

Научная статья

Статья в открытом доступе

УДК 331.101.1:616.71-74:658.512.2

doi: 10.30987/2658-4026-2023-2-160-167

Использование метода плоских манекенов в проведении графических экспериментов по определению эргономичности формы и размеров реабилитационного оборудования

Мария Сергеевна Кухта¹, Юрий Петрович Хмелевский^{2✉}

^{1,2} Национальный исследовательский Томский политехнический университет; Томская область, Томск, Россия

¹ kuhta@tpu.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8643-785X>

² hmelevskiy@tpu.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8943-7636>

Аннотация.

В статье рассматривается одно из самых эффективных средств реабилитации пациентов с поражением двигательных способностей – это специально разработанное реабилитационное оборудование. В большинстве случаев в рамках оздоровительных мероприятий требуется непосредственный контакт пациента с реабилитационным оборудованием. Функциональность и эффективность такого специального оборудования зависит от учета на этапе проектирования антропометрические данные человека. В следствии этого проектирование реабилитационного оборудования является достаточно сложной, но актуальной задачей. В материале были представлены графические эксперименты, позволяющие определять эргономичность формы и размеров реабилитационного оборудования для людей, обладающих антропометрическими данными от девяносто девятого до первого перцентилья. При проведении графических экспериментов с использованием плоских манекенов и реабилитационного оборудования разработанные в одном масштабе появилась возможность зонировать объект исследования и определять зоны, имеющие различные степени эргономичности. Метод плоских манекенов показал себя как достаточно быстрый и экономичный способ по определению эргономичности формы и размеров реабилитационного оборудования. В рамках проделанной работы были определена последовательность использования метода плоских манекенов по определению эргономичности формы и размеров реабилитационного оборудования.

Ключевые слова: реабилитационное оборудование, графические эксперименты, антропометрические данные, метод плоских манекенов, тренажер, перцентиль.

Для цитирования: Кухта М.С., Хмелевский Ю.П. Использование метода плоских манекенов в проведении графических экспериментов по определению эргономичности формы и размеров реабилитационного оборудования // Эргодизайн. №2 (20). С. 160-167. <http://dx.doi.org/10.30987/2658-4026-2023-2-160-167>.

Original article

Open access article

Using the Method of Flat Dummies in Conducting Graphic Experiments to Determine the Ergonomics of the Shape and Dimentions of Rehabilitation Equipment

Maria S. Kukhta¹, Yury P. Khmelevsky^{2✉}

^{1,2} National Research Tomsk Polytechnic University; Tomsk region, Tomsk, Russia

¹ kuhta@tpu.ru; ORCID ID: 0000-0001-8643-785X

² hmelevskiy@tpu.ru; ORCID ID: 0000-0001-8943-7636

Abstract.

The article discusses one of the most effective means of rehabilitating the patients with impaired motor abilities using specially designed rehabilitation equipment. In most cases, within the framework of recreational activities, the patient's direct

contact with rehabilitation equipment is required. The functionality and effectiveness of such special equipment depends on taking into account human anthropometric data at the design stage. As a result, scheming rehabilitation equipment is a rather complicated, but relevant task. The paper presents graphic experiments that allow determining the shape and dimension ergonomics of the rehabilitation equipment for people having anthropometric data from the ninety-ninth to the first percentile. When conducting graphic experiments using flat dummies and rehabilitation equipment developed on the same scale, it becomes possible to single out the study object and to determine zones with different degrees of ergonomics. The method of flat dummies has shown itself to be a fairly fast and economical way to define the ergonomics of the rehabilitation equipment shape and dimensions. As part of the work done, the sequence of using the method of flat dummies is determined to identify the ergonomics of the rehabilitation equipment shape and dimensions.

Key words: rehabilitation equipment, graphic experiments, anthropometric data, flat dummies method, simulator, percentile.

For citation: Kukhta M.S., Khmelevskiy Yu.P. Using the Method of Flat Dummies in Conducting Graphic Experiments to Determine the Ergonomics of the Shape and Dimensions of Rehabilitation Equipment // Ergodizayn [Ergodesign], 2023, No. 2 (20). Pp. 160-167. Doi: 10.30987/2658-4026-2023-2-160-167.

