

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Щеглов Сергій Петрович

УДК 004.98:7.012

ДИСЕРТАЦІЯ

Моделювання та конструювання адаптивних меблів для людей з порушеннями опорно-рухового апарату

05.01.03 – Технічна естетика

05 Технічні науки

Подається на здобуття ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ С.П. Щеглов

Науковий керівник: Ботвіновська Світлана Іванівна, д. т. н., проф.

КИЇВ - КНУБА - 2026

АНОТАЦІЯ

Щеглов С.П. Моделювання та конструювання адаптивних меблів для людей з порушеннями опорно-рухового апарату. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.01.03 «Технічна естетика». – Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, 2026.

Зміст дисертації. При проектуванні громадських, житлових та промислових об'єктів сучасний дизайн має підпорядковуватися принципам універсальності для забезпечення їх безперешкодної експлуатації якомога ширшим колом користувачів. Застосування раціональних технічних рішень та адаптивних елементів дозволяє підвищити доступність предметно-просторового середовища без суттєвого подорожчання об'єкта чи погіршення його естетичних характеристик, що сприяє інклюзії осіб із порушеннями опорно-рухового апарату (ПОРА) у сферах працевлаштування, освіти та побуту. Питання проектування сучасних адаптивних пристроїв, як правило, враховувались дизайнерами інтуїтивно, в залежності від власного таланту та досвіду, за відсутності єдиних системних методологічних засад.

Попри значну кількість досліджень у галузі методології проектування, існуючі процеси моделювання та конструювання спеціалізованих виробів ґрунтуються переважно на емпіричних підходах і не забезпечені адекватним формалізованим інструментарієм. У зв'язку з цим створення та адаптація методичних підходів до параметричного моделювання адаптивних меблів для осіб з порушеннями опорно-рухового апарату (ПОРА) є актуальним науковим і практичним завданням.

У роботі розроблено конструктивне рішення крісла колісного для осіб з ПОРА. Конструкція крісла складається із зовнішнього несучого каркасу та внутрішнього рухомого модуля. Автор пропонує виготовлення несучого каркасу з нержавіючої сталеві труби. Формування елементів корпусу

здійснюється шляхом згинання заготовок на спеціалізованому обладнанні з їх подальшим зварюванням. На верхній поверхні каркасу закріплено м'які елементи для забезпечення ергономічного комфорту. Зовнішня несуча частина з'єднана через пневмопатрон (газліфт) із хрестовиною, спорядженою системою роликів опор для рівномірного розподілу навантаження на підлогу. Внутрішній рухомий модуль складається із масиву послідовно розташованих вібраційних пристроїв, які з'єднані з блоком живлення та блоком керування. Основним структурним елементом внутрішньої кінематики є ексцентриково-гвинтовий привід, який реалізує функцію активації вібраційних рухів для зниження м'язового напруження та профілактики втомлюваності опорно-рухового апарату користувача.

Проектування конструктивного рішення крісла колісного з вібраційним механізмом на основі кривошипа з постійним радіусом розташування шипа виконувалось у середовищі САПР AutoCAD. На основі розроблених двовимірних креслень елементів виробу для побудови об'ємної 3D-моделі крісла колісного та візуалізації його просторової геометрії було застосовано програмне забезпечення SketchUp.

Описано і наочне продемонстровано теоретичне та практичне значення результатів дисертаційного дослідження.

- На основі аналізу літературних джерел систематизовано основні етапи розвитку теоретичних засад формування інклюзивного середовища. Визначено функціональні та ергономічні вимоги до адаптивних меблів на різних рівнях взаємодії в системі «людина-машина-середовище». Проведено комплексний аналіз рухової діяльності осіб із порушеннями опорно-рухового апарату (ПОРА). Обґрунтовано нові підходи до конструювання та дизайну меблів спеціального призначення, що забезпечують самостійне переміщення користувачів крісел колісних, полегшують виконання будь якої роботи та забезпечують адаптацію предметного середовища під їх потреби.

- Проведено комплексну оцінку предметно-просторового середовища для осіб з ПОРА на засадах мікро- та мезоергономічного аналізу.

Запропоновано індуктивну модель системної інтеграції мікро-, мезо- та макрорівнів ергономіки, що забезпечує цілісність формування інклюзивного просторового середовища.

- Проаналізовано існуючі методичні підходи до проєктування адаптивних соціотехнічних систем у контексті формування функціональних робочих місць і предметного середовища для осіб з порушеннями опорно-рухового апарату (ПОРА) та інших маломобільних груп населення.

- Запропоновано принципи адаптації методичних підходів проєктування до геометричного та конструктивного моделювання меблів спеціального призначення. Проаналізовано специфіку застосування методу ЗРСЗ для формування бази геометричних, антропометричних та ергономічних параметрів на основі аналізу вихідних даних проєктування. Запропоновано концептуальну схему моделі міждисциплінарних зв'язків на підґрунті епістемологічної ієрархії системи за Дж. Кліром.

- Сформульовано базові принципи конструювання та геометричного формоутворення адаптивних меблів для осіб із порушеннями опорно-рухового апарату (ПОРА). Реалізовано визначені принципи при розробці конструкції адаптивного вібраційного крісла з використанням ексцентриково блоку на основі кривошипного механізму зі сталим радіусом розташування шипа.

Науковим здобутком розв'язаних дисертаційних завдань стали наступні наукові положення:

Вперше:

- розроблено науково-методичний підхід до геометричного моделювання та конструювання елементів адаптивних меблів, який базується на безпосередній інтеграції антропометричних та кінематичних параметрів осіб з ПОРА у предметне середовище. Це дозволить спростити процес індивідуального налаштування елементів адаптивних меблів на прикладі крісла колісного;

- запропоновано методичний інструментарій геометричного моделювання та оптимізації конструктивних параметрів елементів адаптивного крісла колісного, який дозволяє узгодити кінематику його рухомих елементів із просторовими обмеженнями житлового інтер'єру;

- сформульовано систему взаємопов'язаних принципів (ергономічної адаптивності, геометричної сумісності та просторового моделювання) та критеріїв оцінювання адаптивних меблів, що враховують просторово-параметричну та кінематичну взаємодію між елементами крісла колісного;

- розроблено структурно-геометричну модель адаптивного крісла колісного для осіб з ПОРА, яку сконструйовано на основі збереження ергономічної адаптивності елементів крісла колісного до антропометричних характеристик користувача.

Дістали подальший розвиток:

- науково-методичні засади геометричного моделювання та проектування адаптивних меблів для осіб з ПОРА, шляхом застосування положень теорії загальних систем Джорджа Кліра, що дозволило оптимізувати структурно-кінематичні зв'язки між елементами адаптивних меблів.

Удосконалено:

- методологічні засади представлення ергономічних та геометричних параметрів адаптивних виробів, що дозволяє інтегрувати засоби комп'ютерного моделювання у процес гармонізації та формування безбар'єрного предметно-просторового середовища;

- послідовність визначення функціонально-ергономічних вимог до проектування елементів крісла колісного для людей з ПОРА та формування життєвого предметно-просторового середовища на базі дизайн-мислення «Подвійний діамант».

Значення для науки полягає у встановленні геометричних і кінематичних принципів моделювання та конструювання адаптивних меблів для осіб із порушеннями опорно-рухового апарату (ПОРА).

Значення для практики. Полягає у створенні розрахунково-методичного та параметричного інструментарію, призначеного для практичного використання у проєктуванні та виготовленні адаптивних меблів підвищеної функціональності.

Ключові слова: предметне середовище, дизайн, геометричне моделювання, конструювання, адаптивні меблі, асистивні технології, ергономіка, вібрація, функціональна антропометрія, матеріалознавство.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у міжнародних виданнях та виданнях,

які включено до науково-метричних баз:

1. Ботвіновська С.І., Щеглов С.П. Проєктування адаптивного вібраційного крісла з кривошипом для маломобільних людей. «Colloquium-journal» Wydawca «Interdruk» Poland, Warszawa. Indexed in INDEX COPERNICUS. №9 (274), 2026. Р. 76-86.

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Щеглов С.П. О геометричному моделюванні візуального простору для людей з обмеженими опорно-руховими функціями. Прикладна геометрія та інженерна графіка. Міжвідомча науково-технічна збірка. Випуск 60. Київ: КДТУБА, 1996. С. 199-201.

2. Щеглов С.П. До питань моделювання огинаючої поверхні горизонтального контуру обладнання кухонь для людей у кріслах-колясках. Прикладна геометрія та інженерна графіка. Міжвідомча науково-технічна збірка. Випуск 61. Київ: КДТУБА, 1996. С. 225-228.

3. Щеглов С.П. Узагальнено-символічна форма геометричного апарату для моделювання оточуючого середовища для інвалідів у кріслах-колясках. Прикладна геометрія та інженерна графіка. Міжвідомча науково-технічна збірка. Випуск 62. Київ: КДТУБА, 1997. С. 221-223.

4. Щеглов С.П. Функціональна оптимізація дизайну адаптивних меблів для покращення доступності та комфорту осіб з порушеним опорно-руховим апаратом. Науковий збірник «Сучасні проблеми архітектури та містобудування». Випуск 69. Київ : КНУБА, 2024. С 352-365.

5. Ботвіновська С.І., Щеглов С.П. Проєктування соціотехнічних систем з аспектом створення робочих місць для маломобільних людей. Управління розвитком складних систем. Зб. Наук. Праць. Київ : КНУБА, 2024. С 93-102.

6. Ботвіновська С.І., Щеглов С.П. Індуктивна модель об'єднання мікро, мезо та макроергономіки у просторовому середовищі для людей з інвалідністю. Міжвідомчий науково-технічний збірник «Прикладна геометрія та інженерна графіка». Випуск 1(106). Київ: КНУБА, 2024. С 252-261.

Додаткові публікації:

1. Щеглов С.П. Основні розміри меблевих виробів: методичні вказівки до проведення практичних занять з курсу «дизайн меблів» для студентів спеціальності 7.02.02.10. Київ : КНУТД, 2006. 59 с.

2. Щеглов С.П. Технологія виробництва меблів: методичні вказівки з курсу «Дизайн меблів». Київ : КНУТД, 2011. 38 с.

3. Щеглов С.П. Макетування: методичні вказівки до проведення практичних занять для студентів спеціальності 022 «Дизайн». Київ : КНУБА, 2023. 36 с.

4. Щеглов С.П. Вимоги до розмірів меблевих виробів для житлових приміщень: до проведення практичних занять для студентів спеціальності 022 «Дизайн». Київ : КНУБА, 2023. 48 с.

5. Щеглов С.П., Адамович Д.В. Макетування. Частина 2: методичні вказівки для студентів спеціальностей 022 «Дизайн». Київ : КНУБА, 2025. 42 с.

Тези і матеріали конференцій:

1. Семеніцька К.І., Щеглов С.П. Принципи модернізації інтер'єру закладів позашкільної освіти. Програма та тези доповідей. Архітектура та

будівництво: відновлення України. Наука, технологія, практика: Міжнародний науково-технічний форум, 17–18 листопада 2022 р. Київ: Ліра-К, 2022. С.298-299.

2. Щеглов С.П. Вплив меблів на організацію архітектурного простору. Програма доповідей XV Всеукраїнської наукової конференції «Сучасна архітектурна освіта: відбудова та розвиток в європейському контексті». Київ, 2023

3. Лукашенко В.О., Косаревська Р.О., Щеглов С.П. Роль соціальної відповідальності дизайну в створенні доступних житлових просторів. Програма та тези доповідей. Архітектура, Дизайн та Будівництво: Інноваційні технології: Міжнародний науково-технічний форум (15–16 листопада 2023 р., м. Київ). Київ: Видавництво Ліра-К, 2023. С. 379-380.

4. Щеглов С.П. Перспективи розвитку параметричного дизайну у створенні сучасних інтер'єрів. Програма та тези доповідей. Архітектура, Будівництво, Дизайн: Технологія, Енергетика, Менеджмент: Міжнародний науково-технічний форум (16–17 жовтня 2024 р., м. Київ). Київ: Видавництво Ліра-К, 2024. С.396-397.

5. Ткаченко В.І., Щеглов С.П. Вплив штучного інтелекту на дизайн та навчання в сфері дизайну та архітектури. Програма доповідей XVI Всеукраїнської наукової конференції «Сучасна архітектурна освіта: архітектурна творчість і штучний інтелект». (07 листопада 2024 року), Київ, 2024.

6. Щеглов С.П. Використання методу «Double Diamond» у моделюванні адаптивних меблів для людей з ПОРА. Всеукраїнська наукова конференція «Сучасна архітектурна освіта XVI: Архітектурна творчість і штучний інтелект». (7 листопада 2024 року), Київ, 2024. С.163-164

Свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір:

1. Серія офісних меблів «Статус». Щеглов С.П. Свідоцтво про депонування результату інтелектуальної діяльності №399–РІД/Ук–2024. Державна науково-технічна бібліотека України. Київ, 20.02.2024.
2. Серія офісних меблів «Квадро». Щеглов С.П. Свідоцтво про депонування результату інтелектуальної діяльності №400–РІД/Ук–2024. Державна науково-технічна бібліотека України. Київ, 20.02.2024.
3. Серія офісних меблів «Тріно». Щеглов С.П. Свідоцтво про депонування результату інтелектуальної діяльності №401–РІД/Ук–2024. Державна науково-технічна бібліотека України. Київ, 20.02.2024.
4. Серія офісних меблів «Квант». Щеглов С.П. Свідоцтво про депонування результату інтелектуальної діяльності №402–РІД/Ук–2024. Державна науково-технічна бібліотека України. Київ, 20.02.2024.
5. Серія офісних меблів «Техно». Щеглов С.П. Свідоцтво про депонування результату інтелектуальної діяльності №403–РІД/Ук–2024. Державна науково-технічна бібліотека України. Київ, 20.02.2024.

ABSTRACT

Shcheglov S.P. Modeling and designing adaptive furniture for people with musculoskeletal disorders. Qualification scientific work in the form of a manuscript.

Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences in the specialty 05.01.03 Design. Kyiv National University of Construction and Architecture. Kyiv, 2026.

When designing public, residential and industrial buildings, contemporary design must adhere to the principles of universal accessibility to ensure they can be used without difficulty by as wide a range of users as possible. The use of rational technical solutions and adaptive elements enables improvements in the accessibility of the physical environment without significantly increasing facility costs or compromising its aesthetic qualities, thereby promoting the inclusion of

people with musculoskeletal disorders in employment, education, and daily life. Issues relating to the design of modern adaptive devices have generally been addressed by designers intuitively, depending on their own talent and experience, in the absence of a unified, systematic methodological framework.

Despite a significant body of research in design methodology, existing processes for modelling and designing specialised products are predominantly empirical and lack adequate formalised tools. In this regard, the development and adaptation of methodological approaches to the parametric modelling of adaptive furniture for people with musculoskeletal disorders (MSDs) is a pressing scientific and practical challenge.

The thesis presents a design solution for a wheeled chair for people with spinal cord injuries. The chair's design comprises an external load-bearing frame and an internal movable module. The author proposes that the load-bearing frame be manufactured from stainless steel tubing. The frame components are formed by bending the blanks on specialised equipment, followed by welding. Padded elements are secured to the upper surface of the frame to ensure ergonomic comfort. The outer load-bearing section is connected via a pneumatic cylinder (gas spring) to a cross-member fitted with a system of roller supports to ensure even distribution of the load onto the floor. The internal moving module consists of an array of sequentially arranged vibration devices, which are connected to a power supply unit and a control unit. The main structural element of the internal kinematic system is an eccentric screw drive, which activates the vibrating movements to reduce muscle tension and prevent fatigue of the user's musculoskeletal system.

The design of a wheeled chair with a crank-based vibration mechanism featuring a constant crank radius was carried out using AutoCAD software. SketchUp software was used to create a 3D model of the wheeled chair and visualise its spatial geometry, based on the developed two-dimensional drawings of the product's components.

The theoretical and practical significance of the results of the dissertation research is described and clearly demonstrated.

- Based on the analysis of literary sources, the main stages of the development of the theoretical principles of the formation of an inclusive environment are systematized. Functional and ergonomic requirements for adaptive furniture at different levels of interaction in the "human-machine-environment" system are determined. A comprehensive analysis of the motor activity of people with musculoskeletal disorders (MSDs) is carried out. New approaches to the construction and design of special-purpose furniture are substantiated, which ensure independent movement of wheelchair users, facilitate the performance of any work and ensure the adaptation of the subject environment to their needs.

- A comprehensive assessment of the subject-spatial environment for people with MSDs is carried out on the basis of micro and mesoergonomic analysis. An inductive model of the system integration of micro, meso and macro levels of ergonomics is proposed, which ensures the integrity of the formation of an inclusive spatial environment.

- Existing methodological approaches to the design of adaptive socio-technical systems in the context of the formation of functional workplaces and the subject environment for people with musculoskeletal disorders (MSDs) and other low-mobility population groups are analysed.

- Principles of adaptation of methodological approaches to design for geometric and constructive modelling of special-purpose furniture are proposed. The specifics of the application of the UOSP method for forming a database of geometric, anthropometric and ergonomic parameters based on the analysis of the initial design data are analysed. A conceptual scheme of the model of interdisciplinary relations is proposed on the basis of the epistemological hierarchy of the system according to J. Clear.

- Basic principles of design and geometric shaping of adaptive furniture for people with musculoskeletal disorders (MSDs) are formulated. The determined

principles are implemented in the development of the design of an adaptive vibrating chair using an eccentric block based on a crank mechanism with a constant radius of the location of the spike.

The scientific achievement of the solved dissertation tasks was the following scientific provisions:

For the first time:

- a scientific and methodological approach to geometric modelling and design of adaptive furniture elements was developed, which is based on the direct integration of anthropometric and kinematic parameters of people with PORA into the subject environment. This will simplify the process of individual adjustment of adaptive furniture elements using the example of a wheelchair;

- a methodological toolkit for geometric modelling and optimization of the design parameters of adaptive wheelchair elements was proposed, which allows to coordinate the kinematics of its moving elements with the spatial limitations of the residential interior;

- a system of interrelated principles (ergonomic adaptability, geometric compatibility and spatial modelling) and criteria for evaluating adaptive furniture, which take into account the spatial-parametric and kinematic interaction between wheelchair elements, was formulated;

- a structural-geometric model of an adaptive wheelchair for people with PORA was developed, which was designed on the basis of preserving the ergonomic adaptability of wheelchair elements to the anthropometric characteristics of the user.

Further development was made of:

- scientific and methodological principles of geometric modelling and design of adaptive furniture for people with PORA, by applying the provisions of the theory of general systems by George Clear, which allowed optimizing the structural-kinematic relationships between the elements of adaptive furniture.

Improved:

- methodological principles of presenting ergonomic and geometric parameters of adaptive products, which allows integrating computer modelling tools into the process of harmonization and formation of a barrier-free spatial environment;

- sequence of determining functional-ergonomic requirements for the design of wheelchair elements for people with PORA and the formation of a living spatial environment based on design thinking "Double Diamond".

The significance for science is to establish geometric and kinematic principles of geometric modelling and design of adaptive furniture for people with musculoskeletal disorders (MSDs).

The significance for practice. It consists in creating computational, methodological and parametric tools intended for practical use in the design and manufacture of adaptive furniture with increased functionality.

Keywords: object environment, design, modelling, design, adaptive furniture, assistive technologies, ergonomics, vibration, functional anthropometry, materials science.

LIST OF PUBLISHED WORKS ON THE THESIS THEME

Articles in international publications and publications included in scientific and metric databases:

1. Botvinovska S.I., Shcheglov S.P. Design of an adaptive vibrating chair with a crank for people with limited mobility. «Colloquium-journal» Wydawca «Interdruk» Poland, Warszawa. Indexed in INDEX COPERNICUS. No. 9 (274), 2026. P. 76-86.

Articles in scientific professional publications of Ukraine:

1. Shcheglov S.P. On geometric modelling of visual space for people with limited musculoskeletal functions. Applied geometry and engineering graphics.

Interdepartmental scientific and technical collection. Issue 60. Kyiv: KDTUBA, 1996. P. 199-201.

2. Shcheglov S.P. On the issues of modelling the enveloping surface of the horizontal contour of kitchen equipment for people in wheelchairs. Applied geometry and engineering graphics. Interdepartmental scientific and technical collection. Issue 61. Kyiv: KDTUBA, 1996. P. 225-228.

3. Shcheglov S.P. Generalized-symbolic form of the geometric apparatus for modelling the environment for disabled people in wheelchairs. Applied geometry and engineering graphics. Interdepartmental scientific and technical collection. Issue 62. Kyiv: KDTUBA, 1997. P. 221-223.

4. Shcheglov S.P. Functional optimization of the design of adaptive furniture to improve accessibility and comfort for people with impaired musculoskeletal system. Scientific collection "Modern problems of architecture and urban planning". Issue 69. Kyiv: KNUBA, 2024. P. 352-365.

5. Botvinovska S.I., Shcheglov S.P. Design of socio-technical systems with the aspect of creating jobs for people with limited mobility. Management of the development of complex systems. Collection of Scientific. Proceedings. Kyiv: KNUBA, 2024. P. 93-102.

6. Botvinovska S.I., Shcheglov S.P. Inductive model of combining micro, meso and macroergonomics in the spatial environment for people with disabilities. Interdepartmental scientific and technical collection "Applied geometry and engineering graphics". Issue 1(106). Kyiv: KNUBA, 2024. P. 252-261.

Additional publications:

1. Shcheglov S.P. The main dimensions of furniture products: methodological instructions for conducting practical classes on the course "Furniture Design" for students of the specialty 7.02.02.10. Kyiv: KNUTD, 2006. 59 p.

2. Shcheglov S.P. Technology of furniture production: methodological instructions on the course "Furniture Design". Kyiv: KNUTD, 2011. 38 p.

3. Shcheglov S.P. Layout: methodological instructions for conducting practical classes for students of the specialty 022 "Design". Kyiv: KNUBA, 2023. 36 p.

4. Shcheglov S.P. Requirements for the dimensions of furniture products for residential premises: for conducting practical classes for students of the specialty 022 "Design". Kyiv: KNUBA, 2023. 48 p.

5. Shcheglov S.P., Adamovich D.V. Layout. Part 2: methodological guidelines for students of specialties 022 "Design". Kyiv: KNUBA, 2025. 42 p.

Abstracts and materials of conferences:

1. Semenitska K.I., Shcheglov S.P. Principles of modernization of the interior of institutions of extracurricular education. Program and abstracts of reports. Architecture and construction: restoration of Ukraine. Science, technology, practice: International scientific and technical forum, November 17–18, 2022. Kyiv: Lira-K, 2022. P.298-299.

2. Shcheglov S.P. The influence of furniture on the organization of architectural space. Program of reports of the XV All-Ukrainian scientific conference "Modern architectural education: reconstruction and development in the European context". Kyiv, 2023

3. Lukashenko V.O., Kosarevska R.O., Shcheglov S.P. The role of social responsibility of design in creating accessible living spaces. Program and abstracts of reports. Architecture, Design and Construction: Innovative Technologies: International Scientific and Technical Forum (November 15–16, 2023, Kyiv). Kyiv: Lira-K Publishing House, 2023. P. 379-380.

4. Shcheglov S.P. Prospects for the development of parametric design in the creation of modern interiors. Program and abstracts of reports. Architecture, Construction, Design: Technology, Energy, Management: International Scientific and Technical Forum (October 16–17, 2024, Kyiv). Kyiv: Lira-K Publishing House, 2024. P. 396-397.

5. Tkachenko V.I., Shcheglov S.P. The influence of artificial intelligence on design and training in the field of design and architecture. Program of reports of the XVI All-Ukrainian scientific conference "Modern architectural education: architectural creativity and artificial intelligence". (November 07, 2024), Kyiv, 2024.

6. Shcheglov S.P. Using the "Double Diamond" method in modelling adaptive furniture for people with PORA. All-Ukrainian scientific conference "Modern architectural education XVI: Architectural creativity and artificial intelligence". (November 7, 2024), Kyiv, 2024. P.163-164

Certificates of registration of copyright for the work:

1. Series of office furniture "Status". Shcheglov S.P. Certificate of deposit of the result of intellectual activity No. 399–RID/Uk–2024. State Scientific and Technical Library of Ukraine. Kyiv, 02/20/2024.

2. Series of office furniture "Quadro". Shcheglov S.P. Certificate of deposit of the result of intellectual activity No. 400– RID/Uk–2024. State Scientific and Technical Library of Ukraine. Kyiv, 02/20/2024.

3. Office furniture series "Trino". Shcheglov S.P. Certificate of deposit of the result of intellectual activity No. 401– RID/Uk–2024. State Scientific and Technical Library of Ukraine. Kyiv, 02/20/2024.

4. Office furniture series "Quantum". Shcheglov S.P. Certificate of deposit of the result of intellectual activity No. 402– RID/Uk–2024. State Scientific and Technical Library of Ukraine. Kyiv, 02/20/2024.

5. Office furniture series "Techno". Shcheglov S.P. Certificate of deposit of the result of intellectual activity No. 403– RID/Uk–2024. State Scientific and Technical Library of Ukraine. Kyiv, 02/20/2024.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	19
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ІНКЛЮЗИВНОГО ПРОСТОРУ ТА АДАПТИВНИХ МЕБЛІВ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ПОРА.....	28
1.1 Основи формування інклюзивного середовища.....	28
1.2 Визначення функціональних вимог до робочого простору та обладнання для людей з інвалідністю на різних рівнях ергономіки.....	36
1.3 Сучасні асистивні технології для різних типів інвалідності.....	42
1.4 Аналіз рухової діяльності людей з ПОРА та перспективи розвитку адаптивних пристроїв для їх переміщення.....	51
ВИСНОВКИ ДО ПЕРШОГО РОЗДІЛУ.....	64
Список публікацій здобувача за матеріалами першого розділу.....	65
 РОЗДІЛ 2 МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО АНАЛІЗУ ТА ПРОЄКТУВАННЯ ПРОСТОРОВОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ПОРА.....	 66
2.1 Формування робочого фізичного середовища для людей з ПОРА в межах соціотехнічної системи.....	66
2.2 Індуктивна модель об'єднання мікро-, мезо- та макроергономічних рівнів ергономіки у просторовому середовищі для людей з ПОРА.....	72
2.3 Створення інформативної моделі проектування робочих місць для маломобільних людей за допомогою сучасних асистивних технологій.....	80
ВИСНОВКИ ДО ДРУГОГО РОЗДІЛУ.....	90
Список публікацій здобувача за матеріалами другого розділу.....	91
 РОЗДІЛ 3 ПРИНЦИПИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДИЧНИХ ПІДХОДІВ ПРОЄКТУВАННЯ У МОДЕЛЮВАННІ АДАПТИВНИХ МЕБЛІВ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ПОРА.....	 93
3.1 Синтез та розвиток методів проектування адаптивних меблів для людей з ПОРА в контексті соціотехнічного підходу.....	94

3.2 Аналіз вихідних даних та пропозиції що дозволило створення бази параметрів у моделюванні адаптивних меблів для людей з ПОРА.....	102
3.3 Принципи застосування методу ЗРСЗ у моделюванні адаптивних меблів для людей з ПОРА.....	118
3.4 Розробка об'єднавчої моделі міждисциплінарних зв'язків на основі епістемологічної ієрархії Джорджа Кліра.....	141
ВИСНОВКИ ДО ТРЕТЬОГО РОЗДІЛУ.....	147
Список публікацій здобувача за матеріалами третього розділу.....	149

РОЗДІЛ 4 ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПІВ КОНСТРУЮВАННЯ

АДАПТИВНИХ МЕБЛІВ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ПОРА.....	151
4.1 Реалізація принципів конструювання адаптивного робочого місця для людей з ПОРА.....	153
4.2 Особливості конструювання адаптивного крісла з вібраційним механізмом на основі кривошипа для маломобільних людей.....	157
4.3. Застосування принципів методу ЗРСЗ у конструюванні адаптивного крісла колісного з вібраційно-розтягуючим механізмом.....	175
ВИСНОВКИ ДО ЧЕТВЕРТОГО РОЗДІЛУ.....	183
Список публікацій здобувача за матеріалами четвертого розділу.....	184

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	185
-------------------------------	------------

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	187
--	------------

ДОДАТКИ.....	199
---------------------	------------

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Зіткнувшись зі збільшенням соціальної групи людей з інвалідністю та похилим віком, дизайнерам та архітекторам необхідно реагувати на зростаючий ринок, а також правовий тиск, щоб створювати продукти, а саме будівлі, внутрішні та зовнішні простори, меблі та обладнання доступні кожному.

За останні часи рух за права людей з інвалідністю досяг значних успіхів у своїх зусиллях в лобюванні рівних громадянських прав для всіх верст населення, які були виключені через фізичні вади. Закон України № 2249-VIII від 19.12.2017 про основи соціальної захищеності осіб з інвалідністю в Україні вимагає, щоб, окрім освіти, державних програм і житла, громадські приміщення, громадський транспорт і телекомунікації проєктувалися та експлуатувалися таким чином, щоб люди з інвалідністю мали ті самі можливості, що й інші [21, 23].

З майже 3,4 мільйонів осіб з постійною інвалідністю працює близько 429,2 тисячі українців (данні на 1 січня 2026 року у звітах Міністерства соціальної політики, а також у статистичних матеріалах Фонду соціального захисту осіб з інвалідністю [103]). Рівень поширеності важкої інвалідності зростає завдяки війни, а серед населення старше 65 років які мають або обмежену, або важку інвалідність – число зростає ще більше. Ці цифри зобов'язують дизайнерів враховувати весь період життя людини, включаючи періоди тимчасової непрацездатності.

