ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 15536-1— 2010

Эргономика

КОМПЬЮТЕРНЫЕ МАНЕКЕНЫ И МОДЕЛИ ТЕЛА

Часть 1

Общие требования

ISO 15536-1:2005
Ergonomics — Computer manikins and body templates — Part 1: General requirements
(IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2011

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Автономной некоммерческой организацией «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (АНО «НИЦ КД») на основе собственного аутентичного перевода на русский язык международного стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 201 «Эргономика»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 ноября 2010 г. № 528-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 15536-1:2005 «Эргономика. Компьютерные манекены и модели тела. Часть 1. Общие требования» (ISO 15536-1:2005 «Ergonomics — Computer manikins and body templates — Part 1: General requirements»)

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты Российской Федерации, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2011

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Точность 2
5 Удобство использования 3
6 Документация 4
Приложение А (справочное) Факторы, влияющие на антропометрическую точность манекенов, результатов анализа и вычислений, выполняемых с использованием манекенов . . . 7
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов ссылочным национальным стандартам Российской Федерации 11
Библиография 12

Введение

Ниже приведена структура стандартов в области безопасности при работе с машинами:

а) стандарты типа А: Основополагающие стандарты по безопасности, содержащие основные концепции, принципы конструирования и общие аспекты, которые могут быть применены к оборудованию всех видов.

б) стандарты типа В: Групповые стандарты по безопасности, которые относятся к одному аспекту безопасности или к одному типу защитного устройства и которые могут быть применены к оборудованию широкого диапазона:

- стандарты типа В1 распространяются на определенные аспекты безопасности (например, безопасное расстояние, температура поверхности, шум);
- стандарты типа В2 распространяются на устройства, обеспечивающие безопасность (например, двуручное устройство управления, блокирующее устройство).

с) стандарты типа С: стандарты по безопасности машин, содержащие детальные требования по безопасности отдельных видов машин или группы однородных машин.

В соответствии с ИСО 12100-1[1)] настоящий стандарт является стандартом типа В.

Когда положения стандарта типа С отличаются от положений, установленных в стандартах типа А или В, положения стандарта типа С имеют преимущественное значение для машин, спроектированных и собранных в соответствии с требованиями стандарта типа С.

Требования настоящего стандарта в основном не зависят ни от современного уровня достижений в области компьютерных манекенов и моделей тела, ни от наличия новейших и подробных антропометрических данных.

Физические характеристики тела человека являются основой для проектирования сидений, мебели, машин и другого оборудования. Компьютерные технологии быстро развиваются и позволяют создавать компьютерные манекены, моделирующие тело человека и его действия. Антропометрически точные манекены или модели тела могут быть использованы, например, для визуализации геометрического расположения тела человека в физической среде. Также в манекен или систему манекена могут быть интегрированы различные функции оценки, например индикация области досягаемости, визуализация поля зрения, биомеханическое вычисление требуемых усилий и моделирование движений.

Компьютерные манекены предназначены для сокращения потребностей в привлечении испытателей и для оценки физических моделей и опытных образцов. Однако реальные испытатели имеют не только свои физические размеры, но также различающиеся функциональные способности и возможности восприятия, а также собственные представления по улучшению производительности, комфорта и других свойств конструкции (см. ИСО 15537[2)]).

Компьютерные манекены позволяют получить быструю, простую и раннюю идентификацию возможной нехватки пространства. Ограниченные размерами пространства критические операции, такие как возможность проникновения человека в замкнутое пространство или доступность для него заданных объектов, могут быть быстро оценены даже для экстремальных размеров тела. В противном случае определение размеров потребует испытаний с привлечением большого количества испытателей.

При использовании манекенов одновременно проверяют несколько эргономических аспектов (например, антропометрический, постуральный, визуальный, связанный с прилагаемыми усилиями, динамический в одной или нескольких ситуациях). Как универсальный инструмент проектирования манекен отчасти полезен для новаторских проектов, когда не существует рекомендаций по размерам рабочего пространства и недоступны сопоставимые ситуации для полномасштабной оценки. В процессе проектирования использование компьютерного моделирования с манекеном облегчает обмен информацией и сотрудничество между различными специалистами и пользователями. При правильном использовании наличие манекена ускоряет процесс проектирования и снижает стоимость разработки конструкции. Процесс эргономического проектирования в целом представлен в ЕН 614-1[3)].

[1)] ИСО 12100-1:2003 «Безопасность машин. Основные понятия, общие принципы конструирования. Часть 1. Основная терминология, методология» (ISO 12100-1:2003 «Safety of machinery — Basic concepts, general principles for design — Part 1: Basic terminology, methodology»).

[2)] ИСО 15537:2004 «Принципы отбора испытателей для проверки антропометрических свойств промышленной продукции и конструкций» (ISO 15537:2004 «Principles for selecting and using test persons for testing anthropometric aspects of industrial products and designs»).

