

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гриф М. Г., Цой Е. Б., Гениатулина Е. В. Методы генерации альтернатив в задачах оптимизации процессов функционирования человеко-машинных систем // Науч. вестн. НГТУ. 2012. № 1 (46). С. 164–169.
2. Гриф М. Г., Цой Е. Б. Автоматизация проектирования процессов функционирования человеко-машинных систем на основе метода последовательной оптимизации. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2005. 264 с.
3. Цой Е. Б., Гриф М. Г., Сундуй О. Методы и технологии проектирования человеко-машинных систем // Докл. АН высш. шк. РФ. 2012. № 1(18). С. 80–88.
4. Назаренко Н. А. Обобщенный алгоритм процесса тестирования // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Сер. Информатика, управление и компьютерные технологии. 2005. Вып. 3. С. 85–88.
5. Информационно-управляющие человеко-машинные системы. Исследование, проектирование, испытания: справ. / под общ. ред. А. И. Губинского, В. Г. Евграфова. М.: Машиностроение, 1993. 512 с.
6. Падерно П. И., Смирнов А. В. Оценка безошибочности выполнения фрагментов алгоритмов при различных видах ошибок // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Сер. Информатика, управление и компьютерные технологии. 2012. Вып. 2. С. 38–45.
7. Падерно П. И., Смирнов А. В. Оценка безошибочности выполнения алгоритма дискретной деятельности при различных видах ошибок // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Сер. Информатика, управление и компьютерные технологии. 2012. Вып. 3. С. 13–18.
8. Падерно П. И., Павлухин И. С., Смирнов А. В. Развитие функционально-структурной теории для оценки качества деятельности операторов эргатических систем // Мехатроника, автоматика, управление. 2012. № 5 (134). С. 31–35.
9. Инструкция по организации и проведению профессионального психологического отбора во внутренних войсках МВД России, утвержденная Приказом МВД России № 267 от 16.05.2013.
10. Операция Крым. Владимир Путин рассказал о возвращении Крыма // Российская газ. 2015. 16 марта.

---

E. V. Andreevsky, E. A. Burkov, N. A. Nazarenko, P. I. Paderno  
*Saint-Petersburg state electrotechnical university «LETI»*

### ANALYSIS OF PROFESSIONAL PSYCHOLOGICAL SELECTION STRATEGY (MODELS AND CHARACTERISTICS)

*In this article authors highlight a number of strategies for professional selection standard structures, suggest the approach to the formal description of the selected strategies through the use of multivariate generalized structural method. The proposed models of the main strategies for professional selection allow to evaluate different aspects of the infallibility of professional selection and identify the optimal strategy for each particular purpose.*

**Professional selection, typical strategy, structure, generalized structural method, work operation, control operation, characteristics**

---

УДК 681.3

С. И. Чеканова

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)*

### Параметрическая сеточная модель основных примитивов чертежей

*Рассматриваются особенности процесса автоматического формирования параметрической модели чертежа, в основе которой лежит использование адаптивной базовой сетки этого чертежа, изменяющейся при изменении размеров.*

**Адаптивная сетка, параметрическая модель, чертеж, алгоритм, ортогональная базовая сетка, угловая сетка, элемент сетки, связь между видами**

Перед производственными предприятиями и разработкой документации для обновления версий конструкторскими бюро постоянно стоит задача ранее созданных изделий. Эти документы можно

---

формировать автоматически на основе чертежей изделий-прототипов, выпускаемых ранее этими предприятиями.

Однако часто оказывается, что ранее созданные чертежи не имеют параметрического описания, так как формировались в непараметрических системах, которые применяются из-за относительно невысокой стоимости. В сложившейся ситуации становятся актуальными средства, разрешающие автоматически создавать параметрическую модель электронного описания непараметрического конструкторского чертежа. Таким образом, необходимая модель не зависит от времени, сложности и способа построения чертежа и может быть построена, причем не прибегая к его повторному построению и формированию в параметрической системе.

Следует отметить, что в файле непараметрического описания чертежа или любой геометрической фигуры все графические примитивы, в том числе и размерные обозначения, составляющие в совокупности образ изображенного на нем объекта, задаются в виде конкретных значений координат всех характерных точек этих графических примитивов. Иными словами, размерные обозначения, как и другие графические примитивы, в непараметрическом варианте представления являются обычными графическими элементами, характеризующимися своими координатами характерных точек, и не несут никаких функций, которые бы управляли параметрами других графических примитивов. При этом изображение

чертежа формируется ЭВМ последовательной прорисовкой каждого графического примитива по указанным координатам его характерных точек. Редактировать такие описания в соответствии с новыми значениями размеров достаточно трудно и долго.