Необхідно знаходити розумний і економічний спосіб узгоджувати художню цілісність дизайну з потребами людини в навколишньому середовищі. Слід використовувати такі технічні рішення, які не призведуть до додаткових витрат або помітних змін зовнішнього вигляду. Також, до фіксованих, універсальних функцій, дизайнери можуть включати адаптовані елементи, які можна легко та економічно додавати або видаляти, коли це необхідно для конкретного користувача. Універсальні та адаптивні функції,

як правило, не дорожчі за традиційні функції, якщо вони включені дизайнером ще на концептуальній стадії. Дизайнер, або архітектор, який усвідомлює вартість будівельних робіт, повинен враховувати не лише додаткові витрати на будівництво, пов'язаних із доступністю, а й довгострокові витрати, які пов'язані із ігноруванням потенційно величезної верстви населення. Населення також треба інформувати про тенденцію до посилення стандартів доступності у працевлаштуванні, житлі, освіті та державних послугах.

Останні інновації у технологіях полегшують розробникам впроваджувати як універсальні, так і спеціалізовані компоненти для доступного середовища. Поняття комфорту, безпеки та гнучкості стають все більш важливими для людей з інвалідністю, тому необхідно завчасно реагувати на ці вимоги та вдосконалювати відповідні стандарти інклюзивності.

Ускладнення вимог до дизайну зумовлені не тільки ринком, але й нормами законодавства, які створюють нові виклики для розробників. Демографічні зміни підживлюють попит на більш складні продукти, житло та бізнес-середовища, які доступні для людей будь-якого віку, розміру та здібностей. Сигналізують про необхідність для дизайнерів застосувати всю свою творчу енергію у вирішенні практичних, соціальних і психологічних проблем. Змушують заглибитись у формування інклюзивного середовища, що не можливо без належного навчання чи технічної допомоги.

Подібно до того, як поява сталевих балок і великих скляних панелей вплинула на величезні зміни в будівельних технологіях, потреба доступних середовищ для людей з ПОРА впливає на сучасні технології проектування. Також трансформація суспільних цінностей змушує постачальників житла та власників бізнесу змінювати свої стереотипні уявлення про людей з інвалідністю і сприяє визнанню різниці між «фізичними вадами» та «недоліком навколишнього середовища». Мотивований дизайнер, може усунути спричинені недоліки, та допомогти розширити можливості людей з

усіма типами фізичних або когнітивних обмежень, щоб якомога повніше їм інтегруватися в повсякденне життя.

Спільноту людей з інвалідністю визначають будь-які фізичні або психічні порушення, які суттєво обмежують одну чи більше основних життєвих дій особи. Сюди входять не лише люди на кріслах колісних, а й люди з іншими проблемами пересування, пов'язаними з такими захворюваннями, як поліомієліт чи ревматизм, люди зі зниженим рівнем зору, люди з порушеннями мови чи слуху, люди з когнітивними вадами, такими як хвороба Альцгеймера та синдром Дауна, та люди з важкими вадами, які можуть бути прикуті до ліжка. Сюди також входять люди, чії хворі на артрит руки не можуть вхопитися за дверну ручку, ті, хто не може піднятися по сходах через хворобу серця, або люди з надто великими фізичними розмірами, а також ті, хто мають тимчасову інвалідність, пов'язану з, наприклад, розтягненням щиколоток, або після автомобільної аварії або важкої вагітності. *Більш широке співтовариство людей з інвалідністю включає не лише самих людей з інвалідністю, а й осіб, які здійснюють догляд, яким часто доводиться піднімати, транспортувати, купати, годувати або надавати терапію чи іншу підтримку людині з інвалідністю.* Крім того, *спільнота людей з інвалідністю включає сім'ї та друзів, які бажають супроводжувати людей з інвалідністю, куди б вони не хотіли піти.*

Інвалідність не знає соціально-економічних кордонів. Це однаково вражає людей з усіма рівнями доходів. Залежно від визначення, яке використовується, кількість людей, які вважаються інвалідами, різко різниться.

За оцінками Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), понад 1,3 мільярда людей мають якусь форму інвалідності, а це майже 16% населення світу [105]. За офіційною статистикою – 10% осіб з інвалідністю це діти! Деякі фахівці з ринку статистики включають сюди друзів і сім'ю без інвалідності в загальну кількість спільноти людей з інвалідністю на основі

теорії, згідно з якою, умови та послуги не підходять для людини з інвалідністю в даному середовищі, тому і їх оточення часто не будуть відвідувати це середовище.

За будь-яким визначенням, здається, що кількість людей з інвалідністю стрімко зростає порівняно з тим, що було два-три десятиліття тому. Дуже мало людей народжуються з інвалідністю, частіше інвалідність набувається протягом життя. Звісно, що постійне вдосконалення рятувальних дій та медицини рятують життя, які могли б бути втрачені. Вразливість до нових ризиків у технологічному суспільстві також зросла. Але, перш за все, люди живуть довше, значно подовжуючи період старіння, яке є однією з основних причин інвалідності. Зі збільшенням населення старше 65 років зростає й поширеність хвороб, що призводять до інвалідності. Наприклад, втрата слуху внаслідок старіння, генетичних чи випадкових причин. Також нездатність підніматися по сходах, незалежно від того, чи це спричинена інсультом, переломом стегна чи дитячим поліомієлітом, є інвалідністю. Згідно з цим показником, цілком імовірно, що більшість людей матимуть певний стан, що призводить до інвалідності, якщо вони будуть жити достатньо довго.

Отже, дизайнер несе відповідальність на протязі всього циклу життя людини. Інвалідність – це нормальний стан життя, який слід враховувати в усьому, що проектується та виробляється, включно з меблями та обладнанням. Часто виникає ситуація: люди з інвалідністю не користуються сервісом, бо він незручний, тому бізнес побачивши низьку активність вирішує не інвестувати в доступність. Це і є «порочне коло». Дизайн здатен зупинити «порочне коло», забезпечуючи гнучкість для користувачів, тим самим збільшуючи ринок, перетворюючи соціальну відповідальність на стійкий прибуток.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційне дослідження виконано в Київському національному університеті будівництва і архітектури у відповідності до плану наукових досліджень кафедри нарисної геометрії та інженерної графіки за темою №

0124U005051 «Геометричне моделювання об'єктів, процесів та явищ». Тему дисертації затверджено Вченою радою КНУБА (протокол № 8 від 20.05.2024).

Дисертаційна робота за змістом та результатами дослідження відповідає чинному паспорту спеціальності 05.01.03 «Технічна естетика».

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є наукове обґрунтування та розробка геометричних способів і параметричних інструментальних засобів моделювання адаптивних меблів та обладнання для оптимізації й підвищення доступності предметно-просторового середовища особам з порушеннями опорно-рухового апарату (ПОРА).

Завдання дослідження:

1. Провести критичний аналіз наукової літератури та на основі дослідження літературних джерел проаналізувати наявні підходи до формування інклюзивного середовища для людей з порушеннями опорно-рухового апарату.

2. Провести системний аналіз існуючих методів проектування інклюзивного середовища для людей з ПОРА та виявити шляхи його удосконалення.

3. Визначити та обґрунтувати комплекс ергономічних та геометричних критеріїв, що впливають на якісні характеристики проектування адаптивних меблів.

4. Розробити науково-методичний та геометричний інструментарій поліпшення предметного середовища для маломобільних груп населення на засадах системного конструювання адаптивних меблів.

5. Обґрунтувати та реалізувати геометричну модель адаптивного крісла колісного для осіб з ПОРА на основі розроблених системних підходів та інструментарію.

6. Впровадити результати виконаних досліджень у практику конструювання адаптивних меблів, а також в навчальний процес для студентів архітектурних спеціальностей КНУБА.

Об'єкт дослідження є процес формування та адаптації житлового інтер'єру до потреб осіб з ПОРА.

Предметом дослідження є закономірності геометричного моделювання та кінематичної взаємодії елементів адаптивного крісла колісного у процесі його функціонування та інтеграції в інтер'єр для осіб з порушеннями опорно-рухового апарату (ПОРА).

Теоретична база досліджень. З питань технічної естетики та формоутворення праці – Арнхейма Р., Бегенау З.Г., Божко Ю.Г., Булгакової Т.В., Желева-Матринс Д., Кащенко О.В., Кузнецової І.О., Мінервіна Г.В., Пилипчук О.Д., Полубок А.П., Сазонова К.О., Самойловича В.В., Швидковського О.О., Шимко В.Т., Яковлева М.І., та ін.

З питань аналізу формоутворенню з використанням математичних, геометричних та комп'ютерних засобів праці – Беляєвої О.Л., Ботвіновської С.І., Ідак Ю.В., Коротун І.В., Кузнецової І.О., Курт-Умерова В.О., Ніцина О.Ю., Середюка І.І., Суліменко С.Ю., Товбича В.В., Янковської Л.Є. та ін.

З питань математичної побудови моделі праці – Анго А., Бронштейна І.Н. і Семедляєва К.А., Вигодського М.Я., Делоне Б.Н., Мишкіса А.Д., Олейникової Л.Д., Сазонова К.О., та ін.

З питань алгоритмічного підходу в розробці методів дослідження дизайну предметного середовища праці – Гофмана В.Е., Ільмана В.М., Ньюмена У., Роджерса Д., Скворцова А.В., Спрулла Р., та ін.

Межі дослідження: на рівні мікроергономіки предметного середовища для людей з ПОРА.

Методи дослідження: структурний, метод системного аналізу, метод експертного порівняння, узагальнення, комбінаторний, моделювання, конструювання, інформативний.

Наукова новизна одержаних результатів:

Вперше:

- розроблено науково-методичний підхід до геометричного моделювання та конструювання елементів адаптивних меблів, який базується

на безпосередній інтеграції антропометричних та кінематичних параметрів осіб з ПОРА у предметне середовище. Це дозволить спростити процес індивідуального налаштування елементів адаптивних меблів на прикладі крісла колісного;

- запропоновано методичний інструментарій геометричного моделювання та оптимізації конструктивних параметрів елементів адаптивного крісла колісного, який дозволяє узгодити кінематику його рухомих елементів із просторовими обмеженнями житлового інтер'єру;

- сформульовано систему взаємопов'язаних принципів (ергономічної адаптивності, геометричної сумісності та просторового моделювання) та критеріїв оцінювання адаптивних меблів, що враховують просторово-параметричну та кінематичну взаємодію між елементами крісла колісного.

- розроблено структурно-геометричну модель адаптивного крісла колісного для осіб з ПОРА, яку сконструйовано на основі збереження ергономічної адаптивності елементів крісла колісного до антропометричних характеристик користувача.

Удосконалено:

- методологічні засади представлення ергономічних та геометричних параметрів адаптивних виробів, що дозволяє інтегрувати засоби комп'ютерного моделювання у процес гармонізації та формування безбар'єрного предметно-просторового середовища;

- послідовність визначення функціонально-ергономічних вимог до проєктування елементів крісла колісного для людей з ПОРА та формування життєвого предметно-просторового середовища на базі дизайн-мислення «Подвійний діамант».

Отримав подальший розвиток:

- науково-методичні засади геометричного моделювання та проєктування адаптивних меблів для осіб з ПОРА, шляхом застосування положень теорії загальних систем Джорджа Кліра, що дозволило

оптимізувати структурно-кінематичні зв'язки між елементами адаптивних меблів.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці практичного інструментарію для проєктування адаптивних меблів, який дозволяє інтегрувати антропометричні дані осіб з різними вадами порушень опорно-рухового апарату у процесі побудови тривимірних моделей спеціальних меблів. Сформульовано вимоги до матеріалів і конструктивних вузлів адаптивних меблів, що підвищить їх функціональність та довговічність. Розроблено практичні рекомендації з проєктування елементів крісла колісного для людей з ПОРА, які мають практичну цінність для меблевих підприємств, архітектурних та дизайнерських бюро, підприємств із виробництва спеціалізованих меблів та засобів реабілітації.

Результати дисертаційного дослідження прийнято до впровадження у ПП ВКФ «МЕБЛЕВІ ТЕХНОЛОГІЇ» – принципи конструювання адаптивних пристроїв та ТОВ «ВІАР ТЕХ» – використання апарату моделювання адаптивних меблів для ІТ-продуктів та ІТ-рішень у меблевій сфері.

Особистий внесок автора. Усі положення, які виносяться на захист і складають новизну, отримано особисто автором представленого дисертаційного дослідження. Зокрема, на основі теоретичних досліджень удосконалено елементи крісла колісного для людей з порушеннями опорно-рухового апарату та створено геометричну модель адаптивного виробу. У публікаціях за участю співавторів результати, що належать здобувачеві, вказано у списку публікацій здобувача за темою дисертації.

Апробація результатів. Основні положення і результати роботи доповідались, обговорювались і здобули позитивну оцінку на Міжнародних науково-технічних форумах, а також на численних Всеукраїнських наукових конференціях КНУБА.

Виступи за темою дисертації апробовано на науково-практичних зібраннях різного рівня (*конференціях та форумах*):

- XI Всеукраїнська наукова конференція «Сучасна архітектурна освіта. Синтез мистецтв і гармонізація архітектурного простору» (Україна, м. Київ, 2 листопада 2019 р.);

- Міжнародний науково-технічний форум «Архітектура та будівництво: Відновлення України. Наука, технологія, практика» (Україна, м. Київ, 17-18 листопада 2022р.);

- XV Всеукраїнська наукова конференція «Сучасна архітектурна освіта: відбудова та розвиток в європейському контексті» (Україна, м. Київ, 23 листопада 2023 р.);

- Міжнародний науково-технічний форум «Архітектура, Дизайн та Будівництво» (Україна, м. Київ, 15-16 листопада 2023 р.);

- Міжнародний науково-технічний форум «Архітектура, Будівництво, Дизайн: Технологія, Енергетика, Менеджмент» (Україна, м. Київ, 16-17 жовтня 2024 р.);

- XVI Всеукраїнська наукова конференція «Сучасна архітектурна освіта: Архітектурна творчість і штучний інтелект» (Україна, м. Київ, 7 листопада 2024р.).

Публікації. Основні теоретичні положення, висновки і результати, отримані у процесі дослідження, опубліковано у 7 наукових працях, з яких: 1 – у міжнародних виданнях та виданнях, що належать до науково-метричних баз, 6 – у виданнях, що належать до переліку фахових видань, 7 – у матеріалах науково-практичних конференцій та форумів.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 221 сторінок, з них основного тексту – 170 сторінки, 44 рисунків, 8 таблиць, список використаних джерел із 114-и найменувань та трьох додатків на 23 сторінках.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ІНКЛЮЗИВНОГО ПРОСТОРУ ТА АДАПТИВНИХ МЕБЛІВ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ПОРА

Метою розділу є аналіз та систематизація інформаційних джерел теоретичного та практичного характеру щодо означеної теми дослідження. А саме: 1) дослідити історію формування інклюзивного дизайну; 2) розглянути теоретично-практичний матеріал з питань взаємозв'язку предметного середовища та потреб осіб із порушеннями опорно-рухового апарату (ПОРА) і проаналізувати всі ці взаємозв'язки від мікрорівня до макрорівня; 3) визначити основний інструментарій необхідний для вирішення поставленого завдання, визначитись з понятійно-термінологічним словником; 4) показати сучасний стан втілення досягнень у сфері адаптаційних технологій у створенні інклюзивного простору та підтвердити актуальність і новизну роботи.

1.1. Основи формування інклюзивного середовища

Історія формування інклюзивного середовища

Формування інклюзивного середовища є одним із найбільш складних та багатогранних завдань сучасної цивілізації, що лежить на перетині дизайну, архітектури, соціології, права та державної політики. Останні сто років стали періодом радикальної трансформації сприйняття людського різноманіття, пройшовши шлях від тотальної інституціоналізації та ізоляції людей з інвалідністю до визнання безбар'єрності як невід'ємної умови реалізації фундаментальних прав людини. Безбар'єрність більше не розглядається як набір технічних рішень для вузької групи осіб; вона перетворилася на філософію «універсального простору», де кожна деталь інфраструктури – від фізичних пандусів до цифрових інтерфейсів – проєктується з урахуванням потреб людини в різні періоди її життя.

Концепція інвалідності. Для глибокого розуміння еволюції безбар'єрності необхідно проаналізувати зміну парадигм, які визначали ставлення суспільства до людей з інвалідністю. Кожна з цих моделей не просто описувала стан здоров'я людини, а диктувала спосіб побудови міст, надання послуг та формування законодавства.

Протягом останнього століття домінуючою залишалася медична модель, яка зародилася ще в період промислової революції (близько 1760 року) і зберігала свою актуальність до кінця 1990-х років. В рамках цієї моделі інвалідність розглядалася як виключно медична проблема, а людина – як об'єкт, що потребує «виправлення» або лікування для приведення його у відповідність до стандартів продуктивної робочої сили. Наслідком такого підходу стала масова сегрегація: якщо людина не могла бути "вилікувана", її витісняли у спеціалізовані інтернати чи лікарні, щоб вона не перешкоджала функціонуванню «стандартного» суспільства.

Таблиця 1.1

Параметри порівняння	Медична модель	Соціальна модель	Суспільно-політична модель
Визначення проблеми	Патологія, дефект особи	Бар'єри в суспільстві	Порушення прав людини
Мета втручання	Лікування, реабілітація, адаптація людини	Усунення фізичних та психологічних бар'єрів	Емансипація, гідність, рівність
Роль людини	Пацієнт, об'єкт опіки	Активний громадянин, учасник змін	Носій невід'ємних прав
Архітектурний підхід	Спеціалізовані заклади	Адаптація наявних структур	Універсальний дизайн

Переломним моментом став розвиток соціальної моделі у 1970-х роках, формалізованої згодом Майком Олівером у 1990-х. Головний концептуальний зсув полягав у розмежуванні понять «порушення» (фізичний

чи ментальний стан) та «інвалідність» (результат взаємодії людини з непристосованим середовищем). Соціальна модель стверджує, що людину робить «інвалідом» не крісло колісне, а сходи, які вона не може подолати, або дискримінаційні переконання роботодавця. Це переклало відповідальність за забезпечення доступу з індивіда на суспільство та державу.

Сучасна суспільно-політична модель, закріплена Конвенцією ООН про права осіб з інвалідністю (UNCRPD) у 2006 році, підняла ці принципи на рівень юридичного зобов'язання. Вона розглядає доступність як необхідну передумову незалежного життя, де будь-який обмежений доступ до простору чи інформації трактується як вияв дискримінації.

В Україні ці принципи закріплені на рівні постанов Кабінету Міністрів, що свідчить про перехід до сучасних міжнародних стандартів.

У Великій Британії після 1945 року Людвіг Гуттман запровадив революційну систему реабілітації через спорт у лікарні Стоук-Мандевіль, що згодом дало початок Паралімпійським іграм. Тоді ж у 1944 році в Англії з'явився Закон про зайнятість інвалідів, який встановив квоти для працевлаштування. Проте архітектурна безбар'єрність залишалася фрагментарною до 1960-х років, коли рух за громадянські права в США надихнув активістів з інвалідністю на прямі дії проти дискримінації.

ADA у 1990 році запровадив чіткі, контрольовані стандарти для громадського транспорту, зв'язку та робочих місць, ставши моделлю для понад 180 країн.

У Європейському Союзі сучасним етапом є Європейський акт про доступність (ЕАА), який набув чинності у червні 2025 року. На відміну від попередніх директив, ЕАА фокусується на приватному секторі та цифрових продуктах, змушуючи виробників смартфонів, банкоматів та постачальників послуг дотримуватися стандартів EN 301 549. Це демонструє перехід від «благодійності» до жорсткого регулювання ринку в інтересах інклюзії.

Таблиця 1.2

Рік	Подія/документ	Регіон	Значення
1961	Перший стандарт доступності ANSI	США	Фундамент Основа для технічних вимог до будівель
1968	Architectural Barriers Act	США	Обов'язкова доступність для об'єктів федерального фінансування
1973	Rehabilitation Act (Section 504)	США	Заборона дискримінації у федеральних програмах; протести в Сан-Франциско
1990	Americans with Disabilities Act (ADA)	США	Найвпливовіший закон, що ліквідував "стіну виключення"
1995	Disability Discrimination Act (DDA)	Велика Британія	Введення поняття дискримінації в сфері послуг та транспорту
2006	UNCRPD	Всесвітній	Закріплення доступності як права людини

Український досвід безбар'єрності останнього століття позначений глибоким розривом між гуманістичними деклараціями та репресивною практикою радянського періоду, а згодом – інтенсивним наздоганяючим розвитком у часи незалежності.

Радянський період: міф про відсутність інвалідів

Радянська ідеологія базувалася на концепції «здорової людини – будівника комунізму». Люди з інвалідністю сприймалися як прикрий відступ від норми. Після 1945 року міста були заповнені ветеранами війни, але замість створення доступної інфраструктури держава вдавалася до прихованої сегрегації. В архітектурному плані радянські міста проєктувалися без жодного урахування потреб маломобільних груп. Масове житлове будівництво за типовими проєктами 1948–1951 років (так звані «сталінки» та «хрущовки») закріпило бар'єри, такі як: високі цоколі будівель без пандусів, вузькі ліфтові кабіни, сходи як єдиний шлях доступу до більшості установ на десятиліття. Навіть СНиП 2.08.02-89, прийнятий наприкінці існування СРСР, практично ігнорував питання інклюзії, фокусуючись на мінімальних

санітарних та протипожежних нормах. Це призвело до того, що до початку XXI століття понад 90% житлового та громадського фонду України було архітектурно недоступним. Процес формування національної системи стандартів доступності розпочався лише наприкінці 1990-х років. Ключовим етапом став перехід від радянської системи до європейських принципів.

ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення» став водорозділом: він заборонив приймати в експлуатацію нові або реконструйовані будівлі без дотримання інклюзивних вимог. Вперше на нормативному рівні було прописано параметри не лише для крісел колісних, а й для людей з порушеннями зору та слуху. Зміна №1 (2022) уточнила типи тактильних показників: попереджувальні, напрямні та інформаційні, що дозволило створювати цілісні маршрути навігації.

У 2021 році, з ініціативи першої леді Олени Зеленської, Україна прийняла Національну стратегію зі створення безбар'єрного простору до 2030 року. Це перший документ, який розглядає безбар'єрність не лише як фізичну доступність, а як широку суспільну норму. Стратегія охоплює шість напрямів: фізичний, інформаційний, цифровий, суспільний, освітній та економічний.

Елімінація бар'єрів

Якщо взяти до уваги повний спектр інклюзій і вікових груп, які повинні бути враховані дизайнером чи архітектором, терміни «безперешкодний» і «доступний», все ще, здаються далекими від реальності. Оскільки питання настільки складні, навіть для спеціалістів, багато розробників мають обмежені знання та усвідомлення справжнього масштабу проблеми. Тому вони вважають вимоги доступності обтяжливими та необґрунтованими.

Те, що є без бар'єрним для людини у кріслі колісному, може не бути безбар'єрним для сліпого чи глухого. Наприклад, консольний питний фонтанчик, яким легше користуватися сидячим людям, часто виступає на шляху людини з вадами зору, непоміченої його чи її тростиною. Слухові

сигнали, які є такими корисними для людини з вадами зору, звичайно, не чутні для людини з вадами слуху, що ілюструє потребу в надлишкових сигналах у деяких ситуаціях для підвищення безпеки. Друкованих табличок, які допомагають людям із вадами слуху, часто самих по собі недостатньо для розумово відсталого людини чи людини з вадами навчання.

«Зняття бар'єрів» – стає новою відповідальністю дизайнерів, та додає необхідність створювати середовище, яке можна повністю інтерпретувати та якісно відчувати. Архітектор І. М. Пей зазначає, що необхідно вийти за рамки простого доступу: «Просторові відносини потрібно відчувати. Люди з інвалідністю повинні мати можливість насолоджуватися психологічними аспектами всього середовища, а не лише окремими точками чи площинами всередині нього» (Goldman, 1983) [76]. Як і у випадку з такими цілями дизайну, як енергоефективність і протипожежна безпека, довгий час не було рішень доступності, яке б відповідало всім викликам дизайну.

Концепція Універсального дизайну та Розумного пристосування

Дилема дизайнера врахування потреб людей з інвалідністю може бути вирішена, якщо прийняти універсальний підхід до проектування. Рішення, які не створюють додаткових витрат та помітних змін у зовнішньому вигляді, можуть бути результатом простих прийомів планування та переосмислення звичайних продуктів. Наприклад, можна замінити вузькі двері на більш ширші, а виступаючі пороги на плоскі, допомагаючи не лише людям з проблемами пересування, а й мільйонам, які щороку намагаються перенести свої громіздкі предмети меблів у нові помешкання чи офіси. Пристрої управління та вимикачі можна розмістити нижче на стінах, а електричні розетки вище. Крани керування сантехнікою можна зсунути до зовнішнього краю ванни, лише змінивши розташування труби, забезпечуючи легкий доступ для всіх.

В основі практичного формування безбар'єрного середовища лежать два комплементарні принципи: Універсальний дизайн (УД) та Розумне пристосування (РП). Універсальний дизайн – це стратегія проектування, яка

робить оточення, продукти та комунікації максимально придатними для використання всіма людьми, незалежно від їхнього віку чи фізичних можливостей, без потреби в спеціальній адаптації.

Рут Гол Люшер (*Ruth Hall Lusher*), Рональд Мейс (*Ronald L. Mace*) та співавтори з Університету штату Північна Кароліна (*NC State University*) обґрунтували концепцію універсального дизайну в фундаментальній праці 1989 року: «Замість того, щоб реагувати лише на мінімальні вимоги законів які вимагають кількох спеціальних функцій для людей з інвалідністю, можна розробити більшість виготовлених виробів і будівельних елементів, щоб вони могли використовуватися широким колом людей, включаючи дітей, людей похилого віку, людей з інвалідністю та людей різного зросту» [72]. А сформовані у 1997 році Рональдом Мейсом сім принципів УД [62] стали золотим стандартом проектування:

Рівноправне використання: дизайн не сегментує користувачів; він однаково корисний для всіх. Прикладом є автоматичні двері, які служать і людині на кріслі колісному, і батькам з візком, і відвідувачу з важкими покупками.

Гнучкість у використанні: врахування широкого діапазону індивідуальних уподобань. Наприклад, можливість налаштування швидкості руху ескалатора або наявність ліфтів поруч зі сходами.

Просте та інтуїтивне використання: незалежність від досвіду, знань чи рівня мови. Класичний приклад – піктограми в аеропортах або меблях ІКЕА, які зрозумілі без слів.

Сприйняття інформації: ефективне дублювання даних через різні сенсорні канали (візуальний, аудіо, тактильний). Це включає звукові маячки на світлофорах та шрифт Брайля (в Україні регламентується ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд» та міжнародним стандартом ISO 17049) на кнопках ліфтів.

Допуск на помилку: мінімізація небезпек. Наприклад, функція «скасувати» (*undo*) у програмному забезпеченні або захисні огороження на сходах.

Низькі фізичні зусилля: дизайн дозволяє діяти без надмірної втоми. Важільні ручки на дверях замість круглих є канонічним прикладом, оскільки їх можна натиснути ліктем або зап'ястям.

Розмір і простір для доступу: забезпечення зручного підходу та використання незалежно від антропометричних даних користувача.

З 17 грудня 2025 року діє Постанова Кабінету Міністрів № 1673, яка офіційно закріпила принципи та критерії універсального дизайну як обов'язковий інструмент забезпечення прав людей з інвалідністю [42]. Універсальний підхід до проектування враховує зміни, які можуть відбутися протягом життя людини, і зменшує необхідність встановлення дорогих функцій, коли виникають несподівані порушення здоров'я. Архітектори та виробники вже відреагували на підвищений попит на такі предмети, як поручні, регульовані шафи-органайзери, прості у використанні прилади та дверні ручки, створивши широкий спектр стилів і кольорів, які сподобаються навіть тим, кому байдуже універсальний дизайн.

Адаптивний дизайн. Адаптивний дизайн є технічним інструментом Розумного пристосування (РП), та пропонує основні універсальні функції, які можна легко адаптувати до потреб конкретного користувача. Більшість житла, побудованого для людей з ПОРА, призначено для користувачів крісел колісних (а це невеликий відсоток від загальної кількості населення з інвалідністю), і, зазвичай, має функції, які не потрібні та не відповідають іншим вимогам. Концепція адаптивного дизайну найбільш застосовна в житлі, хоча інші будівлі також можуть виграти від цього підходу. Насправді, концепція адаптування житла з фіксованими функціями доступу, була результатом проблеми користувачів з інвалідністю, передбаченими будівельними нормами.

Адаптивна конструкція включає всі функції, які зазвичай необхідні для повного доступу користувачів в кріслах колісних, але дозволяє приховати деякі від очей за потреби. Він також вимагає кількох ключових функцій для регулювання висоти для використання людьми будь-якого розміру та можливостей. Ця комбінація фіксованих доступних функцій, регульованих функцій і додаткових знімних або доданих елементів створює гнучке середовище, яке можна адаптувати відповідно до конкретних функціональних обмежень користувача. Такими гнучкими засобами можуть користуватися майже всі, і тому вони значно привабливіші.

1.2. Визначення функціональних вимог до робочого простору та обладнання для людей з інвалідністю на різних рівнях ергономіки

Функціональні вимоги, спрямовані на якісні зміни ергономічних показників на різних рівнях, визначають набір параметрів та критеріїв, що мають вплив на сприятливість використання простору для осіб з ПОРА із точки зору комфорту, безпеки та ефективності. Ці вимоги базуються на наукових дослідженнях, стандартах та практичних вимогах ергономіки, а їх виконання сприяє покращенню робочих умов та загального комфорту користувачів.

Серед функціональних вимог до робочого простору, що впливають на ергономічні показники, можна виділити:

Розташування обладнання. Оптимальне розташування робочих меблів, обладнання та інших елементів простору для забезпечення зручного доступу та зменшення перешкод для користувачів.