[3)] ЕН 614-1:2006 «Безопасность машин. Часть 1. Эргономические принципы проектирования. Терминология и общие принципы» (EN 614-1:2006 «Safety of machinery — Ergonomic design principles — Part 1: Terminology and general principles»).

Использование компьютерных манекенов не обеспечивает автоматического получения правильных конструктивных решений и правильного их использования. Проектировщик может использовать их неправильно, например допуская неудобные позы или предоставляя слишком малое пространство для движений. Возможно, проектировщик не осведомлен о присущих компьютерным манекенам ограничениях в антропометрическом, постуральном или биомеханическом отношениях. Кроме того, при увеличении сложности систем моделирования манекена ссылки на данные по этим характеристикам манекена-человека становится трудно или невозможно найти.

Манекены или системы моделирования манекена в настоящее время отличаются друг от друга по функциям, свойствам, точности и удобству использования. На современном этапе развития самые передовые системы моделирования манекена требуют применения мощных аппаратных средств и специально обученных специалистов, а следовательно, могут быть недоступны многим проектировщикам. Более простые системы имеют ограничения по применению. Системы различаются по таким компонентам, как антропометрическая точность, биомеханические возможности, графическая визуализация, геометрическая конструкция, моделирование и анимация. Выбор манекена и соответствующей системы моделирования в большой степени является компромиссом между этими различными свойствами.

При выборе и использовании компьютерного манекена, а также для контроля воздействий внешних параметров необходимы большой опыт в этой области и высокая осторожность, какой бы передовой ни была система моделирования манекена.

Международный стандарт, на основе которого подготовлен настоящий стандарт, разработан техническим комитетом ИСО/ТС 159 «Эргономика».

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Эргономика

КОМПЬЮТЕРНЫЕ МАНЕКЕНЫ И МОДЕЛИ ТЕЛА

Часть 1

Общие требования

Ergonomics. Computer manikins and body templates. Part 1. General requirements

Дата введения — 2011—12—01

ВАЖНО — Применение настоящего стандарта следует проверять с помощью реальных испытаний с привлечением испытателей.

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает основные требования к проектированию и разработке компьютерных манекенов, моделей тела и систем моделирования. Настоящий стандарт определяет их антропометрические и биомеханические свойства, учитывая требования по удобству использования, ограничению сложности конструкции и многофункциональности, а также содержит руководство по выбору манекена и системы моделирования манекена и оценке их точности и удобства использования. Настоящий стандарт устанавливает документацию по характеристикам манекенов и системам моделирования манекена и их использованию по назначению. Настоящий стандарт обеспечивает уверенность в том, что компьютерные манекены и модели тела, используемые для проектирования рабочего пространства, достаточно точны и надежны в антропометрическом и биомеханическом аспектах. Настоящий стандарт обеспечивает пользователям манекенов возможность выбрать подходящую систему моделирования манекена для конкретных задач проектирования. Настоящий стандарт устанавливает требования не только к статической точности манекена, но предоставляет рекомендации по другим факторам, которые могут повлиять на точность анализа и расчетов с использованием манекенов.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ИСО 7250 Основные антропометрические измерения для технического проектирования (ISO 7250, Basic human body measurements for technological design)[1)]

ИСО 9241-11 Эргономические требования к офисным работам с применением видеодисплейных терминалов. Часть 11. Руководство по обеспечению удобства использования (ISO 9241-11, Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) — Part 11: Guidance on usability)

ИСО 12100-1 Безопасность машин. Основные понятия, общие принципы конструирования. Часть 1. Основные термины, методология (ISO 12100-1, Safety of machinery — Basic concepts, general principles for design — Part 1: Basic terminology, methodology)

ЕН 614-1 Безопасность оборудования. Эргономические принципы конструирования. Часть 1. Термины, определения и общие принципы (EN 614-1, Safety of machinery — Ergonomic design principles — Part 1: Terminology and general principles)

[1)] Стандарт заменен на ИСО 7250-1:2008 «Основные антропометрические измерения для технического проектирования. Часть 1. Определения и ориентиры для антропометрических измерений» (ISO 7250-1:2008 «Basic human body measurements for technological design — Part 1: Body measurement definitions and landmarks»).

Издание официальное

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями.

3.1 **компьютерный манекен** (computer manikin): Двухмерное (2D) или трехмерное (3D) графическое компьютерное отображение тела человека, основанное на антропометрических измерениях, структуре соединений и суставов и характеристиках движения человека.

3.2 **компьютерная система моделирования манекена** (computer manikin system): Система компьютерного моделирования, состоящая из компьютерного манекена, инструментов управления и манипулирования манекеном (например, позой, антропометрическими измерениями), функций, обеспечивающих подражание характеристикам человека и его поведению (например, биомеханическим параметрам, усилиям, движениям) и средств, обеспечивающих размещение манекена относительно компьютерной модели физической среды.

3.3 **модель тела** (body template): Физическая двухмерная, обычно сочлененная, контурная модель тела человека, основанная на антропометрических измерениях.