Отличие параметрического описания от обычного непараметрического заключается в том, что в нем хранится информация не только о геометрических примитивах объекта, о связях между ними и наложенных на них ограничениях, но и о параметрах этих примитивов (координатах их характерных точек), которые являются функциями значений размеров, присутствующих в чертеже. Другими словами, при изменении размеров должны меняться координаты характерных точек соответствующих графических примитивов. В результате при выводе на экран дисплея или на графопостроитель чертежа с новыми значениями размеров должно автоматически формироваться его модифицированное изображение, полностью соответствующее этим новым размерам.

Так как любой чертеж формируется на основе координат характерных точек графических примитивов, параметрическая модель чертежа должна обеспечивать перестроение этих точек в соответствии с новыми размерными значениями. Характерные точки основных примитивов чертежа образуют своего рода неравномерную прямоугольную координатную базовую сетку чертежа, в узлах которой и располагаются эти точки (рис. 1, где  $L1$ ,  $L2$ ,  $LL$  – расстояния между характерными точками

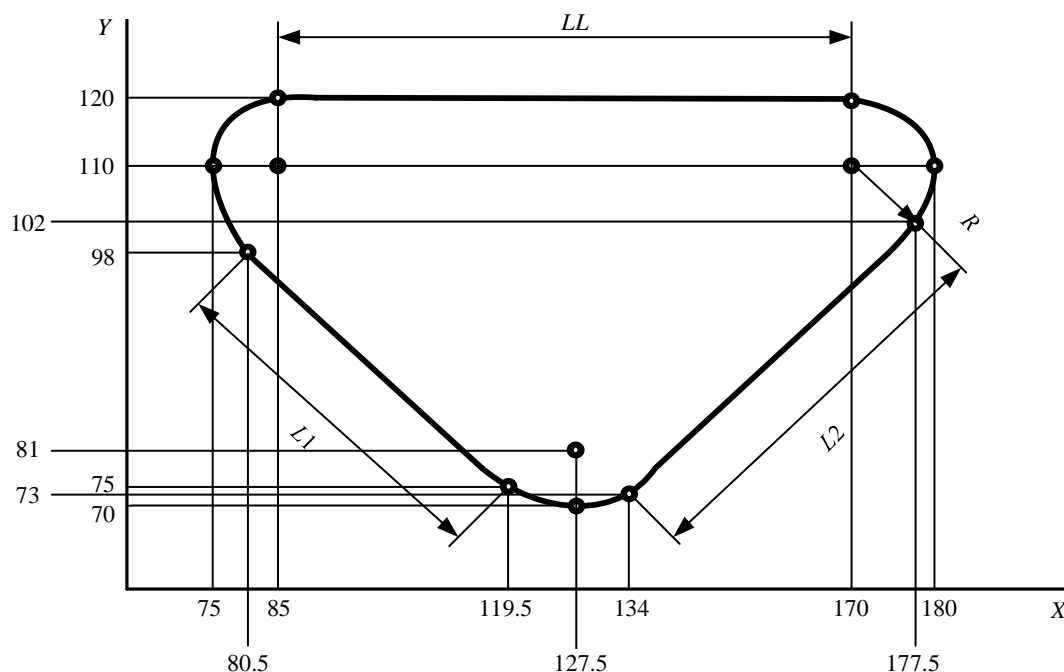


Рис. 1

ми;  $R$  – радиус полуокружностей), то перестроение этих точек и определяемых ими графических примитивов можно обеспечить посредством перестроения элементов этой неравномерной прямоугольной сетки координат. При этом в качестве имени элемента по каждой подсетке может выступать значение его координаты.

Связь между элементами может быть выражена через размерные обозначения, установленные на чертеже.

Такую изменяющуюся базовую связь можно называть базовой сеткой, адаптивной к изменяющимся значениям размерных обозначений, или адаптивной базовой сеткой, и с ее помощью обеспечить автоматическую перерисовку каждого примитива и в целом всего чертежа модифицированного изделия.

