

ОПТИМИЗАЦИЯ КОЛИЧЕСТВА КАЛИБРОВАННЫХ РАЗМЕРОВ

Рассматривается методика определения массива исходных размеров для получения выходного массива калиброванных размеров с оптимальными характеристиками. В качестве параметров-аргументов целевой функции используются базовые параметры, найденные факторным анализом.

Ключевые слова: набор концевых мер, оптимизация, базовый параметр, параметр-аргумент.

Машиностроительные предприятия широко используют наборы концевых мер и щупов, состоящие из элементов, изготавливаемых с высокой точностью из высококачественных материалов. Экономия количества элементов может быть достигнута за счет оптимизации их размеров, что является достаточно сложной задачей. Авторами статьи предлагается методика оптимизации с использованием специальных приемов.

На первом этапе для осуществления оптимизации были получены наборы из 4-х групп

элементов в каждом со следующими исходными размерами (табл. 1):

Далее для каждого из представленных в табл. 1 наборов исходных размеров мер были определены массивы выходных размеров (калиброванных размеров), которые определялись суммами – сочетаниями исходных размеров по два, по три, по четыре, по пять без повторений, включая исходные размеры.

Для полученных массивов выходных размеров определялись основные параметры участков массивов (шаг между размерами, началь-

Таблица 1. Исходные размеры

№ набора	№ группы	Количество Размеров	Шаг между размерами	Начальный Размер	Конечный размер
1	1	31	0,001	0,500	0,530
	2	20	0,031	0,560	1,149
	3	15	0,650	1,768	10,868
	4	10	9,559	19,777	105,808
2	1	31	0,001	0,500	0,530
	2	20	0,030	0,560	1,130
	3	15	0,600	1,730	10,130
	4	10	9,000	19,130	100,13
3	1	29	0,001	0,500	0,528
	2	20	0,029	0,556	1,107
	3	20	0,608	1,686	13,238
	4	7	12,739	25,369	101,803
4	1	33	0,001	0,500	0,532
	2	22	0,033	0,564	1,257
	3	15	0,758	1,982	12,594
	4	8	12,095	23,931	108,596
5	1	31	0,001	0,500	0,530
	2	20	0,031	0,560	1,149
	3	20	0,650	1,768	14,118
	4	7	13,428	26,896	107,464
6	1	33	0,001	0,500	0,532
	2	22	0,033	0,564	1,257
	3	15	0,758	1,982	12,594
	4	9	12,095	23,931	120,691
7	1	35	0,001	0,500	0,534
	2	21	0,035	0,568	1,268
	3	15	0,769	2,002	12,768
	4	9	12,269	24,268	122,420

ный и конечный размер) и выбирались участки массивов, для которых количество размеров между начальным и конечным размерами с найденным шагом между размерами было максимальным (табл. 2).

По данным табл. 1 и 2 была построена матрица исследования со следующими параметрами – столбиками:

1 – общее количество исходных мер; 2 – количество мер в первой группе; 3 – шаг в первой группе; 4 – начальный размер в первой группе; 5 – конечный размер в первой группе; 6 – коли-

чество мер во второй группе; 7 – шаг во второй группе; 8 – начальный размер во второй группе; 9 – конечный размер во второй группе; 10 – количество мер в третьей группе; 11 – шаг в третьей группе; 12 – начальный размер в третьей группе; 13 – конечный размер в третьей группе; 14 – количество мер в четвертой группе; 15 – шаг в четвертой группе; 16 – начальный размер в четвертой группе; 17 – конечный размер в четвертой группе; 18 – количество выходных мер; 19 – отношение (количество выходных мер / количество входных мер); 20 – конечный раз-

Таблица 2. Выходные размеры

№ набора	Количество размеров	Шаг между размерами	Начальный Размер	Конечный размер
1	213604	0,001	1,001	214,604
2	202050	0,001	1,001	203,050
3	204740	0,001	1,001	205,740
4	218480	0,001	1,001	219,480
5	216297	0,001	1,001	217,297
6	242670	0,001	1,001	243,670
7	246141	0,001	1,001	247,141