4 Точность

4.1 Общая информация

Несколько факторов влияют на точность анализа и вычислений, выполняемых с помощью манекена. Некоторые факторы зависят от антропометрической, структурной, функциональной и биомеханической точности самого манекена; некоторые — от знаний и опыта специалиста, использующего манекен, например, насколько точно сделаны регулировки позы или насколько глубоко манекен посажен в мягкую амортизирующую поверхность (например, дивана). Требуемая точность зависит от особенностей производственного задания и критичности размеров пространства (например, доступа, досягаемости).

Настоящий стандарт устанавливает требования не только к статической точности манекена (см. 4.2—4.3), но предоставляет рекомендации по другим факторам, которые могут влиять на точность анализа и вычислений, выполняемых с помощью манекена. Эти факторы приведены в приложении А.

4.2 Статическая точность манекенов

Структура и форма манекена должны соответствовать форме и антропометрическим размерам тела человека (см. 6.4). Особое внимание следует уделять конструкции манекена, чтобы размеры манекена совпадали с размерами тела человека в соответствующих позах (например, стоя или сидя).

Соответствие компьютерного манекена доступным антропометрическим данным совокупности пользователей должно быть проверено с помощью измерений манекена в соответствии с ИСО 7250. С помощью измерений горизонтальных или вертикальных расстояний между выбранными точками можно сравнить размеры манекена с данными совокупности пользователей (или данными, представленными для совокупности групп населения в пределах Европейской части, как в ИСО 15534-3 [1]) и определить точность в стандартных позициях (см. 6.5).

4.3 Особые проблемы антропометрической точности

4.3.1 Влияние сутулости

Стандартные позы, в которых выполняются антропометрические измерения, являются прямыми, тогда как в естественных позах тело слегка ссутулено. Изменчивость важных измерений в позах стоя и сидя должна быть учтена с помощью предоставления возможности точной настройки позы туловища или с помощью введения фактора сутулости (в позе стоя он обычно колеблется от 10 до 60 мм).

4.3.2 Деформация мягких тканей

Тело состоит из твердых тканей, таких как кости, и мягких тканей, таких как мышцы и жир, которые деформируются при смене позы или под воздействием давления. Манекен должен иметь оснащение, которое позволяет учитывать деформацию тканей, например в области ягодиц, чтобы высота туловища оставалась корректной при смене позы стоя на позу сидя.

4.3.3 Движение суставов

Подвижность суставов влияет на антропометрическую точность. Например, плечо и центр вращения плечевого сустава подвижны, что сильно влияет на досягаемость (по направлению вперед и вверх). Пользователь манекена должен быть осведомлен о типе досягаемости (например, удобная/максимальная досягаемость). Следует учитывать, как движение плеча должно быть реализовано с помощью соответствующей функции манекена или с помощью предоставления пользователю возможности регулировать положение центра вращения сустава в пределах диапазона его движения. Дополнительную информацию по движению суставов см. в А.3.3.

5 Удобство использования

5.1 Общая информация

В соответствии с ЕН 614-1 программное обеспечение системы компьютерного манекена должно быть удобным в использовании и применимым при проектировании. Пригодность использования системы компьютерного манекена влияет также на точность выполняемого с ее помощью анализа. Детали пригодности использования системы компьютерного манекена описаны в 5.2—5.8. Общие требования по пригодности использования программного обеспечения должны соответствовать ИСО 9241-11.

5.2 Понятность

Структура и интерфейс системы компьютерного манекена должны быть понятными, чтобы обеспечить быстрое обучение и легкость использования.

5.3 Согласованность

Интерфейс программного обеспечения, например диалогов и меню, должен быть совместимым, насколько это возможно, с другими компьютерными программами, которыми пользуются проектировщики, такими как программное обеспечение для проектирования (CAD[1)]), анимации[2)] и оценки эргономических/человеческих факторов.

5.4 Эффективность

Стандартное программное обеспечение компьютерной системы должно быть коротким и простым. Оно должно включать программы, необходимые для перемещения (копирования) манекена или окружающей среды из одного программного средства в другое. Количество шагов в процедурах пользователя должно быть ограничено, а сложность выбора на каждом шаге должна быть как можно меньше.

5.5 Универсальность

В пределах одного программного средства должна быть возможность управлять манекеном (размером, позой) и изменять окружающую среду. Необходимо, чтобы система моделирования манекена позволяла пользователю устанавливать и иллюстрировать поля зрения, досягаемости и угловые ограничения, например предпочтительную и максимальную рабочую область (см. ИСО 14738 [2]). Универсальность системы моделирования манекена сильно зависит от архитектуры и схемы программного обеспечения (например, модульной схемы или архитектуры открытой системы, см. А.7).

5.6 Легкость изменения антропометрических параметров

Антропометрические размеры манекена должны быть легко изменяемыми, например с помощью выбора требуемой процентили измерений или с помощью изменения измерений напрямую; в обоих случаях процентили должны быть доступны пользователю. Для нужд проектирования необходимо, чтобы были заданы и надлежащим образом обоснованы сочетания процентилей различных сегментов тела. Должна быть возможность регулирования антропометрических размеров от 1-й до 99-й процентили совокупности предполагаемых пользователей (см. А.5.2).

