

УДК 364.48

А. Б. Завьялов

**ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭРГОНОМИЧЕСКОМ
АНАЛИЗЕ РАБОЧИХ МЕСТ ИНВАЛИДОВ¹**

Аннотация. В статье представлена система анализа и синтеза для внедрения ее в виртуальное моделирование тех рабочих мест, на которых могут трудиться инвалиды или люди с ограниченными возможностями (ЛОВ), с целью их усовершенствования. Также описывается эргономический анализ рабочих мест инвалидов, занятых в трудовом процессе, применяемый для их скорейшей адаптации к условиям труда. Помимо этого, приведены перспективы дальнейшего исследования данной проблематики.

Ключевые слова: эргономика, анализ, инвалиды, ограниченные синтез, виртуальное моделирование.

Для цитирования: Завьялов, А. Б. Виртуальное моделирование в эргономическом анализе рабочих мест инвалидов / А. Б. Завьялов // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 1. – С. 72–75.

Во всем мире число людей с ограниченными возможностями (ЛОВ) превышает один миллиард человек (15% населения мира). Чрезвычайно важно вовлечь данную категорию населения в социально-трудовую среду. В некоторых странах уже существует квота на обеспечения рабочими местами ЛОВ: так в Германии установлена квота в 5 % для работы ЛОВ в организациях с общим числом работников более 20 человек; в Турции – 3 % для компаний с более 50 работников. Для РФ данная проблема очень важна и актуальна, в связи с привлечением мужчин, вернувшихся с СВО из-за ранений, к трудовой деятельности на различных предприятиях и учреждениях.

Нынешняя реальность требует создания таких программ и баз данных, в которых будут охвачены все слои населения, особенно люди с физическими недостатками, для полного анализа и создания эргономически приспособленных рабочих мест людей всех категорий, включая инвалидов. В подобных базах данных должна содержаться полная информация о физических ограничениях, антропометрии, рабочих позах и поведении конкретного человека и пр. Все это поможет спрогнозировать и смоделировать в программе те неудобства и проблемы, которые могут возникнуть у каждого человека. Эти смоделированные движения и ситуации невозможно спроектировать на каждую конкретную рабочую задачу и человека с ограниченными возможностями. Совершенствование эргономики для интеграции в трудовую среду ЛОВ неразрывно связано с адаптацией рабочего места к особенностям человека с ограниченными возможностями [1].

Исходя из этого, важно и необходимо проанализировать требования к работе и функциональные возможности ЛОВ, сделав акцент на том, что требования к задаваемой работе не могут превышать функциональные возможности работника с ограниченными возможностями, а также, чтобы само рабочее место было безопасным, удобным и доступным для работника-инвалида. Высокий уровень эргономичности рабочего места будет способствовать развитию индивидуальных способностей и навыков в работе ЛОВ и предотвращению прогрессирования имеющихся недостатков или появлению новых [2]. Все это позволит избежать тех ситуаций, когда работникам с ОВ придется прилагать большие усилия для адаптации к рабочему месту и выполнения заданного объема работ, в том числе людям, не имеющим соответствующей профессиональной квалификации.

¹Статья рекомендована к публикации оргкомитетом по результатам 7-й Всероссийской научно-практической конференции «Теория и практика безопасности жизнедеятельности».

Эргономика как процесс адаптации рабочего места с помощью модификации или корректировки процесса для увеличения профессиональных возможностей и навыков работника параллельна процессу восстановления и реабилитации ЛОВ, если рассматривать медицинскую модель.

Эргономический принцип повышения эффективности и качества труда уравнивает средства, направленные на улучшение доступности окружающей среды для ЛОВ за счет снижения спроса. Определение необходимых средств и приспособлений с помощью эргономики является важным аспектом в обеспечении доступной среды рабочего места для людей с физическими или умственными недостатками. Одним из способов для эргономики места ЛОВ является виртуальная среда, в которой дизайнеры путем внедрения виртуального человека проводят эргономический анализ с помощью кинематических движений.

Первая ступень эргономического анализа состоит в том, чтобы предоставить описание соответствующих аспектов окружающей среды. В настоящий момент многие существующие средства и инструменты интегрированы в ПО для компьютерного моделирования и опираются на сложные геометрические модели [3], однако было предложено описать рабочее место сфокусировавшись на функциональном представлении, основанном на жестах. Для определения всевозможных жестовых взаимодействий смоделированного виртуального работника с ОВ использовалось приложение Smart Object, в котором каждый объект исследования содержит всю необходимую информацию как с ним взаимодействовать. Помимо этого, использовался физический симулятор с целью получения необходимой динамической информации (например, прикладываемые силы или крутящие моменты) и оптимизации манипулирования объектами.