Через размерные обозначения, которые установлены на чертеже, выражена связь между элементами данной базовой сетки. В результате такой процесс установления связей между элементами базовой сетки и используемыми размерными обозначениями на чертеже можно рассматривать как процесс создания параметрической модели чертежа.

Обработка размерных обозначений, указанных на чертеже, учет условий связи между графическими базисными элементами (примитивами), включая ограничения, накладываемые на эти примитивы, применение вспомогательной угловой сетки – все это позволяет из базовой сети сформировать адаптивную базовую сеть чертежа, т. е. вариант параметрической модели чертежа.

Процесс формирования данной адаптивной параметрической модели чертежей в общем виде можно представить последовательностью укрупненных этапов:

- формирование координатной базовой и вспомогательной угловой сеток чертежа;
- установление связей между всеми парами элементов базовой и угловой сеток через новые значения размеров, которые вводятся пользователем;
- выявление новых значений координат (углов наклона) для элементов базовой сетки (угловой сетки) в соответствии с их новыми значениями размерных обозначений, установление соответствия между старыми значениями координат элементов базовой (угловой) сетки и их новыми значениями, т. е. формирование приспособленного к новым размерам представления базовой сетки (адаптивной параметрической модели).

**Формирование координатной базовой и вспомогательной угловой сеток чертежа** реализуется за несколько этапов:

1. Последовательно просматриваются все структурные элементы чертежа, расценивающиеся как изображения, дополненные необходимой вспомогательной информацией. Другими словами, каждый структурный элемент может состоять из базовых элементарных примитивов (отрезков, полилиний, окружностей, дуг окружностей, контуров, эллипсов, дуг эллипсов и т. д.) – основных графических примитивов, а также вспомогательных примитивов (текста, символов, маркеров, различных размерных и технологических обозначений, штриховок различного типа, осевых линий и т. д.).

2. Выявление для каждого основного примитива характерных точек и соответствующих им координат. Для эллипсов, окружностей, а также дуг этого типа примитивов необходимо дополнительно определять значения координат их квадрантных точек.

3. Добавление выявленных новых значений координат в массивы (соответствующие списки) отдельно по координате  $X$  и  $Y$ . Такие массивы не должны содержать дублирующих значений. На основе полученных результатов формируется базовая сетка чертежа.

4. Определение угла наклона для наклонных осевых линий, наклонных отрезков, точек начала и конца дуг. На основе полученных результатов формируется угловая сетка чертежа, из которой исключаются дублирующие значения.

**Установление значений связи между парами элементов базовой и угловой сеток** осуществляется при обработке:

- всех размерных обозначений, установленных в чертеже [1];
- особых точек чертежа, например точек сопряжения или точек, в которых соединяются взаимно-перпендикулярные отрезки;
- связей между всеми видами, имеющимися в чертеже.

*Обработка размерных обозначений* начинается с обработки горизонтальных, вертикальных, диаметральных, радиальных и угловых размеров, имеющих в описании чертежа. На основе анализа точек привязки каждого размера к соответствующим элементам базовой (угловой) сетки пополняются списки (массивы) связей между парами элементов базовой сетки по координате  $X$ ,  $Y$  или по углу в виде, например, записей:

$$(X_i X_j LL)(Y_p Y_r HH) \text{ или } (\alpha_k \alpha_r \beta), \quad (1)$$

где  $X_i, X_j$  – элементы базовой ортогональной сетки по координате  $X$  (соответствующее значение координаты, как указывалось ранее), между которыми установлена связь через новое (измененное) значение размера, например  $LL$ ;  $Y_p Y_r$  – аналогично, но связь по координате  $Y$  через значение размера  $HH$ ;  $\alpha_k \alpha_r$  – элементы угловой сетки, между которыми установлена связь через новое (модифицированное) значение углового размера  $\beta$ .

Далее на основании уже сформированных связей между отдельными парами элементов ортогональной базовой и наклонной угловой сеток осуществляется обработка параллельных и наклонных размеров. На этом шаге необходимо предварительно выяснить, находятся ли точки привязки текущего обрабатываемого размера в одном из уже сформированных массивов (списков связи). Ввиду этого за счет последовательной обработки одиночных параллельных размеров, а затем за счет связанных размеров в пары и тройки пополняются указанные ранее списки связей.

