

3. Изменение № 1 к СНиП 2.01.07-85. «Нагрузки и воздействия». – Введ. 01.07.04.
4. Шишкин, В.Е. Примеры расчета конструкций из дерева и пластмасс: учебное пособие для техникумов / В.Е. Шишкин / – М.: Стройиздат, 1974. – 219 с.
5. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП II-25-80) / ЦНИИСК им. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1986. – 216 с.
6. Бойтемиров, Ф.А. Расчет конструкций из дерева и пластмасс: учебное пособие для студ. вузов / Ф.А. Бойтемиров, В.М. Головака, Э.М. Улицкая; под ред. Ф.А. Бойтемирова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 160 с.
7. Конструкции из дерева и пластмасс: учеб. для техн. вузов / Д.К. Арленинов [и др.]; под общ. ред. Д.К. Арленинова. – М.: Издательство АСВ, 2002. – 280 с.
8. Белевич, В.Б. Кровельные работы: учеб. для проф. учеб. заведений / В.Б. Белевич / – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк.; Изд. центр «Академия», 2000. – 400 с.
9. Карпиловский, В.С. SCAD OFFICE: Статический расчет / В.С. Карпиловский, Э.З. Криксунов, А.А. Маляренко. – М.: АСВ, 2006. – 486 с.

УДК 693.22.004.18

*Дакало Ю.А.*

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Григорьев В.Ф.*

## **РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ИЗДЕЛИЙ С ЛИНЕЙНО-УГЛОВЫМИ РАЗМЕРАМИ**

Одним из способов сокращения сроков конструирования и улучшения качества выпускаемых машин является применение расчётных принципов определения качественных показателей изделий. Эти показатели в значительной мере зависят от выбора характера сопряжения, допусков размеров, формы и расположения поверхностей или элементов деталей. Поэтому важной задачей при проектировании изделий является установление связей между геометрическими параметрами деталей машины и её служебным назначением, а также выбор норм точности этих параметров.

В основе размерной обработки конструкции лежит анализ размерных связей: вначале между деталями изделия, а затем внутри каждой детали. Выявление конструкторских размерных цепей является достаточно сложной и трудоёмкой задачей, решаемой в ходе технологической подготовки производства. Применение методики размерного анализа упрощает процесс выявления размерных цепей. Выявление размерных цепей может проводиться либо по отдельности для каждого размера, либо сразу для всех размеров в определённом координатном направлении на основе графа размерных связей.

Граф определяется парой множеств: множеством вершин, соответствующих анализируемым объектам и множеством пар вершин (рёбер), соответствующих взаимосвязям между объектами. Для графа размерных связей под объектами подразумеваются конструктивные элементы детали, под рёбрами – размеры объектов, размеры и допуски, определяющие взаимное расположение объектов, текстовые технические требования, косвенно заданные размеры.

В основе метода графов лежит схема замещения изделия структурированным множеством поверхностей изделия. С этой целью изделие следует рассматривать как конструкцию, представляющую собой совокупность сборочных единиц и деталей, обезличенных по своему функциональному назначению, где каждая деталь - это подмножество поверхностей.

В качестве схемы замещения изделия воспользуемся графом иерархической структуры [1]. Использование множества поверхностей в качестве конечного элемента изделия позволяет рассматривать последнее в виде графа. Для этого надо построить три графа: граф сборочных единиц и деталей изделия, граф деталей изделия и граф поверхностей изделия.

При анализе линейно-угловых размерных цепей, если большинство размеров задано в линейном виде, целесообразно рассматривать размерные связи в двух координатных направлениях. При этом угловые размеры выражаются через линейные с помощью тригонометрических функций.

Рассмотрим данную методику на примере механизма открывания дверцы духовки газовых плит, для которого была установлена нестабильность угла открывания  $\alpha$  (рис. 1). Поскольку большинство размеров деталей задано в линейном виде, размерный анализ будем производить в двух координатных направлениях.

Построение графа поверхностей изделия начинается с построения графа изделия как совокупности сборочных единиц и деталей. Для этого проводится анализ сборочного чертежа изделия, в результате которого устанавливаются связи между сборочными единицами и деталями и определяются, какие из них являются базисными для других.

