М.А. ЧЕРВОННАЯ
Кандидат искусствоведения, доцент кафедры «Промышленный дизайн» МГХПА им. С.Г. Строганова
e-mail: mariyachervonnaya@yandex.ru

Т.Ю. СОКОЛОВА
Кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой «Инженерная графика и дизайн» Национального исследовательского университета «Московский институт электронной техники» (МИЭТ). Почетный работник высшего профессионального образования РФ
e-mail: sokolova-ta@mail.ru

M.A. CHERVONNAYA
Candidate of Art Criticism, Associate Professor at the Department of the Stroganov Moscow State Academy of Design and Applied Arts
e-mail: mariyachervonnaya@yandex.ru

T.Y. SOKOLOVA
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Engineering Graphics and Design at National Research University of Electronic Technology (MIET). Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation
e-mail: sokolova-ta@mail.ru

DOI: 10.37485/1997-4663_2022_3_2_200_209

ЭРГОНОМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЧЕЛОВЕКА КАК ИНСТРУМЕНТ ЭРГОНОМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДИЗАЙН-ПРОЕКТИРОВАНИЯ

THE ERGONOMIC MANIKIN AS A TOOL FOR ERGONOMIC SUPPORT OF DESIGN

В статье рассматриваются особенности разработки физических и компьютерных эргономических моделей человека и их функциональные возможности, позволяющие эффективно решать эргономические задачи в дизайн-проектировании.

The article discusses the features of the development of physical and computer ergonomic models of a person and their functional abilities, that allow to effectively implement ergonomic problems in design.

Ключевые слова: эргономическая модель человека, компьютерный манекен, эргономическое дизайн-проектирование.
Keywords: ergonomic model, computer manikin, ergonomic design.

Физические характеристики тела человека являются основой для реализации эргономических требований к разработкам промышленного дизайна. Для установления соответствия характеристик разрабатываемого продукта требованиям эргономики, оценки его антропометрических свойств, удобства и комфортности использования привлекаются испытатели. Они выявляют недочеты и положительные стороны продукта, заполняют акт специальной унифицированной формы, который передают дизайнерам и конструкторам для ознакомления и устранения дефектов. Подобная практика оценки физических моделей и опытных образцов имеет ряд особенностей. В частности, реальные испытатели обладают уникальными физическими параметрами, различаются функциональными способностями и спецификой восприятия, имеют субъективные представления по удобству использования и другим свойствам продукции [3]. С целью сокращения потребностей в привлечении испытателей и повышения объективности оценки готовой продукции, а также в ситуациях, где требуется опытное испытание с привлечением большого количества испытателей или испытателей с нетипичными физическими параметрами, применяются рабочие эргономические модели человека или компьютерные манекены (computer manikin).

Моделирующие тело человека и его действия физические или компьютерные манекены используются на этапе дизайн-проектирования, при проверке опытных образцов, при тестировании критических операций (краш-тесты). На этапе тестирования эргономические модели позволяют оперативно получить быструю и простую идентификацию возможной нехватки пространства, оценить возможность проникновения человека в замкнутое пространство и доступность для него предметной среды. Для расширения спектра функциональных возможностей модели в ее компьютерную систему могут быть интегрированы различные функции, например, индикация области досягаемости, визуализация поля зрения, биомеханическое вычисление требуемых усилий и другие.

В дизайн-проектировании физическая или компьютерная эргономическая модель человека традиционно используется при разработке рабочего пространства. Государственным стандартом установлены четкие требования к статической точности эргономических моделей (эргономов), перечислены основные антропометрические параметры групп эргономов и их функциональные свойства: стандартные позы, изменчивость измерений в основных позах, подвижность суставов, области досягаемости [1]. Существующие методы разработки эргономов основаны на принципе: чем больше статических и динамических характеристик воплощено в эргономической модели человека, тем точнее она учитывает физиологические особенности человека в разработке формы проектируемых объектов предметной среды. Учет антропометрических параметров реализуется через схематическое изображение человека.

Различают двухмерные (2D) и трехмерные (3D) графические компьютерные модели человека. Физическая двухмерная, сочлененная, контурная модель тела человека строится с учетом антропометрических измерений, базируется на приемах инженерной графики и макетирования. Для двухмерных манекенов характерна фиксированная антропометрия, при которой выбранные фиксированные значения представляют различия в поле, возрасте и телосложении человека. Двухмерные модели реализуются в разных проекциях (сверху, сбоку, спереди, сзади) и позах (сидя, стоя, лежа), используются для демонстрации движений, создания схем и оценки конструкции предметной среды при двухмерном проектировании.