*Обработка особых точек, связанных с элементами базовой ортогональной сетки, для которых не были установлены соответствующие связи через имеющиеся в чертеже размерные обозначения.* Для каждого элемента базовой сетки, который пока не попал в списки связей, определяют характерную точку, порождающую этот элемент сетки и связанные с ней графические примитивы исходного чертежа. Далее, определив из исходного описания чертежа, какие это графические примитивы, анализируют их на взаимное отношение. На основе этого анализа осуществляется выявление значений связи данной точки с какой-либо уже определенной точкой (уже занесенной в списки связей) для этих взаимосвязанных графических примитивов.

*Обработка связей между всеми видами должна выполняться до установления связей между элементами ортогональных сеток, которые имеются в чертеже.* Она предполагает первоначальное определение видов, их общее количество и их имена, а затем нахождение элементов базовой сетки, относящихся к каждому из видов, и установление связей между элементами базовой сетки, которые принадлежат различным видам.

Выявлять виды в САПР можно различным способом. Укажем один из них на примере алгоритма, представленного ниже.

*Алгоритм выявления общего количества и имен имеющихся видов* в электронном описании чертежа при автоматическом формировании его адаптивной параметрической модели достаточно подробно изложен в [2]. Здесь же укажем только основные положения, на которых этот алгоритм основывается:

1) взаимное расположение всех основных видов чертежа строго определяется ЕСКД, а дополнительные, местные виды и выноски сопровождаются соответствующими именами;

2) область на поле чертежа, занимаемая каждым видом, определяется положением связанных друг с другом основных графических примитивов (отрезками, полилиниями, дугами и окружностями и т. д.), которые в совокупности составляют графическое изображение вида. При этом не должны учитываться вспомогательные примитивы, относящиеся к виду, – осевые линии, линии штриховки сечений и разрезов, размерные и технологические обозначения;

3) каждый дополнительный, местный вид и выносной элемент сопровождается своим именем. Для таких видов характерно отсутствие проекционных связей с основными видами, но эта связь все же может быть выявлена через их имена;

4) между каждым видом на чертеже имеются свободные зоны, в которых могут располагаться вспомогательные примитивы и дополнительные надписи;

5) каждый вид характеризуется отдельной изолированной от других видов областью рисования, которую можно, в частности, определить собственным минимально охватываемым прямоугольником (МОП), как правило, не пересекающимся с МОП другого вида.

Следовательно, первая задача по разделению чертежа на виды заключается в определении группы примитивов, непосредственно связанных между собой. Один из таких наиболее эффективных и достаточно простых способов разделения чертежа на виды с точки зрения объема вычислений заключается в последовательном просмотре всех примитивов, которые определяют форму объекта, выявлении для каждого из них МОП примитива и объединении касающихся и пересекающихся МОП графических примитивов в МОП вида.