Введение

Сегодня особое внимание и в мире, и в нашей стране уделяется реабилитации людей с ограниченными возможностями, а также помощи людям, которые перенесли травмы, операции, инсульты и другие заболевания с тяжелыми последствиями, результатом которых стало ограничение двигательных функций. Одним из эффективных средств реабилитации пациентов с поражением двигательных способностей является специально разработанное реабилитационное оборудование [1]. Необходимо подчеркнуть, что функциональность и эффективность такого специального оборудования зависит от того, насколько в нем на этапе проектирования были учтены антропометрические данные человека [2].

Актуальность темы исследования заключается в определении и проработке эффективного метода определения параметров эргономичности реабилитационного оборудования. Представленная тематика недостаточно представлена в научной литературе и требует доработки с точки зрения практического применения. Цель исследования заключается в апробации использования метода плоских манекенов представленных в виде графических схем в определении эргономичности формы и размеров реабилитационного оборудования. Представленный материал направлен на решение задачи по определении эргономичности формы и размеров реабилитационного оборудования.

1. Описание особенности конструкции реабилитационного оборудования для восстановления функций мелкой моторики и координации движения рук.

Проектирование реабилитационного оборудования является актуальной, но достаточно сложной задачей. Основная функция представленного медицинского изделия — это возвращение или расширение двигательных функций человека посредством использования тренажеров в восстановительных процедурах. В большинстве случаев в рамках оздоровительных мероприятий требуется непосредственный контакт пациента с реабилитационным оборудованием. В представленном материале будет предложено использование метода плоских манекенов в определении формы и размеров реабилитационного оборудования для восстановления функций мелкой моторики и координации движения рук [3]. Это специальное оборудование представляет собой стол, на котором установлено четыре тренажера, как показано на рисунке 1.

Высота деревянной столешницы изделия регулируется и устанавливается соответственно росту пациента. Представленная конструктивная функция обеспечивается телескопической стойкой, соединяющей основание изделия и столешницу. Конструкция телескопической стойки состоит из внешней и внутренней стальных труб, и хомута с эксцентриком. Трубы подбираются так, чтобы внутренняя труба могла легко входить во внешнюю и фиксироваться в нужном положении с помощью хомута с эксцентриком. Представленное решение позволяет быстро и легко регулировать высоту столешницы реабилитационного оборудования. На основание изделия устанавливаются четыре колеса для удобства перемещения оборудования. Каждое колесо оснащается стопором для предания неподвижности тренажера во время реабилитации.

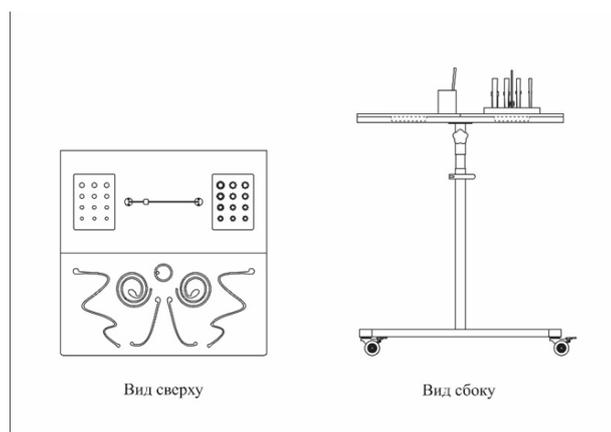


Рис. 1. Виды сверху и сбоку реабилитационного оборудования для восстановления функций мелкой моторики и координации движения рук
Fig. 1. Top and side views of rehabilitation equipment for restoring fine motor skills and hand movement coordination

Для удобства пользования изделием столешница имеет функцию вращения вокруг телескопической стойки и фиксации в нужном положении с помощью пятилепестковой ручки с цилиндрическим фиксирующим элементом с резьбой М10. При помощи функции вращения и фиксации появляется возможность повернуть столешницу на 180° и не передвигаясь вокруг реабилитационного оборудования начать реабилитацию на другом тренажере. Тренажеры, установленные на реабилитационное оборудование: тренажер с парными углублениями в виде бионических фигур, тренажер со стержнями с нарезанной резьбой и накручивающимися на них элементами с различной фактурой, тренажер с набором колышков различного диаметра, вставленные в подготовленные для них отверстия и тренажер в виде спирали с бегунком [4].

2. Применение метода плоских манекенов в проведении эксперимента в графическом виде для определения эргономичности формы и размеров реабилитационного оборудования.