При разработке художественно-конструкторской документации применяются трехмерные геометрические эргономические модели, геометрическая сложность которых варьируется от простых реберных и каркасных моделей до реалистичного изображения тела человека. Обычно тело человека представляется в виде совокупности твердых тел, соединенных при помощи удерживающих связей. Например, в трехмерной математической эргономической модели R1 (А. Цыбисова, А. Дмитриева, З. Галеева, И. Раузеева) заложена шарнирная система, которая позволяет ей принимать рабочие положения «стоя» и «сидя». R1 может использоваться в качестве инструмента моделирования сенсомоторных зон по размещению органов управления и систем отображения информации. Существуют разные варианты биомеханических моделей, но универсальной всеобъемлющей модели биомеханики человека пока не разработано [5, с. 3].

Трехмерные эргономические модели способствуют более эффективному дизайн-проектированию рабочего пространства за счет следующих функциональных возможностей:

— сегментации и детализации формы тела, например, в случаях, когда в функциональных анатомических деталях участвуют суставы пальцев или компоненты позвоночника;

— передачи биомеханических особенностей тела, в том числе структуры соединений и механики движущихся суставов для обеспечения естественности движений;

— фиксированной антропометрии, параметрической антропометрии, которая позволяет хранить данные в файлах и осуществлять подбор антропометрических вариантов в зависимости от конкретных задач проектирования;

— анимации движений средствами компьютерной графики для моделирования динамических эргономических параметров;

— использования комплексного программного обеспечения системы моделирования манекена (computer manikin system), настраиваемого под особые требования пользователя.

Следует отметить, что применение передовых компьютерных систем моделирования манекена, включающих компьютерную модель, инструменты управления и манипулирования моделью, средств размещения модели относительно трехмерной компьютерной среды, повышает функциональность и эффективность эргономической модели для решения проектных задач, но требует мощных аппаратных средств и специально обученных специалистов. Только базовые требования к программному обеспечению системы моделирования компьютерного манекена включают понятность и согласованность интерфейса, эффективность и универсальность средств управления, удобство изменения антропометрических параметров, регулировку размеров и настройку поз и многое другое [2]. При этом использование подобных систем не гарантирует автоматического получения правильных дизайнерских решений. Компьютерные системы имеют ограничения в антропометрических, постуральном или биомеханических отношениях. Пользователь может испытывать трудности в передаче поз модели или допустить ошибки в управлении ее движениями. Как отмечает И.З. Раузеев, «компьютер оперирует всего четырьмя измерениями, а предметная среда, “человеческий мир” требует более тонкого подхода и может формиро-

ваться только человеком, хотя и при участии самых передовых технических средств» [5, с. 4].

Таким образом, на современном этапе дизайн-разработка рабочих эргономических моделей и их внедрение в проектную практику требуют многовариантного и творческого подхода к визуализации эргономических данных и должны отвечать следующим задачам:

— популяризации человекоориентированной научно-проектной деятельности, улучшению условий и качества работы дизайнера с «человеческим фактором»;

— интеграции методов дизайна и эргономики для эргономического обеспечения дизайн-проектирования промышленных изделий;

— совершенствования существующих эргономических принципов учебного дизайн – проектирования.

Для реализации поставленной задачи по развитию научно-исследовательской эргономической составляющей и ее внедрению в учебный дизайн-процесс был проведен ряд образовательных мероприятий по направлению «Методология дизайн-проектирования».

В рамках Международной программы перспективных научно-практических исследований в сфере дизайна «DESIGN AREA», реализуемой на кафедре «Промышленный дизайн» в МГХПА им. С.Г. Строганова с 2016 года, состоялся проект «Эргономика как научная составляющая дизайн-проектирования», посвященный 30-летию проведения Первой всесоюзной конференции по эргономике. Партнерами проекта выступили ВНИИТЭ и Межрегиональная эргономическая ассоциация (МЭА). В рамках проекта проводился Международный профессиональный студенческий конкурс дизайна «Рабочая эргономическая модель», председателем конкурсного жюри выступил российский ученый, доктор технических наук, профессор НИЯУ МИФИ, начальник отдела АО «Русатом. Автоматизированные системы управления», член МЭА и эксперт Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) А.Н. Анохин. Оценка конкурсных работ осуществлялась в соответствии со следующими критериями: интересный образ модели и оригинальная стилизация формы; функциональность модели, соответствие возможностям человека и объему его движений в профильном направлении; антропометричность и пропорциональность модели; профессионализм подачи проекта. На конкурс было представлено более 50 трехмерных эргономических моделей, выполненных в материале в масштабе 1:5, различающихся по

антропометрической точности, биомеханическим возможностям, графической визуализации, геометрической конструкции и механике движений. В описании каждой модели приводилось ее функциональное назначение и направленность на определенную предметную область, род деятельности или профессию.