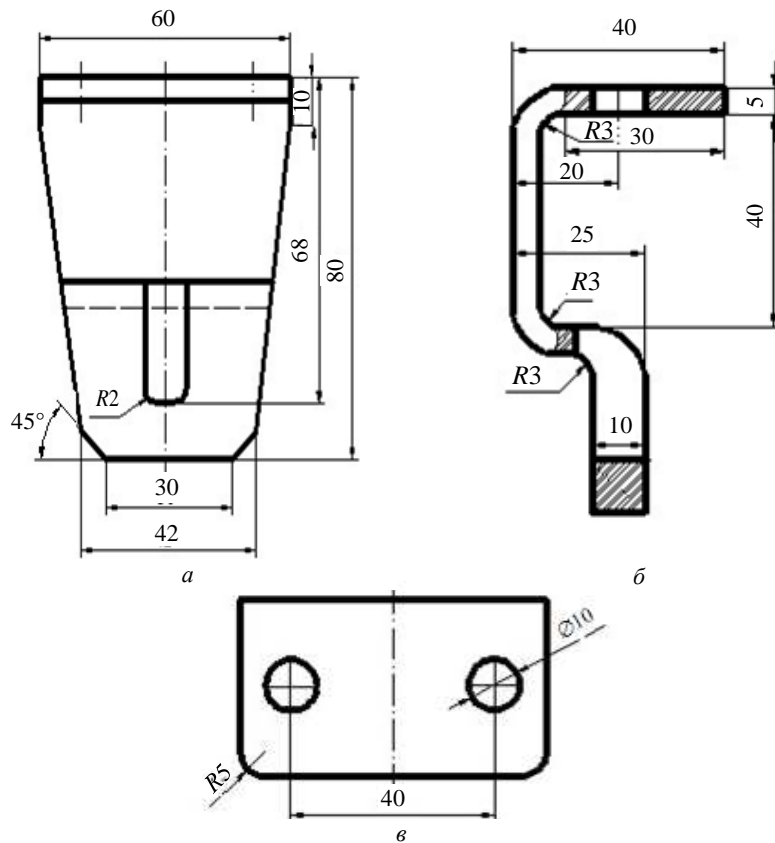


Рис. 2

Вторая задача разделения на виды заключается в выявлении наименования основных видов и сводится, прежде всего, к выявлению главного вида на основе сопоставления центра масс МОП основных видов. После этого имена остальных видов (сверху, снизу, слева, справа и сзади) легко определяются по их расположению относительно главного вида.

Нахождение элементов базовой сетки, относящихся к каждому из видов, и установление связей между элементами, принадлежащими различным видам. Другими словами, на этом этапе устанавливается взаимное соответствие между элементами базовой сетки по координатам  $X$  и  $Y$ , которые относятся к соответствующим основным видам. Таким же образом можно определять связи между элементами базовой сетки, относящиеся к основным и неосновным видам. Связи устанавливаются для того, чтобы в процессе создания параметрической модели чертежа можно было бы автоматически переносить без дополнительных вычислений значение выявляемых связей в соответствующих сетях по координате  $X$  или  $Y$  с одного на другой.

Такая необходимость переноса связана с тем, что размеры, установленные на одном виде в со-

ответствии с требованиями ЕСКД, могут действовать на параметры графических примитивов не только своего вида, но и на примитивы, изображенные на других видах. Так, например, на трехвидовом чертеже детали, представленном на рис. 2 ( $a$  – вид спереди;  $b$  – вид слева;  $в$  – вид сверху), горизонтальные размеры 20 и 40 мм, поставленные на виде слева, действуют на элементы вида сверху.

Алгоритм выявления связей между элементами сетки, принадлежащих разным основным видам по координатам  $X$  и  $Y$ , подробно рассмотрен в [3]. Здесь же кратко представлены итоги его выполнения на определенном примере.

Для видов 1, 3, 4 и 6 (рис. 3) выявляются минимальные и максимальные значения координаты  $X$  минимально охватывающего прямоугольника ( $X_i^{\min}$  и  $X_i^{\max}$ ), а для видов 2 и 5 – минимальные и максимальные значения координаты  $Y$  ( $Y_i^{\min}$  и  $Y_i^{\max}$ ). Также определяются соответствующие расстояния между основными видами (между прямоугольниками, соответствующими этим видам) –  $\Delta X_{1-4}, \Delta X_{3-1}, \Delta X_{6-3}, \Delta X_{1-2}, \Delta X_{5-1}$ .

Например, списки для МОП 1(2, 5) и 3 представляются в виде

$$\left( (0, X_i^{\min}) (\delta X_i^k - X_i^{\min}), X_i^k \right) \dots \\ \left( \delta X_i^{\max} - X_i^{\min}, X_i^{\max} \right),$$

где  $i = 1(2, 5)$  или 3 в зависимости от номера рассматриваемого вида;  $X_i^k$  – упорядоченные по возрастанию координаты, соответствующие элементам базовой сети для  $i$ -го МОП. Для МОП 4 и 6:

$$\left( (0, X_v^{\max}) (\delta X_v^k = (X_v^{\max} - X_v^k), X_v^k) \dots \right. \\ \left. (\delta X_v^{\max} = (X_v^{\max} - X_v^{\min}), X_v^{\min}) \right),$$

где  $v = 4$  или 6 в зависимости от номера рассматриваемого вида;  $X_v^k$  – упорядоченные по убыванию координаты, соответствующие элементам базовой сети для  $v$ -го МОП.