Метод плоских манекенов — это метод исследования эргономичности проектируемых изделий с помощью использования плоских моделей человека с соблюдением пропорций человеческого тела [3]. В своих трудах по эргономике автор Шкиль О. С. характеризует выше упомянутый метод как эффективный и не трудоемкий метод оценки эргономичности изделия [3].

В местах расположения суставов человеческого тела в манекенах устанавливаются шарниры для обеспечения имитации движений человека, взаимодействующего с проектируемым изделием, как представлено на рисунке 2.

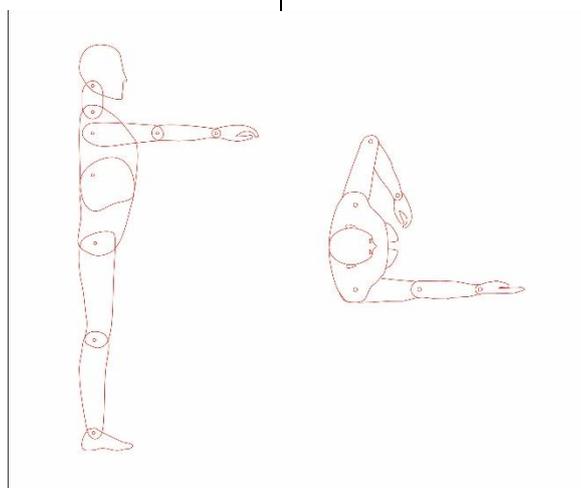


Рис. 2. Плоские манекены с шарнирами для обеспечения имитации движений человека
Fig. 2. Flat mannequins with hinges to provide imitation of human movements

Первым этапом проведения эксперимента в графическом виде для определения эргономичности размеров реабилитационного оборудования по вертикальным и горизонтальным плоскостям стало определение ракурсов изображения объектов исследования. Для получения максимально точного результата для оценки эргономичности реабилитационного оборудования нами выбраны ракурсы «вид сбоку» и «вид сверху». Для этой задачи были созданы графические изображения тренажера и плоских манекенов в масштабе 1:10 [5].

Проведем эксперименты в графическом виде и определим по выставленным размерам его эргономичность, то есть удобство использования реабилитационного оборудования. Так как антропометрические данные мужской фигуры превышают размеры фигуры женской, то были выбраны плоские манекены, соответствующие первому перцентилю женщины и девяносто девятому перцентилю мужчины [6]. Это решение

обеспечило возможность пользование объектом проектирования максимальному количеству людей.

Для проведения эксперимента по определению эргономичности реабилитационного оборудования в вертикальной плоскости изделия (по высоте столешницы), применительно для женщины с антропометрическими данными, соответствующими первому перцентилю, было выбрано изображение «вида сбоку» реабилитационного оборудования и манекена в положении сидя. Схема эргономического анализа, выполненная в масштабе 1:10 и представленная на рисунке 3 доказывает, что высота столешницы реабилитационного оборудования, зафиксированная на отметке 750 мм, является наиболее оптимальной, эргономичной для проведения сеансов реабилитации женщины с антропометрическими данными соответствующими первому перцентилю.

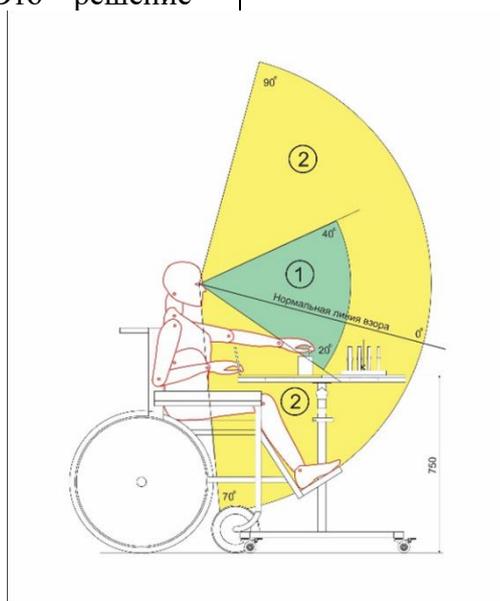


Рис. 3. Реабилитационное оборудование и манекен «вид сбоку» в положении сидя в соответствии с антропометрическими данными женщины первого перцентиля