Ефективне використання простору. Максимізація використання доступного простору для створення комфортних та функціональних робочих зон.

Безпека та захист здоров'я. Асекурація безпечного та здорового робочого середовища шляхом уникнення травматичних ситуацій, контролю рівнів освітлення, вентиляції та інших факторів.

Комфорт і зручність. Створення умов для забезпечення фізичного та психологічного комфорту користувачів під час робочого процесу.

Ці функціональні вимоги визначаються науковими дослідженнями, аналізом ергономічних принципів та експертною практикою з метою забезпечення оптимальних умов для праці та життя користувачів з ПОРА. Функціональні вимоги, також спрямовані на забезпечення якісних змін ергономічних показників для людей з інвалідністю, враховують особливості їхніх потреб та можливостей, за для створення більш дружнього середовища. Ці вимоги розробляються з урахуванням міжнародних стандартів, законодавчих норм, а також рекомендацій експертів у галузі інклюзивного дизайну та ергономіки.

Серед загальних функціональних вимог, що можуть впливати на ергономічні показники для людей з ПОРА, можна відзначити:

Таблиця 1.3

Функціональна вимога	Вплив на ергономічні показники для людей з ПОРА
Фізична доступність	Безбар'єрність простору: відсутність порогів, вільний підколінний простір, достатня ширина прорізів, можливість маневрування, забезпечення радіуса розвороту крісла колісного
Антропометрична відповідність зонам досяжності	Мінімізація потреби в нахилах або надмірному витягуванні рук: розміщення полиць, вимикачів, ручок, органів керування, адаптація меблів під різні висоти та регулювання кутів нахилу
Трансформація та модульність	Функціональна мобільність та універсальність: можливість адаптувати меблі під різні сценарії використання для різних груп користувачів, висувні стільниці, відкидні елементи, інтеграція додаткових адаптивних пристроїв, електроприводів
Безпечність використання	Мінімізація ризику травм: створення відчуття захищеності, округлі кути, антиковзкі покриття

Зменшення фізичного навантаження	Психофізіологічний комфорт: великі кнопки, легке натискання, оптимальна вага предметів
Статична фіксація та опори	Статична та динамічна стійкість: підтримка тіла під час зміни пози (самостійного пересаджування), полегшення процесу вставання або присідання, поручні, стопори на меблях
Дистанційне керування	Компенсація обмеженої мобільності технологічними рішеннями: сенсорні панелі, керування голосом, Smart Home
Сенсорна адаптація	Зниження когнітивного навантаження: тактильне кодування поверхонь, контрастні кольори, вібро та звукові сигнали
Гігієнічність матеріалів	Запобігання проблем шкіри: використання повітропроникних та гіпоалергенних матеріалів

Ці функціональні вимоги допомагають створити умови, які сприяють інклюзивної доступності простору для всіх користувачів, забезпечуючи їм можливість самостійного та комфортного функціонування у різних сферах життя.

Ергономіка в системі проектування часто позиціонується в рамках здоров'я людини і функції безпеки в оточуючому просторі. Застосовуючи ергономічні методи на мікро-, мезо- та макроергономічному рівнях, фахівці в архітектурному дизайні можуть покращити навички, здібності, комфорт і продуктивність користувачів простору, який вони проєктують.

Мікроергономіка – це галузь ергономіки, яка досліджує взаємодію між людиною та об'єктами робочого середовища на дуже дрібному, мікрорівні. Вона концентрується на аналізі та оптимізації деталей та мікроаспектів робочого оточення з метою підвищення комфорту, безпеки та ефективності праці. Підхід мікроергономіки спрямований на конкретний процес або окрему функцію.

Мезоергономіка є проміжною між мікро- та макро- і охоплює відносини між окремими людьми та соціотехнічними системами.

Макроергономіка являє собою більш широку систему організації праці.

Мегаергономіка – це галузь ергономіки, яка вивчає взаємодію людей зі складними соціотехнічними системами на рівні соціальних структур великих груп людей. Мегарівень ми не розглядаємо.

Більш детально розглянемо далі.

Основні аспекти мікроергономіки включають:

Просторова ергономіка робочого місця. Аналіз та оптимізація розташування обладнання, інструментів та матеріалів на робочому місці з метою забезпечення зручності та ефективності виконання завдань.

Дизайн інтерфейсів. Вивчення взаємодії людини з різноманітними інтерфейсами, такими як комп'ютерні програми, електронні прилади та інші пристрої, з метою зрозуміння та оптимізації їхнього впливу на користувача.

Ергономіка інструментів та обладнання. Дослідження конструкції та властивостей інструментів та обладнання з метою створення безпечних, зручних у використанні та ефективних засобів праці.

Фізичні навантаження та рухи. Вивчення рухової активності та фізичного навантаження на робочому місці з метою зниження ризику травм та захворювань, пов'язаних з роботою.

Вимоги до освітлення та звуку. Аналіз впливу освітлення та акустичних умов на комфорт та продуктивність працівників з метою оптимізації цих параметрів.

Мікроергономіка важлива для створення робочих умов, що максимально сприяють здоров'ю, комфорту та ефективності праці людини, а також для попередження ризику виникнення травм та захворювань, пов'язаних з професійною діяльністю.

Мезоергономіка – це галузь ергономіки, яка вивчає взаємодію між людиною та всіма аспектами робочого середовища, такими як організаційна структура, комунікації, групові процеси та культурні аспекти. У порівнянні з мікроергономікою, яка зосереджується на індивідуальних взаємодіях людини з об'єктами робочого оточення, мезоергономіка розглядає ширший контекст взаємодій в соціумі та організаційних аспектів праці.

Основні аспекти мезоергономіки включають:

Організаційна структура. Дослідження ролі організаційної структури у формуванні робочого середовища та взаємодії між співробітниками, включаючи формальні та неформальні ланцюжки комунікацій.

Комунікації та співпраця. Вивчення способів та засобів комунікації в організації, включаючи взаємодію між підрозділами, командами та окремими співробітниками, з метою покращення ефективності та зменшення конфліктів.

Лідерство та управління. Аналіз ролі керівників у формуванні робочого середовища та впливу їхніх дій на мотивацію, продуктивність та задоволеність працівників.

Групові процеси та динаміка. Вивчення взаємодії між членами групи, груповою динамікою, прийняттям рішень в груповому середовищі та ефективністю роботи в команді.

Культурні аспекти. Аналіз впливу культурних норм, цінностей та практик на організаційну культуру, співпрацю та спільну діяльність.

Мезоергономіка допомагає розуміти та оптимізувати взаємодію між людьми на робочому місці та в організаційному середовищі для створення більш ефективної, сприятливої та задовільної робочої атмосфери.

Макроергономіка – це галузь ергономіки, що вивчає взаємодію між людиною та соціотехнічними системами, такими як організації, галузі промисловості, міста, суспільні об'єднання та їх вплив на працю та життя людей.

Основні аспекти макроергономіки включають:

Дослідження організаційних структур. Вивчення впливу організаційних структур та управлінських практик на працю та продуктивність.

Галузеві та соціальні системи. Аналіз взаємодії між різними галузями та соціальними системами, такими як економіка, політика, освіта та здоров'я, з метою розуміння їх впливу на робоче та життєве середовище.

Дизайн міст та об'єктів інфраструктури. Розробка сприятливого та зручного середовища для проживання та роботи через планування та дизайн міст, вулиць, транспортних мереж та інших об'єктів інфраструктури.

Стандартизація та законодавство. Розробка та впровадження стандартів, нормативів та законодавства з метою забезпечення безпеки, здоров'я та добробуту працівників та громадян.

Суспільні та культурні аспекти. Дослідження впливу культурних, етичних та соціальних чинників на робоче та життєве середовище, а також на сприйняття та поведінку людей у ньому.

Макроергономіка спрямована на розуміння та оптимізацію *соціотехнічних систем* (СТС) з метою покращення якості життя та праці людей у всьому світі, порівняно з мезоергономічним та мікроергономічним рівнями організаційна структура макроергономіки реалізується в більш ширшому спектрі. Мезоергономічний рівень знаходиться між мікро- та макрорівнями. Результати прийняття рішень, створені на кожному ергономічному рівні, також мають значні відмінності, якщо рішення на макрорівні зосереджені на прийнятті загальних рішень або організаційній політиці на майбутнє. На мезорівні критичність вихідних рішень менша, ніж на макрорівні, оскільки він діє лише на рівні робочої групи. Результати рішень у мікроергономіці генеруються для включення удосконалень методів роботи, дизайну, робочих процесів та інше.

Кількість людей, залучених до реалізації на кожному рівні, також різна. Що стосується обсягу робочого простору, дослідження на макрорівні може охоплювати організацію, суспільство та навіть країну. Аналіз на мікрорівні охоплює взаємодію окремого користувача з елементами робочого місця, тоді як мезорівень передбачає розгляд соціотехнічних систем малого масштабу – взаємодію групи людей у межах конкретного предметно-просторового середовища.

Ще у 1978 році піонер ергономіки в Сполучених Штатах Арнольд Смолл (*Arnold Small*) закликав створити асоціацію вчених для оцінки

тенденцій змін в суспільстві які можуть мати драматичний вплив на сферу діяльності та для створення загальносистемного підходу до еволюції в галузі ергономіки – «Спеціальний комітет з питань майбутнього людського фактору» [67, 68]. Цей комітет очолив доктор Гел Хендрік (*Hal Hendrick*), який створив власну методологію, відому як – Макроергономічний аналіз структури (MAS) [67, 68]. «Хороша ергономіка - хороша економія» – ця його сентенція полягає в тому, що макropідхід є навіть кращим за економіку. За допомогою цієї методології можна визначити ключові характеристики будь-якої моделі та зробити аналіз чи відповідає вона MAS, якщо ні – це зазвичай свідчить про велику проблему [67, 68]. MEAD – макро-ергономічний аналіз і дизайн (*Macroergonomics Analysis and Design*) – це одна з кількох інших методологій, які використовують сучасні макроергономісти. Головна ціль якої полягає в дуже систематичному 10-кроковому способі розгляду ергономічної системи та способів їх покращення, в середньому, від 10-25 відсотків до 50-90 відсотків [67, 68].

Для створення ефективного середовища для людей з інвалідністю необхідно враховувати всі рівні ергономіки. Не достатньо підлаштувати робоче місце, або екран керування на мікрорівні, треба створити сприятливі умови оточуючого середовища на мезорівні та повну інтеграцію в робочі процеси та життя суспільства на макрорівні. І тільки врахуючи всі розроблені методології можна створити умови життя в якому інклюзія буде звичайним явищем, як і інший колір шкіри колись.

1.3 Сучасні асистивні технології для різних типів інвалідності

За останнє десятиліття завдяки одночасним досягненням у багатьох сферах, включаючи штучний інтелект, машинне навчання, робототехніку, Інтернет речей, автономні транспортні засоби та безпілотні автомобілі, 3D-друк, віртуальну та доповнену реальність, носимі асистивні пристрої, адитивні виробництва, нанотехнології, біотехнології, зберігання енергії та

квантові обчислення – стирають межі між фізичним і цифровим світами та створюють нові бізнес-моделі [60]. Структури галузей і ринків були трансформовані, і з'явилися нові продукти та послуги, про які ніколи раніше не знали. На суспільному рівні логіка «Індустрії 4.0», без можливості перенавчання на нові професії, може призвести не до підвищення ефективності виробництва, а, навпаки, до самообмеження. Також важливо зазначити, що вплив «Індустрії 4.0» на соціосистеми для людей з інвалідністю буде залежати від того, за якими принципами ці технології будуть розроблятися, впроваджуватися та використовуватися.

Вже існує багато різних сучасних технологічних інновацій, які можуть бути впроваджені в соціотехнічні системи для користувачів з ПОРА. Наприклад:

Асистивні технології (АТ), які призначені для того, щоб підтримувати на поточному рівні або підвищити функціональні можливості й автономність людей з хворобами та інвалідністю, тим самим сприяючи їх благополуччю. Це різноманітні допоміжні засоби та послуги, пристрої та програмне забезпечення, які допомагають особам з ПОРА: по перше, покращити мобільність для виконання повсякденних завдань; по друге, збільшує можливості спілкування; по третє, підвищує самооцінку та дає відчуття повноцінного члена суспільства; і, мабуть, головне – покращує можливості працевлаштування та підвищує продуктивність на робочому місці.

АТ може варіюватися за технологічними параметрами. Їх можна класифікувати за різними категоріями: типам інвалідності, наприклад для людей з порушеннями зору, слуху, мовлення, рухливості, когнітивних функцій; за специфічними функціями, наприклад – спілкування, мобільність, навчання, робота та інші; за рівнем складності, від простих слухових апаратів до складних, високотехнологічних кохлеарних імплантів [91]. Більш детальні приклади АТ по категоріям інвалідності:

Порушення когнітивних функцій:

- *Програмне забезпечення* для самоорганізації та планування, такі як менеджери завдань, нагадувачі та календарі. Менеджер завдань використовують для створення списків справ, встановлення нагадувань і відстеження прогресу, для створення нотаток (наприклад заміри тиску крові), а також для синхронізації ваших нотаток на різних пристроях. Нагадувачі та календарі – це два важливих типи асистивних технологій, які можуть допомогти людям з інвалідністю залишатися організованими та виконувати робочі завдання.

- *Нагадувачі* – це сповіщення, які допомагають людям пам'ятати про події, завдання або прийом ліків. Можуть бути візуальними, звуковими або вібраційними. Існують у вигляді додатків для смартфонів та ПК з такими функціями, як повторювані нагадування, списки справ та можливість ділитися з іншими електронною поштою, текстовими повідомленнями.

- *Календарі* – це інструменти, які використовуються для відстеження дат, зустрічей та подій. Їх можна використовувати для планування як особистого, так і професійного життя.

Паперові календарі замінені на цифрові, які можна використовувати на комп'ютерах, смартфонах і планшетах.

- *Системи GPS* для людей з ПОРА – можуть бути цінним інструментом для орієнтування та пересування. Існує багато різних типів систем GPS, такі як навігатори – це автономні пристрої, які використовують супутники для прокладання маршрутів під час водіння. Мають функції, які полегшують їх використання людям з вадами зору, наприклад, дають можливість збільшити текст або використовувати голосові команди. Також з такими ж функціями існує багато мобільних програм GPS, які можна використовувати на смартфонах і планшетах. Ці програми часто пропонують додаткові функції, як можливість знаходити громадський транспорт або точки інтересу.

Більш компактними є носимі пристрої, такі як смарт-годинники та фітнес-браслети. Більшість з яких мають вбудовані функції GPS. Ці пристрої

можуть використовуватися для відстеження вашої активності, отримання сповіщень та отримання вказівок.

Системи GPS можуть запропонувати багато переваг людям з інвалідністю, такі як покращена мобільність, зменшення стресу та підвищення безпеки, додатково надаючи їм інформацію про час у дорозі, пробки та альтернативні маршрути.

- *Програми для спрощеного читання* дуже корисний інструмент для людей з інвалідністю, які мають труднощі з читанням. Ці програми можуть перетворювати текст у більш простий формат, який легше зрозуміти. Існує багато різних типів програмного забезпечення як для ПК так і для мобільних пристроїв. Більшість цих програм вміють читати текст вголос. Крім того, існує багато веб-сайтів для спрощеного читання, які пропонують безкоштовні інструменти для перетворення тексту в більш простий формат. Ці вебсайти часто дозволяють користувачам вибирати з різних варіантів спрощення, таких як видалення складних слів або фраз або перефразування тексту.

Програми для спрощеного читання дають багато переваг людям з інвалідністю, які мають труднощі з читанням, такі як – покращене розуміння тексту, збільшують здатність читання та дає можливість отримувати інформацію без допомоги інших.

Деякі програми для спрощеного читання призначені для людей з певними вадами, наприклад, з дислексією або порушеннями зору.

- *Слухові апарати та кохлеарні імпланти* допомагають людям з порушеннями слуху чути. Кохлеарні імпланти встановлюють у випадку повної втрати слуху. Це електронний протез, який вживлюється у внутрішнє вухо і відновлює його функцію. Складається із внутрішньої частини – імпланта, яка знаходиться безпосередньо в завитці, і мовного процесора, який розташовується за вухом. Принцип роботи такий: звуки сприймаються мікрофоном мовного процесора, який аналізує їх і кодує в послідовність електричних імпульсів. Потім ці імпульси передавач посиляє через шкіру до імпланта, а той передає на електроди в равлику. Слуховий нерв сприймає їх і

посилає у слухові центри мозку. Мозок розпізнає передані сигнали як звук (рис. 1.1), [91].



Рис. 1.1. Кохлеарний імплантат, фото: naiu.org.ua

Порушення психічного здоров'я:

- *Терапевтичні програми*, які вже доступні в Інтернеті для встановлення на ПК та на мобільні пристрої, такі як *Talk space*, *Better Help* та *Mood fit*. Ці програми можуть допомогти людям з психічними розладами керувати симптомами, опанувати навички подолання проблем та покращити своє психічне здоров'я.

- *Програми для медитації та релаксації*. Додатки, такі як *Headspace*, *Calm* і *Insight Timer*, можуть допомогти людям з психічними розладами зменшити стрес, впоратися з тривогою та депресію, а також покращити загальне самопочуття.

- *Додатки для моніторингу настрою*, такі як *Mood Tracker*, *Daylio*, *EMoods*, *Happify* та *Mood path*. Ці комплексні додатки поєднують в собі відстеження настрою, когнітивно-поведінкову терапію (КПТ) та соціальну підтримку, щоб допомогти покращити психічне здоров'я та ідентифікувати тригери. Деякі додатки використовують ігри та позитивні вправи, допомагаючи підвищити настрій та стійкість, пропонують різноманітні

завдання для зосередження на благотворних аспектах свого життя, такі як вдячність та актів доброти.

- *Терапевтичні чат-боти* – це програми штучного інтелекту (AI), які імітують розмову з людьми, щоб допомогти їм з психічними проблемами. Їх часто розробляють для надання емоційної підтримки, консультування людей, які борються з тривогою, депресією, самотністю та іншими проблемами психічного здоров'я. Деякі чат-боти ґрунтуються на правилах і запрограмовані на найпоширеніший набір відповідей на часті запитання. Інші використовують більш складні алгоритми ML, які дозволяють їм навчатися на розмовах з користувачами та з часом покращувати свої відповіді.

- *Технології віртуальної реальності (VR)* використовують для покращення результатів, та як доповнення до традиційних методів лікування таких як терапія і медикаментозне лікування. Але на відміну від традиційних методів терапії, VR може створювати захоплюючі та імерсивні (технології повного або часткового занурення) середовища, які дозволяють пацієнтам безпечно досліджувати свої страхи, практикувати нові навички поведінки та отримувати допомогу у подоланні таких поширених психічних розладів, як посттравматичний стресовий розлад (ПТСР), може допомогти людям з фобіями та з тривожними розладами, такими як генералізований тривожний розлад (ГТР) та соціальний тривожний розлад (СТР), може допомогти людям з розладами харчової поведінки, такими як анорексія та булімія.

Порушення рухових функцій:

Асистивні технології вже відіграють значну роль в житті людей з обмеженою мобільністю або ампутацією, пропонуючи їм протези та ортопедичні вироби з вбудованою електронікою.

- *Ортопедичні вироби*, такі як ортопедичні корсети та ортопедичне взуття, також можуть бути оснащені АТ для покращення їхньої функціональності та комфорту. Наприклад, ортопедичний корсет може мати датчики, які відстежують зручну поставу тіла користувача та надають

зворотний зв'язок, щоб допомогти йому підтримувати її в правильному положенні.

- *Роботизовані екзоскелети* – це носимі пристрої, які можуть допомогти людям з обмеженою рухливістю ходити та виконувати інші завдання. Екзоскелет зазвичай оснащений комп'ютером, який керує рухами за допомогою сервоприводів. Вони можуть бути корисними для людей, які перенесли травму спинного мозку, інсульт або інші захворювання, які впливають на їхню мобільність.

- *Протези кінцівок*, такі як руки та ноги, можуть оснащуватися різними функціями, що працюють за допомогою АТ, такими як мікропроцесори, датчики та сервоприводи. Ці функції дозволяють протезам рухатися більш природно відповідаючи потребам користувача, та дозволяють йому захоплювати та маніпулювати предметами. Шведські науковці розробили нейропротез, який сконструйований таким чином, аби люди з ампутацією відчували згинання кінцівок у суглобах і спирання за землю. Для цього на устілці стопи протеза та в колінному суглобі розташували датчики тиску, які дотики перетворюють на електричні імпульси і по мікроскопічних електродах передають до великогомілкового нерва. Це дозволяє мозку відчувати дотики та будь-які рухи у штучній нозі, та сприймати протез як частину тіла (рис. 1.2) [106].

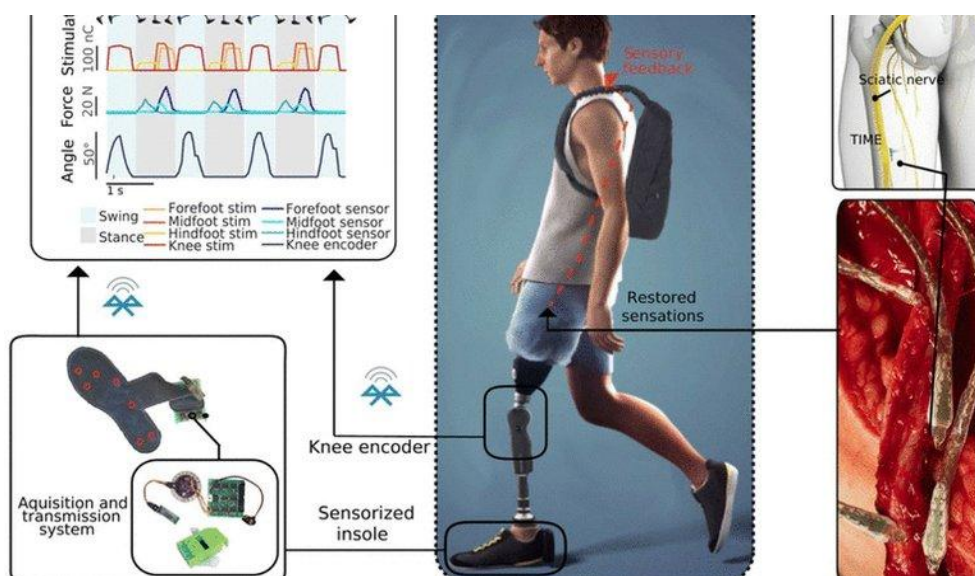


Рис. 1.2. Нейропротез нижньої кінцівки, фото: science.org

- *Електричні крісла колісні з асистивними технологіями вже відіграють значну роль у житті людей з обмеженою мобільністю. Завдяки інтеграції АТ в конструкцію крісел колісних, користувачі можуть отримувати додаткові можливості та функції, такі як джойстики для керування або, навіть, голосове керування.*

Активно досліджується нейрокомп'ютерний інтерфейс (BCI), який дозволить користувачам керувати кріслом колісним за допомогою думки, а поки в деяких моделях вже реалізована інтеграція зі смартфоном. Деякі крісла колісні оснащені функцією підйому, яка дозволяє користувачеві підніматися на певну висоту, щоб полегшити доступ до столів, полиць або інших предметів (рис. 1.3). Деякі крісла колісні можуть долати бордюри або сходинок та оснащуються функціями нахилу та відкидання, для більшого комфорту або покращення функцій дихання, датчиками перешкод, системами освітлення та сигналу тривоги.



Рис. 1.3. Крісло колісне з електроприводом *Otto Bock C1000 Lift Power Wheelchair*

Для інших типів інвалідності:

- *Системи керування будинком з використанням АТ - це наступний крок розвитку напрямку "розумного будинку", та відіграють значну роль у*

житті людей з інвалідністю, пропонуючи їм більшу незалежність, комфорт та безпеку в домашньому середовищі. Завдяки інтеграції АТ в системи освітлення, опалення, побутової техніки та інших пристроїв, люди з інвалідністю можуть керувати своїм домом за допомогою голосу, жестів або інших альтернативних методів, не потребуючи сторонньої допомоги. Наприклад, регулювання температури за допомогою розумних термостатів. Вони можуть автоматично регулювати температуру в будинку відповідно до заданих графіків або з мобільних пристроїв. Управління побутовою технікою, такі як пральні машини, холодильники та телевізори за допомогою смартфонів, планшетів або голосових команд (рис. 1.4). Системи сигналізації та екстреної допомоги, які оснащені датчиками диму, чадного газу та затоплення, можуть не тільки попередити користувача про небезпеку, а й визвати допомогу.



Рис. 1.4. Бездротова мережа Smart Home. Фото: researchgate.net

- *Транспортні засоби* з асистивними технологіями дають можливість людям з обмеженою рухливістю рук або ніг керувати транспортним засобом, їздити на роботу, в магазин або просто відпочивати, не потребуючи

сторонньої допомоги. Для цього встановлюють адаптивні педалі та системи керування голосом. Обладнують підйомниками, щоб допомогти людям в кріслах колісних потрапити в транспортний засіб.

Це лише кілька прикладів з багатьох асистивних технологій, вже доступних сьогодні. АТ постійно розвиваються, і з'являються нові інновації, які допомагають людям з інвалідністю жити більш повноцінним життям.

1.4 Особливості рухової діяльності людей з ПОРА та перспективи розвитку адаптивних пристроїв для їх переміщення

Рухова діяльність людини з ПОРА має ряд особливостей, які чинять несприятливий вплив на організм, працездатність та здоров'я. До них відносяться: обмеження загальної рухомості, локальний характер навантаження, одноманітність діяльності та елемент статичної напруги м'язів, у процесі робочих рухів або при підтримки певної пози. Існує визначений необхідний рівень рухової активності людини з ПОРА. Зменшення об'єму рухів у межах цього діапазону та зменшення моторної діяльності порушує функцію рухового апарату, центральної нервової системи та веде до патологічного гіпокінезу. При тривалій гіпокінезі страждає функція серцево-судинної системи. Також при цьому порушується білковий обмін, при якому процеси розпаду домінують над процесами синтезу, в результаті м'язи стають дряблими, а сила та витривалість зменшується. Одночасно з погіршенням властивостей м'язів до скорочування, спостерігається порушення координації, що в значній мірі знижує точність рухових реакцій. В умовах сучасного життя фізична діяльність, як правило, виконуються одними й тими групами м'язів від локальних (до 1/3 від усієї маси м'язів) до регіональних (від 1/3-2/3 усієї маси м'язів), що дуже негативно [60, 63, 73, 77]. Такий нерівномірний розподіл навантажень на опорно-руховий апарат, підтримка одноманітної, фіксованої пози на фоні зменшення загальної рухомості веде до порушень багатьох фізіологічних

процесів та функцій. І це необхідно звести до мінімуму. Фізіологи також відзначають більшу стомленість при статичній праці у порівнянні з динамічною, що також повинно бути використано при розробці робочого простору для людей з ПОРА. Тому при проектуванні адаптивних меблів та обладнання необхідно передбачати розподіл навантажень на м'язи малорухомої особи так, щоб виконувався увесь діапазон нормальних коливань рівня рухової активності.

До рухомих пристроїв для людей з ПОРА відносять механічні та електричні крісла колісні, сходові електро та мобільні підйомники, сходові гусеничні підйомники для крісла колісного, ходунки, милиці, протези, ортези, екзоскелети (див. додаток Б). Вибір правильного рухомого пристрою є індивідуальним процесом, який вимагає комплексного медичного підходу, та залежать від типу та ступеня порушень. Наприклад, на вибір крісла колісного при діагнозі параліч впливає ступінь важкості (параплегія, триплегія або тетраплегія). Порушення координації та балансу – впливають на вибір між активними та пасивними пристроями. М'язова слабкість або серцево-судинні захворювання також можуть обмежувати фізичні навантаження, що визначає необхідність електричного приводу.

Мобільність на кріслі колісному відкриває нові можливості для людей з ПОРА, позбавляючи їх від ізоляції в багатьох аспектах, таких як освіта, працевлаштування, спорт, соціальної взаємодії, доступу до медичного сервісу та інших. Але вони повинні відповідати не тільки індивідуальним потребам користувача, але й потребам навколишнього середовища, мати збалансовані біомеханічні властивості, бути безпечними, довговічними, зручними, придатними для обслуговування та доступними по ціні. Якісне крісло колісне сприяє фізичному здоров'ю користувачів, покращуючи дихання та травлення, одночасно зменшуючи такі проблеми, як пролежні, розвиток деформації та інше. Близько 1% від всього населення, або 10% серед людей з інвалідністю, потребують крісла колісного, а це майже 75 мільйонів одиниць. Окремий вид транспортного крісла – крісло-каталка (без

можливості самостійного керування) призначається для пасивного пересування та має чотири маленькі колеса, при використанні якої необхідна допомога іншої людини. Крісло колісне, навпаки має великі колеса і призначене для активного пересування з яким в більшості випадків людина може впоратися самостійно, бо оснащений спеціальним ободом, який і слугує для самостійного керування технічним засобом.

Особливості рухової діяльності у кріслі колісному.

Рухова діяльність людини з ПОРА у кріслі колісному має свої особливості, оскільки вони залежать не тільки від типу і ступеня інвалідності, а й від доступності середовища та власних навичок. Тому треба враховувати деякі чинники, а саме:

1. Техніка керування кріслом колісним:

Ручне керування. Люди з ПОРА керують кріслом колісним за допомогою рук і м'язів плечей. Це вимагає значної сили і координації, тому є деякі відмінності між чоловіками і жінками. Наприклад, чоловіки мають більшу м'язову масу і силу, що робить керування кріслом колісним менш напруженим завданням для них, особливо при подоланні нахилів. В деяких випадках, чоловіки можуть мати кращу координацію рухів або точнішу моторику, що дозволяє їм більш ефективно керувати кріслом колісним в умовах обмеженого простору. Але жінки більш схильні до розробки стратегій енергозбереження, тому краще планують маршрути та ефективно використовують маневри. Треба додати що деякі моделі крісел колісних можуть бути більше або менше відповідати конкретним фізіологічним особливостям чоловіків або жінок. Також, розмір та форма ручок для керування можуть впливати на зручність користування.