Приоритетным направлением конкурсных разработок эргономов стала помощь в проектировании управляемых человеком машин и аппаратов: космической капсулы, тренажера погрузчика, реабилитационного оборудования, детского игрового оборудования, различных транспортных средств и др. Эргоном рассматривался как инструмент дизайна на начальных стадиях проектирования при создании прототипа рабочего пространства. Это позволило решить первостепенные задачи организации рабочего места, которые не могли быть решены с помощью двухмерных чертежей: определить габариты будущего изделия относительно человека, оптимально распределить основные элементы оборудования, обозначить зоны видимости и досягаемости, получить предварительную эргономическую оценку размещения органов управления с точки зрения удобства использования. Использование эргонома также позволило ускорить процесс проектирования за счет возможности учета как стандартных, так и уникальных физиологических характеристик, например, особенностей людей нестандартной комплекции и построения их движений в бытовой среде.

Большинство представленных в материале макетов эгономов выполнялись из листового пластика (ПВХ) или путем комбинирования пластиковых модулей и деталей из пеноплекса. Часть моделей имела суставные шарнирные соединения. Динамичность конструкций эргономов имитировала движения человеческого тела, например, руки и колени эргономов сгибались в локтях, но не выгибались в обратную сторону за счет ограничителей. Это позволило изменять позы и моделировать различные ситуации для изучения взаимодействия модели с окружением. Важным результатом конкурса стал ряд оригинальных и остроумных идей, касающихся конструкций и материалов, выполнения сочленений и трансформирования моделей, например, модульная эргономическая модель-кукла «Инди», состоящая из 112 деталей из оргстекла, 38 скрепляющих шпилек и 76 гаек со стопором (автор Т. Атаулин, ГПИ НИУ МЭИ, г. Москва), или «Складывающийся переносной эргоном» (автор А. Азаренкова, МГХПА, г. Москва).

Основу дизайн-проектирования трехмерных компьютерных эргономических моделей, разработанных студентами 3 курса кафедры «Инженерная графика и дизайн» Московского института электронной техники (МИЭТ) в 2021 году и представленных на международном конкурсе научных и творческих проектов «Students Cup 2022» в Словении, составил предварительный эргономический анализ. Аналитический подход предполагал исследование поведения человека в выбранной предметной среде, а именно — сбор антропометрических данных, с указанием тех параметров, которые соответствуют выбранной теме, изучение пластической анатомии и биомеханики человека, технико-антропометрический анализ положения тела и изменения поз человека (путем фотосъемки поз, жестов, фаз движения) и линейно-конструктивный анализ (зарисовки мышц и работы суставов). Тематика исследований охватывала следующие ключевые направления: тестирование критических операций (эргоном для тестирования кресла катапультирования пилота), обеспечение тренировочных мероприятий (эргоном для тренировки экипажа воздушного судна, эргоном для отработки боевых приемов), помощь в визуализации и презентации транспортных концептов (болида Формулы 1, воздушного такси), универсальный эргоном для оценки готовой продукции, имеющий приближенные пропорции человеческой фигуры и способный имитировать базовую двигательную активность. Визуализация собранных эргономических данных и разработка оригинального эстетического и функционального решения формы эргонома осуществлялась последовательно. На аналитическом этапе проводился предварительный эргономический анализ поведения человека в соответствующей предметной среде, выявлялись требуемые статические и динамические параметры, определялся объем рабочих движений и зон досягаемости для конкретной эргономической модели. Проектный этап включал разработку дизайна формы эргономической модели с учетом существующих ограничений в постуральном и биомеханическом отношениях, создание конструктивного решения формообразующих элементов, оригинальную стилизацию фигуры человека, согласованную с данными антропометрии, выполнение рабочего макета, построение трехмерной компьютерной модели эргонома и анимацию ее движений. На заключительном этапе модель эргонома оценивалась на предмет соответствия заданным требованиям, ограничениям сложности конструкции и многофункциональности, тестировались точ-

ность и удобство использования эргонома в заданной предметной или компьютерной среде.