Fig. 3. Rehabilitation equipment and a mannequin "side view" in a sitting position in accordance with the anthropometric data of a woman of the first percentile

Необходимо заметить, что представленное положение столешницы позволяет женщине с антропометрическими данными соответствующими первому перцентилю комфортно просматривать реабилитационное оборудование с помощью движения глаз (зона 1), движения глаз и движения головы (зона 2). Зона 1 соответствует диапазону максимального значения, который рассматривается от нормальной линии зрения в 40° при поднятии глаз вверх до 20° при опускании глаз вниз. Зона 2 соответствует

диапазону максимального значения от нормальной линии зрения в 90° при поднятии глаз и головы вверх до 70° при опускании глаз и головы вниз [2].

Проведем графический эксперимент и определим насколько эргономичным будет исследуемое изделие для мужчины, имеющего антропометрические данные соответствующие девяносто девятому перцентилю. Построим схему эргономического анализа в масштабе 1:10, на которой будут размещены реабилитационное

оборудование «вид сбоку» и манекен девяносто девятого перцентиля в положении сидя. Схема эргономического анализа, представленная на рисунке 4 доказывает, что высота столешницы реабилитационного оборудования, поднятая до 890 мм

эргономична при проведении сеансов реабилитации для мужчины с антропометрическими данными, соответствующими девяносто девятому перцентилю.

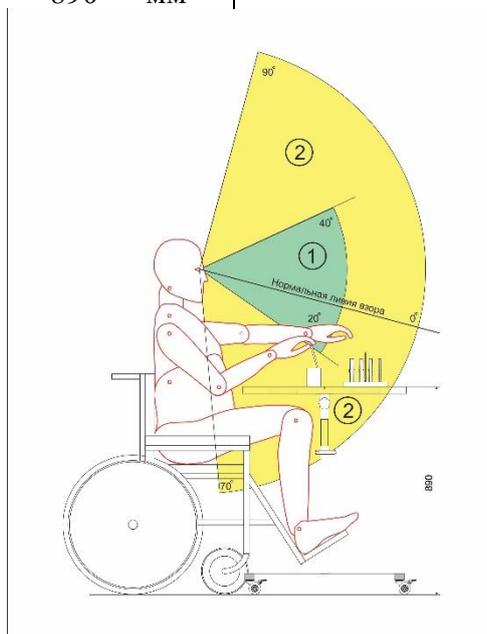


Рис. 4. Реабилитационное оборудование и манекен «вид сбоку» в положении сидя в соответствии с антропометрическими данными мужчины девяносто девятого перцентиля
Fig. 4. Rehabilitation equipment and a mannequin "side view" in a sitting position in accordance with the anthropometric data of a man of the ninety-ninth percentile

Как и в эксперименте по определения эргономичности высоты столешницы изделия для женщины с антропометрическими данными соответствующими первому перцентилю, представленное положение столешницы позволяет мужчине с антропометрическими данными соответствующими девяносто девятому перцентилю комфортно просматривать реабилитационное оборудование с помощью движения глаз (зона 1), движения глаз и движения головы (зона 2). Зоны 1 и 2 соответствуют диапазонам максимального значения от нормальной линии зрения, определенной в 40° при поднятии глаз вверх до 20° при опускании глаз вниз и в 90° при поднятии глаз и головы вверх до 70° при опускании глаз и головы вниз [2].

Следующем этапе проведения экспериментов в графическом виде стало определение эргономичности размеров реабилитационного оборудования в горизонтальной плоскости (определение зон досягаемости). Для проведения эксперимента по определению эргономичности реабилитационного оборудования в горизонтальной плоскости изделия, для женщины с антропометрическими данными

соответствующими первому перцентилю был выбран вид сверху реабилитационного оборудования и манекена в положении сидя. Схема эргономического анализа, выполненная в масштабе 1:10, представленная на рисунке 5 доказывает, что рабочая поверхность тренажера, являющаяся половиной столешницы изделия, располагающаяся ближе к человеку и имеющая габариты 350×900 мм является эргономичной при использовании для проведения сеансов реабилитации женщины с антропометрическими данными соответствующими первому перцентилю.