Електричне керування. Деякі крісла колісні обладнані електричними двигунами, що дозволяють керувати ними за допомогою джойстика або пульта. Керування електричним кріслом колісним нівелює деякі відмінності для чоловіків і жінок, проте ці відмінності теж існують. Жінки мають більшу

чутливість до дотику і тому вони більш точні у виконанні маніпуляцій з такими елементами керування.

2. Пристосування до різних типів поверхонь:

Пандуси і пороги. Людям з ПОРА необхідно мати навички подолання пандусів і порогів. Подолання пандусів та інших нахилів простіше на кріслі колісному з електричним двигуном. Деякі мають спеціальні системи підйому для подолання висотних різниць. Також для подолання цих перешкод можна використовувати спеціальні портативні пандуси або допомогу від інших людей.

Нерівності і перешкоди. Для повноцінного життя необхідно вміти керувати кріслом колісним по нерівним поверхням, камінню, піску та іншим перешкодам. Для подолання поверхонь з гравію, трави можуть бути корисні крісла колісні з великими колесами або спеціальними амортизаторами. Для руху по мокрій або слизькій поверхні можуть бути корисні колісні шини з більш агресивним протектором для кращого зчеплення з поверхнею. Також можна використовувати протиковзні покриття на підлозі для підвищення безпеки.

3. На маневреність у керування кріслом колісним впливають такі чинники:

Розмір і обертовий радіус крісла колісного. Чим менший обертовий радіус, тим легше робити повороти і маневри в обмежених просторах. Крісла колісні з вузькими колесами та вузькими рамами більш маневрені, але великі колеса та амортизаційна система допомагає долати нерівності та перешкоди, знижує вібрацію, забезпечуючи більш комфортний рух по нерівній поверхні.

Електричний привід та рульове керування. Електричний привід робить керування кріслом колісним легшим і менш вимогливим, деякі моделі навіть мають технології автоматичного керування, які дозволяють йому реагувати на рухи користувача або навіть автоматично обирати оптимальний маршрут.

Поворотне сидіння. Деякі крісла колісні мають можливість повороту сидіння, що дозволяє користувачам розгортатись в бік для спілкування з оточуючими без необхідності повного обертання коліс.

4. Фізична сила, витривалість та енергозатрати.

Рухова діяльність у кріслі колісному може вимагати значних фізичних зусиль. Треба уникати перевтоми під час тривалих переміщень. Тому фізична сила і витривалість грають важливу роль у житті людей з ПОРА. Вони повинні мати достатню силу, щоб штовхати крісло без зайвих зусиль. Тренування витривалості допомагає зберігати енергію та продовжувати подорожувати без відчуття перевтоми. Також для підтримання довготривалої рухової діяльності людям з ПОРА необхідно використовувати стратегії енергозбереження, а саме: ефективне планування маршрутів, використання нахилів і спусків для економії енергії та регулярні перерви для відпочинку.

5. Забезпечення доступності на рівні мезоергономіки.

Забезпечення доступності є важливим аспектом соціальної інклюзії та реалізації прав людей з інвалідністю, та сприяють їхній повноцінній участі в суспільному житті. Доступність просторового середовища для людей з ПОРА визначається рівнем заходів для адаптації фізичного оточення на рівні мезоергономіки, а саме будинків, транспорту, доступності послуг у закладах обслуговування. Серед основних заходів для забезпечення доступності можна відзначити наявність пандусів та ліфтів у будівлях, достатньо широкі двері і коридори, адаптовані санвузли, а також пристосований громадський транспорт з пандусами і спеціальними місцями для фіксації крісла колісного. Важливою є й доступність магазинів, ресторанів, бізнес-закладів та робочих місць.

Рухи та їх закономірності.

Рухи людини проходять у часі та просторі за певними механічними та фізіологічними законами. Скелет людини можна розглядати як шарнірну систему ланків, які можуть згинатись, розгинатись та обертатись. Шарнірні суглоби пальців рук дозволяють робити рухи тільки довкола однієї осі, тобто

згинання та розгинання. Лікоть дозволяє руці обертатися до тулуба та від тулуба, а плече дає можливість руці обертатись у декількох осях. Таким чином, переходячи від рук до тулуба та далі, можна отримати нові можливості рухів.

Існує ряд правил, які треба враховувати при конструюванні адаптивних меблів та рухомих пристроїв:

1. Рухи повинні відповідати фізіологічній та анатомічній структурі тіла.
2. Рухи повинні бути простими та ритмічними.
3. Рухи повинні здійснюватися у межах поля зору.
4. Кожний рух повинен закінчуватись у положенні, зручному для початку наступного руху.
5. Попередні та послідовні рухи повинні бути плавно пов'язані.
6. При роботі двома руками рухи повинні бути організовані симетрично й синхронно.
7. Рухи мають меншу стомленість, якщо вони діють у напрямку позитивної дії сили тяжіння.
8. Обидві руки повинні, за можливістю, одночасно починати та закінчувати дію.

Найбільш економічні рухи, коли під час праці бере участь передпліччя, кисть та пальці рук. Усією рукою слід користуватись тільки тоді, коли рух повторюється після тривалих пауз, а цикл його триває більш ніж 1-2 хвилини.

При моделюванні просторового середовища треба брати до уваги, що рухи людини з ПОРА мають певні межі.

Межі рухів рук.

1. Рухи рук у горизонтальній площині 1850- 2000 (у тому рахунку до 400 позад від нормально витягнутого положення на висоті плеча у бік).
2. Поворот руки у лотковому суглобі до плеча на 1450 від нормально витягнутого положення на висоті плеча у бік.
3. Поворот руки у лотковому суглобі угору обертанням плеча на 900.
4. Природний рух пальців долоні вниз на 900 (вільне захоплення).

5. Рух кисті у площині долоні назовні та усередину, в цілому до 850.

6. Згинання та розгинання кисті до 1400.

Сила рухів.

Сила людини залежить :

1. Від віку – у чоловіків максимум сили у віці біля 25 років, у жінок максимум сили біля 30 років.

2. Від статі. Жінки приблизно на 30% слабкіші за чоловіків.

3. Від тренуваності рук (віддається перевага правої руці, вона приблизно на 10% сильніш лівої).

4. Від вправ. Систематичні тренування збільшують витривалість та силу.

5. Від активного відпочинку.

Підняття вантажів.

1. Чоловік – 30 кг (у рідких випадках – 55 кг).

2. Жінка – 15 кг (у рідких випадках – 30 кг).

3. Підняття та пересування вантажу :

а) легке фізичне навантаження – 6 кг ;

б) помірне фізичне навантаження – 6-16 кг ;

в) середнє фізичне навантаження – 15-30 кг ;

г) тяжке фізичне навантаження – 30-50 кг ;

д) дуже тяжке фізичне навантаження – понад 50 кг.

Слід завжди пам'ятати, що м'язи менш втомлюються при динамічному навантаженні, ніж при статичному. Статичне навантаження повинно зводитись до мінімуму.

Величина сили визначається положенням тіла та напрямком руху:

1. Величина сили, яку розвиває рука, залежить від положення верхньої частини тіла: тиснення вперед та тяга назад (рис. 1.5, а, б), дія зверху – вниз (рис. 1.5, в, г) сильніша при руху збоку.

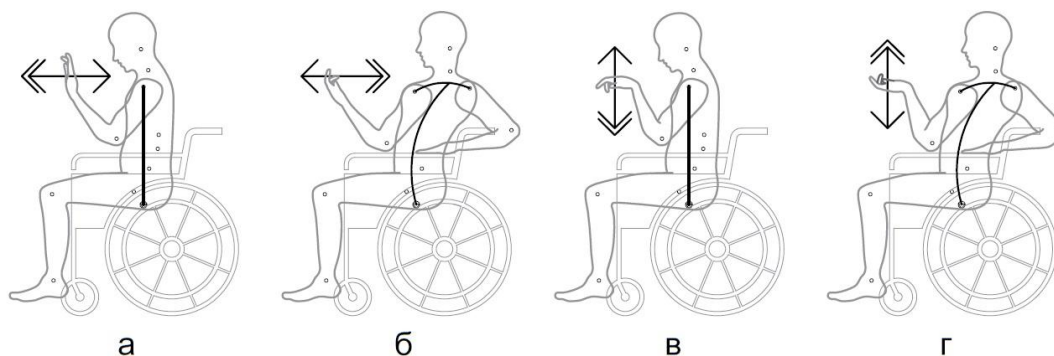


Рис.1.5. Оптимальне положення тіла для максимального зусилля, яку розвиває рука

2. У положенні сидючи, сила тяги більш, чим у положенні стоячи.
3. Сила тяги по горизонталі більше при руху вперед себе, ніж при руху збоку (рис. 1.5, а).
4. Миттєва сила тяги може бути 110 кг, середня – 30 кг.
5. Сила тиснення більша при зігнутій руці, ніж при прямій та витягнутої. Тиснення у бік збільшує тягу (рис. 1.5, б).
6. У положенні сидючи, тиснення (розгинання рук) сильніше, ніж тяга (згинання рук).
7. Зусилля для рук більш за 15 кг швидко втомлюють.
8. Сила передпліччя більша при зігнутої, ніж при витягнутої руці.
9. Зусилля, яке рука розвиває сильніше у положенні сидючи, розташовуються у такій черзі: тиснення горизонтальне, тяга горизонтальна, тиснення вгору, рух вниз, рух до себе (збоку), рух від себе (збоку).
10. Сила обертання руки залежить від її положення та напрямку оберту. При повороті усередину із положення вивернутого назовні, розвивається більша сила, ніж при зворотному руху.

Звичайний рух для людей з ПОРА у кріслі колісному так само спирається на закони механіки та принципи біомеханіки, проте враховується специфіка їх фізичних обмежень та потреб.

Прямолінійний рух описується першим законом (закон інерції) Ньютона та включає переміщення в певному напрямку без зміни кута. Для виконання прямолінійного руху люди з ПОРА у кріслі колісному використовують м'язи обох рук та плечей для штовхання візка, щоб створити прискорення та забезпечити прямолінійний рух. Важливе вміння стабілізувати та контролювати рівновагу для уникнення перекидання крісла колісного.

Рух по криволінійній траєкторії описаний другим законом (закон прискорення) Ньютона. Керування кріслом колісним по криволінійній траєкторії вимагає від людей з ПОРА високого рівня маневреності та координації при виконанні різних рухів, таких як повороти, обертання та зупинки. Необхідно використовувати різні стратегії та техніки, щоб забезпечити безпеку та ефективність руху. А саме, маневрувати в різних напрямках використовуючи техніку управління за допомогою однієї або обох рук для керування колесами, регулювання швидкості та кутами руху крісла колісного. Для впевненості, треба регулярно проводити тренування у вдосконаленні контрольованого руху по криволінійній траєкторії.

Антропометричні данні людей з ПОРА. Антропометрія є складовою частиною антропології (науки про походження та еволюцію людини), вона в свою чергу складається в систему даних із багатьох дослідницьких напрямків, а саме: антропоскопії, стабілометрії, соматометрії, кінезіології, гоніометрії, динамометрії та 3Д-сканування. Існують і інші напрямки, але ми їх не розглядаємо.

Антропометричний аналіз для людей з ПОРА включає в себе вимірювання різних параметрів фізичних характеристик тіла для оптимізації підбору та налаштування рухомих адаптивних пристроїв. А саме:

1. Вимірювання розмірів різних частин тіла, таких як довжина кінцівок, ширина плечей, обхват стегон та багато інших.
2. Вимірювання ваги тіла для оцінки розподілу тиску на сидіння крісла колісного для забезпечення оптимального розподілу тиску на шкіру та внутрішні органи.

3. Функціональні вимірювання параметрів, таких як діапазон рухів у суглобах, м'язова сила та інші показники, що відображають рухові можливості та фізичний стан користувача.

4. Ергономічну оцінку параметрів крісла колісного, таких як висота сидіння, кути нахилу, розташування підлокітників та підніжок, для забезпечення оптимального положення тіла.

5. Розробка адаптивних пристосувань або модифікацій для крісла колісного з урахуванням індивідуальних особливостей тіла користувача з метою покращення максимального рівня комфорту при його використанні.

Таблиця 1.4

Основні розміри людини з ПОРА у кріслі колісному

	Найменування розміру	Чоловік			Жінка		
		m-2s	m	m+2s	m-2s	m	m+2s
M	Висота голови над сидінням (Висота стоячої фігури)	83 (163)	90 (175)	95 (187)	78 (153)	84 (165)	90 (177)
N	Рівень очей над сидінням (Рівень очей стоячої людини)	73 (153)	79 (164)	84 (176)	68 (143)	73 (154)	78 (165)
O (C)	Висота плечей над сидінням (Вис. плечей стоячої людини)	55 (134)	60 (144)	63 (154)	50 (124)	54 (134)	58 (144)
P	Висота ліктя над сидінням (Висота ліктя стоячої людини над підлогою)	21 (101)	23 (108)	24 (116)	20 (95)	21,5 (103)	23 (110)
R (E)	Відстань від коліна сидячої людини до сідниць (Вис. колін у стоячої людини)	57 (47)	61 (51)	65 (54)	52 (46)	56 (49)	60 (53)
S	Довжина сидіння нижньої частини стегна	44	48	51	43	46	49
T	Висота сидіння над підлогою	42	45	49	40	43	46
F	Розмах рук	173	186	198	153	165	177
G	Відстань від кінчика пальців витягнутої руки до спини	80	86	92	66	71	76
H	Довжина передпліччя та кисті	44	48	51	40	43	46

	зігнутої руки						
I	Ширина плечей	42	46	49	37	40	42
K	Товщина тулуба	21	23	24	23	25	27
L	Ширина стегна	29	32	34	32	34	37
U	Висота стегна сидячої людини	12	13	14	13	14	15
V	Довжина стопи	25	27	29	23	25	27
X	Ширина стопи	9,5	10	10,5	8,5	9	9,5
Y	Довжина кисті	18	19	21	16	17,5	18,5
Z	Висота кисті	9	9,5	10,5	7,5	8	8,5

Тому конструктор або проєктувальник, який розробляє обладнання для людей з ПОРА повинен мати необхідні знання у галузі антропометрії (табл. 1.4).

Огляд роботизованих крісел колісних із покращеною мобільністю та незалежністю для людей з ПОРА. Останніми роками людство стало свідком значного прогресу у сфері адаптивних (допоміжних) технологій, яка спрямована на покращення життя людей з ПОРА. Одним серед цих революційних інновацій стали *розумні роботизовані крісла колісні (РРКК)*, які перевернули уявлення способу орієнтування малорухливих людей в просторовому середовищі. Ці технологічно просунуті вироби використовують передову робототехніку, штучний інтелект (AI) і сенсорні технології, задля створення безпрецедентного рівня незалежності, автономності та безпеки для користувачів крісел колісних. У 2017 році *Erdogan and Argall* запропонували модульну конструкцію крісла колісного, яка дозволяла адаптувати їх відповідно до конкретних потреб і вподобань окремих користувачів [64, 65]. А вже в 2023 році *Cui* (та інші) вдосконалили модульний підхід до проєктування. Були запропоновані легкі та компактні конструкції які мали вирішальне значення для забезпечення простоти маневреності та транспортування [63]. *Misch and Sprigle* в 2022 році представили конструкцію з використанням вуглецевого волокна, що зменшило загальну вагу, зберігаючи цілісність конструкції [75]. *Verma* (та

інші) в 2022 році провели дослідження ергономічного дизайну крісел колісних, виявивши важливість регулювання сидіння, контуру спинки та підтримки оптимальної пози для розподілу тиску [85]. *Liu* (та інші) в 2022 році розробили навігаційну систему для крісел колісних на основі AI та методів комп'ютерного зору [69, 70]. Система використовувала алгоритми глибокого навчання для розпізнавання та класифікації перешкод, дозволяючи кріслу колісному самостійно планувати оптимальні шляхи та уникати зіткнень. Лідарні датчики продемонстрували значний потенціал для сприйняття перешкод і картографування в розумних роботизованих кріслах колісних (РРКК). *Labbé* та *Michaud* ще у 2019 році розробили навігаційну систему на основі лідара, яка поєднує методи одночасної локалізації та картографування (SLAM). Система дозволяла кріслу колісному створювати карту навколишнього середовища в режимі реального часу та здійснювати автономну навігацію, забезпечуючи ефективне уникнення перешкод. Методи SLAM відіграють вирішальну роль у роботизованій навігації на кріслах колісних, дозволяючи створювати карту середовища та локалізувати його [107]. *Koide* (та інші) в 2019 році запропонували використання лазерних далекомірів та датчиків одометрії. Система досягла точної локалізації та картографування. *Ding* (та інші) в 2023 році представили підхід до планування шляху, який поєднав алгоритм випадкового дерева швидкого дослідження (*Rapidly-exploring Random Tree, RRT*) і метод потенційного поля (*potential field method*) [108]. Цей підхід ще покращив ефективність навігації. *Gomes* (та інші) у 2023 році запропонували метод уникнення локальних перешкод, який використовував комбінацію лідарних і ультразвукових датчиків, який дозволив кріслу колісному виявляти та уникати перешкоди у режимі реального часу. Спільна навігація між кількома РРКК (розумними роботизованими кріслами колісними) була запропонована *Yenugula* (та іншими) у 2023 році [109]. Співпраця декількох роботів, з використанням децентралізованого обміну інформацією, дозволила спільне уникнення

перешкод і планування шляху для кількох РРКК, покращуючи навігаційні можливості в людних динамічних середовищах.

Традиційні крісла колісні і досі слугують життєво важливим допоміжним засобом пересування для людей з ПОРА, однак мають обмеження, такі як необхідність ручного приводу, труднощі з маневруванням у тісному просторі та відсутність адаптації до різних місцевостей. РРКК майже не мають цих вад, завдяки вбудованій інтелектуальній системі, вони можуть сприймати, інтерпретувати та реагувати на навколишнє середовище, надаючи користувачам можливість переміщатися з більшою легкістю та впевненістю. Оснащені передовими технологіями, такими як *LiDAR*, камерами та датчиками глибини, ці крісла колісні можуть наносити на мапу оточення, в режимі реального часу, перешкоди, оптимальні шляхи та потенційні небезпеки. Алгоритми AI обробляють цю інформацію, приймаючи розумні рішення для забезпечення найкращої навігації. Користувач просто вводить бажаний пункт призначення, а РРКК подбає про все інше, уникаючи зіткнень, регулюючи швидкість і навіть знаходячи найефективніші маршрути. Багато моделей пропонують такі функції, як регулювання положення сидіння, персоналізована підтримка сидіння та автоматичне регулювання на основі положення тіла користувача та розподілу ваги, всі ці функції закладені в РРКК. Це сприяє оптимальній ергономії та знижує ризик пролежнів і проблем опорно-рухового апарату, пов'язаних із тривалим використанням крісла колісного.

Крім того, РРКК мають інтегровані параметри підключення, що дозволяє користувачам керувати своїми кріслами за допомогою смартфонів, планшетів або інших переносних пристроїв, що ще більше покращує їхню загальну мобільність. Деякі моделі навіть пропонують такі функції, як можливість стояти, дозволяючи користувачам переходити з положення сидячи в положення стоячи, сприяючи кращому кровообігу (див. додаток Б).

ВИСНОВКИ ДО ПЕРШОГО РОЗДІЛУ

1. Проведено аналіз теоретичних і практичних досліджень вітчизняних та закордонних авторів. Систематизовано та структуровано вимоги до формування життєвого безбар'єрного простору для людей з інвалідністю. Розглянуто основні вимоги та критерії універсального та адаптивного дизайну, що повинні враховуватись в процесі моделювання адаптивних меблів.

2. Визначено функціональні вимоги до робочого простору та обладнання для людей з інвалідністю на всіх рівнях від мікроергономіки та мезоергономіки до макроергономіки. Визначено вплив функціональних вимог на процес проєктування інклюзивного середовища на кожному рівні ергономіки.

3. Підтверджено, що сприйняття інклюзії часто позиціонується в рамках здоров'я людини та функції безпеки в оточуючому середовищі. Встановлено, що саме інклюзивний дизайн є одним із головних завдань для архітекторів та дизайнерів на у всіх етапах проєктування на сьогодні.

4. Виконано аналіз рухової діяльності людей з ПОРА та стан проблем з якими вони стикаються при взаємодії з різними типами пристроїв для пересування. Розглянуто перспективи розвитку сфери розумних роботизованих крісел колісних та які асистивні технології будуть впровадженні найближчим часом.

Публікації автора з розглянутих питань: [54, 55, 56].

Список використаних джерел у першому розділі: [1, 2, 5, 6, 14, 15, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 27, 29, 31, 32, 33, 34, 36, 39, 42, 44, 64, 49, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 61, 62, 63, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 81, 82, 83, 84, 101, 102]

Список публікацій здобувача за матеріалами першого розділу

1. Щеглов С.П. О геометричному моделюванні візуального простору для людей з обмеженими опорно-руховими функціями. Прикладна геометрія та інженерна графіка. Міжвідомча науково-технічна збірка. Випуск 60. Київ: КДТУБА, 1996. С. 199-201.

2. Щеглов С.П. До питань моделювання огинаючої поверхні горизонтального контуру обладнання кухонь для людей у кріслах-колясках. Прикладна геометрія та інженерна графіка. Міжвідомча науково-технічна збірка. Випуск 61. Київ: КДТУБА, 1996. С. 225-228.

3. Щеглов С.П. Узагальнено-символічна форма геометричного апарату для моделювання оточуючого середовища для інвалідів у кріслах-колясках. Прикладна геометрія та інженерна графіка. Міжвідомча науково-технічна збірка. Випуск 62. Київ: КДТУБА, 1997. С. 221-223.

4. Щеглов С.П. Основні розміри меблевих виробів: методичні вказівки до проведення практичних занять з курсу «дизайн меблів» для студентів спеціальності 7.02.02.10. Київ : КНУТД, 2006. 59 с.

5. Щеглов С.П. Вимоги до розмірів меблевих виробів для житлових приміщень: до проведення практичних занять для студентів спеціальності 022 «Дизайн». Київ : КНУБА, 2023. 48 с.

6. Семеніцька К.І., Щеглов С.П. Принципи модернізації інтер'єру закладів позашкільної освіти. Програма та тези доповідей. Архітектура та будівництво: відновлення України. Наука, технологія, практика: Міжнародний науково-технічний форум, 17–18 листопада 2022 р. Київ: Ліра-К, 2022. С.298-299.

7. Щеглов С.П. Вплив меблів на організацію архітектурного простору. Програма доповідей XV Всеукраїнської наукової конференції «Сучасна архітектурна освіта: відбудова та розвиток в європейському контексті». Київ, 2023. 2 с.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ПРОЄКТУВАННЯ БЕЗБАР'ЄРНОГО ПРОСТОРОВОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ПОРА

2.1 Формування робочого фізичного середовища для людей з ПОРА в межах соціотехнічної системи

Перетин рівнів системної ергономіки створює механізм оцінки просторового середовища (ПС) для людей з ПОРА. Міжнародна асоціація ергономіки (IEA, 2000) виділяє три напрямки ергономічної спеціалізації: фізична ергономіка, когнітивна ергономіка та організаційна ергономіка. Ці три спеціалізації можна згрупувати в мікроергономіку, мезоергономіку та макроергономіку. Фізична та когнітивна ергономіка включає в себе дослідження, які зосереджуються на взаємодії людини з фізичним оточенням. Організаційна ергономіка, більш відома як макроергономіка, займається проєктуванням соціотехнічних систем (СТС). Метою створення СТС є розробка таких робочих умов, які задовільняють як окремого працівника з ПОРА так і організацію, та дозволяють досягти високої продуктивності в безпечному робочому середовищі, а для організації збільшити свою прибутковість. Значна частина базової теорії системного підходу спирається на низки інших ергономічних змінних у робочому середовищі нижніх рівнів ергономіки. Відомий теоретик ергономіки Джон Р. Вілсон (*John R. Wilson*), автор фундаментальної книги «Оцінка людської праці» (*Evaluation of Human Work*, 2015), стверджує, що просто покращення функцій опорно-рухового апарату, без врахування психологічних, емоційних, соціальних впливів та причинно-наслідкових зв'язків ПС не може мати успішних рішень та не є повністю ергономічним підходом [110]. Центральна ідея системного підходу полягає в тому, що складні системи утворюються із взаємопов'язаних компонентів, властивості яких можуть змінюватися. Це означає, по-перше, що рух в одній частині системи веде передбачуваним чином до руху в інших

частинах системи; по-друге, їхня відкритість до впливів ПС веде до перманентного стану постійних змін. І головне, що це дає розуміння того, як дії на одному рівні впливають на командні та організаційні рівні для аналізу та перепланування роботи структури в цілому.

Еволюція інтересу до безпеки на робочому місці стала результатом усвідомлення того, що традиційні стратегії подолання величезного тягара виробничого травматизму досягли межі своєї корисності. По-перше, моделі управління ризиками, які лежать в основі наукових і професійних підходів, мають лише обмежену здатність вирішувати приховані або нові ризики, та мають обмежену здатність розглядати складність поточних робочих систем. По-друге, зосередження уваги на окремому працівникові (наприклад, з ПОРА) припускає багато додаткових змінних, якщо розглядати його з ширшої перспективи соціотехнічних систем. Можна досягти суттєвого прогресу в безпеці, якщо відбудеться зміщення одиниці аналізу на рівень соціотехнічної системи, та якщо значуще розширити методологію вимірювання та аналізу параметрів, пов'язаними із соціальним, організаційним та технічним середовищем.

Розробка соціотехнічного системного підходу до безпеки на робочому місці для людей з ПОРА.

Існують різноманітні сфери ергономіки, які мають різні підходи до питання проектування, планування та управління взаємодією людей з ПОРА у складних робочих системах. До цих підходів відносять: макроергономіку, інтеграцію людських систем (*Human Systems Integration*), теорію соціотехнічних систем (*STS theory*), антропотехнологію (*Anthropotechnology*), психодинаміку праці (*Psychodynamics of work*) та інші (табл. 2.1). Крім цього, існують науки про управління, де увага зосереджена на організаційній психології, стресі та поведінці працівників. Багато розрізнених наукових спільнот, тим чи іншим чином, мають справу зі складними соціотехнічними системами, які стосуються безпеки на робочому місці.

Таблиця 2.1

Підходи дослідження складних робочих систем

Назва підходу та автори	Призначення	Характеристика моделі	Роль людини в системі	Теоретичні основи	Безпека робочого місця
Макроергономіка (Hendrick and Kleiner 2001; Kleiner 2008)	Проектування робочого місця	Кадрова підсистема. Технологічна підсистема. Внутрішнє середовище. Зовнішнє середовище. Завдання та організаційне оформлення.	Центр системи - людина	Теорія СТС	Узгоджена оптимізація соціотехнічних рівнів системи
Інтеграція людських систем (Booher 2003)	Підхід орієнтований на користувача для проектування складних систем	Безпека. Робоча сила. Персонал. Навчання. Здоров'я.	Продуктивність людини в системі є основним критерієм дизайну	Системотехніка. Проектування системи навчання. Система безпеки	Акцент на продуктивності людини як центральному критерії проектування
Теорія СТС (Trist 1981, Mumford 2006)	Розроблено для покращення умов праці. Подальші розробки в області проектування інформаційних систем	Соціальна підсистема. Технічна підсистема. Навколишнє середовище	Людські потреби та цінності	Теорія відкритих систем	Спільна оптимізація технічної та соціальної підсистем
Антропо-технологія (Wisner 1991)	Зрозуміти умови та наслідки передачі технологій для промислово не	Аналіз на різних рівнях, що пов'язує діяльність працівників (мікро) з	Боротьба з бідністю. Розвиток виробничих систем у різних соціальних,	Антропологія. Ситуаційне пізнання	Адаптувати технічні системи, організацію роботи до реальних умов

	до розвинених країн	організацією праці, промисловим розвитком і місцевою культурою (макро)	технічних, географічних, історичних та культурних ситуаціях		і надавати різні рішення для різних ситуацій
Психодинаміка праці (Dejours 1980, 2009)	Зв'язок між організацією праці та психічним здоров'ям. Покращення відносин між працівниками та їхньою роботою	Психічний захист. Розуміння поведінки працівників у ризикованих і небезпечних умовах	Зв'язок між організацією праці та психічним здоров'ям	Психоаналіз. Критична філософія	Розробка різних систем роботи. Трансформація критеріїв аналізу продуктивності працівників

Соціотехнічна система – це синергетична комбінація людей, машин, середовища, робочої діяльності та організаційних структур і процесів, які складають дане підприємство. Соціотехнічна система має дві взаємопов'язані підсистеми:

- технологічна підсистема, яка включає обладнання, машини, інструменти, технологію та організацію праці;
- соціальна підсистема включає як окремих індивідів так і команди в цілому, а також управління їх координацією.

У графічному вигляді можна розглянути соціотехнічну систему на рисунку 2.1. Вона представлена як ієрархічний набір вписаних одна в одну фігур, які є частиною моделі. Запропонована соціотехнічна модель системи безпеки на робочому місці для людей з ПОРА інтегрує різні підходи робочих систем у соціально-організаційному контексті. Зовнішній рівень моделі представляє зовнішнє середовище та передбачає кінцеву мету всіх таких систем та їх потенціал для глобальної інтеграції.