Таблица 3. Объединение по фактору 1

НОМЕР	НАЗВАНИЕ ПАРАМЕТРА	НАГРУЗКА
1	(1.Общее количество исходных мер)	.8790
2	(2.Количество мер в первой группе)	.8494
5	(5.Конечный размер в первой групп)	.8494
7	(7.Шаг во второй группе)	.8717
8	(8.Начальный размер во второй группе)	.8494
9	(9.Конечный размер во второй группе)	.7616
11	(11.Шаг в третьей группе)	.7660
12	(12.Начальный размер в третьей группе)	.7596
17	(17.Конечный размер в четвертой группе)	.9626
18	(18.Количество выходных мер)	.9654
19	(19.Отношение колич. выходных мер/колич. входных мер)	.9606
20	(20.Конечный размер в массиве выходных мер)	.9654

в факторе- 1 базовый параметр- 20
(20.Конечный размер в массиве выходных мер)

Таблица 4. Объединение по фактору 3

НОМЕР	НАЗВАНИЕ ПАРАМЕТРА	НАГРУЗКА
6	(6.Количество мер во второй группе)	.8193

в факторе- 3 базовый параметр- 6
(6.Количество мер во второй группе)

Таблица 5. Объединение по фактору 2

НОМЕР	НАЗВАНИЕ ПАРАМЕТРА	НАГРУЗКА
10	(10.Количество мер в третьей группе)	.7889
13	(13.Конечный размер в третьей группе)	.9741
14	(14.Количество мер в четвертой группе)	-.9643
15	(15.Шаг в четвертой группе)	.9636
16	(16.Начальный размер в четвертой группе)	.9787

в факторе- 2 базовый параметр- 16
(16.Начальный размер в четвертой группе)

мер в массиве выходных мер (строчками – наблюдениями в матрице исследования были значения параметров исследования из табл. 1 и 2).

Для определения параметров – аргументов в искомым моделях оптимизации на матрице исследования был проведен факторный анализ согласно рекомендациям [4-7], результаты которого приведены в табл. 3, 4 и 5.

В факторе 1 параметром с максимальной по модулю факторной нагрузкой из всех параметров, объединившихся в первом факторе, оказался выходной параметр 20 «Конечный размер в массиве выходных мер». В связи с этим базовым был выбран входной параметр 17 «Конечный размер в четвертой группе». В факторе 2 базовый параметр – параметр 16 «Начальный размер в четвертой группе», а в факторе 3 – параметр 6 «Количество мер во второй группе».

Указанные базовые параметры были взяты за параметры – аргументы в регрессионных моделях (согласно рекомендациям [2-3]) для определения остальных параметров проектируемых наборов.

В качестве примера ниже приведена регрессионная модель для основного выходного параметра оптимизации «у» – количества размеров выходного массива:

$$y = + 0.0188749 \cdot (x_6)^3 - 1.1718168 \cdot (x_6)^2 + 24.0663465 \cdot x_6 - 0.0029560 \cdot (x_{16})^3 + 0.2176367 \cdot (x_{16})^2 - 5.3902717 \cdot x_{16} + - 0.000076 \cdot (x_{17})^3 + 0.0220773 \cdot (x_{17})^2 - 0.0588098 \cdot x_{17} - 56.450781, \quad (1)$$

где: x_6 – количество мер во второй группе;
 x_{16} – начальный размер в четвертой группе;
 x_{17} – конечный размер в четвертой группе.

Регрессионная модель (1) была использована как выражение целевой функции для нахождения таких значений аргументов – параметров x_6 , x_{16} , x_{17} , при которых значение этой целевой функции (количества выходных мер) становится максимальным. При этом система ограничений – неравенств для параметров – аргументов определялась их нижней и верхней границами из матрицы исследования. Система (2) ограничений-неравенств приведена ниже:

Таблица 6. Исходные размеры после оптимизации

№ набора	№ группы	Количество Размеров	Шаг между размерами	Начальный размер	Конечный Размер
1	1	32	0.001	0.500	0.531
	2	19	0.032	0.562	1.138
	3	14	0.661	1.800	10.393
	4	12	9.174	19.13	120.044

