

УДК 621.757

В. Г. Осетров, доктор технических наук, профессор  
 Е. С. Слащев, аспирант  
 ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

## ВЫБОР МЕТОДА ДОСТИЖЕНИЯ ТОЧНОСТИ ЗАМЫКАЮЩЕГО ЗВЕНА РАЗМЕРНОЙ ЦЕПИ

В статье рассматривается классификация связей и методов моделирования размерных цепей. На основе синтеза множества производственных параметров приводится логическая таблица для выбора метода достижения точности замыкающего звена с помощью булевых функций.

**Ключевые слова:** методы достижения точности, управляющие булевы функции, классификация связей метода сборки, множественная таблица выбора метода сборки.

Для определения характеристик точности, выявления связей и зависимостей на предшествующих операциях изготовления деталей и сборки можно применять размерный анализ изделий [1–3]. При размерном анализе используют два метода моделирования связей (рис. 1). Первый метод – моделирование связей между деталями цепью жестких линейных размеров и угловых поворотов на линиях и плоскостях выбранных сечений. Этот метод наиболее распространен на практике, так как способы достижения точности и компенсации погрешностей для соединений с жесткими связями обстоятельно исследованы. Второй метод – метод систем координат с жесткими и деформирующими связями. Он менее

распространен на практике, так как разработан сравнительно недавно. Этот метод не отрицает существования и совершенствования первого, а включает его в качестве своей составной части. В зависимости от связей конструкции и типа производства с помощью размерного анализа определяют методы достижения точности замыкающих звеньев механизмов. Одновременно решают задачи по определению метода сборки. В производственной практике существует девять методов достижения точности исходно-замыкающего звена размерной цепи. Правильный их выбор служит основой экономического решения производственных задач.



Рис. 1. Классификация связей и методов их моделирования при размерном анализе

При проектировании машины и технологических процессов выбор методов достижения точности исходно-замыкающего звена осуществляют по ряду критериев (таблица). В логической таблице заложены условия использования параметров применимости в виде булевых переменных  $X_i$  и решения, представляющие булевы функции. Набор типовых логи-

ческих таблиц и информационно-поисковые модули, образованные в базе данных ЭВМ, позволяют создать отдельную систему. С ее помощью в диалоговом режиме можно выбирать методы достижения точности и получать типовые решения для технологической операции сборки.

Логическая таблица методов достижения точности замыкающего звена

| Параметр применяемости  | Значение параметров | Методы |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
|---|---------------------|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
|   |                     | 1      | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Объем выпуска изделий, характеризующийся коэффициентом закрепления операции | X1<2                | 1      | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1  |
|   | X2=2...10           | 1      | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1  |
|   | X3>10               | 1      | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1  |
| Температура эксплуатации изделия, °C  | X4<80               | 1      | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1  |
|   | X5=80...150         | 1      | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  |
| Число звеньев в цепи  | X6≤5                | 1      | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1  |
|   | X7>5                | 0      | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0  |
| Точность замыкающего звена  | X8≤7                | 0      | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0  |
|   | X9>7                | 1      | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1  |
| Наличие сил влияния   | X10                 | 0      | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  |
| Подвижность соединения  | X11                 | 1      | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1  |

*Примечание:* 1. Метод полной взаимозаменяемости. 2. Метод неполной взаимозаменяемости. 3. Метод групповой взаимозаменяемости. 4. Метод регулирования. 5. Метод пригонки. 6. Метод индивидуальной пригонки. 7. Метод взаимной компенсации. 8. Метод деформации звеньев. 9. Метод компенсирующих материалов. 10. Метод фиксированной сборки.

Например, для выбора метода сборки с компенсирующими материалами (таблица) логическая функция имеет следующий вид:

$$F_8 = (\bar{X}_1 \vee X_2 \vee X_3) \cdot (X_4 \vee \bar{X}_5) \times (X_6 \vee X_7) \cdot (\bar{X}_8 \vee X_9) \cdot X_{10} \cdot \bar{X}_{11}, \quad (1)$$

где  $X_i$  – переменные параметры, принимающие значения 0 или 1.