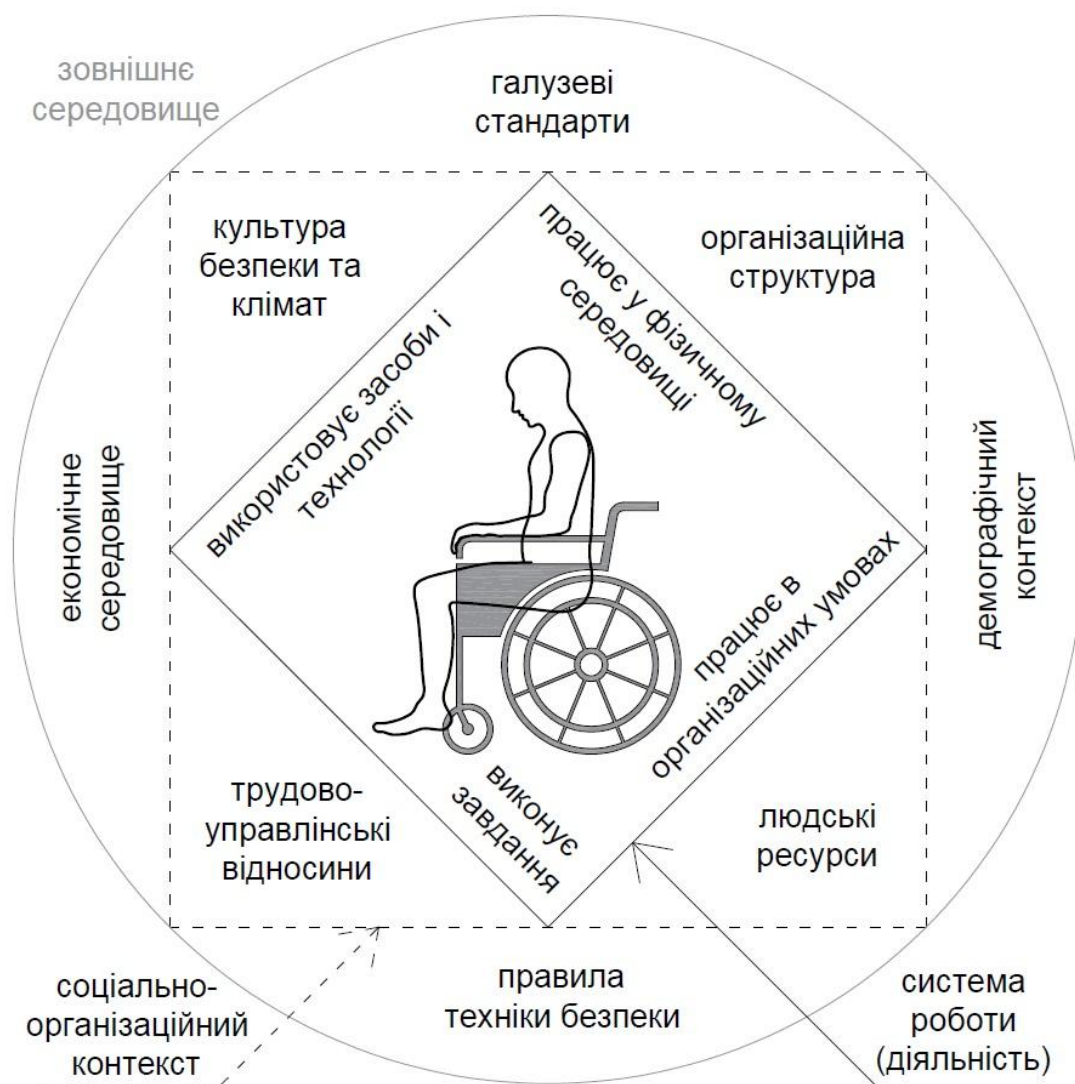


Рис. 2.1. Модель робочого місця для людей з ПОРА в межах соціотехнічної системи

Внутрішній рівень позначається системою роботи та описує локальний контекст, у якому виконуються робочі дії. На цьому рівні система розглядається як орієнтована на людину з ПОРА, та відображає складність визначення багатогранної ролі людини по відношенню до інших елементів системи, таких як завдання, інструменти та технології, фізичне середовище та організаційні питання. Людина знаходиться в центрі робочої системи й оточена низкою елементів, з якими вона взаємодіє. Кожен елемент системи взаємодіє з іншими. Це породжує особливі вимоги до інтерфейсу, які

відповідають обмеженням користувача з ПОРА. Інтеграція підходів пов'язана з вирішенням вимог для кожного системного елементу та на всіх рівнях системи.

Другий рівень, який називається *соціально-організаційним контекстом*, відноситься до соціальних та організаційних структур (наприклад, офіси, підприємства). Цей контекст впливає на ефективність проектування робочої системи. А саме, культурні аспекти (цінності та переконання) і устрій впливають на поведінку людей, зокрема, на те, як вони взаємодіють з елементами системи (на відміну від того, як це передбачено проектувальниками системи). Існує багато досліджень з менеджменту про поведінку в організаційному управлінні, наприклад, концепції та методи вимірювання для вивчення впливу культури або клімату безпеки на поведінку працівників у локальній робочій системі. Дослідження з організаційного дизайну може допомогти описати необхідні заходи безпеки на робочому місці для людей з ПОРА.

Зовнішній рівень – це соціальне, економічне, демографічне, правове та політичне середовище або *зовнішнє середовище*. У запропонованій моделі соціотехнічної системи робочого місця для людей з ПОРА зовнішнє середовище включає всі елементи, оскільки вони впливають на загальну продуктивність і безпеку, а для цього їх потрібно краще зрозуміти.

Підходи СТС описують різні рівні системи і їхню взаємодію, які впливають на робоче місце для людей з ПОРА. Мікро-, мезо- і макроергономічні змінні пов'язані між собою, наприклад, дизайн інструментів і технологій, якими користуються працівники, залежить від рішень, прийнятих на організаційному рівні ще на стадії проектування. Це приклад взаємодії між рівнем соціально-організаційного контексту та рівнем робочої системи. Навчання є ще одним елементом соціально-організаційного контексту, який може впливати на рівень робочої системи. Наприклад, компанії інвестують ресурси в проведення тренінгів з техніки безпеки, які формують необхідні навички та знання у працівників для використання в

локальній робочій системі. Дослідження СТС робочого місця може дати відповідь, як діяльність працівників у локальній системі праці може впливати на соціально-організаційний контекст, наприклад, на культуру безпеки та психологічний клімат на робочому місці для людей з ПОРА.

Соціотехнічні системи (СТС) є типом *складної адаптивної системи*. Складні адаптивні системи визначаються як класи складних систем, структурні та динамічні характеристики яких саморегулюються у відповідь на внутрішні та зовнішні збурення (*Miller and Page, 2007*). Такі системи ще описують як «само організовані», які представляють процес перерозподілу відповідальності в системі [111].

2.2 Індуктивна модель об'єднання мікро-, мезо- та макроергономічних рівнів у просторовому середовищі для людей з ПОРА

Індуктивна модель об'єднання просторів від мікроергономіки до макро- (і навіть мега-) рівня є підходом до розуміння взаємозв'язку між різними масштабами аналізу дизайну робочих та житлових середовищ з точки зору ергономіки (рис. 2.2). Ця модель передбачає, що ефективні та зручні робочі й житлові середовища формуються шляхом врахування потреб і характеристик користувачів на кожному рівні. Мікрорівень ергономіки у найменшому масштабі аналізує взаємодію людини з конкретними об'єктами та інструментами, що має вплив на мезоергономіку вже на середньому рівні, досліджуючи взаємодію між користувачами та різними об'єктами в окремому просторі. Це призводить до більш ширшого розгляду аспектів взаємозв'язку між різними середовищами та їх вплив на користувачів у великому масштабі, на найвищому рівні, якими займається макроергономіка. Це дозволяє організувати життєвий простір людини з інвалідністю таким чином – де доступність до сервісів, транспортних мереж та інфраструктури буде такою ж простою, як і до пульту керування на кріслі колісному.

Індуктивна модель дозволяє сприймати середовище як систему взаємопов'язаних компонентів на різних рівнях, які взаємодіють між собою та впливають на здатність та комфорт користувачів. Врахування потреб та характеристик користувачів на кожному рівні дозволяє створити таке середовище, яке буде сприяти підвищенню продуктивності та здоров'я.

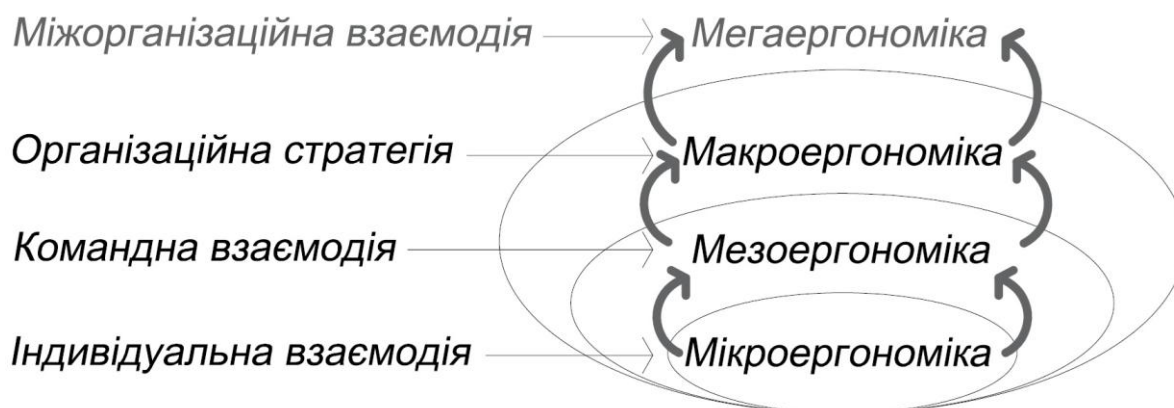


Рис. 2.2. Індуктивна модель рівнів ергономіки

Також поєднання всіх рівнів ергономіки створює синергетичні (сумарні) можливості глибшого розуміння комплексної оптимізації робочих та жилих середовищ для людей в кріслах колісних та дозволяє розглядати ці середовища у різному масштабі, та буде сприятиме підвищенню добробуту соціуму в цілому.

Якщо піти далі – можна дослідити взаємний вплив всіх рівнів один на одного. Зрозуміло, що кожен рівень не може існувати окремо, бо мають багато зв'язків між собою, які ґрунтуються на принципах системного підходу та інклюзивного дизайну.

Наприклад, мікроергономічний рівень охоплює адаптацію предметів безпосереднього оточення до потреб людини в кріслі колісному:

- розміри та форма меблів, обладнання, дверних прорізів тощо;
- розташування елементів керування, зручність використання;

- відповідність анатомічним та біомеханічним характеристикам людини в кріслі колісному всіх елементів інтер'єру;

- обґрунтований вибір матеріалів, з яких виготовлені елементи.

Вже на рівні мезоергономіки предмети безпосереднього оточення впливають на:

- розміри та організацію робочого простору, його відповідність потребам та можливостям користувачів в кріслі колісному;

- розташування обладнання, меблів та інших елементів, для більшої зручності їх використання;

- організація робочого процесу, його вплив на фізичне навантаження для людей з ПОРА;

- освітлення, акустика, мікроклімат та інші фактори зовнішнього середовища, які впливають на самопочуття людини з інвалідністю.

А це безпосередньо впливає на макрорівень, де вже модулюються взаємодії людей з обмеженими опорно-руховими функціями із системою в цілому, враховуючи такі аспекти:

- доступність інформаційних та комунікаційних каналів;
- наявність та доступність технічної та соціальної підтримки для людей з інвалідністю;

- можливість навчання, працевлаштування та соціальної інтеграції;
- формування інклюзивної культури та толерантного ставлення до людей з інвалідністю.

Індуктивна модель пропонує процес проєктування, який включає наступні етапи:

Збір даних. А саме: потреби користувачів, їх фізичні та психологічні особливості, вік, обмеження та можливості. Зазвичай, на цьому етапі проводять опитування, інтерв'ю, спостереження, збір статистичних даних.

Аналіз даних. На цьому етапі зібрані дані систематизуються, аналізуються та інтерпретуються для виявлення проблем і потреб

користувачів. Методи аналізу даних: статистичний аналіз, факторний аналіз, кластерний аналіз.

Розробка рішень. Пропонуються ергономічні розробки, які враховують потреби та можливості користувачів у кріслах колісних. Рішення повинні бути комплексними, інтегрованими на всіх рівнях ергономіки.

Впровадження та оцінка. На цьому етапі розроблені ергономічні рішення впроваджуються в практику. Після впровадження оцінки їх ефективності вноситься корективи, при необхідності.

Індуктивна модель об'єднання мікро-, мезо- та макроергономіки в просторовому середовищі для людей з інвалідністю має цілісний підхід, при якому враховуються всі аспекти взаємодії людини з середовищем, та забезпечує більш комплексне вирішення проблем.



Рис. 2.3. Схема взаємозв'язків між ергономічними рівнями

Схема, що показує широту та глибину взаємовпливу факторів які охоплюють все, від того, як ви натискаєте кнопки, до вимірів культури та того, як люди думають (рис. 2.3). Всі ці рівні дуже впливають на інтеграцію інклюзії у динамічне і неоднозначне середовище. Тому перспективні рішення повинні прийматися з урахуванням обізнаності всіх цих зв'язків.

Соціотехнічні системи (СТС) – це комплексні інтегровані системи, що поєднують соціальні, технічні та організаційні компоненти, які пропонують інноваційні рішення для подолання чисельних бар'єрів у доступі до освіти, роботи, соціальних послуг та інших сфер життя для людей з інвалідністю. Індуктивна модель, заснована на засадах наукової методології, може стати ефективним інструментом для розробки та впровадження СТС.

Прикладом соціотехнічної системи ергономіки можуть служити:

Системи доступного транспорту, які включають в собі автобуси, метро, потяги та літаки, а також інформаційні та навігаційні системи, які враховують потреби людей з обмеженою мобільністю.

Доступні будівлі, які облаштовані пандусами, ліфтами, широкими дверима та туалетами.

Інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ). Це веб-сайти та програмне забезпечення, які полегшують інтегрування в усі аспекти суспільства людей з обмеженою мобільністю.

Робототехніка та асистивні технології (АТ), включають в себе роботизовані протези, екзоскелети та інші пристрої, які допомагають людям з обмеженою мобільністю виконувати повсякденні завдання. АТ – це широкий спектр пристроїв, які допомагають людям з інвалідністю виконувати повсякденні завдання та жити більш самостійно. Можуть використовуватися людьми з різними фізичними обмеженнями: порушення рухової активності, м'язова слабкість, параліч, втрата кінцівок, артрит тощо.

Освітні та навчальні програми, які навчають людей з інвалідністю навичкам, необхідним для життя та роботи.

Розробка СТС відбувається *ітеративно* (багаторазово), з постійним удосконаленням на основі результатів тестування та відгуків користувачів. Індуктивна модель має низку суттєвих переваг при розробці СТС для людей з обмеженим опорно-руховим апаратом:

- Завдяки ґрунтовному дослідженню потреб та досвіду користувачів, СТС розробляється з урахуванням їх реальних потреб, очікувань та обмежень.

- Використання наукових методів дослідження та аналізу даних гарантує обґрунтованість висновків, що робить СТС більш ефективною та надійною.

- Ітеративний характер розробки дозволяє гнучко адаптувати СТС до мінливих потреб та умов, забезпечуючи їй постійну актуальність.

- Дослідження та практичні застосування індуктивної моделі повинні підвищити ефективність розробки СТС, та покращити життя людей з ПОРА.

Ці системи можуть допомогти людям з інвалідністю знайти роботу, збільшуючи власну економічну участь у робочих процесах. Зменшують соціальну ізоляцію, допомагаючи людям з інвалідністю спілкуватися з іншими людьми та брати участь у соціальних заходах. А це підтримує гідність та самоповагу, та дає можливість відчувати себе шанованими членами суспільства (рис. 2.4).

Індуктивна модель для розробки різноманітних СТС вже мають приклади успішного застосування, значно збагачуючи життя людей прикутих до крісла колісного, наприклад:

- Системи навігації на основі GPS, які використовує супутникову технологію та інші засоби орієнтування, допомагаючи користувачам у кріслі колісному легко пересуватися незнайомими місцями.

- Система дистанційного навчання дозволяє їм отримувати освіту та підвищувати кваліфікацію онлайн, долаючи фізичні бар'єри навчальних закладів.

- Система «робоча рука» розширює можливості працевлаштування, дозволяючи людині з обмеженою рухомістю виконувати різні роботи віддалено, використовуючи маніпулятори та системи керування на відстані.

- Система «розумний дім» забезпечує автоматизоване управління освітленням, побутовою технікою, дверима та іншими елементами будинку за допомогою голосових команд або спеціальних інтерфейсів, підвищуючи рівень самостійності та комфорту життя.

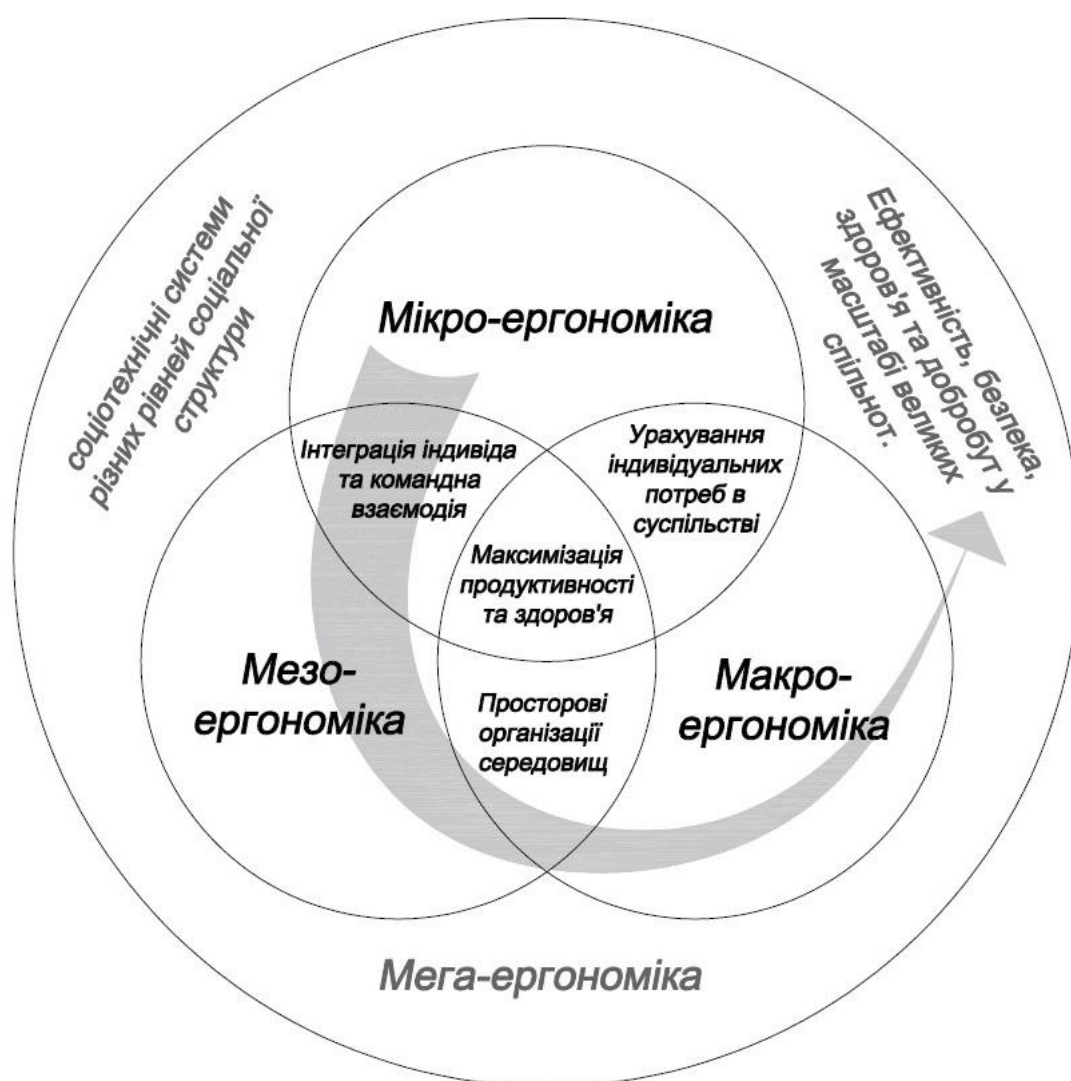


Рис. 2.4. Модель взаємодії ергономічних рівнів

Впровадження індуктивної моделі, що базується на наукових підходах, відкриває широкі можливості для розробки ефективних соціотехнічних

систем, спрямованих на інклюзивність суспільства. Ця модель сприяє забезпеченню рівних прав та можливостей для людей з ПОРА, підвищує їх мобільність, самостійність, продуктивність та соціальну інтеграцію. Подальші дослідження та розробки в цьому напрямку дозволять створити ще більш досконалі СТС, що сприятимуть повноцінному включенню людей з інвалідністю у всі сфери життя.

Не дивлячись на складності впровадження соціотехнічних систем ергономіки для людей з ПОРА, а це в першу чергу – вартість, ці системи достатньо дороги у розробці, але дослідження, проведене Національною радою з досліджень, розробок та інновацій [73, 80], показало, що інвестиції в соціотехнічні системи ергономіки для людей з інвалідністю можуть призвести до значної економії коштів у довгостроковій перспективі, завдяки зменшенню потреби в державній допомозі на 20% та медичних послугах на 30% [73, 80]; по друге – складність, бо є більш складними для проєктування, але вже існують доступні методи та ресурси, які можуть допомогти розробникам створити ефективні та доступні системи, які запропоновані Міжнародною організацією праці (*International Labour Organization*); в третє – відсутність обізнаності, бо більшість людей не знають про переваги цих систем, але є рішення – це можна зробити за допомогою інформаційних кампаній, навчальних програм та заходів з підвищення обізнаності, наприклад Світового банку (*The World Bank*) який вже фінансує ряд проєктів [81]; в четверте – може знадобитися змінити політику та законодавство, щоб підтримати впровадження цих систем. Підставою може служити Конвенція Організації Об'єднаних Націй прийнята про права людей з інвалідністю, яка зобов'язує держави-члени вживати заходів для забезпечення доступності товарів і послуг для людей з інвалідністю. СТС об'єднання ергономіки є важливим інструментом для створення більш інклюзивного та доступного світу, а наукові дослідження повинні допомогти стимулювати впровадження цих систем.

2.3 Створення інформативної моделі проєктування робочих місць для маломобільних людей за допомогою сучасних асистивних технологій.

Соціотехнічні системи (СТС) (*Sociotechnical systems (STS)*) – це науковий підхід до взаємодії між людиною та виробничо-технологічними умовами праці, які складаються з апаратних засобів, програмного забезпечення, технологій, персональних складових та аспектів спільноти. Основою СТС є загальна теорія систем, в якій жодна дисципліна не має домінування над іншими [80]. Цей підхід стосується насамперед складних систем, де багато людей працюють разом заради спільної мети.

Технологічний прогрес, зокрема впровадження штучного інтелекту та віртуальної реальності, дозволив створити сучасні інтегровані виробництва. Інформаційні технології звільнили компанії від прив'язки до офісів та дозволили перейти на ефективну дистанційну роботу. Така модель розумної праці ознаменувала початок Індустрії 4.0, де працівники на відстані керують робототехнікою на підприємствах. Наступним кроком, на думку фахівців з ергономіки, стане Індустрія 5.0. Вона поєднає технологічні та соціальні системи, що дозволить персоналізувати масове виробництво під індивідуальні запити споживачів і налагодити безперебійне постачання товарів та послуг.

Інклюзивність та рівний доступ до можливостей для всіх членів суспільства – це невід'ємні принципи сучасного світу. На жаль, люди з ПОРА у кріслах колісних стикаються з численними бар'єрами, що обмежують їхню участь у суспільному житті та реалізацію власного потенціалу. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, близько 75 мільйонів людей з інвалідністю є користувачами крісел колісних [60]. Це значний резерв незадіяних потенційних співробітників з різними навичками та досвідом. Впровадження інклюзивної моделі СТС може стати ефективним інструментом для подолання цих бар'єрів та покращення якості життя для

людей з інвалідністю. Тому є сенс розглянути соціотехнічні системні підходи для аналізу та вирішення інтеграції людей з обмеженими опорно-руховими функціями у виробничі процеси.

Дослідження *McKinsey Global Institute* свідчать, що недостатня зайнятість людей з інвалідністю може коштувати до 7% ВВП у країнах з низьким та середнім доходом [60]. Тому проектування соціотехнічних систем з кожним роком стає все більш актуальною темою. У сучасному світі все більша увага приділяється інклюзивності та рівному доступу до можливостей для всіх людей, незалежно від їхніх фізичних особливостей. Це, певним чином, стосується й сфери працевлаштування, де важливо створювати робочі місця, доступні для маломобільних людей. Цьому сприяє перетворення існуючої системи організації праці на адаптовану.

Адаптований системний погляд на організацію праці людини з інвалідністю вимагає врахування не лише його професійних навичок та досвіду, а й специфічних потреб, які пов'язані з інвалідністю. Відповідно, організацію праці особи з інвалідністю можна розглядати як складну систему (рис. 2.5), що складається з наступних компонентів:

Користувач – це основний елемент системи, який володіє певними навичками, досвідом та обмеженнями, пов'язаними з інвалідністю.

Цифрові інструменти та технології (ЦІТ) – це засоби та віртуальне середовище, де нема обмежень пов'язаних з інвалідністю.

Системне середовище – це фізичне середовище, де користувач виконує свої трудові обов'язки, завдяки ЦІТ або без.

Межа системи – відсутня при використанні ЦІТ. І стає не переборною без неї.

Підсистеми та робочі процеси - це задачі та дії які користувач виконує протягом робочого дня з різними необхідними для цього підрозділами.



Рис. 2.5. Існуючий та адаптивний системний підхід до організації праці

Соціотехнічні системи (СТС) є складними комплексами, які інтегрують технічні компоненти (програмне забезпечення, апаратні засоби, виробничі процеси) та людські чинники (нормативно-правове регулювання, соціальні норми тощо). Сучасні дослідження в цій галузі зосереджені на ідентифікації

бар'єрів у робочому середовищі для маломобільних груп населення та розробці ефективних рішень для їх усунення. Першочергова увага приділяється подоланню фізичних, інформаційних та комунікаційних перешкод. Пошуком шляхів розв'язання цих проблем активно займається міжнародна наукова спільнота. Наразі найбільш затребуваними напрямками досліджень є обґрунтування концепції «універсального дизайну», інтеграція адаптивних технологій, а також запровадження гнучких режимів праці.

Існує безліч публікацій, присвячених цій темі. Ось деякі з них:

В роботі "Проектування інклюзивних робочих місць для людей з інвалідністю" (*Designing Inclusive Workplaces for People with Disabilities*) [97], автор доцент психіатрії Армандо Д'Агостіно (*Armando D'Agostino*) наголошує, що захист прав людей з інвалідністю потребує комплексного підходу, здатного залучати медичні та правові аспекти, та пропонує створити інструмент для вимірювання «соціального включення» [97]. Для того щоб тема інвалідності не асоціювалася лише з темою допомоги, він пропонує оцінювати соціальну інклюзію за кількісними показниками. Однією з цілей проекту, який має назву *Human Hall*, є залучення людей з інвалідністю до сфери праці. Показники «соціального включення», на рівні окремої території (мезо- та макрорівні ергономіки), характеризують відносини між особами з інвалідністю та суспільством у праві на роботу, житло та здоров'я. Для гарантування інклюзивної справедливості, у кожному районі, пропонується створити структуру, яка б полегшувала інтеграцію людей з інвалідністю та згуртовувала б територіальну спільноту.

Провідна безкоштовна експертна служба Міністерства праці США (*Job Accommodation Network (JAN)*), яка є світовим еталоном у сфері консультацій щодо організації робочих місць для людей з інвалідністю та дотримання закону ADA, створила набір інструментів у вигляді онлайн-посібника "Створення доступних робочих місць: посібник для роботодавців" (*Creating Accessible Workplaces: A Guide for Employers*) [112]. Цей онлайн-ресурс для роботодавців та робітників з інвалідністю не тільки пропонує найкращі

перевірені робочі місця, доступні на сьогоднішній день. Також він містить покрокові інструкції для усунення бар'єрів, таких як: зміна планування офісів, закупівля регульованих меблів, інтеграція асистивних технологій, впровадження гнучких графіків та дистанційної роботи тощо (рис. 2.6).