Для каждого вида составляются списки или массивы пар, состоящих из значений для каждого базового элемента и расстояния в миллиметрах этого элемента от соответствующего верхнего края для вида 2 и нижнего края для вида 5 соответствующих МОП. Так для МОП 2 список представляется в виде

$$\left( (0, Y_2^{\max}) (\delta Y_2^k = (Y_2^{\max} - Y_2^k), Y_2^k) \dots \right. \\ \left. (\delta Y_2^{\max} = (Y_2^{\max} - Y_2^{\min}), Y_2^{\min}) \right),$$

где  $Y_2^k$  – упорядоченные по убыванию координаты, соответствующие элементам базовой сетки, которые принадлежат 2-му МОП, а для МОП 5 в виде

$$\left( (0, Y_5^{\min}) (\delta Y_5^k = (Y_5^k - Y_5^{\min}), Y_5^k) \dots \right. \\ \left. (\delta Y_5^{\max} = (Y_5^{\max} - Y_5^{\min}), Y_5^{\max}) \right),$$

где  $Y_5^k$  – упорядоченные по возрастанию координаты, соответствующие элементам базовой сетки, которые принадлежат 5-му МОП.

При совпадении в рассматриваемых парах первых элементов (значений расстояния элемента базовой сетки от края соответствующего ему МОП):

– формируются списки соответствия базовых элементов, принадлежащих сеткам, по координатам  $X$  и  $Y$ . Например:

$$\left( (Y_2^{\max} X_3^{\min} X_4^{\max} Y_5^{\min}) \dots (Y_2^{\min} X_3^{\max} X_4^{\min} Y_5^{\max}) \right) \\ \text{и} \left( (X_2^{\min} X_6^{\max}) \dots (X_2^{\max} X_6^{\min}) \right);$$

– из соответствующих списков пар анализируемых МОП исключают те пары, для которых найдены соответствия.

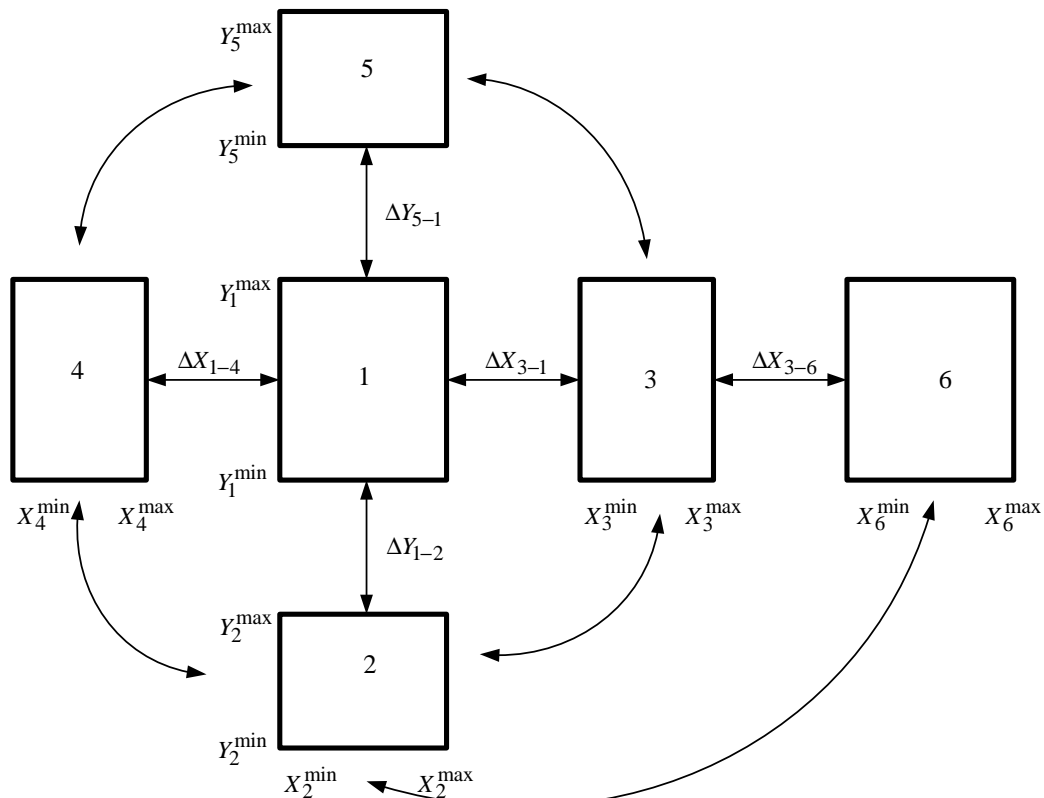


Рис. 3

Составленные списки соответствия используются при дальнейшей работе алгоритма формирования параметрической модели для переноса значений установленных связей между элементами с одной сетки на другую, например из сетки  $X$  в сетку  $Y$  и наоборот.