Если при введении переменных  $X_i$  булева функция равна единице, то назначают метод сборки с помощью компенсирующих материалов.

$$\begin{aligned} F_1 &= (X_1 \vee X_2 \vee X_3) \cdot (X_4 \vee X_5) \cdot (X_6 \vee \bar{X}_7) \cdot (\bar{X}_8 \vee X_9) \cdot \bar{X}_{10} \cdot X_{11}, \\ F_2 &= (X_1 \vee X_2 \vee \bar{X}_3) \cdot (X_4 \vee X_5) \cdot (\bar{X}_6 \vee X_7) \cdot (X_8 \vee \bar{X}_9) \cdot \bar{X}_{10} \cdot X_{11}, \\ F_3 &= (X_1 \vee X_2 \vee \bar{X}_3) \cdot (X_4 \vee X_5) \cdot (\bar{X}_6 \vee X_7) \cdot (X_8 \vee \bar{X}_9) \cdot X_{10} \cdot X_{11}, \\ F_4 &= (X_1 \vee X_2 \vee X_3) \cdot (X_4 \vee X_5) \cdot (\bar{X}_6 \vee X_7) \cdot (X_8 \vee \bar{X}_9) \cdot X_{10} \cdot X_{11}, \\ F_5 &= (\bar{X}_1 \vee \bar{X}_2 \vee X_3) \cdot (X_4 \vee X_5) \cdot (\bar{X}_6 \vee X_7) \cdot (X_8 \vee \bar{X}_9) \cdot \bar{X}_{10} \cdot \bar{X}_{11}, \\ F_6 &= (\bar{X}_1 \vee \bar{X}_2 \vee X_3) \cdot (X_4 \vee X_5) \cdot (\bar{X}_6 \vee X_7) \cdot (\bar{X}_8 \vee X_9) \cdot X_{10} \cdot \bar{X}_{11}, \\ F_7 &= (\bar{X}_1 \vee X_2 \vee X_3) \cdot (X_4 \vee \bar{X}_5) \cdot (X_6 \vee X_7) \cdot (X_8 \vee X_9) \cdot X_{10} \cdot \bar{X}_{11}, \\ F_8 &= (\bar{X}_1 \vee X_2 \vee X_3) \cdot (X_4 \vee \bar{X}_5) \cdot (X_6 \vee X_7) \cdot (\bar{X}_8 \vee X_9) \cdot X_{10} \cdot \bar{X}_{11}, \\ F_9 &= (X_1 \vee X_2 \vee X_3) \cdot (X_4 \vee \bar{X}_5) \cdot (X_6 \vee \bar{X}_7) \cdot (\bar{X}_8 \vee X_9) \cdot X_{10} \cdot X_{11}, \\ F_{10} &= (\bar{X}_1 \vee \bar{X}_2 \vee X_3) \cdot (X_4 \vee X_5) \cdot (X_6 \vee \bar{X}_7) \cdot (X_8 \vee \bar{X}_9) \cdot X_{10} \cdot X_{11}. \end{aligned} \quad (3)$$

На рис. 2 представлена схема алгоритма для определения метода достижения точности замыкающего звена. Особенностью при выборе методов является то, что формирование размерных связей и их анализ проводят в два этапа. На первом этапе формируются размерные связи в процессе проектирования машины. Здесь конструктор стремится использовать все технологические возможности обеспечения требуемой точности изделия при наименьшем количестве деталей с применением метода полной взаимозаменяемости.

Для выбора метода полной взаимозаменяемости используется функция:

$$F_1 = (\bar{X}_1 \vee X_2 \vee X_3) \cdot (X_4 \vee X_5) \times (X_6 \vee \bar{X}_7) \cdot (\bar{X}_8 \vee X_9) \cdot \bar{X}_{10} \cdot X_{11}, \quad (2)$$

если булева функция равна единице, то принимается данный метод сборки.

2. Для проектирования конструкции и технологических процессов сборки, а также для создания программы на основе таблицы определены управляющие булевы функции:

На втором этапе производятся проверочные расчеты размерных цепей при технологической подготовке. Анализируя допуски на размеры деталей, технолог сравнивает их с допусками, достижимыми в данных производственных условиях. На этом этапе возникают сложные противоречия: с одной стороны, выступает точность деталей, определенная конструктором с учетом служебного назначения изделия, с другой – достижимая точность, определенная технологом.