Граф строится следующим образом. На первом уровне располагается базовая деталь изделия. На втором уровне располагаются детали и сборочные единицы, устанавливаемые на базовой детали; на третьем уровне располагаются детали и сборочные единицы, базой которых являются детали или сборочные единицы предыдущего уровня и т. д., до последней детали и сборочной единицы. Построенный таким образом граф показывает состав деталей и сборочных единиц, их относительное расположение и конструкторские базы. Детали и сборочные единицы, являющиеся базами для других, отмечаются двойными линиями. Однако этот граф не отражает характер соединения деталей и сборочных единиц, являющийся одним из важных элементов конструкции изделия, который влияет на её качество и во многом определяет технологический процесс сборки. Отсутствие такой информации в графе делает неполным представление об изделии. Чтобы установить все соединения деталей в изделии, надо заменить в графе сборочные единицы изделия совокупностями составляющих их деталей, установить конструкторские базы деталей и, таким образом, определить их иерархию.

Граф деталей каждой сборочной единицы строится по той же методике, что и предыдущий граф. На рис. 1 показан граф деталей изделия, где все сборочные единицы заменены соответствующими графами их деталей. На этом графе видна подчиненность деталей.

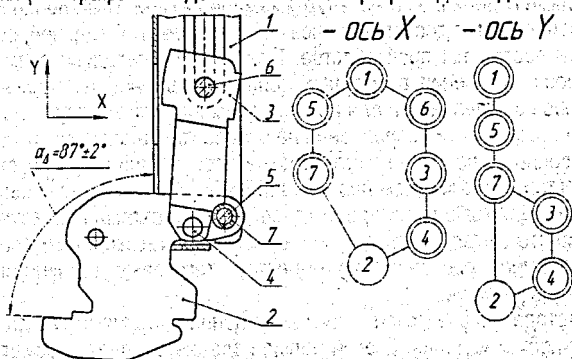


Рис. 1 — Эскиз сборочной единицы и графа деталей:

1 — корпус; 2 — тяга; 3 — кронштейн; 4 — ось тяги; 5 — ось; 6 — ось механизма; 7 — обойма

С помощью графа деталей без сборочного чертежа изделия легко построить контуры их размерных цепей. Для этого сначала надо принять ребра, соединяющие смежные детали, за звенья размерных цепей. Но это ещё не размеры деталей, являющиеся составляющими звеньями размерной цепи, а лишь линии, связывающие детали, чьи размеры являются составляющими звеньями.

Далее, по построенному графу устанавливают характер размерных цепей и их взаимосвязи. Чтобы заменить их на размеры между поверхностями, нужно воспользоваться графом поверхностей изделия. Для построения этого графа необходимо представить каждую деталь структурированным множеством поверхностей.

Граф поверхностей детали строится следующим образом. Сначала на основе анализа сборочного чертежа определяется служебное назначение каждой поверхности детали. Далее определяются поверхности, служащие конструкторскими базами для других поверхностей. На основе этой информации строится граф, где на первом уровне располагается поверхность, выступающая в роли основной базы детали, на втором уровне размещаются поверхности, базой которых является поверхность первого уровня. На третьем уровне размещаются поверхности, базой которых являются поверхности второго уровня и т.д., до последней поверхности. В качестве примера на рис. 2 показаны фрагменты графов поверхностей детали 2 (тяги). На рис. 2 цифры 1, 2 и т.д. соответствуют поверхностям детали, цифры 05, 06 и т.д. соответствуют осям поверхностей детали, буквы  $B_i$  соответствуют размерам детали. Полученный граф поверхностей детали показывает число поверхностей, входящих в состав детали и их конструкторские размерные связи.

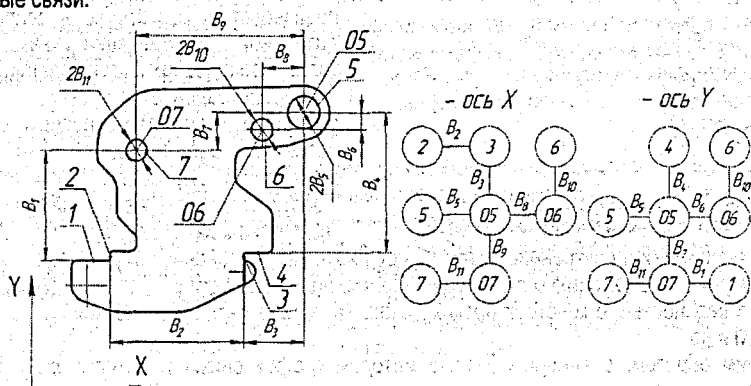


Рис. 2 - Эскиз тяги и фрагменты графов размерных связей

Заменяв в графе деталей изделия (рис. 1) все детали соответствующими графами поверхностей, получим граф поверхностей всего изделия. Однако в случае, если деталь изменяет своё угловое положение (детали 2 и 3) по отношению к заданному на чертеже, необходимо учесть изменение величин проекций размеров на рассматриваемые координатные направления с учётом допуска угла наклона [2,3]. В качестве примера на рис. 3 показан фрагмент графа поверхностей изделия с размерными связями в направлении оси X.