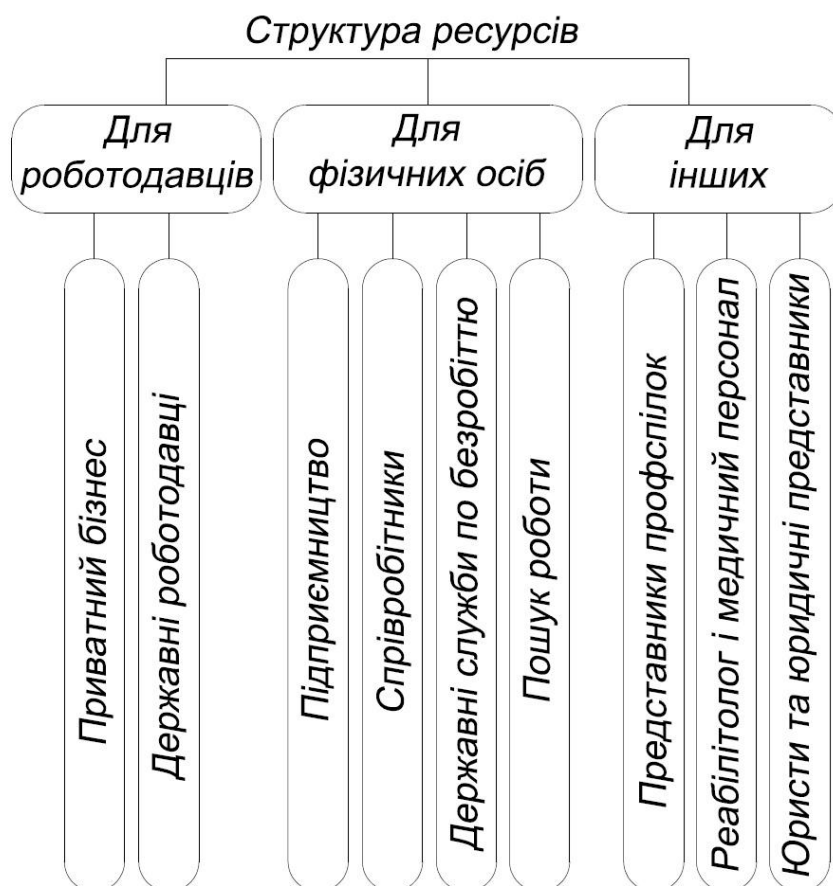


Рис. 2.6. Схема структури ресурсів JAN

Національний інститут інвалідності США з 2016 року веде власне дослідження інклюзивних робочих місць для людей з інвалідністю – *Workplaces for All: Inclusive Design for People with Disabilities* [113]. Означені дослідження спрямовані на досягнення кар'єрних цілей особами з інвалідністю шляхом спільного планування ринку праці та системи суспільних послуг. Розроблений інструментарій містить тематичні розділи, присвячені інтегрованій зайнятості, а також стратегії мінімізації бар'єрів і розширення доступу до персоналізованого працевлаштування. У матеріалах

представлено результати впровадження цих підходів у різних країнах та описано успішні ініціативи, які можуть слугувати модельними рішеннями для підвищення рівня добробуту осіб з інвалідністю та їхніх родин. Згаданий інститут є розробником низки методичних посібників із формування інтегрованого середовища зайнятості, а також автором рекомендацій щодо проведення міжсистемного аналізу та державного самооцінювання якості надання послуг особам з інвалідністю.

Навіть вже по цих результатах видно, як мало робиться в Україні для людей з інвалідністю. Не достатньо регулюючих документів, які враховують лише мікроергономічні параметри, такі як ДБН та посібники по безбар'єрності, без залучання державних та інших ресурсів на макрорівні по створенню соціотехнічних систем.

Створення соціотехнічної системи на державному рівні може і має сприяти інклюзії, та базовому принципу рівної доступності можливостей для людей з інвалідністю. Підтримує впровадження адаптивних технологій у такі сфери, як освіта, працевлаштування, охорона здоров'я, транспорт та дозвілля, для подальшого використання цього інструментарію дизайнерами та архітекторами.

СТС передбачає проектування компонентів системи таким чином, щоб бути одночасно гнучким і чутливим, щоб дозволити організаційній системі реагувати на зміни зовнішнього середовища, а робочий простір має бути легко адаптованим і реконфігурованим. Подібна гнучкість пов'язана з постійним розвитком ІТ-технологій та технічної інфраструктури. В сучасному світі необхідно завжди бути готовими до використання ще невідомих технологій та програмного забезпечення, які можуть бути розгорнуті в масштабах організацій, виробництв тощо. Так само треба розуміти що ті або інші ІТ-системи, які наразі поширені всюди, можуть зникнути.

Тому з'явилося поняття принципу «організаційного вибору», який пов'язаний з ідеями «мінімальної критичної специфіки» [79], згідно з якою

розробники повинні обмежувати формальну специфікацію (без подробиць), для свободи вибору облаштування простору. Це обґрунтування спирається на те, що дизайнери чи архітектори ніколи не можуть передбачити всі випадки чи непередбачені ситуації, які можуть виникнути в реальному світі. Завжди існує кілька рішень для будь-якої конкретної проблеми, в яких дизайн повинен відображати потреби не тільки бізнесу, а й співробітників і користувачів. Проектування СТС, окрім неминучих обмежень, пов'язаних з інвалідністю, повинно передбачити те що користувачі теж мають вирішувати, який простір підходить для їхніх робочих потреб, а також де, коли та як вони мають виконувати свою роботу. Такі настрої стають все більш популярними через гнучкі домовленості про роботу вдома, та враховані, як варіанти, ще на початку процесу проектування.

Розробка фізичних, соціальних і технологічних кордонів, структур і процесів може діяти як перешкода для комунікації та надходженню інформації до тих, хто її потребує. Ці недоліки легко помітити щодо дизайну робочого простору де бар'єром може бути навіть фізична дистанція, яка може заважати доступу до взаємодії з колегами, людям з інвалідністю. Інклюзивний дизайн робочого простору має бути спрямований на те, щоб зробити фізичні та організаційні бар'єри якомога невиразнішими. Але якщо в робочому процесі існують певні процедури, наприклад, завдання передаються між різними групами, це сприяє навчанню та обміну знаннями, і для цієї мети найкраще підходить спільне розміщення, за допомогою якого колеги можуть спостерігати за іншими аспектами робочого процесу. Спільне розміщення також сприяє конгруентності та підтримки відповідними системними компонентами та технологіями працівників з інвалідністю. Ця базова ідея сприяє створенню організаційної ієрархії, яка буде спрямовувати інформаційні потоки та структурувати робочі процеси. Продуктивність СТС та її результати будуть покращені, коли різні аспекти системи узгоджені, та витікають з визнання взаємозв'язку між робочим простором та організаційними факторами (рис. 2.7).

Інші компоненти системи, такі як процеси та технології, також можуть розглядатися тут як непередбачені обставини. Надання мобільних пристроїв, таких як ноутбуків і мобільної телефонії, та програмного забезпечення, таких як можливість відеоконференцій, миттєвих служб обміну повідомленнями, а також допоміжної технічної інфраструктури, а саме високоякісний Wi-Fi, доступ до мобільної мережі, хмарний хостинг, потребує необхідного навчання. Ця обставина має вирішальне значення для визначення того, чи будуть працівники здатні повною мірою використовувати різні робочі простори: працювати за робочим столом офісу або працювати з дому, чи віддаленого місця. Дизайн технологій, інформаційних систем, робочих процесів і середовищ може відчутно змінити характер роботи, якою займаються люди з інвалідністю, підвищуючи рівень індивідуальної автономії. Для цього вивчаються взаємозв'язки між дизайном робочого простору та реакціями на нього користувачів. Наприклад, рівень зворотного зв'язку, можливості для дружби або гарних стосунків з колегами, задоволеність роботою і трудова мотивація. Однак, дослідження соціотехнічних систем для дизайну робочого простору мають вагомі підстави сумніватися в тому, чи обов'язково найбільш технічно ефективний дизайн (наприклад, з точки зору найвищого рівня зайнятості або щільності працівників у приміщенні) є оптимальним станом системи. Технічні, процедурні чи фінансові вигоди від різних проєктів необхідно збалансовувати з впливом на користувачів та їх результатами праці. Наприклад, деякі дизайнерські рішення, які оптимізують зайнятість, можуть спричинити також і негативні наслідки, а саме: зниження психологічної конфіденційності, відчуття тиску або збільшення когнітивного навантаження, з довготривалими наслідками.

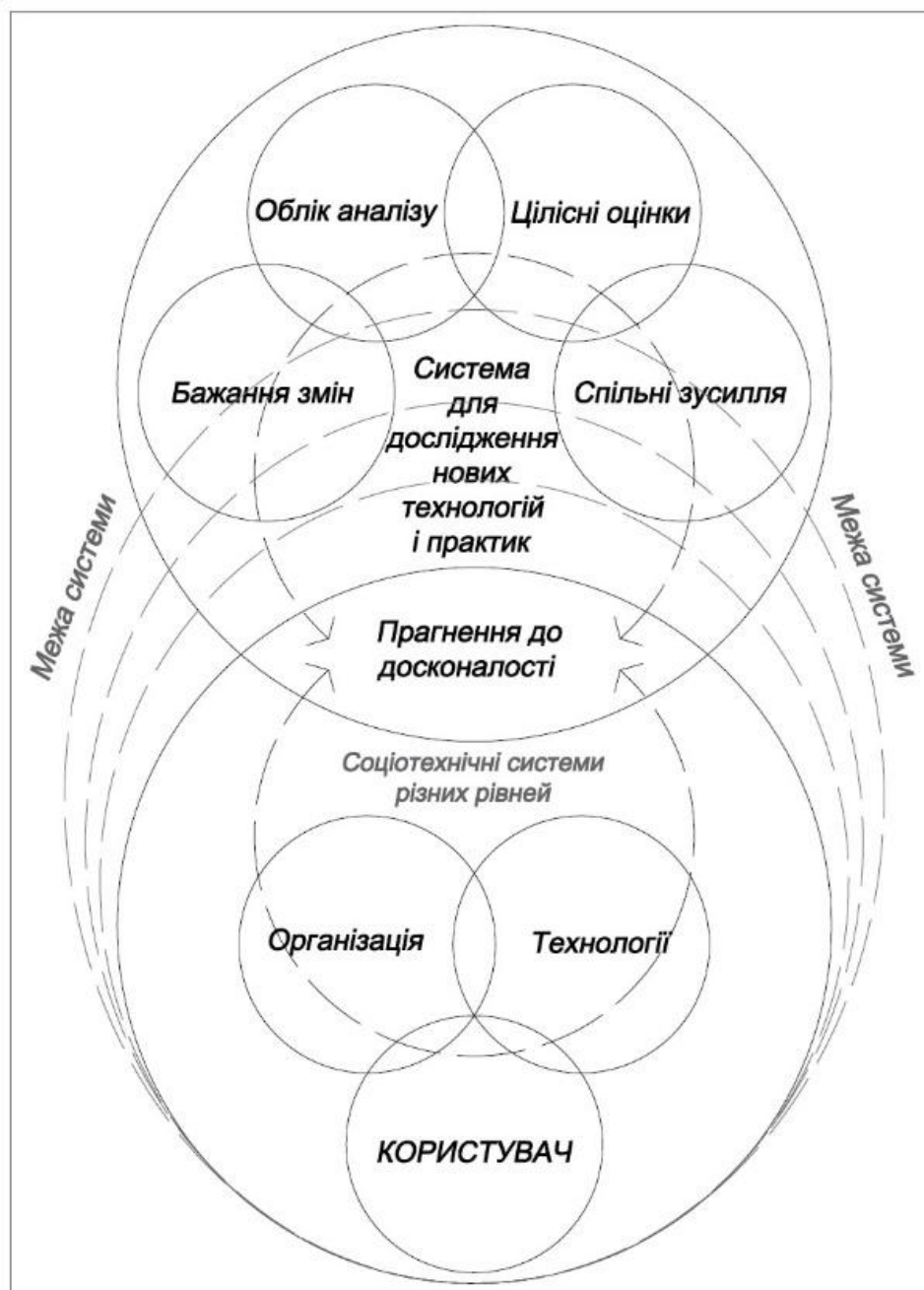


Рис. 2.7. Соціотехнічний підхід покращення продуктивності праці для людей з інвалідністю

Активне прагнення покращити якість життя співробітників може сприйматися як ідеалізм. Проте, здається цілком раціональним якщо спробувати оцінити ймовірний вплив різних варіантів робочого простору на працівників з інвалідністю упродовж розробки проєкту. Ця точка зору врівноважує погляди на ефективність дизайну, який зменшує фінансові

витрати в одній частині системи, та може призвести до фінансових або нефінансових витрат в іншому місці.

За для уникнення техно-центричного проєктування «зверху вниз» в рамках СТС, необхідно залучати зацікавлені сторони та міждисциплінарні команди проєктувальників. Це потрібно робити ще на етапі первинного проєктного завдання для архітекторів і дизайнерів. Для цього запрошують користувачів до процесу активного розгляду їхніх різноманітних функціональних потреб, щоб оцінити вплив різних сценаріїв робочого процесу. Ця участь є ключовим кроком у проєктуванні та надає цінну інформацію на місцях від працівників з інвалідністю, які добре знають реальність виконання робочих завдань і те, як зміна фізичного планування чи пов'язаних із ними способів роботи може вплинути на них самих або на їхні команди.

СТС включає ідею про те, що проєктування ніколи не є завершеним і що це відкритий ітеративний процес. Це відображає потребу систем у постійній адаптації до мінливої природи зовнішнього середовища та вимог, з якими вони стикаються – для вирішення цієї проблеми необхідно, щоб «дизайн ніколи не зупинявся».

Оцінка поточного та перспективного робочого простору співробітниками може бути підтримана використанням існуючих соціально-технічних інструментів і результатів, які використовуються для вдосконалення та ітерації проєктів.

Багато з цих інструментів вже широко застосовані в макроергономіці для аналізу існуючих систем і виявлення відповідних взаємозв'язків і залежностей.

Промислова революція «Індустрія 3.0», яка ще має назву «цифрова революція», почалася ще з 1970-х років з багатьох технологічних проривів, зробила неймовірний ривок і вже з 2010-х років перейшла на новий рівень «Індустрія 4.0», а за останнє десятиліття завдяки одночасним досягненням у багатьох сферах, включаючи штучний інтелект, машинне навчання,

робототехніку, Інтернет речей, автономні транспортні засоби та безпілотні автомобілі, 3D-друк, віртуальну та доповнену реальність, носимі пристрої, адитивні виробництва, нанотехнології, біотехнології, зберігання енергії та квантові обчислення – стирають межі між фізичним і цифровим світами та створюють нові бізнес-моделі [60]. Структури галузей і ринків були трансформовані, і з'явилися нові продукти та послуги, про які ніколи раніше не знали. На суспільному рівні логіка «Індустрії 4.0», без можливості перенавчання на нові професії, може призвести не до підвищення ефективності виробництва, а, навпаки, до самообмеження. Також важливо зазначити, що вплив «Індустрії 4.0» на соціосистеми для людей з інвалідністю буде залежати від того, за якими принципами ці технології будуть розроблятися, впроваджуватися та використовуватися.

ВИСНОВКИ ДО ДРУГОГО РОЗДІЛУ

1. Інклюзивне проєктування соціотехнічних систем є ключовим аспектом створення справедливого та рівноправного суспільства. Це особливо актуально в сфері зайнятості, де люди з порушеннями опорно-рухового апарату (ПОРА) часто стикаються з дискримінацією.

2. СТС повинні бути доступними для всіх людей, незалежно від їх виду інвалідності. Тому системи повинно створювати гнучкими та адаптивними, щоб їх можна було налаштувати під індивідуальні потреби користувачів. Для вирішення цієї задачі необхідно мати стратегічний підхід, в якому враховані багато факторів, такі як:

- використання передових асистивних технологій, програмного забезпечення та сучасних технологічних інновацій;
- забезпечення доступності робочих місць для людей із ПОРА, включаючи модифікацію будівель та обладнання;
- повинні бути введені гнучкі графіки роботи, щоб особи з ПОРА могли поєднувати працю з іншою діяльністю, наприклад, лікуванням;

- запровадження асистивних технологій не можливе без підтримки в навчанні, роботодавці (приватні чи державні) повинні надавати підтримку людям з ПОРА, щоб допомогти їм адаптуватися до нового робочого місця та виконувати свої обов'язки;

- поглиблення співпраці з організаціями, які підтримують осіб із інвалідністю, щоб знайти та найняти кваліфікованих працівників.

3. Необхідні додаткові дослідження потреб та досвіду осіб з інвалідністю на робочому місці, щоб розробити більш ефективні стратегії інклюзивного дизайну та зайнятості. Розробка та впровадження стандартів та рекомендацій, завдяки цим дослідженням, повинно бути в постійному розвитку.

Але, загалом, перспективи проєктування інклюзивних СТС для осіб з ПОРА є дуже позитивними. Переваги для роботодавців та суспільства в цілому переважають потенційні проблеми та затрати. Інвестування в інклюзивний дизайн є не тільки моральним обов'язком, але й розумним економічним рішенням.

Публікації автора з розглянутих питань: [11, 12, 57].

Список використаних джерел у другому розділі: [1, 2, 11, 12, 14, 27, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 39, 47, 49, 50, 51, 53, 72, 73, 77, 78, 79, 80, 101, 102, 109]

Список публікацій здобувача за матеріалами другого розділу

1. Щеглов С.П. Функціональна оптимізація дизайну адаптивних меблів для покращення доступності та комфорту осіб з порушеним опорно-руховим апаратом. Науковий збірник «Сучасні проблеми архітектури та містобудування». Випуск 69. Київ : КНУБА, 2024. С 352-365.

2. Ботвіновська С.І., Щеглов С.П. Проєктування соціотехнічних систем з аспектом створення робочих місць для маломобільних людей. Управління розвитком складних систем. Зб. Наук. Праць. Київ : КНУБА, 2024. С 93-102.

3. Ботвіновська С.І., Щеглов С.П. Індуктивна модель об'єднання мікро, мезо та макроергономіки у просторовому середовищі для людей з інвалідністю. Міжвідомчий науково-технічний збірник «Прикладна геометрія та інженерна графіка». Випуск 1(106). Київ: КНУБА, 2024. С 252-261.

4. Щеглов С.П. Вплив меблів на організацію архітектурного простору. Програма доповідей XV Всеукраїнської наукової конференції «Сучасна архітектурна освіта: відбудова та розвиток в європейському контексті». Київ, 2023. 2 с.

5. Лукашенко В.О., Косаревська Р.О., Щеглов С.П. Роль соціальної відповідальності дизайну в створенні доступних житлових просторів. Програма та тези доповідей. Архітектура, Дизайн та Будівництво: Інноваційні технології: Міжнародний науково-технічний форум (15–16 листопада 2023 р., м. Київ). Київ: Видавництво Ліра-К, 2023. С. 379-380.

РОЗДІЛ 3

ПРИНЦИПИ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДИЧНИХ ПІДХОДІВ ПРОЄКТУВАННЯ У МОДЕЛЮВАННІ АДАПТИВНИХ МЕБЛІВ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ПОРА

У дизайні існує велика кількість методів проєктування, які застосовуються залежно від мети, об'єкта, користувацьких потреб і контексту. У науковій літературі їх прийнято поділяти на «традиційні методи» (а саме як сукупність класичних дизайнерських і конструкторських підходів, що сформувалися до цифрової епохи, але залишаються методологічно значущими навіть у сучасному інклюзивному дизайні), «інженерно-технічні методи» (функціонально-структурний аналіз – розкладання об'єкта на функції та елементи), «творчі та креативні методи» (цілеспрямованої генерації нових рішень), «системні та комплексні методи» (пропонує розгляд об'єкта як системи з елементами, зв'язками та середовищем, є ключовими у проєктуванні адаптивних меблів для людей з ПОРА, оскільки дозволяють інтегрувати індивідуальні фізичні можливості користувачів, технічні характеристики виробів та соціально-організаційні умови праці в єдину соціотехнічну систему), «сучасні цифрові та інноваційні методи» (завдяки комп'ютерному моделюванню, забезпечують перехід від універсальних меблевих рішень до персоналізованих соціотехнічних систем, що адаптуються до індивідуальних можливостей людей з ПОРА та умов їхньої праці).

У практиці найчастіше застосовується комбінування кількох методологічних підходів для досягнення оптимального результату.

3.1. Синтез та розвиток методів проєктування адаптивних меблів для людей з ПОРА в контексті соціотехнічного підходу

Сучасна парадигма створення просторового середовища для людей з ПОРА зазнає фундаментальної трансформації, переходячи від суто медичної моделі реабілітації до комплексної соціотехнічної стратегії. Ця зміна обумовлена зростаючим усвідомленням того, що фізичні обмеження індивіда не є статичним станом, а результатом складної взаємодії між біологічними характеристиками людини, технічними можливостями обладнання та соціальним контекстом, у якому відбувається ця взаємодія. У межах соціотехнічного підходу меблі перестають бути пасивними об'єктами інтер'єру, перетворюючись на активні компоненти системи, що мають забезпечувати не лише фізичну підтримку, а й сприяти соціальній інтеграції, психологічному комфорту та професійній продуктивності. Це означає, що технічна досконалість виробів, а саме їх параметри з механіки, ергономіки та інтелектуальних функцій, повинні бути узгодженими з потребами користувачів, їхніми ролями в суспільстві та безпосередньо їхньою діяльністю. Основна ідея полягає в тому, що зміна в одній частині системи неминуче впливає на інші її компоненти.

Основним принципом соціотехнічного підходу є співпраця між архітекторами, дизайнерами, медичними працівниками та користувачами, а саме залучення людей з інвалідністю до процесу проєктування. При такому партисипативному підході міждисциплінарного партнерства підвищується якість рішень, залученості та ефективності через спільну відповідальність.

У контексті соціотехнічного підходу до проєктування меблів для людей з ПОРА розглядається не лише як створення фізичного об'єкта, а як розробка системи, де технічна підсистема (механізми, ергономіка) та соціальна підсистема (користувач, опікуни, реабілітаційні процеси) мають бути взаємно оптимізовані. При виборі методів проєктування є сенс спиратись на загально прийняту концепцію *універсального дизайну*.

Таблиця 3.1

Порівняльна таблиця методів для проектування адаптивних меблів

Метод	Переваги	Обмеження	Приклади застосування
Дизайн-мислення (<i>Design Thinking</i>)	Орієнтація на користувача; врахування індивідуальних потреб; швидке прототипування	Потребує часу та активної взаємодії з користувачами	Столи для людей у візках, крісла з регулюванням під різні типи порушень
<i>TRIZ</i>	Системне подолання технічних протиріч; база готових принципів	Вимагає спеціальної підготовки; складно застосовувати без досвіду	Ліжка, які одночасно легкі й міцні
<i>ARIZ</i>	Формалізований алгоритм для складних задач; орієнтація на ідеальний кінцевий результат	Дуже трудомісткий процес; підходить більше для високотехнологічних рішень	Медичні меблі з автоматичним регулюванням положень; меблі-трансформери
Морфологічний аналіз	Дозволяє систематизувати й комбінувати всі можливі варіанти параметрів меблів	Велика кількість комбінацій, що може ускладнити вибір	Конструювання крісел з різними типами спинок, підлокітників, підголівників
Ко-дизайн (<i>co-design</i>)	Залучає користувачів і лікарів; забезпечує реальну зручність і адаптивність	Вимагає організації групової роботи; складно масштабувати	Робочі місця для людей з інвалідністю, спроектовані разом із ними
Ергономічний метод (антропометричний)	Точне врахування антропометрії й біомеханіки; гарантія безпеки та комфорту	Орієнтований більше на «правильність» ніж на креативність	Крісло з підтримкою спини, столи з регульованою висотою
Метод Кліра (<i>GSPS</i>)	Дає змогу структурувати проблему та врахувати всі зв'язки системи	Вимагає спеціальної підготовки, підходить більше	Адаптивні меблі які одночасно вирішують кілька

		для високотехнологічних рішень	задач: підтримка тіла, зручність, безпека, можливість трансформації, інтеграція з медичними пристроями.
«Подвійний діамант» (<i>Double Diamond</i>)	Гнучкість – можна комбінувати з іншими методами	Потребує часу та активної взаємодії з користувачами	Адаптивне робоче місце для людини у кріслі колісному з інтеграцією асистивних технологій
Метод сценаріїв (<i>storytelling design</i>)	Дозволяє прогнозувати використання меблів у різних життєвих ситуаціях	Більше підходить для етапу концепції, ніж для інженерної розробки	Ліжко, яке може використовуватися і для сну, і для реабілітаційних вправ
Метод фокальних об'єктів (як допоміжний)	Сприяє генерації нестандартних образних рішень	Дає абстрактні ідеї, без технічної деталізації	Підлокітники у формі «крил» (природними формами)
Брейнштормінг	Колективне генерування максимальної кількості ідей без критики	Вільна генерація ідей, часто, які не можливо реалізувати	Пошук стилістичних рішень для меблів, кольорових схем інтер'єрів, графічних концептів

Основні методи проєктування, які релевантні до дизайну адаптивних меблів для людей з ПОРА:

Антропометричні методи. Дані про розміри тіла людей з інвалідністю (наприклад, користувачів крісел колісних) обчислюють у тривимірному форматі та враховують при створенні дизайну приладів і меблів (висота

сидіння, простір під столом, ширина проходу тощо). Антропометричні дані користувачів на кріслах колісних, критично необхідні для продуктів універсального дизайну.

Ергономічні методи. Вивчають взаємодію людини з обладнанням та меблями, щоб забезпечити комфорт і безпеку (підтримка хребта, зниження м'язової втоми, охоплення/доступність органів управління). Важливі для рекомендації з положення обладнання, меблів та їх компонентів в просторовому середовищі (монітору, клавіатури, висоти стола й крісла), також для тестування якостей елементів (наприклад, сидінь крісел колісних, щоб запобігти пролежням).

Інженерні (технічні) методи. Включають механічний аналіз конструкцій (стабільність, ударостійкість, зусилля при рухах), вибір матеріалів, санітарні вимоги та інше. Наприклад, вимоги до міцності (статичної та динамічної) елементів візків. Інженери також враховують електричні та пневматичні системи (наприклад, для регулювання висоти), а також стандарти безпеки меблів (загальні для медичних/реабілітаційних пристроїв).

Цифрові методи (CAD, параметричне моделювання). Параметричне моделювання дозволяє автоматично змінювати форму/розміри моделі шляхом зміни параметрів. Параметричні інструменти (*Grasshopper3D*, *SolidWorks*) активно використовуються для особистісної адаптації меблів, забезпечують гнучкість та швидкість ітерацій. Генеративний дизайн – автоматичний пошук оптимальної форми через штучний інтелект. *VR/AR*-методи – віртуальне та доповнене моделювання середовищ. *UX/UI*-дизайн методології – орієнтація на користувацький досвід та інтерактивність. Метод *Rapid Prototyping* – швидке прототипування (3D-друк, цифрові макети).

Креативні методи (TRIZ, ARIZ, морфологічний аналіз та інші). Використовують для генерації творчих ідей та нових винаходів. «Теорія вирішення винахідницьких задач», або *TRIZ* (Г. Альтшуллер) пропонує алгоритми усунення технічних протиріч і пошуку ідеальних рішень. *ARIZ* –

алгоритмізований *TRIZ* для складних задач (наприклад, меблі-трансформер). Морфологічний аналіз допомагає систематично розкласти задачу на параметри, шукає комбінації їх значень (може допомогти генерувати нові форми меблів, виходячи із базових функцій).

Системно-аналітичні методи. Використовують структуровані процеси створення адаптивних рішень. *Double Diamond* пропонує модель, що поділяється на чотири фази: виявлення, визначення, розробка та реалізація (*Discover, Define, Develop, Deliver*). Дизайн-мислення (*Design Thinking*) та Кодизайн (*Co-design*) пропонує забезпечення реальної адаптивності й інклюзивності через спільне проектування розробників з користувачами та медичними працівниками. Метод Джорджа Кліра – *General Systems Problem Solver (GSPS)*, належить до системних підходів, і він добре підходить для проектування адаптивних меблів, бо дає змогу структурувати проблему та врахувати всі зв'язки системи [66].

Синергія методів. При проектуванні адаптивних меблів часто доцільно поєднувати кілька методів. Наприклад, партисипативний дизайн у поєднанні з параметричним моделюванням забезпечує швидку адаптацію до індивідуальних потреб. Учасники з обмеженою мобільністю разом з дизайнерами визначають особливості своєї статури та побажання, а цифрова модель миттєво підлаштовується під ці дані. Практика показує: для людей з ПОРА звичайні вироби не завжди підходять, тому необхідні індивідуальні варіанти, які створюють «під замовника».

Іншим прикладом є поєднання антропометричних і ергономічних методів: спочатку за антропометрією задають основні розміри меблів (висота стола/сидіння для конкретного зросту), потім проводять ергономічну оцінку (аналіз навантаження на хребет, свободи рухів). Таке поєднання гарантує і точну підгонку під тіло, і зручне використання (стулки забезпечують оптимальну опору для спини).

Системно-аналітичні методи в поєднанні з інженерними сприяють комплексному врахуванню всіх аспектів при проектуванні адаптивних

меблів. Наприклад *Double Diamond* може слугувати «каркасом», на який можна «нанизувати» інші методи.

Метод дизайн-мислення «Подвійний Діамант» (*Double Diamond*) (ПД) був представлений Радою з Дизайну (*Design Council, United Kingdom*) у 2004 році як простий графічний спосіб опису процесу проєктування [114]. У 2019 році представлена оновлена версія ПД, яка стала результатом дослідження процесу проєктування в багатьох великих корпораціях, таких як *Apple*, *Microsoft*, *Starbucks* та інших. Завдяки розробленій гнучкій структурі вона дозволяє компаніям застосовувати характеристики дизайну для пошуку креативних рішень та інноваційних ідей, та є дуже практичною у промисловому дизайні. ПД представляє собою процес дизайн-мислення у вигляді двох діамантів, що стикаються гострими кінцями. Кожен діамант символізує два основні етапи: *дивергентний* (розширення) та *конвергентний* (звуження). Саме ці два, дивергентне та конвергентне, процеси мислення, які були описані Едвардом де Боно (*Edward de Bono*), лежать в основі ПД. Дивергентне мислення – це генерація множини ідей, а конвергентне – їх оцінка та вибір найкращих. Метод складається з чотирьох частин: виявлення, визначення, розробка та реалізація.

Перший діамант:

Розширення. На цьому етапі дизайнери заглиблюються в проблему, збирають інформацію, проводять дослідження користувачів та генерують велику кількість ідей. Мета – розширити розуміння проблеми та знайти різноманітні шляхи її вирішення.