Таким образом, процесс проектирования рабочей эргономической модели обеспечивает внедрение результатов эргономических исследований в современную дизайн-практику. Будучи упрощенной моделью человеческого тела, эргоном органически воплощает эргономические признаки и несет в себе объем необходимой информации для решения поставленных задач. Выступая как творческий продукт, эргоном соответствует выбранной функции и воплощает в себе индивидуально неповторимое, своеобразное, эстетическое дизайнерское решение, обусловленное условиями поведения и взаимодействия с выбранной предметной средой. При этом рабочая эргономическая модель также является эффективным инструментом дизайн-проектирования, позволяя ускорить процесс разработки за счет возможности учета эргономических аспектов (физиологического, антропометрического, биомеханического, постурального (соблюдение равновесия), визуального). Использование эргономической модели позволяет снизить количество привлекаемых испытателей и особенно полезно для новаторских дизайн-проектов, когда отсутствуют рекомендации по размерам рабочего пространства и недоступны сопоставимые ситуации.

Перспективным направлением выступает разработка эргономических моделей при помощи технологий дополненной (AR) или виртуальной (VR) реальности, которые предоставляют возможность сымитировать условия, невозможные в реальной жизни или опасные для здоровья. Например, магистерская работа Ю.А. Морозовой (МИЭТ, научный руководитель Т.Ю. Соколова) 2019 г. посвящена созданию структуры цифрового атласа «Тело человека» в технологиях виртуальной реальности. Проект подразумевает разработку виртуального анатомического манекена и предназначен для внедрения в образовательные учебные программы в качестве интерактивного метода обучения.

В заключение стоит отметить, что важной задачей организации учебных проектов по разработке эргономических моделей является генерирование новых идей, призванных продемонстрировать и расширить границы взаимодействия эргономики и дизайна, а также популяризация промышленного дизайна в части такой его научной составляющей, как эргономика, объединение дизайнеров, педагогов и специалистов, работающих в сфере промышленного дизайна и эргоно-

мики, с целью укрепления позиций профессионального образования и соответствия его мировому профессиональному рынку труда.

Список литературы:

1. ГОСТ Р ИСО 15536–1–2010. Эргономика. Компьютерные манекены и модели тела. Часть 1. Общие требования: 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»): национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 ноября 2010 г. № 528-ст.: введен впервые: дата введения 12.01.2011 / разработан Автономной некоммерческой организацией «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (АНО «НИЦ КД») на основе собственного аутентичного перевода международного стандарта. — Москва: Стандартинформ, 2011. — 12 с.

2. ГОСТ Р ИСО 15536–2–2010. Эргономика. Компьютерные манекены и модели тела. Часть 2. Верификация функций и валидация размеров компьютерного манекена для систем моделирования: идентичен международному стандарту ИСО 15536–2:2007 «Эргономика. Компьютерные манекены и модели тела. Часть 2. Верификация функций и валидация размеров для систем компьютерного манекена» (ISO 15536–2:2007 «Ergonomics — Computer manikins and body templates — Part 2: Verification of functions and validation of dimensions for computer manikin systems»): национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 ноября 2010 г. № 528-ст.: введен впервые: дата введения 12.01.2011 / разработан Автономной некоммерческой организацией «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (АНО «НИЦ КД») на основе собственного аутентичного перевода международного стандарта. — Москва: Стандартинформ, 2011. — 12 с.

3. ГОСТ Р ИСО 15537–2009. Эргономика. Принципы отбора испытателей для проверки антропометрических свойств промышленной продукции и конструкций = Ergonomics. Principles for selecting and using test persons for testing anthropometric aspects of industrial products and designs: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 декабря 2009 г. N 580-ст.: дата введения 12.01.2010 / разработан Автономной некоммерческой организаци-

ей «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (АНО «НИЦ КД») на основе собственного аутентичного перевода международного стандарта. — Москва: Стандартинформ, 2010. — 11 с.

4. *Морозова Ю.А.* Дизайн модуля «Сердце» цифрового анатомического атласа «Тело человека» в технологиях виртуальной реальности: специальность 54.04.01 «Дизайн»: выпускная квалификационная работа магистранта. Московский институт электронных технологий (МИЭТ). — Москва, 2019. — 182 с.

5. *Раузеев И.З.* Компьютерное моделирование в эргономическом проектировании// Design-Review. — 2004. — № 1. — URL: http://design-review.net (дата обращения: 15.07.2022).