Пример установления соответствия связей элементов базовой сетки между видами для трехвидового чертежа представлен на рис. 4 ( $a$  – вид спереди;  $b$  – вид слева;  $в$  – вид сверху).

Обработка параллельных размерных обозначений, особых точек чертежа и связей между видами должна осуществляться в цикле до тех пор, пока выявленные связи не охватят все элементы базовой и угловой сеток чертежа или пока при выполнении очередного цикла вычислений не будет выявлено ни одной новой связи. Последний вариант означает, что в программном обеспечении формирования адаптивной параметрической модели чертежа не был предусмотрен какой-то вариант обработки соответствующего отношения. Тогда подсистема должна остановить процесс параметризации, а конструктор – зафиксировать необработываемый вариант, чтобы сообщить об этом разработчикам для доработки подсистемы:

$$\left( (X_3^{\min} Y_2^{\max}) (X_3^1 Y_2^7) (X_3^2 Y_2^6) (X_3^3 Y_2^5) \right) \times \\ \times (X_3^4 Y_2^4) (X_3^5 Y_2^3) (X_3^6 Y_2^2) (X_3^7 Y_2^1) (X_3^{\max} Y_2^{\min}).$$

Выявление новых значений координат элементов базовой и углов наклона угловой сеток в соответствии с новыми значениями размерных обозначений, т. е. формирование адаптивной базовой сетки, включает в себя:

- определение положения базовой точки адаптивной параметрической модели, от которой будет перестраиваться модифицированное изображение;

- определение новых координат (углов наклона) для всех элементов базовой сетки и установление соответствия между старым и новым значениями базовой сетки.

*Определение положения базовой точки.* Под базовой точкой чертежа  $(X_6, Y_6)$  понимается такая точка, положение которой не меняется при его модификации, т. е. ее координаты остаются в модифицированном чертеже равными координатам исходного чертежа. Каждый связанный с ней элемент базовой сетки также будет неподвижным. Остальные элементы опорной (базовой) сетки, соответствующие характерным точкам графических элементов, рассчитываются (непосредственно или опосредованно) относительно этих неизменных элементов сетки. В связи с этим за базовую точку целесообразно принимать точку главного вида, которая либо является точкой центральной симметрии этого вида, либо лежит