Необходимо подчеркнуть, что зоны видимости показывают, что зона 1 дает возможность видеть рабочую поверхность реабилитационного оборудования с помощью только движением глаз в секторе равному 60° , зона 2 дает возможность видеть рабочую поверхность реабилитационного оборудования с помощью только движением головы в секторе равному 120° , зона 3 дает возможность видеть рабочую поверхность реабилитационного оборудования с помощью движением головы и глаз в секторе равному 190° . Анализируя представление зоны можно подчеркнуть, что все тренажеры,

необходимые для реабилитации, располагаются в зоне видимости человека, которая составляет 190° , а основные элементы тренажеров расположены в зоне видимости равной 120° . Представленный графический эксперимент демонстрирует эргономичность размеров реабилитационного оборудования в горизонтальной плоскости для женщины с антропометрическими данными соответствующими первому перцентилю.

Для проведения эксперимента по определению эргономичности реабилитационного оборудования в горизонтальной плоскости изделия, для мужчины с антропометрическими данными соответствующими девяносто девятому перцентилю, как и в первом случае были выбраны изображения реабилитационного оборудования «вид сверху» и манекена в положении сидя.

В представленной схеме зоны видимости показывают, что зона 1 дает возможность

видеть рабочую поверхность реабилитационного оборудования с помощью только движением глаз в секторе размером 60° , зона 2 дает возможность видеть рабочую поверхность реабилитационного оборудования с помощью только движением головы в секторе размером 120° , зона 3 дает возможность видеть рабочую поверхность реабилитационного оборудования с помощью движением головы и глаз в секторе размером 190° . Анализируя представление зоны можно подчеркнуть, что все тренажеры и основные их элементы, необходимые для реабилитации располагаются в зоне видимости человека, которая соответствует 120° . Представленный графический эксперимент демонстрирует эргономичность размеров реабилитационного оборудования в горизонтальной плоскости для мужчины с антропометрическими данными соответствующими девяносто девятому перцентилю.

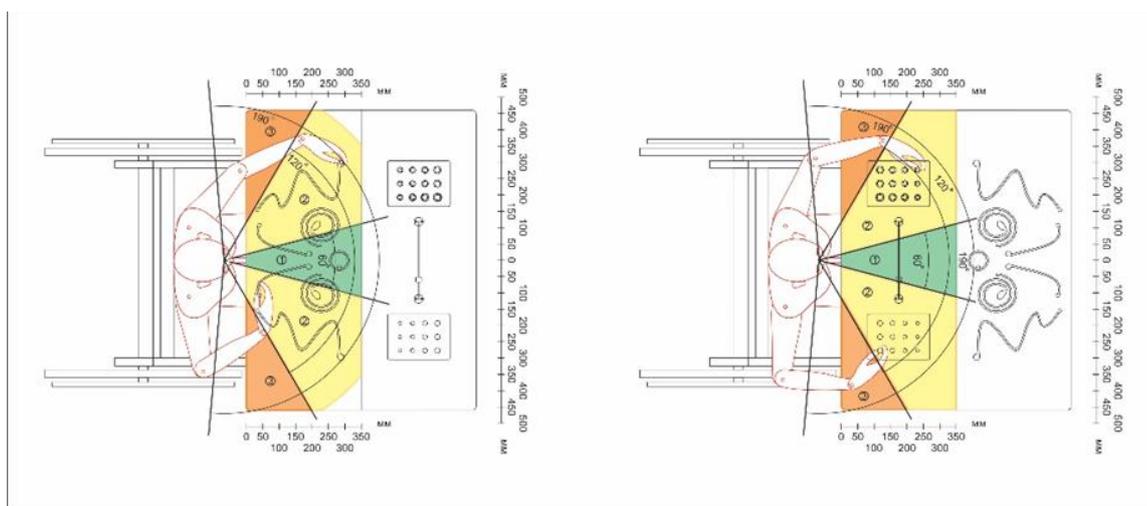


Рис. 5. Вид сверху реабилитационного оборудования и манекена с параметрами, соответствующими антропометрическим данным женщины первого перцентиля в положении сидя

Fig. 5. Top view of rehabilitation equipment and a mannequin with parameters corresponding to the anthropometric data of a woman of the first percentile in a sitting position

Схема эргономического анализа, выполненная в масштабе 1:10 представленная на рисунке 6 доказывает, что рабочая поверхность тренажера, являющаяся половиной столешницы изделия и располагающаяся ближе к человеку, имеющая габариты 350×900 мм является эргономичной в использовании для проведения сеансов реабилитации мужчины с антропометрическими данными, соответствующими девяносто девятому перцентилю.