5.7 Легкость изменения позы

Должна иметься возможность легкого изменения позы для испытания заданных действий, например быстрого дотягивания до объекта и возвращения в исходную позу. Система компьютерного манекена должна предоставлять возможность легкого выбора основных поз или внесения изменений в основные позы, например позы стоя, сидя, сутулясь или на коленях. Манекен должен быть легко позиционируемым для обеспечения наличия или отсутствия его контакта с объектами в окружающей среде.

5.8 Легкость визуальных оценок

Регулировка размеров или поз должна быть легкой для понимания пользователем и удобной для достижения требуемой точности. Такое управление манекеном предполагает достаточный уровень отображения поверхности или контура тела, а также отображение суставов, которые могут двигаться в указанном направлении и с заданной амплитудой движений. Управление манекеном может потребовать использования опознавательных точек, если у манекена есть волосы или он одет в одежду и обувь, или опорных линий, показывающих изменение углов суставов.

[1)] CAD — Computer Aided Design (автоматизированное проектирование).

[2)] Компьютерная анимация — компьютерная имитация движения с помощью изменения (и перерисовки) формы объектов или демонстрации последовательных изображений с фазами движения.

Чтобы судить о приемлемости позы или расстоянии до объекта, необходимо отображение полей зрения, досягаемости и зон комфорта.

Положение манекена относительно сиденья требует отображения определенных опорных точек, например индексной точки сиденья (SIP[1)]).

6 Документация

6.1 Общая информация

Разработчик манекена и системы моделирования манекена отвечает за обеспечение документации с указанием характеристик манекена и его предполагаемого использования, а также за подготовку руководства пользователя. Требования к этой документации приведены в 6.2—6.9.

6.2 Предполагаемое использование

Предполагаемое использование манекена должно быть документировано, например анимация, проведение антропометрических и биомеханических оценок. В документации должны быть указаны все ограничения в использовании, особенно с антропометрической точки зрения. Также должны быть документированы все типы анализа и оценок, предусмотренные системой моделирования манекена, например:

- наличие функции автоматизированной оценки или только визуальная оценка;
- наличие анимации или отображение только неподвижной картинки;
- анализ геометрических отношений, таких как визуализация, область досягаемости, доступ и столкновение;
- оценка требований к усилиям, основанная на биомеханических вычислениях.

Дополнительно должна быть документирована предполагаемая совокупность пользователей, например инженеры, эксперты по эргономике, а также область применения конструкции, например оборудование или здание. Требования к пользователям по наличию опыта в антропометрии, проектировании рабочего места и компьютерных технологиях, необходимого для использования всех возможностей программного обеспечения, также должны быть документированы.

6.3 Источники данных

Используемые источники антропометрических данных должны быть документированы. Если данные объединены из разных источников или получены из объединенных гендерных данных, на основе них должны быть определены и сведены в таблицу значения хотя бы 5-й, 50-й и 95-й процентилей.

6.4 Антропометрическая точность в стандартных позах

Для оценки статической точности компьютерного манекена (см. 4.2) должны быть определены по крайней мере основные антропометрические размеры, представленные в таблице 1. Для каждого размера должны быть документированы исходные данные с указанием их источника (собственные, сторонние, объединенные, комбинированные), как установлено в 6.3. Те же размеры должны быть определены непосредственно по манекену в виде 5-й, 50-й и 95-й процентили. Разность между этими значениями должна быть документирована как процент от исходного значения[2)]. На примере таблицы 1 показано, как должны быть представлены результаты такого сравнения. Таблица позволяет сопоставить данные и обнаружить существенные различия в расположении манекенов различного роста и разного телосложения. В некоторых программных средствах должны также быть использованы 1-я и 99-я процентили (см. А.5.2).

Таблица 1 — Сопоставление исходных данных с размерами манекена в стандартных позах

Основные антропометрические измерения[a)]	P5			P50			P95		
	Исходные данные	Размер манекена	Разность, %	Исходные данные	Размер манекена	Разность, %	Исходные данные	Размер манекена	Разность, %
1 Рост (высота человека)									

[1)] SIP — Seat Index Point.

[2)] Отношение разности входного и выходного значения к входному значению является относительной погрешностью.

Окончание таблицы 1

Основные антропометрические измерения[a)]	P5			P50			P95		
	Исходные данные	Размер манекена	Разность, %	Исходные данные	Размер манекена	Разность, %	Исходные данные	Размер манекена	Разность, %
2 Высота в положении сидя (прямо)									
3 Ось сжатия (протягивание кисти вперед)									
4 Ширина плеч (бидельтовидная)									
5 Ширина бедер в положении сидя									
6 Глубина грудной клетки в положении стоя									
7 Глубина тела в положении стоя									
8 Ширина грудной клетки в положении стоя									
9 Высота локтя в положении стоя									
10 Расстояние «локоть—плечо»									
11 Высота колен									
12 Высота клиренса (высота бедра над сиденьем)									

[a)] Описание антропометрических измерений приведено в ИСО 7250.

