'=U .

Расчетная формула:

$$\overline{X} = -\|Bft\| * |\overline{T}| \ ,$$

где $|\overline{T}|$ - матрица-вектор известных размеров |HP, HO, BO|;

$|\overline{X}|$ - матрица-вектор искомых размеров |HP', HO', BO'|.

Bft - преобразованная контурная матрица.

$$B1 = \|1 * Bft\| \ .$$

2. Содержание отчета

1. Краткое описание порядка работы.
2. Чертеж сетевого графа.
3. Содержание входных массивов.
4. Расчет с помощью компьютера.
5. Выводы.

4. Контрольные вопросы

1. Как интерпретируется задача оптимизации процесса сборки в теории графов?
2. Что является критерием оптимальности сборочного процесса в данной работе?
3. Какой вид моделирования применим при решении данной задачи и в чем ее суть?

Литература

1. Зуховицкий С.И., Радчик И.А. Математические методы сетевого планирования. - М. : Наука, 1965 г.
2. Деньдобренко В.Н., Малика А. С. Автоматизация конструирования РЭА. - М.:Высшая школа, 1980 г.

Учебное издание

РАСЧЕТ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

Методические указания

Составители : Краснощекова Галина Федоровна
Зеленский Анатолий Васильевич

Самарский государственный аэрокосмический
университет имени академика С.П. Королева
443086, Самара, Московское шоссе , 34