Заключение

1. Метод плоских манекенов показал себя как достаточно быстрый и экономичный способ по определению эргономичности формы и размеров реабилитационного оборудования.

2. Впервые были представлены графические эксперименты, позволяющие определять эргономичность формы и размеров реабилитационного оборудования для людей, обладающих данными антропометрическими данными от девяносто девятого до первого перцентиля.

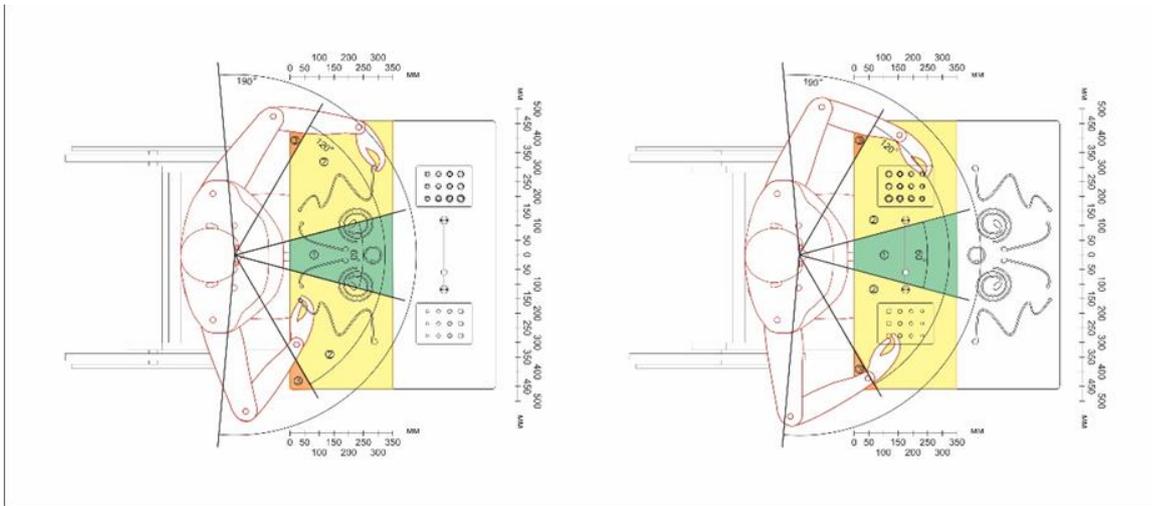


Рис. 6. Вид сверху реабилитационного оборудования и манекена с параметрами, соответствующими антропометрическим данным мужчины девяносто девятого перцентиля в положении сидя

Fig. 6. Top view of rehabilitation equipment and a mannequin with parameters corresponding to the anthropometric data of a man of the ninety-ninth percentile in a sitting position

3. При проведении графических экспериментов с использованием плоских манекенов и реабилитационного оборудования разработанные в одном масштабе появляется возможность зонировать объект исследования и определять зоны, имеющие различные степени эргономичности.

4. В рамках проделанной работы были определена последовательность

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. **Хмелевский Ю.П.** Особенности развития формообразования и колористического решения реабилитационного оборудования // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2022. № 2 (53). С. 120-124. DOI 10.25628/UNIP.2022.53.2.019. EDN GXHOVT.

2. **Фех А.И.** Эргономика: учебное пособие. Томский политехнический университет. Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 2014. 119 с.

3. **Шкиль О.С.** Основы эргономики в дизайне среды. Часть I: Учебное пособие. Благовещенск: Изд-во АмГУ. 2010. 164 с.

4. **Кухта М.С., Хмелевский Ю.П.** Применение метода семантического дифференциала в оценке дизайна реабилитационных тренажеров // Дизайн. Материалы. Технология. 2019. № 4 (56). С. 23-26. EDN SGAVGP.

5. **Алексеев П.Г.** Основы эргономики в дизайне: учебно-методическое пособие. СПб.: ГОУ ВПО СПбГТУРП. 2010. 69 с.

6. **Tilley A.R., Dreyfuss H.** The measure of man and woman. Whitney Library of Design. 1993. 96 p. ISBN 9780823030316.