6.5 Предположения и поправки. Поза

Все предположения и поправки, относящиеся к различиям в стандартных и фактических позах манекена, должны быть документированы, например поправки на сутулость (см. 4.3.1) и движения плечевых суставов (см. 4.3.3). Если эти функции изначально встроены в манекен, то их надо учитывать при сопоставлениях в соответствии с 6.4.

6.6 Предположения и поправки. Одежда

Все предположения и поправки, относящиеся к одежде, должны быть документированы (например, высота каблука обуви).

6.7 Другие характеристики, влияющие на антропометрическую точность

Все характеристики манекена, которые влияют на антропометрическую или биомеханическую точность, но невидимы и неявны, должны быть документированы. Эти характеристики включают внутреннюю структуру, тип системы координат, используемый для описания ориентации конечностей, а также все налагаемые ограничения.

Должна быть документирована по крайней мере следующая информация:

- способ представления антропометрической геометрии манекена (например, типа структуры, используемой для отображения поверхности тела, скелета);
- имеется ли база данных по антропометрическим размерам установленной совокупности пользователей;

- могут ли быть присоединены другие базы данных;
- можно ли установить размеры конкретного человека.

6.8 Факторы, влияющие на биомеханическую точность

При использовании манекена для биомеханического анализа должны быть документированы детали биомеханических моделей и уравнения, используемые для вычислений, источники данных и используемые значения (размеры пространства, массы, усилий).

6.9 Методы управления

Методы управления позой, равновесием, движениями и взаимодействием между манекеном и окружающей средой должны быть документированы.

6.10 Руководство пользователя

Относительно антропометрических данных, использованных для выбора процентили при вычислениях, а также при анализе других факторов, например биомеханических свойств, должно быть предоставлено руководство пользователя (дополнительно к техническим руководствам).

Должны быть указаны требования к аппаратным средствам и программному обеспечению, необходимым при использовании манекена и системы моделирования манекена. Возможности обмена информацией с другими программами (импорт, экспорт данных), а также средствами вывода информации (плоттерами, принтерами, видеомагнитофонами) должны быть документированы.

Приложение А
(справочное)

Факторы, влияющие на антропометрическую точность манекенов, результатов анализа и вычислений, выполняемых с использованием манекенов

А.1 Общая информация

В данном приложении описаны типичные свойства манекенов и систем моделирования манекенов в отношении точности результатов анализа на их основе и рассмотрены области их применения.

А.2 Геометрическое представление

А.2.1 Двухмерные модели человека

Двухмерные (2D) модели тела человека представляют собой физическую модель человека, используемую для оценки конструкции окружающей человека среды. Двухмерный компьютерный манекен является простейшим типом компьютерного манекена, пригодным для использования при двухмерном проектировании. Двухмерными моделями человека легко манипулировать, и они не требуют компьютера с большой производительностью. Двухмерные манекены подходят для создания схем и могут быть использованы для изучения поз и движений, но только в одной плоскости.

А.2.2 Трехмерные модели человека

С помощью трехмерных (3D) компьютерных манекенов могут быть смоделированы разнообразные позы и движения. Их геометрическая сложность изменяется от простых реберных моделей, грубо учитывающих особенности скелета человека, и каркасных моделей, частично отображающих поверхность тела, до более реалистичного моделирования внутренних структур тела человека. Реберные модели могут быть полезны, если производительности компьютера недостаточно для более сложных программных средств, осуществляющих сложное моделирование в реальном времени и биомеханические вычисления. Детализированная и четкая поверхность обеспечивает более реалистичный внешний вид тела человека.

Трехмерные манекены могут создать некоторые трудности в восприятии поз и управлении движениями. Кроме того, построение трехмерной окружающей среды требует много времени. Таким образом, трехмерные манекены менее пригодны для предварительного проектирования, но эффективны для визуализации и оценки более разработанных конструкций.

А.3 Структурные свойства

А.3.1 Количество сегментов и суставов

Большое количество сегментов тела и движущихся суставов обеспечивает более естественные и многосторонние движения тела, особенно в экстремальных позах туловища и шеи. При определении пространственных размеров для обычных поз стоя и сидя достаточно небольшого количества сегментов. Двухмерные манекены обычно имеют от 6 до 11 подвижных суставов, давая возможность сравнительно легко управлять их позой. Трехмерные модели могут иметь от 15 до 70 суставов в тех случаях, когда в функциональных анатомических деталях должны быть представлены пальцы и компоненты позвоночника.

А.3.2 Степени свободы движения сустава

Каждый сустав имеет степени свободы (оси вращения), количество которых изменяется от одной в суставе пальца до трех или более в позвоночнике для переднего/заднего и бокового сгибания и вращения. Плечевой сустав является многоосным, и центр его вращения подвижен в пределах довольно большой области. На практике для простоты управления позой некоторые направления движения суставов могут быть ограничены.

