

УДК 519.6

**АНТРОПОМЕТРИЧЕСКАЯ ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ  
КОМПЬЮТЕРНЫХ МАНЕКЕНОВ***В.Д. ФРОЛОВСКИЙ***(Новосибирский государственный технический университет)**

В государственном стандарте [1] тремя размерными признаками (рост, обхват груди и обхват бедер) определяются все стандартные типовые фигуры женщин. Таким образом, в нашем распоряжении имеются три входных (задаваемых нами) параметра. Но для построения манекена по этим параметрам необходимо помимо значений самих параметров манекена использовать дополнительную информацию – информацию о форме реального человеческого тела.

В качестве такой информации может быть использована базовая модель манекена, которая "хранит" в себе структуру (форму) отдельных частей тела.

Из этой модели и была получена базовая сеточная модель, имеющая послойную структуру. Базовым элементом сетки модели по-прежнему являются треугольные элементы. Из базовой модели можно выделить отдельные слои манекена, которые и будут той необходимой информацией о форме тела на различных уровнях высот.

Таким образом, теперь нужно найти метод, который, используя информацию о выбранных параметрах и дополнительную информацию о структуре человеческого тела, позволял бы по входным параметрам построить новую модель манекена.

Под построением модели манекена понимается построение поверхности манекена. Поскольку в нашем случае используется сеточная (дискретная) базовая модель, то под построением манекена можно подразумевать определение новых координат точек сетки в пространстве. Полученная

таким образом модель манекена будет представлять собой поверхность, построенную из полигонов (в нашем случае из прямоугольников).

Однако для получения более гладкой поверхности по имеющейся сеточной поверхности, состоящей из ломанных кривых, существуют специальные методы, которые в данной работе не рассматриваются.

Рассмотрение вопросов параметрического моделирования манекенов преследует следующие цели: 1) построение галереи манекенов, соответствующих типовым размерам; 2) построение модели, достаточно близкой к антропометрическим данным конкретного человека.

Решение этих вопросов осуществляется в рамках концепции порождающих моделей. Это предполагает построение базовой модели (прототипа заданного класса объектов) с заданной компонентой пространственной формы  $\{s\}$ , обеспечивающей семантическую целостность и узнаваемость проектируемого объекта, и необходимым набором метрических характеристик  $\{P\}$ , определяющих размеры точечных множеств, имеющих формы из  $\{s\}$ .

При конструировании базовой модели манекена использованы антропометрические среднестатистические измерения людей и отраслевые стандарты по размерным признакам типовых фигур. Базовая модель  $S$  представлена массивом, организованным как трехмерный граф, топологически эквивалентный четырехугольным сеткам.

Это означает, что в массиве  $P = P_{ij}$  точек базовой модели наряду с вершинами  $P_{ij}$  учитываются еще и связывающие их ребра:

$$P_{ij}P_{ij+1}, i = \overline{0, m}, j = \overline{0, n-1},$$

$$P_{ij}P_{i+1j}, i = \overline{0, m-1}, j = \overline{0, n},$$

где  $i$  – номер горизонтального уровня сечения манекена, а  $j$  – номер точки в сечении.

Задача заключается в построении формы  $S^*$ :  $P^* = P^*_{ij}$ , сохраняющей характеристики прототипа  $S$  и удовлетворяющей заданным индивидуальным параметрам, соответствующим ограниченному набору антропометрических измерений.

В общем случае для частного набора точек модели ( $P_{11}, P_{12}, \dots, P_{k\ell}$ ) антропометрическое измерение имеет вид:  $U_j(P_{11}, P_{12}, \dots, P_{k\ell})$   $j \in \overline{1, \dots, M}$ ,  $M$  – номер измерения.

Построенная модель содержит два вида параметров:

1) линейные параметры, отражающие линейные размеры и пропорции модели:

– евклидово расстояние между двумя точками:

$$U_{\text{dist}}(P_{ij}, P_{k\ell}) = \|P_{ij} - P_{k\ell}\|;$$

– пропорции элементов модели:

$$U_{jk} = \frac{1}{2} U_j(x_1, \dots, x_n) - \varepsilon_{jk} U_k(x'_1, \dots, x'_n)^2,$$

где  $k$  – количество используемых ограничений;  $r_i \in [0, 1]$  – весовые коэффициенты, а  $H_i(h(P))$  – штрафная функция.

После минимизации создаются формы, сохраняющие характеристики прототипа, и  $S^*$  является лучшей возможной поверхностью с заданными индивидуальными па-

$\varepsilon_{jk}$  – пропорция между измерениями  $j$  и  $k$ ; – высота рассматриваемого сечения:  $U_1(P) = z_i - U_{\text{высота}} = 0$ ;

2) объемные (величины обхватов на уровне шеи, груди, бедер и т.д.):

– минимальное расстояние между двумя точками на поверхности  $S$ :

$$U_S(P_{ij}, P_{k\ell}) = \min \rho P_{ij} - P_{k\ell};$$

– обхват рассматриваемого сечения (периметр выпуклой оболочки замкнутого контура):

$$U_2(P) = \sum_{j \in \Omega} |P_{i,j} - P_{i,j+1}| - U_{\text{обхват}} = 0,$$

где  $\Omega$  – выпуклая оболочка рассматриваемого сечения манекена.

Целевая функция оценивается с позиции отличия от прототипной формы  $S$  (с контрольными точками  $U_j P_{11}, P_{12}, \dots, P_{k\ell}$ ), в результате минимизируется функция:

$$\Theta(P^*) = |P - P^*|^T |P - P^*| \rightarrow \min,$$

где  $P^* = D_\alpha[P]$ ,  $D_\alpha$  – обобщенная матрица аффинных геометрических преобразований масштабирования, переноса, сдвига, вращения.