Звуження. З великої кількості ідей обираються найперспективніші, які відповідають потребам користувачів та цілям проєкту.

Другий діамант:

Розширення. Обрані ідеї деталізуються, розробляються прототипи та проводяться тести. Мета – перевірити, чи працюють ідеї та як вони сприймаються користувачами.

Звуження. На основі результатів тестування обирається найкраще рішення, яке втілюється в життя (рис. 3.1).

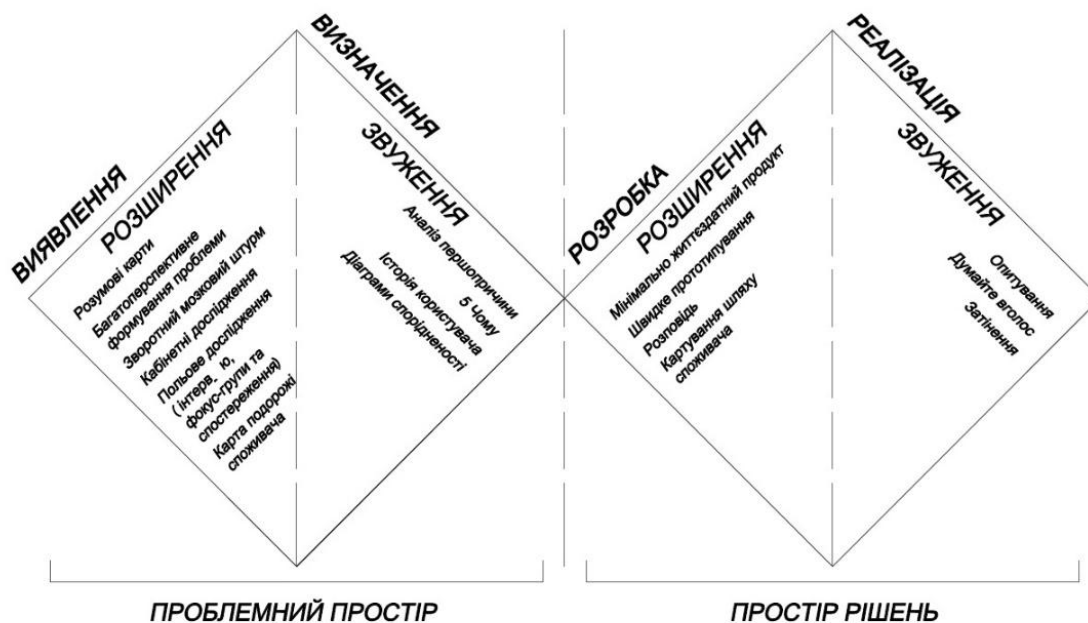


Рис. 3.1. Загальна структура методу «Подвійного Діаманту»

дизайн-мислення

Методи дизайну та розробки систем постійно розвиваються, прагнучи забезпечити ефективність у створенні інноваційних продуктів та послуг. Два з найбільш популярних методів – «Подвійний Діамант» та метод загального розв’язувача системних задач Джорджа Кліра (ЗРСЗ) – пропонують підходи до вирішення складних проблем які доповнюють один одного. Їхнє поєднання відкриває нові можливості для оптимізації процесів розробки та підвищення якості кінцевого результату. Метод ПД добре вкладається в систему рішень з ЗРСЗ, так само поділяється на два рівня операцій та є його якісним доповненням. Поєднання цих двох методів забезпечує синергетичний ефект, який виявляється в наступних аспектах:

- Комплексний підхід. Метод ПД забезпечує широке розуміння контексту проблеми, тоді як метод ЗРСЗ дозволяє структурувати це розуміння та визначити конкретні кроки для їх вирішення.

- Збільшення ефективності. Чітке визначення завдань мінімізує розсіювання зусиль, зосереджуючись на найбільш критичних аспектах проєкту.

- Зменшення ризиків. Системний підхід, запропонований методом ЗРСЗ, дозволяє виявити потенційні проблеми на ранніх етапах розробки та уникнути дорогих помилок.

- Покращення системного інструментарію. Забезпечує комплексне вирішення технічних, бюджетних проблем та проблем дизайну та інженерії.

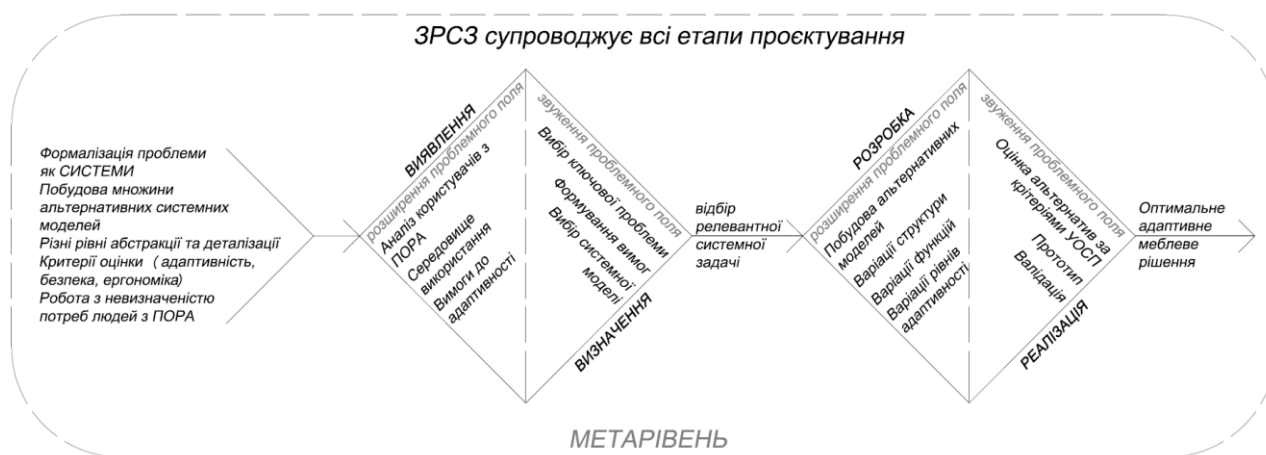


Рис. 3.2. Схема "ЗРСЗ + Double Diamond"

Поєднання методу ПД та методу ЗРСЗ представляє собою ефективний науково обґрунтований підхід, який дозволяє системно досліджувати потреби користувачів, формувати чіткі завдання, генерувати та валідувати ідеї, а також забезпечувати високу якість кінцевого продукту (рис. 3.2). Уперше в контексті дизайну адаптивних меблів метод *загального розв'язувача системних задач* Джорджа Кліра використано як інструмент системного синтезу та оцінки альтернативних дизайн-рішень, інтегрований у модель «*Double Diamond*», що забезпечує науково обґрунтований вибір конструктивних і функціональних параметрів з урахуванням індивідуальних потреб людей з ПОРА.

3.2 Аналіз вихідних даних та пропозиції що дозволило створення бази параметрів у моделюванні адаптивних меблів для людей з ПОРА

Загальний розв'язувач системних задач (ЗРСЗ) Джорджа Кліра – це метод алгоритмічного підходу до рішення задач та ґрунтується на принципі аналізу засобів і цілей, тому формування бази параметрів є ключовим етапом у моделюванні адаптивних меблів. Ці параметри можна умовно поділити на три основні категорії: вхідні дані користувача, конструктивні змінні виробу та показники середовища. Вхідні дані користувача включають не лише статичні виміри тіла (довжина кінцівок, висота плечей), а й функціональні можливості, такі як діапазон обертання суглобів та сила хвату.

Конструктивні змінні визначають межі допустимих змін геометрії меблів. Вони мають бути збалансовані таким чином, щоб забезпечити максимальну адаптивність без загрози стійкості конструкції. База параметрів також повинна враховувати психологічні аспекти, що допомагають користувачам із додатковими порушеннями зору чи сенсорної обробки краще орієнтуватися у просторі та безпечно використовувати механізми трансформації.

Система об'єктів являє собою безліч елементів, які в свою чергу мають багато різних властивостей. Наприклад, роздивимось більш детально усі змінні у рівнянні, в контексті вихідних даних, для моделювання адаптивних меблів. Для створення ЗРСЗ рівня структурованої системи адаптивних меблів для людей з ПОРА необхідне врахування багатьох відношень змінних систем, з яких виділяють головні: *ергономічну антропологію, матеріалознавство та асистивну механіку* (асистивні механізми). Саме вони, головним чином, впливають на кінцевий результат.

Параметри відношень змінних систем *ергономічної антропології* для людей з ПОРА, в свою чергу визначені підсистемою даних з *антропометрії* та підсистемою даних з *фізіології опорно-рухової системи*. Слід зазначити, що важливою складовою для розуміння усіх проблем для людей з

інвалідністю є психологічні аспекти, з акцентом на адаптацію. Ключові напрямки, це дослідження з психофізіології, а саме сенсорних, моторних та когнітивних можливостей (увага, пам'ять та прийняття рішень); психоемоційної ергономіки, яка досліджує вплив стресу, тривоги та депресії на працездатність та самопочуття; соціальної ергономіки, а саме вплив стигматизації та дискримінації на соціальну інтеграцію. Але цей напрямок частково інтегрований у фізіологічні аспекти, а інші відносять до рівня мезо- та макроергономіки, які виходять за рамки цього дослідження. Розглянемо перший блок схем рис.3.3.

Антропометрія, як наука про вимірювання розмірів та пропорцій людського тіла для людей з порушеннями опорно-рухового апарату, має особливе значення. Її дані використовуються для проєктування протезів, ортопедичних пристроїв, крісел колісних, меблів, одягу, транспортних засобів та багато чого іншого. Система даних з антропометрії складається з багатьох змінних, які можна поділити по групах з різними одиницями вимірювання. А саме, антропоскопії, стабілометрії, соматометрії, кінезіології, гоніометрії, динамометрії та 3D-сканування:

- *Антропоскопія* – це метод опису зовнішніх ознак тіла людини, такі як форми грудної клітки, живота, спини, тазу та кінцівок, опис форми черепа, а також розподіл м'язів та жиру в різних частинах тіла. Антропоскопію використовують для діагностики захворювань, оцінки фізичного стану та для моніторингу прогресу лікування. Одиниці вимірювання в антропоскопії можуть варіюватися залежно від дослідження.

- *Стабілометрія* – це метод дослідження стійкості та балансу тіла людини. Використовується для діагностики порушень рівноваги, таких як запаморочення, атаксія, вестибулярні розлади та захворювання опорно-рухового апарату. Існує два основних методи стабілометрії: статична, яка досліджує стійкість тіла в статичному положенні, та динамічна, тобто коли людина виконує різні рухи. Для дослідження використовують спеціальні стабілометричні платформи, які вимірюють тиск, який чинить тіло. Ці дані

потім використовуються для комп'ютерного аналізу різних показників, які характеризують стійкість та баланс тіла. Наприклад, траєкторію коливань, індексу стійкості в статичному та динамічному положенні, стратегію підтримки різних частин тіла для утримання рівноваги.

- *Соматометрія*, розділ науки яка досліджує склад, розміри та пропорції різних частин тіла, таких як голова, тулуб, кінцівки. Для вимірів використовуються різні інструменти, наприклад, антропометр, ростомір, ваги.

- *3D-сканування* – це процес створення цифрової 3D-моделі фізичного об'єкта, в нашому випадку, людського тіла, яку потім можна використовувати для діагностики захворювань, планування хірургічного втручання, виготовлення протезів та ортопедичних пристроїв. Існує багато різних методів 3D-сканування, але всі вони ґрунтуються на одному з двох принципів: оптичному або контактному.

- *Кінезіологія* – це міждисциплінарна наука, яка поєднує в собі знання з анатомії, фізіології, механіки та інших наук для вивчення руху людського тіла. Наприклад, механіки руху, як кістки, м'язи, сухожилля та зв'язки працюють разом, щоб генерувати рух; нейрофізіологію руху, як мозок і нервова система контролюють рух; реабілітацію, як допомогти людям відновити рухові функції.

- *Динамометрія* – це метод вимірювання м'язової сили. Це важливо для діагностики м'язової слабкості, травм захворювань опорно-рухового апарату та для оцінки ефективності лікування та реабілітації. Ще використовується для оцінки працездатності. Для досліджень використовують спеціальні прилади, а саме різні види динамометрів, такі як ручний динамометр (для вимірювання сили м'язів рук), становий динамометр (для вимірювання сили м'язів ніг), ізокінетичний динамометр (вимірює силу м'язів протягом усього діапазону рухів) та ізометричний динамометр (вимірює силу м'язів в одному положенні).

- *Гоніометрія* – це метод оцінки активної та пасивної амплітуди руху у суглобі. Вимірювання кутів здійснюють за допомогою приладу гоніометра, який має декілька типів, універсальний (традиційний), цифровий та електронний, інклінометр. Цей метод важливий для діагностики травм, захворювань опорно-рухового апарату та для оцінки ефективності лікування та реабілітації; підбору протезів та ортопедичних пристроїв, взуття та корсетів.

Треба додати, що крім вище перерахованих галузей антропометрії, існують й інші, такі як краніометрія (вивчає розміри та форми черепа), остеометрія (вивчає розміри та форми кісток скелету), фотограмметрія (використовує фотографії для вимірювання розмірів та пропорцій тіла людини) та інші. Але ці напрямки не мають важливого впливу для вивчення особливостей людей з ПОРА, а застосовуються більше в археології, антропології, палеоантропології для вивчення еволюції людини, статі, расової та етнічної приналежності, а також в судової медицини.

Визначення змісту системи даних (СД) з антропометрії для людей з ПОРА представлена на рис. 3.3.

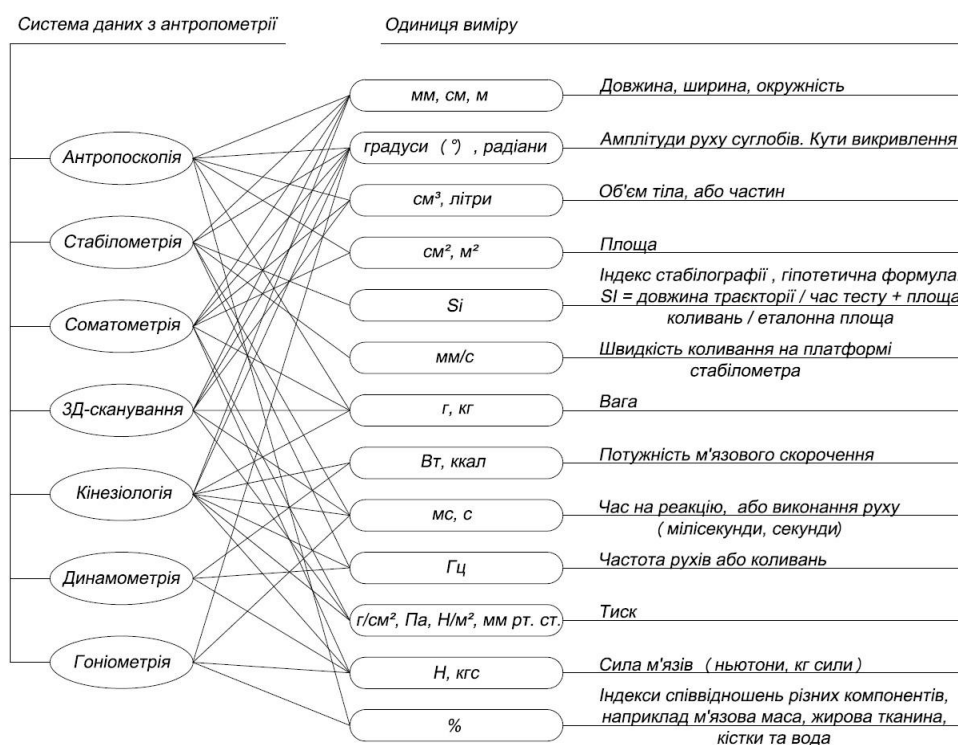


Рис. 3.3. Зміст системи даних з антропометрії

Фізіологія вивчає структуру та функції організму на всіх рівнях. Нас особливо цікавить фізіологія опорно-рухової системи, напрямок пов'язаний з роботою кісток, м'язів, суглобів, сухожиллів, зв'язок та нервів. Опорно-рухова система забезпечує опору та структуру тіла, що дозволяє нам стояти, сидіти та рухати кінцівками, тулубом та головою. Захищає внутрішні органи від травм. Фізіологія опорно-рухової системи для людей з ПОРА складається з кількох наукових дисциплін, кожна з яких вивчає певні аспекти функціонування і патології опорно-рухового апарату. Основними складовими є анатомія, біомеханіка, патофізіологія, реабілітаційна медицина та неврологія (нейрофізіологія):

- Анатомія, а саме розділи: з остеології, яка вивчає будову кісток та їх зміни при різних типах інвалідності, міології, яка вивчає м'язову систему, включаючи м'язовий дисбаланс та атрофію, та артрології, яка вивчає мобільність та патологічні зміни суглобів.

- Біомеханіка – це потужний інструмент, який використовують для вивчення руху людського тіла, дуже важливий для розуміння того, як інвалідність може впливати на цей рух. Основні аспекти біомеханіки це кінематика та кінетика.

- Патофізіологія вивчає стани патології опорно-рухового апарату, та як хвороба впливає на функціонування організму. Знання патофізіології необхідні для розуміння механізмів розвитку та прогресування станів інвалідності. Досліджує вплив на функції м'язів, кісток і суглобів різних видів захворювань та травм.

- Реабілітаційна медицина включає фізичну реабілітацію, а саме розробку методів відновлення рухових функцій, ортопедію, а саме використання ортопедичних пристроїв, протезів та ортезів, для компенсації функціональних обмежень, ЛФК (лікувальна фізична культура), нейрореабілітацію, для відновлення рухових функцій через стимуляцію нервової системи. Одиниці вимірювання, які використовуються в реабілітаційній медицині для людей з інвалідністю, залежать від конкретного

дослідження чи завдання. Найпоширеніші позначені в таблиці, але існують спеціалізовані, такі як шкала оцінки Бартела, шкала оцінки Мотріса або Монреальська шкала оцінки когнітивних функцій (*MoCA*), але ми їх не розглядаємо по причині їх близького дублювання іншими вимірюваннями.

- Нейрофізіологія людей з інвалідністю – це міждисциплінарна наукова область, яка досліджує функції та порушення нервової системи у людей з фізичними та когнітивними вадами. Охоплює широкий спектр досліджень: нейроанатомічні та нейрохімічні основи інвалідності, нейромеханізми порушень руху (спастика, атетоз, тремор та інші), нейрокогнітивні процеси, нейропластичність та реабілітацію. Нейрофізіологія людей з інвалідністю використовує широкий спектр методів дослідження, які включають МРТ, КТ, дифузійна тензорна візуалізація, спектроскопія магнітного резонансу, позитронна-емісійна томографія, електроенцефалографія, магніт енцефалографія, когнітивні та поведінкові тести. (Рис. 3.4).

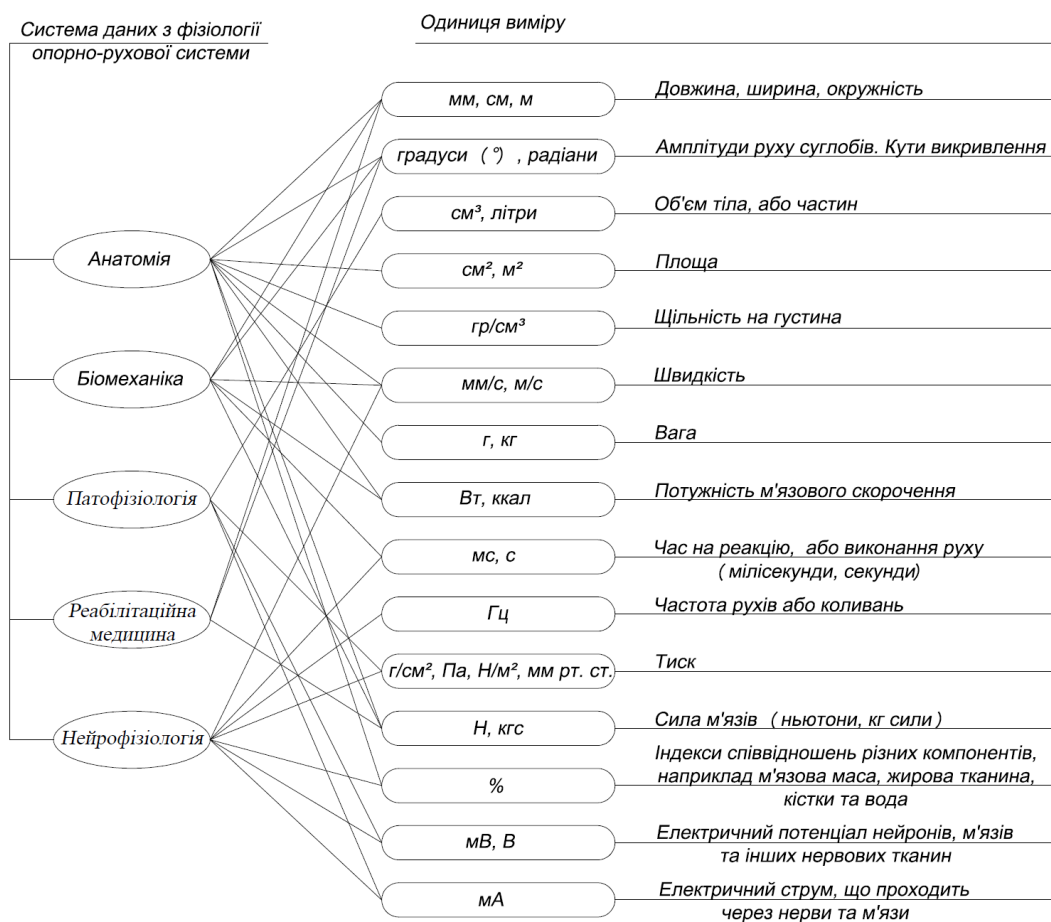


Рис. 3.4. Зміст системи даних з фізіології

Матеріалознавство – міждисциплінарна наука, яка вивчає поведінку матеріалів за різних факторів впливу, а також створення нових матеріалів з покращеними характеристиками. Вибір правильних матеріалів, у проєктуванні адаптивних меблів для людей з ПОРА є важливим аспектом, оскільки він визначає міцність, довговічність, технологічність, функціональність, безпеку та естетику виробів. Властивості залежать від фізичних та хімічних характеристик.

Матеріали поділяють на *конструкційні*, *наповнювачі* та *оздоблювальні*. *Конструкційні* матеріали використовують для рам та несучих елементів конструкції, які повинні витримувати достатні навантаження, мати високу міцність, жорсткість та стійкість до деформацій. Це можуть бути метали, такі як нержавіюча сталь, легкі та міцні сплави з алюмінію або титану, композитні матеріали на основі карбону, графену та кевлару, такі як скловолокно, вуглецеве волокно. Там де навантаження не критичні, можна використовувати деревинні матеріали, такі як масив деревини або фанеру (але вони в адаптивних меблях майже не використовуються, тому не розглядаються), термопластичні полімери, такі як поліетилен низького тиску, ударостійкий полістирол, АБС-пластики. Це основні види термопластичних полімерних матеріалів, хоча існує багато інших (такі як поліпропілен, поліаміди та інші) або термоактивних (такі як, жорсткі піно-поліуретани, амінопласти та інші), але їх частка у виробництві адаптивних меблів дуже мала, а властивості схожі або мають гірші параметри. Основною одиницею вимірювання на розтягування, стискання та зсув є МПа або ГПа, але важливими факторами для конструкційних матеріалів визначені: щільність, яка визначає вагу меблів; теплопровідність, важливо коли використання виробу відбувається в умовах різних температур; електропровідність, особливо для меблів які містять електронні компоненти. (Рис. 3.5).

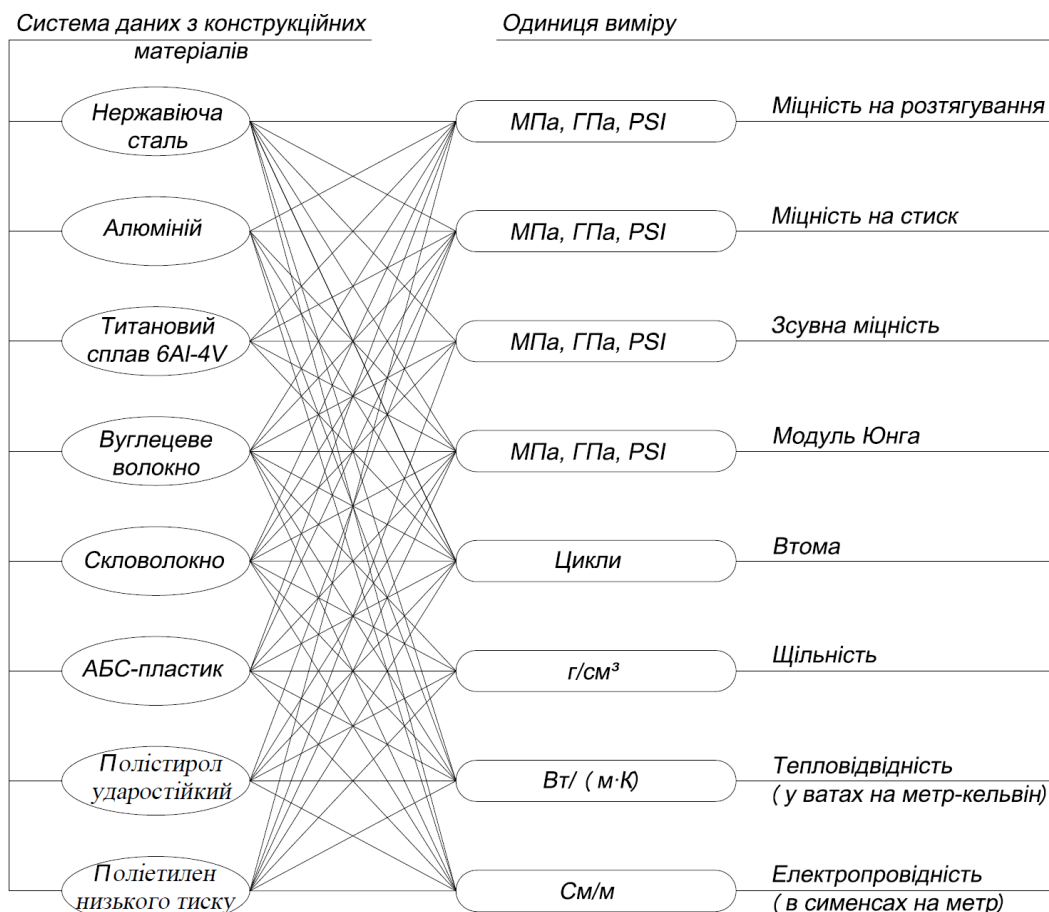


Рис. 3.5. Зміст системи даних з конструкційних матеріалів

Наповнювачі в адаптивних меблях застосовують для пом'якшення, підтримки хребта, для термо регуляції, для повітропроникності, адаптивності у розподілі ваги. Як правило, це газонаповнені матеріали натурального або синтетичного походження (рис. 3.6). Найбільш розповсюджений це еластичний (існує жорсткий) *пінополіуретан* (ППУ), на простих поліефірах холодного формування. Використовують для одержання м'яких елементів складної форми. ППУ поділяють на пінопласти, з закритими газонаповненими комірками (вініпор), та поропласти, з комірками які сполучаються (поролон). *Спінена гума* (коміркова гума) на основі натурального або синтетичного каучуку має хороші амортизаційні, гігієнічні, теплоізоляційні властивості, високий опір тиску та довговічність. Технологію *повітряних камер* застосовують у коміркових протипролежневих матрацах задля рівномірного оптимального розподілу тиску, принципом дії є повітряна

флотация, що створює ефект масажу та поліпшує циркуляцію крові. *Гранульоване силіконізоване поліефірне волокно* (холлофайбер), має пористу однорідну текстуру, вирізняється низькою теплопровідністю та забезпечує вільну циркуляцію повітря від тіла назовні. Схожу текстуру має гранульований силіконізований синтепук (хілфайбер), пружний матеріал із самовідновлюючим ефектом. *Синтепон* з поліефірних волокон використовують в якості пружинного прошарку та як основний формоутворюючий матеріал. Із *природних наповнювачів* використовують бамбукове та кокосове волокно, гречану лузгу, пух та перо, шерсть та бавовну, які забезпечують м'якість та комфорт, гарну вентиляцію, але мають деякі недоліки, наприклад: високу вартість при меншому строку служби, можуть викликати алергічні реакції, потребують регулярного провітрювання для запобігання вологи, гниттю та плісняви, з часом збиваються і втрачають форму (пух, перо, шерсть та бавовна), можуть бути шумним при рухах та мати велику вагу (гречана лузга). *Гель* має хорошу адаптацію до тіла та високу в'язкість, знижує тиск на точки опори та ефективно виводить тепло.