На рис. 3 обозначения  $B_i$ ,  $B_i'$  и т.д. соответствуют размерам деталей, а  $B_i$ ,  $B_i'$  и т.д. соответствуют проекциям размеров на рассматриваемое координатное направление с учётом допусков углов наклона деталей.

При переносе размера замыкающего звена на граф размерных связей изделия получается замкнутый контур, который соответствует конструкторской размерной цепи и позволяет составить уравнение соответствующей размерной цепи. Полученное уравнение отражает соотношение между номинальным значением замыкающего и составляющих звеньев. К примеру, для размера  $B_8'$  уравнение размерной цепи будет иметь вид:

$$B_8' = B_2 + G_2' - E_1. \quad (1)$$

На основе уравнения (1) можно составить уравнение допусков звеньев (2) и два уравнения предельных значений (3,4) [2, 3]:

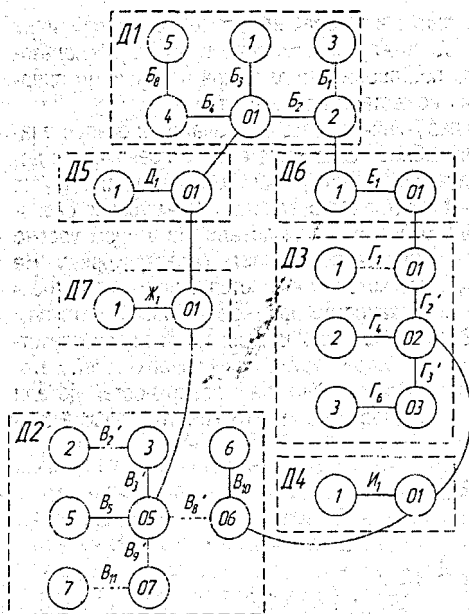


Рис. 3 – Фрагмент графа размерных связей изделия в направлении оси X

состав поверхностей и внутренние связи между ними. Использование такого графа позволяет получать информацию о структуре изделия, подчиненности сборочных единиц, деталей, поверхностей, о конструкторских базах, характере размерных связей, уровне их точности и др.

Таким образом, размерный анализ методом графов снижает затраты времени и трудоёмкость процесса выявления конструкторских размерных целей, а также позволяет представить все размерные связи изделия в упорядоченной, наглядной и компактной форме – в виде графа.

Для сборочного чертежа шарнира было произведено построение графов деталей и размерных связей изделия. После анализа полученных размерных целей было установлено, что необходимая точность исходного (замыкающего) звена требует повышения точности составляющих звеньев. Путём анализа размерных связей выявлены детали, размеры и взаимное расположение которых определяет величину угла открывания. На основе полученных результатов было предложено изменение размеров деталей и их допусков.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов. – М: Машиностроение, 2005. – 736 с.
2. Размерный анализ конструкций: Справочник / С.Г.Бондаренко, О.Н.Чередников, В.П.Губий, Т.М.Игнатцев; под общ. ред. канд. техн. наук С.Г. Бондаренко. – К: Техніка, 1989. – 150 с.
3. Дунаев П.Ф., Лёликов О.П. Расчёт допусков размеров. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2006. – 400 с.

$$TB_8' = TB_2 + TG_2' + TE_1; \quad (2)$$

$$B_8'_{max} = B_{2max} + G_2'_{max} - E_{1min}; \quad (3)$$

$$B_8'_{min} = B_{2min} + G_2'_{min} - E_{1max}. \quad (4)$$

Выразив размеры  $B_1'$ ,  $B_1'$  и т.д. через размеры  $B_1$ ,  $B_1$  и т.д. и подставив полученные выражения в уравнения (1-4), получаем необходимые зависимости для замыкающего звена.

Граф поверхностей изделия дает всю информацию, представленную предыдущими графами, так как на нем указаны и сборочные единицы, и детали изделия. Он показывает состав поверхностей всего изделия и каждой детали в отдельности. Поэтому для получения информации об изделии, как объекте производства, достаточно в сопроводительной документации указывать только граф поверхностей изделия.

Представление изделия ориентированным множеством поверхностей позволяет абстрагироваться от его конкретного служебного назначения, конструктивного оформления и перейти к описанию содержания через состав