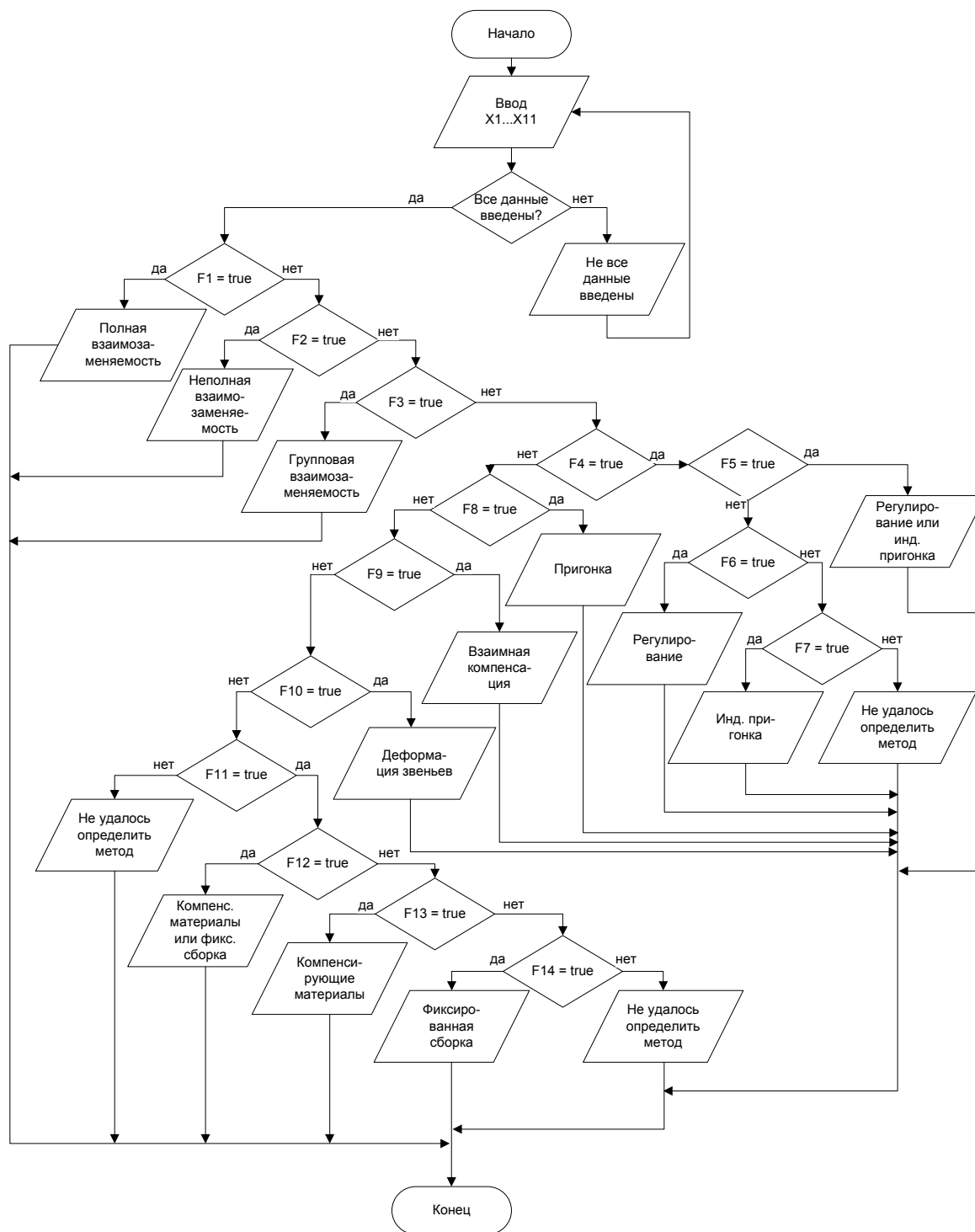


Рис. 2. Схема алгоритма для определения метода достижения точности замыкающего звена

Если допуски на размеры изделия при полной взаимозаменяемости не обеспечиваются точностью оборудования, имеющегося на данном производстве, то выбирают технологические методы достижения точности исходно-замыкающего звена. Разрешение противоречия между точностью осуществляют и посредством применения вероятностного метода расчета размерных цепей с использованием нормального распределения.

На основе таблицы и формул (3) составлена программа, которая связывается с расчетами размерных цепей.

#### Выводы и результаты:

1. Определение значения производственных параметров для выбора метода сборки изделий.
2. Произведена классификация связей и методов их моделирования при размерном анализе.
3. Выведены управляющие булевы функции, и составлена программа выбора метода сборки деталей машин и приборов.

**Библиографические ссылки**

1. *Осетров В. Г., Слащев Е. С.* Сборка в машиностроении, приборостроении. Теория, технология и организация : монография / В. Г. Осетров, Е. С. Слащев. – Ижевск : Ижевский институт комплексного приборостроения, 2015. – 328 с.
2. *Осетров В. Г., Федоров Б. Ф.* Сборка машин с компенсаторами. – М. : Машиностроение, 1993. – 40 с.
3. *Осетров В. Г.* Теория и практика сборки машин : монография. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2005. – 256 с.

\*\*\*

*Osetrov V. G.*, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU  
*Slashev E. S.*, Post-graduate, Kalashnikov ISTU

**Choice of the method for achieving the accuracy of the closing link in the dimension chain**

*The article describes the classification of couplings and methods of dimension chains modeling. Basing on the synthesis of many different production parameters, the logic table is given for choosing the method of achieving the accuracy of the closing chain link by means of Boolean functions.*

**Keywords:** methods for achieving the accuracy, controlling Boolean functions, classification links of assembling method, multiple logical table of choosing the assembling method.

Получено: 14.01.16