А.3.3 Структура суставов

Если в компьютерном манекене применены более простые соединения и суставы, чем в теле человека, могут появиться ошибки. Например, если плечевой пояс смоделирован без подвижной лопаточной кости, а только с простым шаровым соединением и соединительной муфтой для плечевого сустава, то естественные движения руки при вытягивании ее вперед не могут быть смоделированы.

А.3.4 Угловые ограничения

Каждый сустав может иметь угловые ограничения, определяемые движениями сустава. Эти ограничения охватывают весь диапазон возможных движений, описанный динамическими антропометрическими данными. Они также могут выделять границы удобных движений совокупности пользователей, определенных для некоторой деятельности, например сборки или рулевого управления транспортным средством, или ограничения для оценки трудовой деятельности, связанной с оборудованием.

А.4 Функциональные свойства

А.4.1 Позы

Манекены должны быть способны имитировать множество естественных поз человека. Изменение позы зависит от числа степеней свободы движений в суставах и может вызвать проблемы. Поэтому обычно нужен набор заранее установленных (стандартных) основных поз (например, позы стоя, сидя, сутулая поза).

В некоторых программных средствах контроль равновесия является необходимым условием для поддержания определенной позы. Чтобы проверить равновесие всего тела в статических позах, требуются данные о массе сегментов тела и расположении их центров тяжести. Для моделирования сохранения позы при выполнении непрерывных движений, таких как ходьба, вычисления могут быть автоматизированы.

Необходимо знать соотношение усилий в позе равновесия и комфорта. Усилия не могут быть правильно оценены без указания рабочей позы. В полном объеме усилия могут быть приложены только в определенных позах, когда тело находится в равновесии и нет серьезного отрицательного воздействия на комфортность позы.

А.4.2 Отображение областей досягаемости и рекомендуемых рабочих областей

Проверка возможности дотянуться до объекта может быть выполнена с помощью изменения позы или изображения областей досягаемости и рекомендуемых для рабочих операций областей движения руки, например с помощью отображения границ досягаемости. Границы рекомендуемых рабочих областей зависят от нескольких факторов, например веса объектов, частоты движений и продолжительности производственного задания.

А.4.3 Отображение поля зрения

Поле зрения при движении глаз или поля периферийного зрения, также как и комфортные линии визирования, могут быть визуализированы различными способами. Рекомендации или ограничения относительно расстояний наблюдения также могут быть визуально продемонстрированы.

А.4.4 Траектория перемещения

Движения конечностей и туловища компьютерного манекена должны иметь как можно большее сходство с естественными движениями человека. Из-за большого числа степеней свободы в управлении движениями могут быть использованы заранее определенные встроенные траектории перемещения. Для этого могут потребоваться данные по траекториям суставов и сегментов во время движений или, в качестве альтернативы, разработка алгоритмов оптимизации движений.

А.4.5 Биомеханическая оценка

С помощью биомеханических вычислений могут быть рассчитаны нагрузки на различные части тела человека в статических позах или во время движений. Эти вычисления основаны на внешних силах, их направлениях и точках воздействия, а также на данных, моделирующих геометрическое строение тела человека. В модели геометрического строения могут быть учтены дополнительные данные относительно веса частей тела, их центров тяжести, моментов инерции частей тела в зависимости от необходимой точности или ограничений сложности. Можно также вычислить крутящий момент, необходимый в определенных суставах для завершения моделируемых движений. С помощью сопоставления итоговых значений с предельными значениями можно оценить соответствие поз и движений эргономическим требованиям.

А.5 Антропометрические свойства

А.5.1 Фиксированная или параметрическая антропометрия

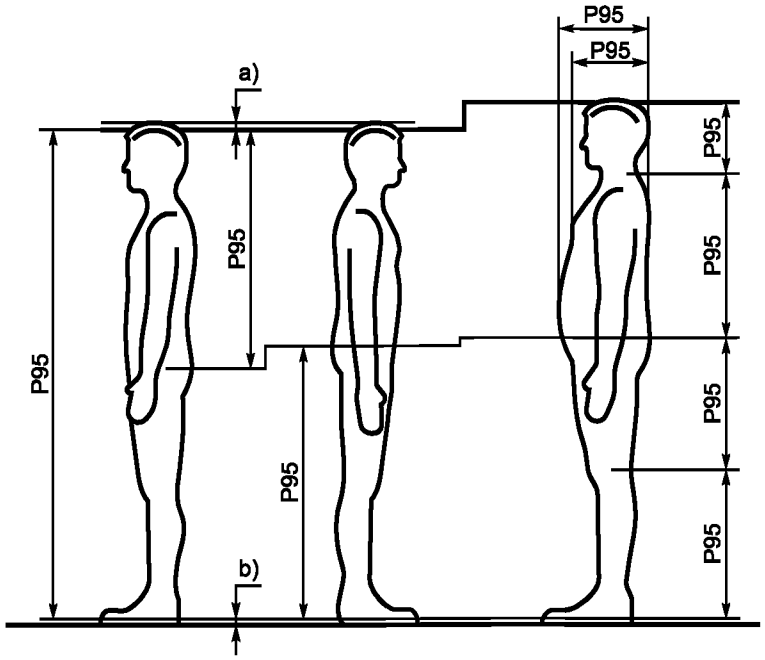
Антропометрические переменные компьютерного манекена могут быть выбраны как фиксированные значения, представляющие, например, различия в поле, возрасте, среднестатистических размерах или телосложении. Это типично для двухмерных манекенов. Манекен также может быть параметрическим, когда антропометрические и угловые данные хранятся в файлах как параметры. Это позволяет осуществлять выбор совокупности пользователей и любого антропометрического варианта в пределах данной совокупности в зависимости от того, как систематизированы данные и как ими можно управлять.