использования метода плоских манекенов по определению эргономичности формы и размеров реабилитационного оборудования.

5. Впервые была разработана система зонирования досягаемости и видимости при использовании реабилитационного оборудования в вертикальных и горизонтальных плоскостях.

REFERENCES

1. **Khmelevsky Yu.P.** Features of the Development of Shaping and Colouristic Solutions of Rehabilitation Equipment. Akademicheskij Vestnik Uralniiproekt Raasn. 2022;2(53):120-124. DOI 10.25628/UNIP.2022.53.2.019.

2. **Fekh A.I.** Ergonomics. Tomsk: Tomsk Polytechnic University Publishing House; 2014. 119 p.

3. **Shkil O.S.** Fundamentals of Ergonomics in Environmental Design. Part I. Blagoveshchensk: AmSU Publishing House; 2010. 164 p.

4. **Kukhta M.S., Khmelevsky Yu.P.** Application of the Semantic Differential Method in Design Evaluation of Rehabilitation Simulators. Design. Materials. Technology. 2019;4(56):23-26.

5. **Alekseev P.G.** The Basis of Ergonomics in Design: Teaching Method. Saint Petersburg: Saint Petersburg State Technological University of Plant Polymers Publishing House; 2010. 69 p.

6. **Tilley A.R., Dreyfuss H.** The Measure of Man and Woman. Whitney Library of Design; 1993. 96 p.

Информация об авторах:

Кухта Мария Сергеевна - профессор, доктор философских наук, доктор психологических наук, тел. +7 (3822) 701777 вн.т. 2686 профессор отделения «автоматизации и робототехники» международные идентификационные номера автора: SPIN-код: 6730-0249, AuthorID: 129643; Scopus-Author ID 56378125000, Research-ID-Web of Science AAE-6735-2019

Хмелевский Юрий Петрович - аспирант, тел. +79138826839 аспирант отделения «автоматизации и робототехники» международные идентификационные номера автора: SPIN-код: 2545-7307, AuthorID: 1067314; Scopus-Author ID 884560

Information about the authors:

Kukhta Maria Sergeevna – Professor, Doctor of Philosophical Sciences, Doctor of Psychological Sciences, ph. +7 (3822) 701777 ext. ph. 2686, Professor of the Department “Automation and Robotics”; the author’s international identification numbers: SPIN-code: 6730- 0249, Author-ID: 129643, Scopus-Author ID: 56378125000, Research-ID-Web of Science: AAE-6735-2019.

Khmelevsky Yury Petrovich – Post-Graduate Student, ph. +79138826839, Post-Graduate Student of the Department “Automation and Robotics”; the author’s international identification numbers: SPIN-code: 2545-7307, AuthorID: 1067314; Scopus-Author ID: 884560

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 30.12.2022; одобрена после рецензирования 26.01.2023; принята к публикации 02.02.2023. Рецензент – Падерно П.И., доктор психологических наук, профессор Санкт-Петербургского государственного технического университета («ЛЭТИ им. В.И. Ульянова-Ленина»), член редакционного совета журнала «Эргодизайн»

The paper was submitted for publication on the 30th of December, 2022; approved after the peer review on the 26th of January, 2023; accepted for publication on the 2nd of February, 2023. Reviewer – Paderno P.I., Doctor of Technical Science, Professor of Saint Petersburg Electrotechnical University “LETI” named after V.I. Lenin, member of the editorial board of the journal “Ergodesign”.

Вниманию авторов!

Правила оформления ссылок на авторефераты и диссертации согласно ГОСТ Р 7.0.5-2008:***Диссертации и авторефераты***

Аврамова Е.В. Публичная библиотека в системе непрерывного библио-информ. образования: специальность 05.25.03 «Библиотечковедение, библиографоведение и книговедение»: дис. на соискание ученой степени канд. пед. наук / Аврамова Елена Викторовна; С.-Петерб. гос. ин-т культуры. Санкт-Петербург, 2017. 361 с. Библиогр.: с. 296-335.

Величковский Б.Б. Функциональная организация рабочей памяти: специальность 19.00.01 «Общая психология, психология личности, история психологии»: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора психологических наук/ Величковский Борис Борисович; Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова. Москва, 2017. 44 с.: ил. Библиогр.: с. 37–44. Место защиты: Ин-т психологии РАН. Текст: непосредственный.