Таблица 7. Выходные размеры на исходных размерах после оптимизации

№ набора	Количество размеров	Шаг между размерами	Начальный Размер	Конечный Размер
1	241977	0.001	1.001	242.977

$$20.000 \leq x_6 \leq 22.000; 19.130 \leq x_{16} \leq 26.896; \\ 100.130 \leq x_{17} \leq 122.420 \quad (2)$$

Результат оптимизации – теоретическое максимальное значение количества размеров выходного массива равно 247038 при значениях параметров – аргументов: $x_6 = 20.000$; $x_{16} = 19.130000$; $x_{17} = 122.420000$.

При найденных значениях параметров – аргументов для максимизации количества выходных размеров по соответствующим регрессионным моделям были определены значения остальных параметров набора (на примере набора №1):

Параметры набора №1 из табл. 6 были использованы для определения фактического выходного массива размеров с максимальным количеством этих размеров (табл. 7).

Таким образом, максимальное теоретическое значение целевой функции (количества размеров выходного массива) оптимизированного набора, полученное после оптимизации, имеет значение 247038, что несколько больше фактического значения 241977 (относительная ошибка составляет около 2%). Отличие теоретического и расчетного значений связано с процедурой округления при построении массива исходных размеров.

Выводы

1. Предложенная методика оптимизации наборов концевых мер и щупов может быть положена в основу автоматизации процесса нахождения размеров элементов наборов с обеспечением получения максимального количества размеров выходного массива при за-

данном количестве и размерах элементов набора.

2. Относительная погрешность получаемых теоретического и фактического значений

целевой функции оптимизации при проектировании наборов концевых мер и щупов при использовании предложенной методики не превышает 5%.

11.12.2009

Список использованной литературы:

1. Чепасов В.И., Харченко Д.А. Минимизация количества параметров исследования. Оренбург, ОГУ. 2004. 186 с.
2. Драйпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. – М.: Статистика, 1973.
3. Brandon D.B. Developing Mathematical Models for Computer Control, USA Journal, 1959, V.S,N7.
4. Харман Г. Современный факторный анализ. – М.: Статистика, 1972.
5. Иберла К. Факторный анализ. – М.: Статистика, 1980.
6. Lawley D.M. The estimation of factor loadings by the method of maximum likelihood. Proc. roy. Soc. Edinb. Abo. 64-82(1940).
7. Kaiser H. F. [1]. The varimax criterio for analytic rotation in factor analysis. Psychometrika, 23, 187-200(1958).

Чепасов Валерий Иванович, заведующий кафедрой информационных систем и технологий
Оренбургского государственного университета, доктор технических наук, профессор.
Муллабаев Адунис Абдуллинович, доктор технических наук, профессор кафедры деталей машин
Оренбургского государственного университета.
Фот Андрей Петрович, главный ученый секретарь Оренбургского государственного университета,
доктор технических наук, профессор.
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, e-mail – ist@unpk.osu.ru

Chepasov V.I., Mullabaev A.A., Fot A.P.

OPTIMIZATION OF QUANTITIES OF CALIBRATED DIMENSIONS

The report addresses the method for determination of initial dimension stock for obtaining calibrated dimensions output stock with optimum characteristics. The basic parameters found through the factor analysis were used as parameters-arguments for the target function.

Bibliography:

1. Chepasov V.I., Kharchenko D.A. Minimizing the number of parameters of the study. Orenburg, OSU. 2004. 186 pp.
2. Drayper N., Smith H. Applied regression analysis. - Moscow: Statistics, 1973.
3. Brandon D.B. Developing Mathematical Models for Computer Control, USA Journal, 1959, VS, N7.
4. Harman, G. Modern factor analysis. - Moscow: Statistics, 1972.
5. Iberl K. Factor analysis. - Moscow: Statistics, 1980.
6. Lawley D.M. The estimation of factor loadings by the method of maximum likelihood. Proc. roy. Soc. Edinb. Abo. 64-82 (1940).
7. Kaiser H. F. [1]. The varimax criterio for analytic rotation in factor analysis. Psychometrika, 23, 187-200 (1958).