Если ограничения представить в общем виде как:  $h(P^*) = 0$ , то целевую функцию можно записать следующим образом:

$$\Theta(P^*) = |P - D_\alpha(P)|^T |P - D_\alpha(P)| + \sum_{i=1}^k r_i H_i(h(D_\alpha(P))) \rightarrow \min,$$

параметрами. Ограничения дают пользователю контроль над геометрией поверхности.

Таким образом, для ряда стандартных фигур женщин, параметры которых приведены в межгосударственном стандарте, при помощи разработанного программного приложения были построены модели поверхности туловища манекенов.

На рис. 1 представлены основные горизонтальные сечения базовой модели (а), трехмерная сеть манекена и макета внешней формы, построенные посредством ТИС (b), визуализация поверхности тела и макета внешней формы (с).

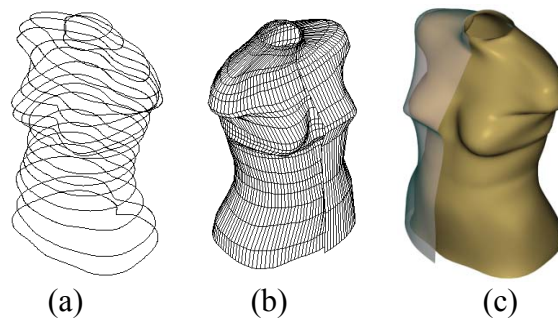


Рис. 1

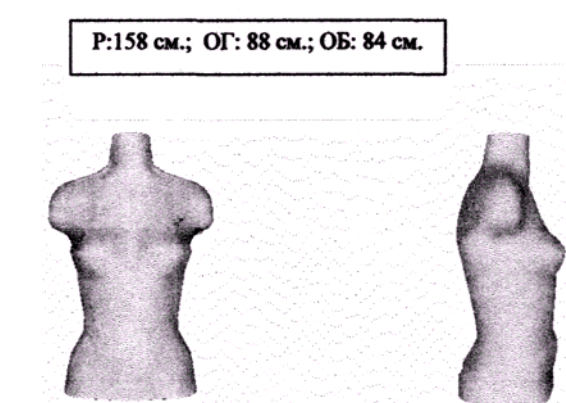


Рис. 2

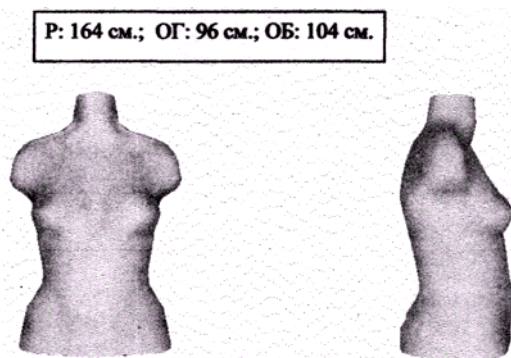


Рис. 3

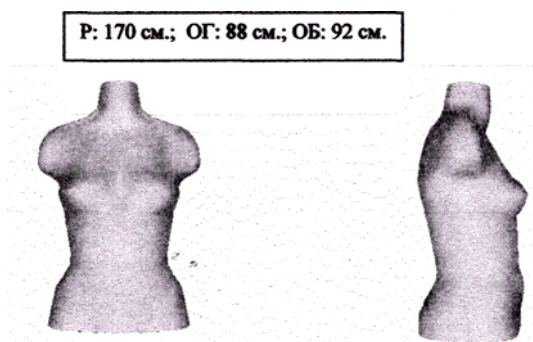


Рис. 4

На рис. 2...4 представлены соответственно: модели манекенов ростом 158, 164 и 170 см.

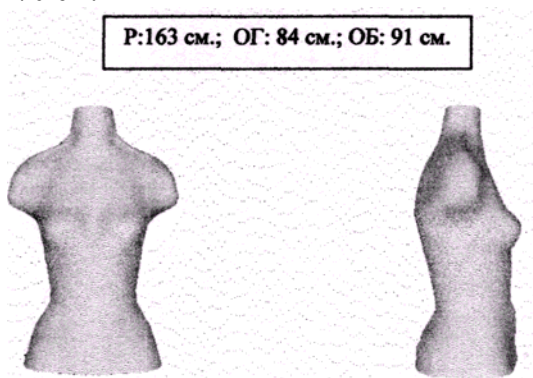


Рис. 5

Помимо стандартных фигур женщин была построена модель манекена по индивидуальным параметрам. Рис. 5 иллюстрирует построенную модель.

## ВЫВОДЫ

В результате исследований построена базовая модель манекена. В ней выделены основные сечения, для которых заданы стандартные значения высоты и обхвата, и вспомогательные сечения, для расчета высот и обхватов которых использовалась линейная интерполяция.

Разработана программа для построения произвольного манекена по имеющейся базовой модели. При этом использовалось оптимальное число входных, измеряемых вручную, параметров: рост, обхват груди, обхват бедер.

При моделировании женского манекена рассматривались два вида параметризации: стандартная и индивидуальная параметризация.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Антропометрический атлас // Составители: Ермакова С.В., Подставкаина Т.П., Строкина А.Н. – М.: ВНИИТЭ, 1977.
2. ГОСТ 17522–72. Типовые фигуры женщин. Размерные признаки для проектирования одежды. – М. Изд-во стандартов, 1972.

Рекомендована кафедрой автоматизированных систем управления. Поступила 10.01.06.

---