А.5.2 Процентили

Доступные по взрослым совокупностям антропометрические данные обычно статистически систематизированы по полу и возрасту. В пределах комбинаций этих групп, пространственные измерения для основных целей проектирования представлены в виде процентилей, например, как P5, P50 и P95. В некоторых антропометрических стандартах для проектирования машин гендерные данные для этих процентилей объединены, как показано в ИСО 15534-3 (см. [1]). В настоящем стандарте для оценки безопасности также требуются 1-я и 99-я процентили.

Если антропометрические данные представлены раздельно по половому признаку, должны быть доступны основные данные, представляющие как мужчин, так и женщин. В идеале пространственные измерения манекена должны быть отдельно настраиваемы как значения процентили и как абсолютные значения. По практическим причинам проектировщику может понадобиться небольшое количество заранее определенных вариантов размера тела, представляющих средние, а также крайние размеры.

Однако определение процентилей по статистическим данным вызывает проблемы, связанные с экстремальными процентилями. Маленькие и большие манекены не могут быть сконструированы так, чтобы все сегменты тела имели одинаковое значение процентили. Например, P5 и P95 манекены обычно собраны так, чтобы соответствовать P5 и P95 по росту, что ведет к гораздо меньшему отклонению во всех вертикальных измерениях, т. е. по высоте головы, шеи, туловища и нижних конечностей (см. рисунок А.1). Пользователи должны настраивать антропометрию манекена, идентифицируя критические размеры и устанавливая эти размеры по значению 5-й или 95-й процентили, и позволяя другим некритическим размерам уменьшаться, где возможно, чтобы обеспечить достоверность в целом. Значения P5 или P95 глубины и ширины могут на практике быть объединены со значениями соответствующих P5 или P95 для роста, но это приводит к сочетаниям, которые редко встречаются в жизни (маленький и худой, большой и полный).



[a] Припуск по высоте для волос.
[b] Припуск по высоте для обуви.

Рисунок А.1 — Манекен с общей процентилью

На практике, при необходимости точных вычислений, например, места для ног или высоты в позе сидя, могут понадобиться хотя бы два пропорционально разных типа экстремальных размеров тела (P5 и P95):

- P5 манекен имеет P5 рост и P5 длину ног;
- P5 манекен имеет P5 рост и P5 высоту сидя;
- P95 манекен имеет P95 рост и P95 длину ног;
- P95 манекен имеет P95 рост и P95 высоту сидя.

Кроме того, для определения минимального пространства необходимы варианты телосложения, такие как худощавое, среднее или тучное телосложение.

Для определения некоторых критических размеров могут понадобиться манекены, представляющие собой сочетание некоторых экстремальных процентилей. Типичным примером может служить сочетание максимальной глубины живота и минимальной длины плеча, обеспечивающие минимально возможную досягаемость руки до края стола, которая необходима при проектировании любой рабочей станции со столом в качестве верхней рабочей поверхности. Сочетание минимальной глубины живота и максимальной длины голени дает наибольшую возможную глубину пространства для ног (см. ИСО 14738 [2]). В специальных программных средствах может потребоваться отдельно определить размеры каждого сегмента тела, например длину, ширину и глубину.

А.5.3 Многовариантный подход

В тех случаях, когда при проектировании необходимо учитывать несколько антропометрических ограничений, например высоту в положении сидя, высоту уровня глаз в положении сидя, высоту локтя в положении сидя и высоту колен, разработчик должен рассмотреть многовариантные подходы.

А.6 Доступность и точность антропометрических данных

Доступность и точность данных по антропометрическим измерениям определяет точность и достоверность компьютерного манекена. Данные по антропометрическим измерениям в стандартных позах доступны для многих, но не для всех совокупностей пользователей, кроме того, в большой степени эти данные являются устаревшими. Требуемые для детального моделирования поверхности тела данные совокупностей, так же как и данные для биомеханического моделирования, в настоящее время недоступны. На практике часто используют только вычисления необходимых параметров.