Вторая ступень эргономического анализа состоит в том, чтобы интегрировать виртуального человека с ограниченными возможностями в окружающую среду. При моделировании виртуального человека необходимо учитывать виртуальную достоверность рабочего места. Интерактивная эргономика должна учитывать множество различной информации о человеке с ОВ, например, его антропометрические данные, функциональные способности, возможные углы сгибания суставов, максимальная сила, скорость, выносливость, а также физиологические данные, например, время восстановления или утомляемость [4].

Эргономический анализ состоит из трех основных уровней: уровень задачи, профессиональный уровень и динамический уровень. Уровень задачи состоит в том, чтобы оценить без моделирования эргономику конкретной задачи (работы), используя только предварительную информацию о ней. Следующий уровень, профессиональный, моделирует рабочую позу или движение ЛОВ для анализа последовательных движений во время выполнения конкретной заданной задачи (работы) [4]. Помимо этого, на этом уровне проводится анализ доступности рабочего места инвалида, зоны его досягаемости и поля зрения. Последний, динамический уровень виртуально моделирует те действующие силы и крутящие моменты, которые возникают при движении ЛОВ, например, на этом уровне можно рассчитать усталость, смоделировав движение человека и применив физиологический анализ на уровне суставов [4].

Для предоставления эргономической релевантивной информации о каждом уровне эргономического анализа на рис. 1 приведена система анализа и синтеза, демонстрирующая возможное моделирование движения человека с ограниченными возможностями при использовании соответствующей физической информации. Данная информация виртуальная человека с ОВ предоставляется как совокупность двигательных ограничений, поделенных на 3 части – физические, кинематические и глобальные ограничения.

Каждое конкретное взаимодействие является новой целью для контроллера задач, который задает программу движения в виде упорядоченной совокупности команд движения, при этом соблюдая глобальные ограничения (например, сломанная конечность – рука, нога). Далее с помощью кинематического контроллера и заданными кинематическими

ограничениями (степень свободы, неточность) происходит вычисление желаемой позы, которую в последствии вместе с физическими ограничениями (предел прочности, столкновения) использует уже динамический контроллер для расчета рабочего движения. Для точности моделирования конечного движения (позы, жеста) этот процесс должен повторяться до того момента, пока все команды (ограничения) не будут удовлетворены. При наличии физических взаимодействий таких как столкновения или крутящие моменты, которые могут препятствовать движению, контроллер задач способен изменить стратегию управления, выбрав иную последовательность моторных движений и команды, как в реальности мог бы сделать реальный человек с ограниченными возможностями для приспособления и адаптации к рабочему месту и условиям и преодоления своей инвалидности. При использовании этой системы возможно получение необходимой для эргономического анализа информации: получаемую и считываемую контроллером движения задачу, позу и движения как результат динамического контроллера.

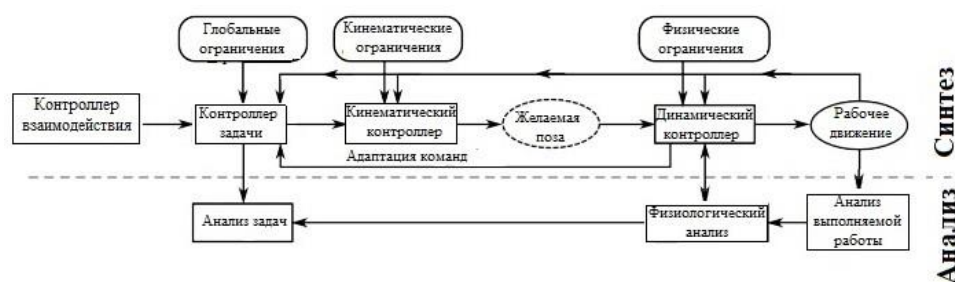


Рис. 1. Система анализа и синтеза

Разработка физической среды возможна путем интегрирования существующего симулятора движения в платформу виртуальной реальности AR/VR, при этом простые среды, реагирующие на физику, могут быть определены с помощью простых движений [5]. В настоящее время идет работа над улучшением описания объектов с помощью системы Smart Object. Прототип виртуального человека с ОВ, был реализован с использованием сенсорно-двигательной модели, описанной в [5], в которой простые примитивные движения могут объединяться для моделирования более сложных задач и движений.