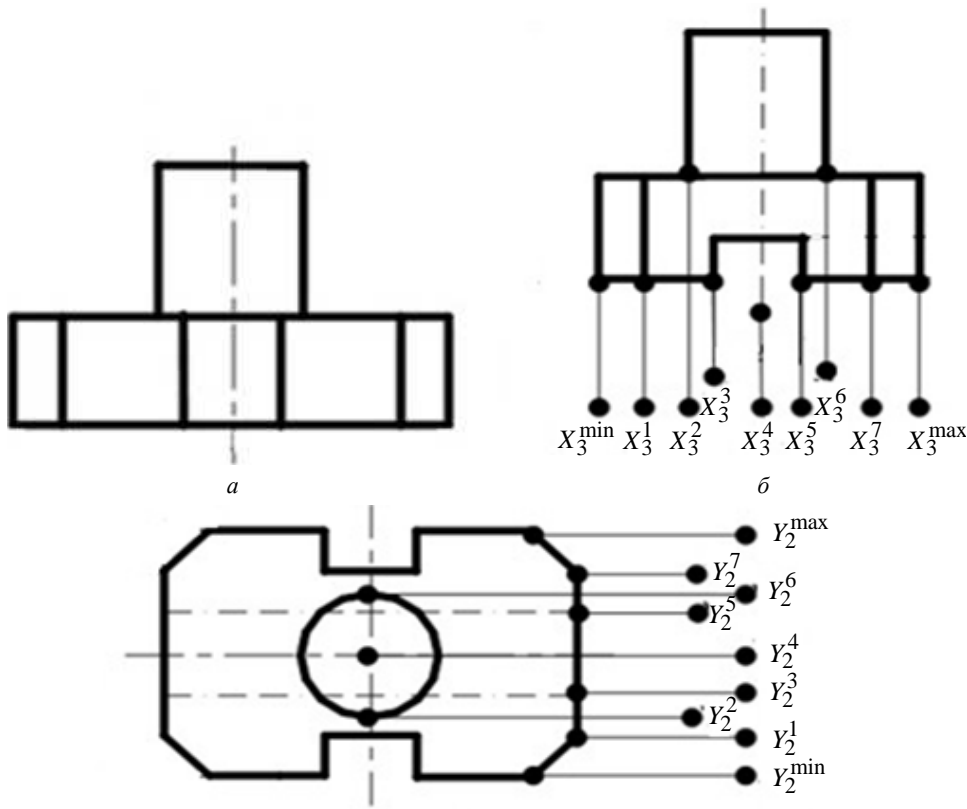


Рис. 4

на оси его симметрии, либо с этой точкой связано наибольшее количество размеров (линейных, радиальных, диаметральных или угловых). Такой выбор объясняется просто: от этого элемента базовой сетки чертежа достаточно легко установить значение связей для наибольшего количества элементов базовой сетки.

Если ни одно из указанных условий не выполняется, то в качестве базовой точки может быть взята любая характерная точка любого основного примитива главного вида.

Алгоритм определения базовой точки подробно описан в [4] и здесь не рассматривается.

Определение новых координат  $(X_{i-н}Y_{i-н})$  для всех элементов базовой сетки и установление соответствия старых элементов базовой сетки с новыми осуществляется исходя из нового значения координат для элементов базовой сетки, соответствующих базовой точке  $(X_б, Y_б)$ , и списков связей (1), установленных для пар, охватывающих все элементы сеток. В результате формируются списки (массивы) в виде параметров адаптивной координатной сетки:

$$\left( (X_{б-ст}X_{б-н}) \dots (X_{i-ст}X_{i-н}) \dots (X_{n-ст}X_{n-н}) \right) \\ \text{и} \left( (Y_{б-ст}Y_{б-н}) \dots (Y_{i-ст}Y_{i-н}) \dots (Y_{n-ст}Y_{n-н}) \right).$$

Если на основе этих связей перерисовать основные графические базисные элементы (примитивы), составляющие образ детали, с новыми па-

раметрами их характерных точек, то будет получено модифицированное изображение детали, полностью соответствующее новым размерным обозначениям.

Формирование адаптивной базовой сетки есть формирование варианта параметрической модели чертежа. При этом ее построение зависит только от используемых в описании основных графических элементов и типа и вида установленных в нем размерных обозначений. Она не зависит от способа и порядка формирования графических базисных элементов, т. е. от алгоритма построения изображения; не зависит от времени и способа простановки на чертеже размерных обозначений. Необходимым условием является использование размерных обозначений, которые однозначно описывали бы форму изображенной детали, а значит, исходный чертеж обязан соответствовать требованиям ЕСКД, и по нему можно было бы изготовить запрашиваемую деталь. Адаптивная базовая сетка является не только средством перерисовки основных примитивов чертежа, но и может использоваться как основа для перерисовки элементов оформления.

Программные продукты, созданные на основе адаптивной параметрической сетки, могут найти широкое применение на промышленных предприятиях и в конструкторских бюро.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдулкадер Б. А., Аль-Шайх Х., Лячек Ю. Т. Установление связей между элементами базовой сетки при параметризации чертежей // Информационно-управляющие системы. 2011. № 5 (54). С. 39–46.
2. Абдулкадер Б. А., Лячек Ю. Т. Выявление видов деталей при автоматическом формировании параметрических моделей электронных описаний чертежей // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2012. № 3. С. 27–32.
3. Абдулкадер Б. А., Лячек Ю. Т., Чеканова С. И. Создание параметрических моделей конструкторских чертежей на основе их адаптивной базовой сети // Программные и вычислительные методы. 2013. № 2 (3). С. 181–191.
4. Аль-Шайх Х., Лячек Ю. Т. Обработка параллельных размеров при параметризации чертежей // Инф. техн. в проф. деятельности и науч. работе: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф.: в 2 ч. Йошкар-Ола, 2011 г. / Марийский гос. техн. ун-т. Йошкар-Ола, 2011. Ч. 1. С. 85–92.

S. I. Chekanova

*Saint-Petersburg state electrotechnical university «LETI»*

## THE PARAMETRIC GRID MODEL OF THE BASIC PRIMITIVES DRAWINGS

*Features of the automatic generation of a parametric model of the drawing are considered. The model is based on an adaptive core network of this drawing, which changes with the dimension values.*

**Adaptive grid, parametric model, drawing, algorithm, orthogonal basic-hand grid, angular grid, element of the grid, the connection between the species**