А.7 Другие факторы, влияющие на точность

Другими факторами, которые влияют на статическую и динамическую точность манекена, являются погрешность метода моделирования поверхности тела (например, многогранность или эллипсоидальность), отображение внутренних структур (костей, мышц или жировой ткани) и учет специальной одежды и оборудования.

А.8 Комплексный подход, модульная схема и архитектура открытой системы

Структура и архитектура программного обеспечения системы моделирования манекена в большей степени влияет на возможность настройки системы на особые требования пользователя. Кроме того, они влияют на возможность управления антропометрической точностью программных средств, а также на точность манекена и его функций в целом. Существуют две главные альтернативы: комплексный и модульный подход. Комплексный подход (типичный для ранних поколений программных средств) предоставляет структуру, где функции и данные взаимосвязаны, и изменение одного элемента вызывает неявное изменение других элементов. Это вызывает трудности в установлении характеристик и функций манекена и системы моделирования манекена и в отслеживании того, какие антропометрические и биомеханические данные были использованы. Модульный подход предлагает структуру деления манекена на управляемые элементы, которые могут быть спроектированы и проконтролированы специалистами в соответствующих ситуациях.

Модульная система моделирования манекена состоит из независимых совместимых программных объектов, которые в комбинации предоставляют возможность имитировать действия человека при проектировании и оценке рабочего пространства и оборудования. Примерами функциональных модулей являются структурные компоненты манекена (например, руки, стопы, шея), создание манекена, расположение или поза манекена, управление движениями, зрением, усилиями, равновесием, одеждой и личным оборудованием. Проект модульного программного обеспечения допускает независимую разработку и поддержку функций манекена и возможность выборочного усовершенствования компонентов системы моделирования манекена для программных средств, требующих высокоточных или специализированных данных, например при проектировании шлемов или разработке протезов.

Архитектура открытой системы характеризуется стандартными и общедоступными описаниями интерфейсов. Этот подход предоставляет модули для специальных функций, которые являются взаимозаменяемыми и не зависят от конкретного поставщика, для разработки, интеграции, испытаний и сопровождения. Архитектура открытой системы предусматривает участие специализированных поставщиков. Разработка и поддержка специализированных данных и функционального алгоритма может быть сложной и иногда невозможной для поставщиков систем моделирования манекена по экономическим причинам.

Применение настоящего стандарта следует проверять с помощью реальных испытаний с привлечением испытателей.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов ссылочным национальным стандартам Российской Федерации

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
ИСО 7250:1996	IDT	ГОСТ Р ИСО 7250—2007 «Базовые измерения человеческого тела в технологическом проектировании»
ИСО 9241-11:1997	IDT	ГОСТ Р ИСО 9241-11—2010 «Эргономические требования к проведению офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (VDT). Часть 11. Руководство по обеспечению пригодности использования»
ИСО 12100-1:2003	IDT	ГОСТ Р ИСО 12100-1—2007 «Безопасность машин. Основные понятия, общие принципы конструирования. Часть 1. Основные термины, методология»
ЕН 614-1:1995	IDT	ГОСТ Р ЕН 614-1—2003 «Безопасность оборудования. Эргономические принципы конструирования. Часть 1. Термины, определения и общие принципы»
Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов: - IDT — идентичные стандарты.		

Библиография

[1] ИСО 15534-3, Ergonomic design for the safety of machinery — Part 3: Anthropometric data[1)]
[2] ИСО 14738, Safety of machinery — Anthropometric requirements for the design of workstations at machinery[2)]
[3] ИСО 15537, Principles for selecting and using test persons for testing anthropometric aspects of industrial products and designs[3)]
[4] ИСО 12100-2, Safety of machinery — Basic concepts, general principles for design — Part 2: Technical principles[4)]

[1)] Стандарту ИСО 15534-3:2000 соответствует ГОСТ Р ИСО 15534-3—2007 «Эргономическое проектирование машин для обеспечения безопасности. Часть 3. Антропометрические данные».

[2)] Стандарту ИСО 14738:2002 соответствует ГОСТ Р ИСО 14738—2007 «Безопасность машин. Антропометрические требования при проектировании рабочих мест машин».

[3)] Стандарту ИСО 15537:2004 соответствует ГОСТ Р ИСО 15537—2009 «Эргономика. Принципы отбора испытателей для проверки антропометрических свойств промышленной продукции и конструкций».

[4)] Стандарту ИСО 12100-2:2003 соответствует ГОСТ Р ИСО 12100-2—2007 «Безопасность машин. Основные понятия, общие принципы конструирования. Часть 2. Технические принципы».

УДК 331.433:006.354 ОКС 13.180 Э65

Ключевые слова: эргономика, программное обеспечение, интерфейс, пользователь, компьютерный манекен, система моделирования манекена, модель тела, функции манекена, удобство использования

Редактор *И.В. Меньших*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *В.И. Варенцова*
Компьютерная верстка *В.И. Грищенко*

Сдано в набор 30.06.2011. Подписано в печать 25.07.2011. Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,70. Тираж 109 экз. Зак. 674.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.

gost.e-ecolog.ru