

## Определение пространственных моделей, образуемых огибающими поверхностями, которые описывают пальцы руки человека при достижении объекта в статической напряженной позе

Adam Gedliczka<sup>a</sup>, Maria Konarska<sup>b</sup>, Krzysztof Hamiga<sup>a</sup>, Zbigniew Machynia<sup>a</sup>,  
Krystyna Starzyńska<sup>a</sup>, Jowita Mircea<sup>a</sup> и Czesław Noworol<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Академия изобразительных искусств, факультет промышленного дизайна, Краков, Польша

<sup>b</sup>Центральный институт охраны труда, Государственный научно-исследовательский институт, Варшава, Польша

<sup>c</sup>Институт экономики и менеджмента, Ягеллонский университет, Краков, Польша

**Аннотация** В публикации рассматривается положение тела в напряженном состоянии в связи местоположением точек касания технической структуры. Цель настоящего исследования -- интерпретация основных нормативных биомеханических критериев (сформулированных в стандарте EN 1005-4, а также в документе ISO/DIS 11226, которые определяют категории положений тела стоящего человека) с помощью параметров соответствующих огибающих поверхностей, находящихся в пределах досягаемости руки. Подобная форма представления данных делает возможным непосредственное применение этих критериев при разработке и анализе структуры технических объектов. Статические напряженные позы моделируются в соответствии с угловыми диапазонами стандарта для наклона туловища и подъема плеча. Параметры представителей польского населения измерялись на модели, состоящей из модульных элементов, подвижных в плоскости, перпендикулярной к фронтальной. Результаты, зарегистрированные в прямоугольной системе координат, были обработаны при помощи программного обеспечения Mechanical Desktop и представлены также в графической форме как пространственные модели огибающих поверхностей в пределах досягаемости руки. Все это дает возможность сопоставить местоположения точек касания с огибающими поверхностями на практике, а это позволяет дать точный анализ структуры технического объекта в соответствии с предполагаемыми категориями рабочих поз, сформулированных стандартом.

Ключевые слова: Категории статических напряженных поз, пространственные модели достижения объекта рукой, методы оценки

### 1. Введение

Положение тела в напряженном состоянии (напряженная поза) является одним из наиболее важных факторов, определяющих дискомфорт работника и нагрузку на скелетно-мышечный аппарат. Особенно неблагоприятной является нагрузка, возникающая при сохранении статического положения тела в напряженном состоянии. Подобные положения тела стоящего человека часто встречаются в случае, когда для того чтобы достичь пальцами руки определенной зоны, требуется значительный изгиб (наклон) туловища и/или подъем плеча. Такие случаи необходимо контролировать и устранять уже на стадии проектирования.

Многие авторы дают описание рабочих поз и способы их анализа, например [1,2,8]. При этом они не рассматривают напряженные позы в связи с рабочим пространством и соответствующие огибающие поверхности, которые описывают пальцы руки при рабочих операциях.

Данное исследование выполнено на основании критериев оценки статических поз, которые можно найти в новом стандарте EN 1005-4 [3] (а также в документе ISO/DIS 11226 [7]). Там сформулированы критерии для положений частей тела в согнутом состоянии, сохраняемых в течение определенного периода, такие как: допустимое положение, условно допустимое положение и недопустимое положение. Практическое применение этих критериев вызывает серьезные методологические, организационные и технические проблемы при разработке дизайна, документации и прототипа.

Фактически, возникает вопрос, как оценить пространственную структуру технического объекта, с которым взаимодействует человек в течение рабочего процесса. Вследствие этого в данном исследовании была предпринята попытка переформулировки биомеханических критериев, описывающих категории напряженных поз. Предлагаются определения в параметрах, связанных с положениями, которых достигают пальцы руки, в прямоугольной системе координат, применимые для оценки структуры технического объекта. Суть исследования заключается в том, чтобы

показать связи между категориями поз, определяемых стандартом, и соответствующими огибающими поверхностями, которые описывает рука для достижения объекта.

*A. Gedliczka и другие / Пространственные модели огибающих поверхностей, которые описывают пальцы руки человека при достижении объекта*

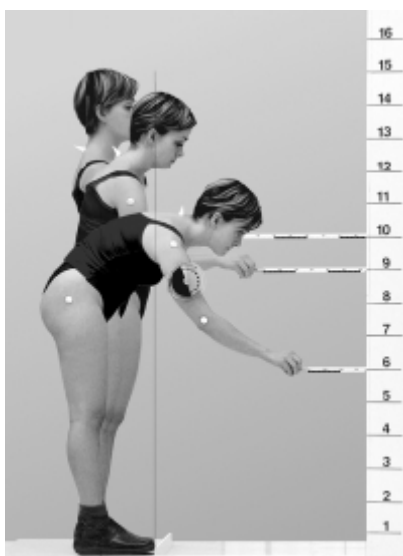


Рис. 1. Взаимосвязь положения тела (позы) и положения точки касания пальцев руки.

## 2. Методика

В настоящем исследовании предполагается, что между местоположением точек касания в рабочем пространстве и категорией напряженных рабочих поз имеется прямая связь. В литературных источниках встречаются заключения о том, что эта взаимосвязь отличается повторяемостью для данного индивидуума и специфических пространственных условий (см., например, [6]).

Можно также предположить, что техническая структура может оцениваться в категориях поз при сопоставлении с соответствующими огибающими поверхностями в пределах досягаемости руки. Для изучения этой взаимосвязи в лабораторных условиях были смоделированы позы и были выполнены непосредственные измерения огибающих поверхностей (Рис. 1).

Предполагалось, что при измерении тела, находящегося в положении стоя, это положение не стабилизируется никаким специальным образом, кроме задания углов и положения ступней. Эти моделируемые позы устанавливались специальными маятниковыми гониометрами (Рис. 2). Таким образом обеспечивался постоянный контроль наклона тела вперед и подъема плеча (пространственные углы) в крайних положениях.

Пределы досягаемости руки в этих положениях определялись при помощи специальной рабочей модели, оборудованной модульными элементами, подвижными в плоскости, перпендикулярной фронтальной. При измерениях фронтальная плоскость (ВА) приравнивалась к общей плоскости отсчета для человека и пространственной структуры технического объекта. Измерялся ряд движений элементов тела с последующей обработкой результатов.

*A. Gedliczka и другие / Пространственные модели огибающих поверхностей, которые описывают пальцы руки человека при достижении объекта*

Таблица 1

Классификация статических вынужденных поз

Категории	Углы	Код
допустимая	0° – 20°	зеленый
условно допустимая	20° – 60°	желтый
недопустимая	более 60°	красный