Эргономика рабочего места достигается путем достижения удобства работы для работника, особенно если речь идет о людях с ограниченными возможностями, когда рабочее место должно соответствовать всем физическим и психологическим ограничениям человека. Виртуальное моделирование рабочих движений и поз ЛОВ должно осуществляться на принципах анализа характера выполняемой работы, личностных, психофизиологических, интеллектуальных способностей и качеств человека с ОВ, организационных и физических особенностей рабочего места. Каждая адаптация движения может отличаться по времени, прилагаемым усилиям, количеству и типу задействованных специалистов, в число которых необходимо присутствие физиотерапевтов, специалистов по эргономике, врачей, инженеров по охране труда, архитекторов, дизайнеров, программистов и пр. Кроме того, в процесс адаптации должны быть вовлечены люди, которых он затрагивает (ЛОВ, работодатель и сослуживцы) в качестве активных участников для достижения необходимого результата.

Проблема вовлечения в трудовую среду людей с ограниченными возможностями в последнее время представляет очень актуальной. Одним из способов адаптации таких людей является улучшение эргономики рабочих мест путем моделирования всевозможных движений, ограничений, функциональных задач с помощью программ виртуальной реальности. Для этого необходимо иметь широкую базу данных с применением эргономического анализа рабочих мест ЛОВ.

В статье была представлена структура эргономического анализа рабочего места человека с ограниченными возможностями с описанием основных требований для проведения такого анализа – жестовое описание рабочего места с помощью приложения Smart Object; использование динамики при работе в виртуальная среда; моделирование рабочих движений

ЛОВ как ограничения движений. Основываясь на этих требованиях, была предложена система анализа и синтеза, которая может сгенерировать точные движения при эргономическом анализе на разных уровнях – уровне задач, динамическом и профессиональном уровнях. При наличии модели, соответствующей различным двигательным ограничениям, возможны эксперименты с жестовым подходом. В дальнейшем возможно совершенствование описанной системы анализ и синтеза и внедрение ее на конкретное рабочее место или производство в целом с учетом естественных законов управления и предоставленным специалистами и экспертами в области эргономики. Для этого необходимо взаимодействие большой группы лиц, включающей в себя специалистов в области охраны труда и эргономики для проведения обследования, эргономического анализа данных, а также специалистов моделирования точных движений ЛОВ с помощью интерактивных средств и платформ виртуальной реальности.

Библиографический список

1. **Холостова, Е. И.** Социальная реабилитация // уч. пос. – Москва, 2002. – С. 308.
2. **Петраков, Д. П.** Оценка доступности объектов и услуг для инвалидов: возможные риски // Физическая и реабилитационная медицина. – 2020. – Т. 2. № 3. – С. 57–64.
3. **Терехова, И. Р.** Эвакуация маломобильных групп населения при возникновении пожароопасных ситуаций на объектах железнодорожного транспорта // В сб.: Проблемы обеспечения безопасности. Материалы II Межд. науч.-практ. конф. – 2020. – С. 221–225.
4. **Притыкин, Ф. Н.** Методы и технологии виртуального моделирования движений адаптивных промышленных роботов с использованием средств компьютерной графики // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2011. – № 6. – С. 34–41.
5. **Притыкин, Ф. Н.** Исследование поверхностей, задающих границы области разрешенных конфигураций механизма мобильного манипулятора при наличии запретных зон // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2016. – Т. 17. № 6. – С. 404–413.

A. B. Zavyalov

VIRTUAL MODELING IN ERGONOMIC ANALYSIS OF WORKPLACES FOR DISABLED PEOPLE

Abstract. The article presents an analysis and synthesis system for its implementation in virtual modeling of workplaces where disabled people or people with disabilities (PWDs) can work in order to improve them. An ergonomic analysis of the workplaces of persons with disabilities engaged in the labor process is also described for their early adaptation to working conditions. In addition, the prospects for further research on this issue are given.

Keywords: ergonomics, analysis, disabled people, limited synthesis, virtual modeling.

For citation: Zavyalov, A. B. Virtual modeling in ergonomic analysis of workplaces for disabled people / A. B. Zavyalov // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya. – 2024. – № 1. – P. 72–75.

Сведения об авторах

Завьялов Алексей Борисович
Петербургский государственный
университет путей сообщения Императора
Александра I (ПГУПС),
кафедра «Техносферная и экологическая
безопасность», ассистент,
e-mail: zenitpiter91@inbox.ru

Information about the authors

Zavyalov Alexey Borisovich
Emperor Alexander I St. Petersburg State
Transport University (PSTU),
Chair «Technosphere and Environmental
Safety», Assistant,
e-mail: zenitpiter91@inbox.ru