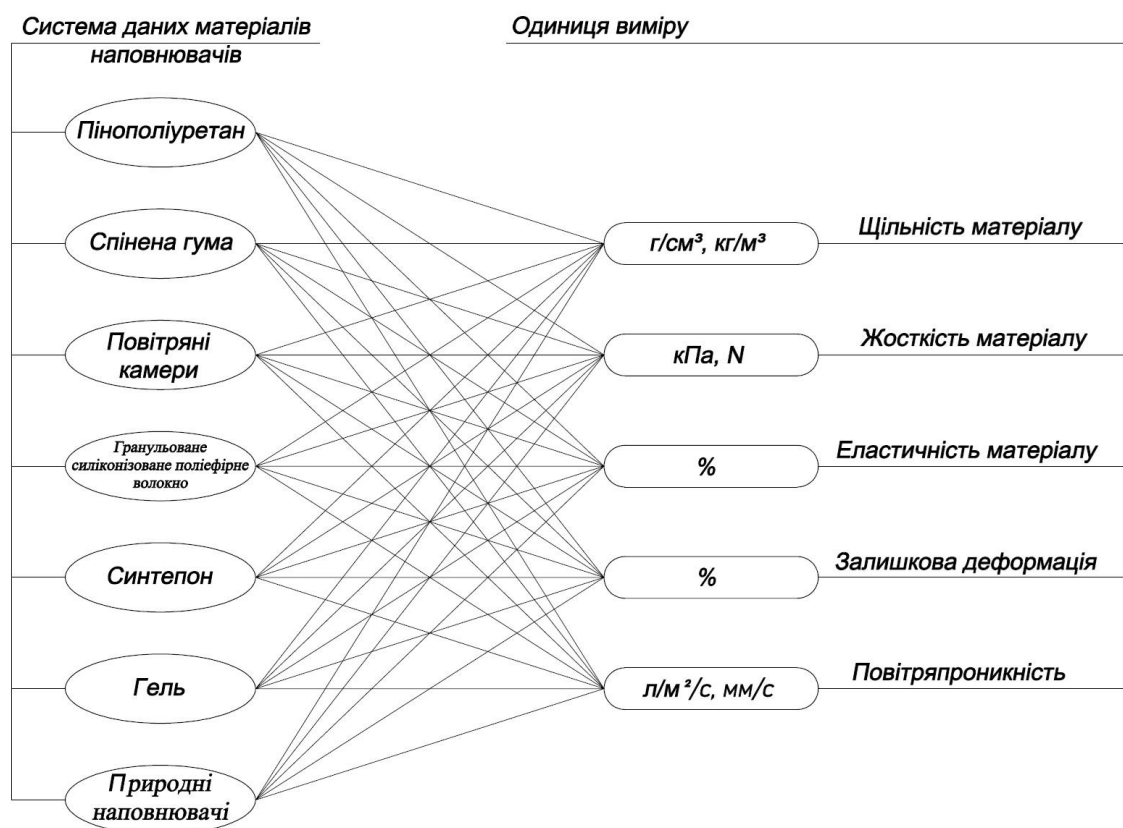


Рис. 3.6. Зміст системи даних наповнювачів

Оздоблювальні матеріали для адаптивних меблів (оббивка, чохли, зовнішні покриття) повинні не лише виглядати естетично, а й працювати в синергії з наповнювачем: тягнутися, «дихати» та витримувати інтенсивне тертя. Мають, зазвичай, штучне походження, та відносяться до спеціальних медичних тканин. Навіть природні матеріали (бамбук, льон, конопляне волокно) використовують у формі сумішевих полотен зі спеціальними обробками (просочують іонами срібла для підсилення антибактеріальних властивостей), так звані гібридні тканини де 30% займають синтетичні волокна. Вибір матеріалу залежить від типу деформації меблів (трансформер, реклайнер, медичне ліжко).

Структура оздоблювального матеріалу:

Лицьовий шар (полімер) – відповідає за колір, текстуру та захист від вологи.

Середній шар (піна) – забезпечує м'якість та об'єм.

Основа (тканина/трикотаж) – відповідає за міцність. Для адаптивних меблів обирають трикотажну основу, бо вона тягнеться в усіх напрямках.

Алькантара (штучна замша / мікрофібра) складається з ультратонких волокон поліестеру та поліуретану. Мають високу зносостійкість (до 150 000 циклів Мартиндейла), не ковзає (важливо для фіксації тіла в кріслі).

Вініпор (PVC / Полівінілхлорид) – штучний оздоблювальний матеріал, який технічно відноситься до вініліс шкіри. У виробництві адаптивних меблів він та його сучасні аналоги займають величезну нішу завдяки своїй зносостійкості, повній водонепроникності та гігієнічності (стійкістю до дезінфекторів). Мінусом є погана повітропроникність і може ставати жорстким на холоді. Використовують в медичних адаптивних ліжках, масажних столах, тренажерах.

Екошкіра (PU / Поліуретан) самий розповсюджений матеріал для «розумних» крісел та диванів. На відміну від вініпору, має мікропори, через які проходить повітря. За властивостями близька до натуральної шкіри. Перевагою для адаптивності є висока еластичність (витримують багаторазові

згини), що дозволяє тканині не створювати зморшок при зміні положення тіла.

Силіконова шкіра (Silicone Leather) – новітній тип матеріалу, де замість *PU* чи *PVC* використовується *силікон*. Гіпоалергенна, стійка до вогню, неймовірно стійка до забруднень (навіть маркер стирається сухою ганчіркою).

Ключові властивості оздоблюваних матеріалів для адаптивних систем: щільність, або маса квадратного метра; товщина, варіюється від 0.5 до 1.5 мм; міцність на розрив, важливо для трансформерів; еластичність, здатність тканини розтягуватися та повертатися до форми; повітропроникність, важливо для терморегуляції; пілінг-тест, стійкість до утворення «котушок», де 5 – найвищий бал; адгезія, наскільки міцно верхній полімерний шар тримається на тканинній основі; зносостійкість, кількість циклів тертя до появи першої рваної нитки (за Мартиндейла нормою є від 20 000 до 100 000 циклів); стійкість до багаторазового згину, норма 50 000 - 100 000; стійкість кольору до вигорання на сонці або тертя (рис. 3.7).

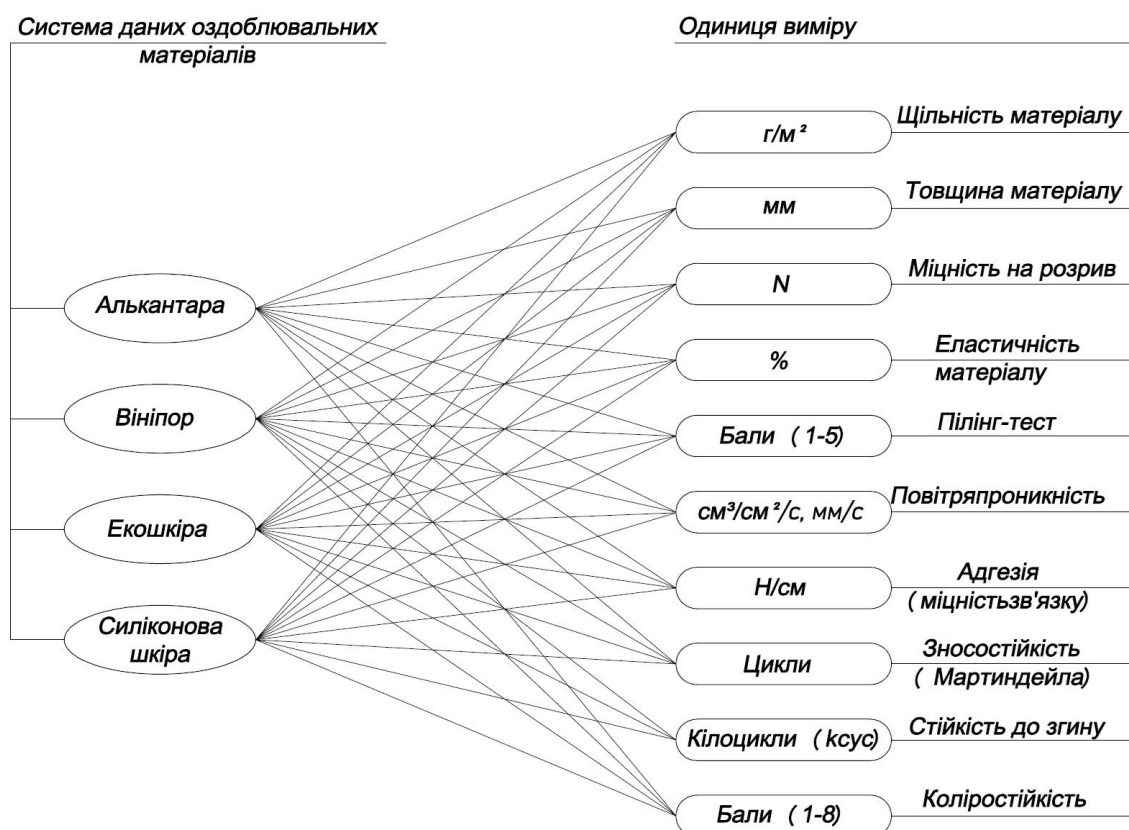


Рис. 3.7. Зміст системи даних оздоблювальних матеріалів

Асистивні технології – різноманітні допоміжні засоби та послуги, які призначені для того, щоб підтримувати чи підвищувати функціональні можливості та автономність людей з інвалідністю, тим самим сприяючи їхньому благополуччю. Включають усі, від крісел колісних та слухових апаратів до спеціалізованих комп'ютерних програм та пристосувань для комунікації.

Сучасний стан розробки асистивних технологій для осіб з ПОРА демонструє виражену тенденцію до переходу від статичних допоміжних засобів до динамічних адаптивних систем, що інтегруються безпосередньо в елементи інтер'єру. Проектування таких систем вимагає глибокого розуміння механічних, електричних та біомеханічних параметрів, які забезпечують не лише функціональність, а й безпеку та гідність користувача. Асистивні механізми в адаптивних меблях виконують роль активних посередників між обмеженими фізичними можливостями людини та вимогами навколишнього середовища, дозволяючи виконувати повсякденні завдання – від гігієни до професійної діяльності – з мінімальною залежністю від сторонньої допомоги.

Системна класифікація асистивних механізмів за функціонально-технологічними ознаками є багатофакторною і базується: на типі енергозабезпечення, способі активації, кінематичній схемі та зоні застосування. Міжнародна класифікація за стандартом ISO 9999 визначає такі пристрої як «допоміжні продукти», що виготовляються спеціально або є загальнодоступними для людей з інвалідністю.

Активні електромеханічні системи лінійного та вертикального переміщення

Ця категорія є найбільш технологічною і охоплює пристрої, що використовують електричну енергію для створення механічної сили. Основними компонентами тут виступають *лінійні актуатори* та *підйомні колони*, які забезпечують зміну висоти столів, нахилу сегментів ліжок або підйому цілих кухонних модулів. Електромеханічні приводи мають різну конструкцією та потужністю. Наприклад, промислові актуатори здатні

генерувати зусилля до 15 000 N , що є необхідним для баріатричного обладнання, але більшість виробів мають потужність від 500 N до 2 000 N та орієнтовані на домашнє використання, де пріоритетом є низький рівень шуму, естетичність та безпека. Підйомні колони представляють собою телескопічні механізми, що забезпечують стабільність конструкції при вертикальному русі, що критично для столів з регульованою висотою, призначених для роботи в режимі «сидячи-стоячи» або для користувачів на кріслах колісних.

Пасивні гідропневматичні пристрої

До цієї групи належать газові пружини (газліфти) та гідравлічні демпфери, які не потребують зовнішнього живлення. Являють собою гідропневматичний пристрій у циліндричному корпусі, що використовує енергію стисненого газу (зазвичай азоту) або мастила для створення сили, яка підтримує, піднімає, опускає або амортизує рухомі елементи меблів. Механізм дії базується на внутрішньому тиску азоту, що діє на площу поперечного перерізу штока. Оскільки площа зі сторони штока менша, ніж з протилежної сторони поршня, виникає сила виштовхування. Також, важливо розуміти, що газ усередині циліндра підпорядковується законам термодинаміки. Зазвичай номінальні значення вказуються при 20°C. Емпіричне правило свідчить, що сила змінюється приблизно на 3.5% на кожні 10°C зміни температури. Це означає, що адаптивні меблі, встановлені біля вікна або радіатора, можуть працювати інакше залежно від пори року.

Газові пружини (газліфти) поділяються на два основних типи:

Блоковані газові пружини, які дозволяють фіксувати рухомий елемент (наприклад, спинку крісла або підніжку) у будь-якому проміжному положенні. Це досягається за допомогою внутрішнього клапана, що розділяє камери тиску.

Неблоковані пружини, які забезпечують постійне зусилля на виштовхування, допомагаючи користувачеві піднімати важкі фасади шаф або кришки.

Гідравлічні демпфери – це пристрої, залежні від швидкості впливу. Їх основними складовими є поршень, поршневий шток і гідроциліндр. Виконують функцію контролю швидкості, запобігаючи різким рухам та ударам, що особливо важливо для безпеки людей з обмеженим контролем моторики або крихкістю кісток.

Газові пружини характеризуються високою циклічною витривалістю (до 50 000–100 000 циклів) за відносно низької вартості, тоді як електричні актуатори мають порівнянний експлуатаційний ресурс (20 000–50 000 циклів), але забезпечують точне активне позиціонування та автоматизацію регулювання. Саме це робить використання газових пружин більш доцільним рішенням для меблів, що піддаються частому регулюванню. Однак, необхідність докладати більших зусиль під час стикання може бути проблемою для користувачів з м'язовою дистрофією.

Спеціалізована механічна фурнітура для розширення зони доступу

Ця категорія охоплює пасивні механічні пристрої, які суттєво покращують ергономічні характеристики середовища без використання складних силових приводів.

Зворотно-відкидні (зсувні) завіси – переносять вісь обертання дверей таким чином, що полотно дверей повністю виходить за межі отвору, додаючи додатково ще 50 мм простору для проїзду крісла колісного (крісла робочого).

Системи вертикальної тяги (*Pull-down*), наприклад дворівневі полиці для верхніх шаф, які за допомогою газових асистентів опускаються діагонально вниз і вперед, наближаючи предмети до користувача.

Пружинні або механічні ліфти (*Appliance lifts*) для важкої техніки, що дозволяють піднімати прилади з нижніх баз на рівень стільниці одним легким рухом.

Системи керування та інтелектуальні інтерфейси

Контрольні блоки координують роботу декількох приводів, забезпечуючи синхронність та захист. Сучасні технологічні системи дозволяють підключати периферійні пристрої, такі як сенсори проти

зіткнення (*collision detection*), бездротові пульты та додатки для смартфонів. Окремим підкласом є системи керування поглядом (*eye gaze*) або голосом, що використовуються при важких формах паралічу.

Дослідження одиниць вимірювання асистивних механізмів

Точність вимірювання параметрів асистивних механізмів є основою для інженерних розрахунків. Вибір неправильної одиниці вимірювання або нехтування допусками може призвести до несправності системи або травмування користувача (рис.3.8).

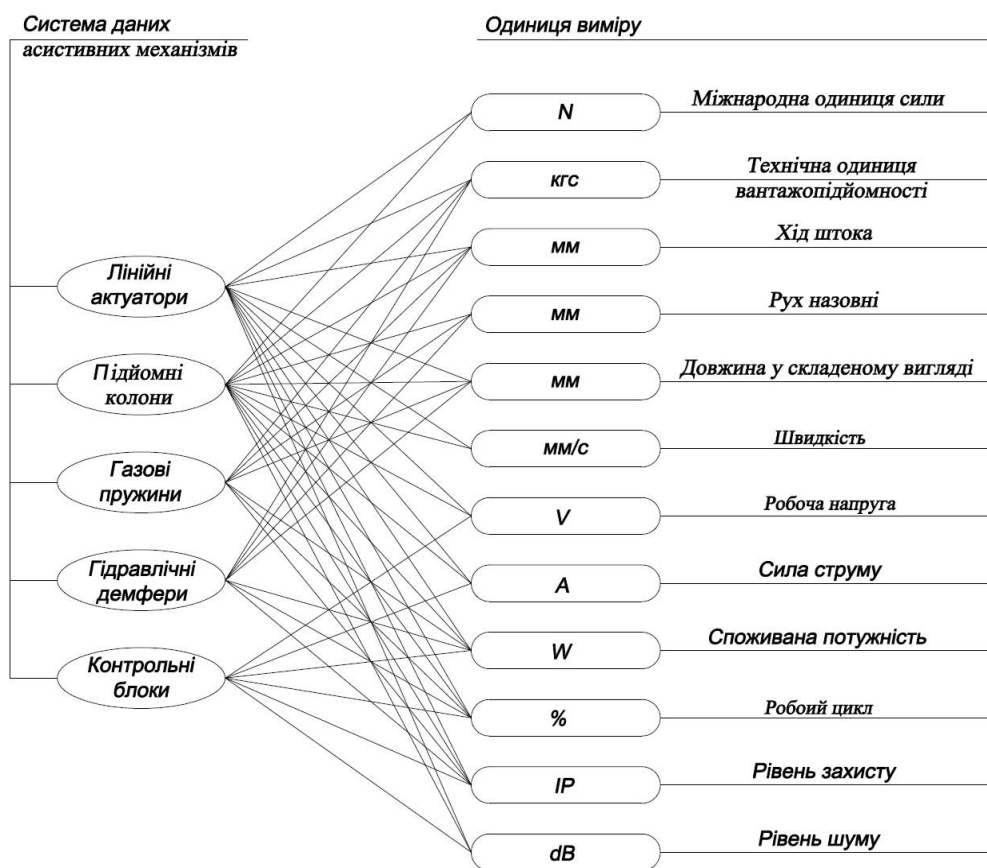


Рис.3.8. Зміст системи даних асистивних механізмів

Основним показником *потужності механізму* є зусилля, яке він може генерувати або витримувати.

Ньютони (N) – міжнародна одиниця сили. Наприклад, в специфікаціях актуаторів завжди вказується сила на стиснення та розтягнення.

Кілограм-сили (кгс): технічна одиниця, часто вживана для побутового розуміння вантажопідйомності. $1 \text{ кгс} \approx 9.81 \text{ N}$. Важливо враховувати статичне та динамічне навантаження. Статичне навантаження – це гранична

вага, яку механізм здатний утримувати в нерухомому стані без деформацій чи пошкоджень, що зазвичай перевищує допустиме динамічне зусилля підйому.

Геометричні та просторові параметри

Хід штока (mm) – лінійна відстань між повністю втягнутим та повністю висунутим положенням. Наприклад, для кухонних ліфтів цей показник варіюється від 435 мм до 540 мм, що дозволяє опустити шафу безпосередньо на стільницю.

Рух назовні (mm) – у діагональних ліфтах вказує, наскільки шафа висувається вперед до користувача (зазвичай 230-370 мм).

Довжина у складеному вигляді (mm) – загальна довжина механізму в складеному стані, що визначає можливість його встановлення в обмеженому просторі меблів.

Кінематика та динаміка руху

Швидкість (mm/s) – швидкість переміщення при повному або нульовому навантаженні. Наприклад, типова швидкість для меблевих систем становить 15–45 mm/s . Висока швидкість (до 160 mm/s) зустрічається в індустріальних актуаторах, але в домашніх меблях вона обмежена з міркувань безпеки.

Електротехнічні параметри

Робоча напруга (V) – адаптивні меблі працюють переважно на безпечній напрузі 12V, 24V або 36V.

Сила струму (A) – визначає споживання енергії під навантаженням.

Споживана потужність (W) – потужність блоків живлення, що, зазвичай, варіюється від 90W до 350W.

Показники надійності та захищеності

Робочий цикл (%) - відсоткове відношення часу активності до часу спокою. Наприклад, 10% робочого циклу означає 2 хвилини безперервної роботи, після чого механізм повинен «відпочивати» 18 хвилин.

Рівень захисту IP (Ingress Protection) – двозначне число за стандартом ІЕС 60529. Перша цифра (0-6) – захист від пилу, друга (0-9) – від води. Для меблів у житлових зонах стандартним є IP20–IP30, тоді як для медичного обладнання необхідний IPX6 (захист від потужних струменів води).

Рівень шуму (dB) – вимірюється на відстані 1-1.5 м. Рішень шуму 45-50 dB вважається оптимальним для житлового середовища.

Життєвий цикл (cycles) – кількість повних циклів «вперед-назад», яку механізм гарантовано виконає до настання граничного зносу.

3.3 Принципи застосування методу ЗРСЗ у моделюванні адаптивних меблів для людей з ПОРА

Вирішення системних завдань може бути представлене лише загальними аспектами, які вільно інтерпретуються і не залежать від контексту. Таким чином, застосування методології розв’язання системних завдань може бути засноване на припущенні, що з конкретних завдань можуть бути виділені вільно інтерпретовані, незалежні від контексту завдання. Для цього створюються під-завдання для тонких методів розв’язання, які уніфікують процес розв’язання складних завдань та відповідають загальній системі. Доцільніше скористатися загальним розв’язувачем системних задач (ЗРСЗ) запропонованим Джорджем Кліром, у якому можна виокремити два рівні операцій: простий і складний.

Простий рівень формується під час постановки завдання або через процедуру самостійного формулювання проблеми в специфічному контексті, наприклад, під час проєктування адаптивних меблів.

Складний рівень охоплює розширений обсяг міждисциплінарних знань, необхідних для розв’язання комплексної системної задачі. Зокрема, він враховує сукупність ергономічних, медичних, механічних, матеріалознавчих і психологічних вимог до проєктування адаптивних меблів, а також

особливості їхньої взаємодії з користувачем і предметно-просторовим середовищем.

Довідка. Термін «система» визначається, як множинність елементів, які пов'язані між собою, та утворюють цілісність або органічну єдність. Термін «загальна теорія систем» запропонована Л. фон Берталанфі, визначається як логіко-математична задача по визначенню загальних принципів, які притаманні усім системам. Має на меті вивчення ізоморфізму знань різних галузей науки та мінімізація дублювання теоретичних зусиль, розробка теоретичних моделей в галузях де ще вони відсутні, сприяння об'єднанню науки за рахунок більш тісного спілкування між спеціалістами [66].

Окрім рівнів складності систем у методології ЗРСЗ застосовуються класи впорядкованих пар даних. Так, досліджувана підсистема S , формалізується у вигляді впорядкованої пари (3.1):

$$S = (A, R), \quad (3.1)$$

де A – множина параметрів (або елементів) підсистем; а R – множина відношень (або зв'язків), визначених на елементах множини A .

Ці класифікаційні критерії показані на рис. 3.9. У цьому дослідженні розглядається поєднання аспектів з різних галузей знань: біології, механіки, фізики тощо. Оскільки ці аспекти потребують різних інструментальних засобів збору даних, їх класифікація має експериментальну основу. Множина відношень R визначає альтернативну класифікацію, у якій клас задається типом відношень між елементами та має обґрунтовану теоретичну основу.

Теоретичний опис ортогональної системи класифікаційних критеріїв процесу проєктування адаптивних меблів представлено на рис. 3.9.

Схема малюнку підходить для різних завдань проєктованих систем. І не тільки для проєктування, а й для тестування, діагностики, управління. Звісно, будь-яку створену модель системи не можна розглядати як остаточну. Але можна стверджувати, що системні завдання, що виникають у традиційних дисциплінах науки та інших галузях людської діяльності,

можуть бути описані у вигляді методології вирішення міждисциплінарних під-завдань.

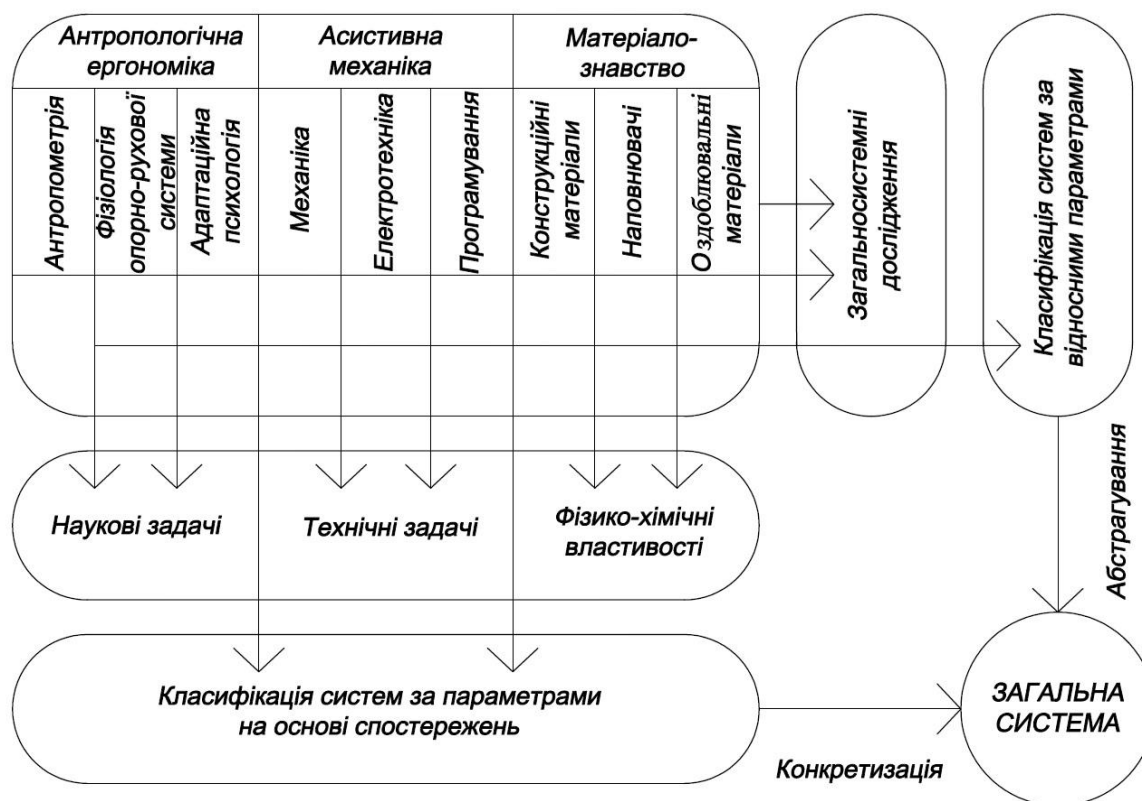


Рис. 3.9. Схема взаємодії елементів процесу проектування адаптивних меблів

Для визначення вихідних даних треба визначити елементи, рівні та їх ієрархію. Визначені такі елементи системи: проєктант (або команда розробників), користувач (або групи користувачів), просторове середовище користувача (груп користувачів), об'єкт дослідження та способи взаємодії користувача з об'єктом дослідження та просторовим середовищем (рис. 3.10). Головною метою цієї системи є поліпшення життєвих показників користувача методом створення об'єкту дослідження, який суттєво позитивно впливає на взаємодію користувача з просторовим середовищем.

У структурі ЗРСЗ вихідний рівень (рівень 0) визначено множиною потенційних значень параметричних перемінних, які утворюють параметричні множини. У представленому в даному дослідженні випадку це показники групи продукції одного типу. Ці показники мають бути

класифіковані за різними критеріями, які поділяються на вхідні та вихідні змінні.

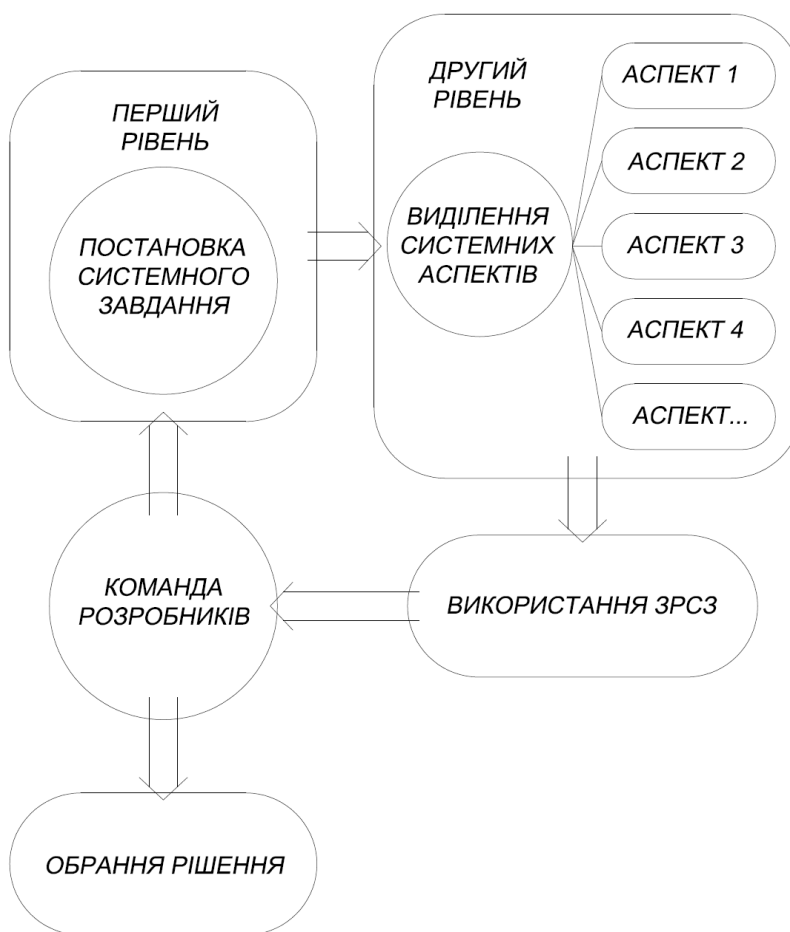


Рис. 3.10. Ітераційний процес обрання рішення щодо моделювання інклюзивних меблів

Вхідні змінні належать до параметрів зовнішнього середовища системи і не становлять предмета даного дослідження. Проте в сукупності з вихідними змінними вони утворюють спрямовану систему.

Для поглибленої методологічної класифікації вихідного рівня використовують низку відмінностей між множинами станів основних та параметричних змінних. На більш високому першому рівні системи використовуються усі дані вихідних рівнів. Рівень даних (рівень 1) складається з даних, отриманих спостереженнями або за допомогою вимірювань. На більш високих рівнях, таких як рівень 2, генеруються знання з різними інваріантними параметрами відношень змінних. Ці дані вже

можуть бути як точними так і приблизними. Мета 2 Рівня узагальнити обмеження для основних змінних при різних параметрах першого рівня. Інша мета цього рівня опис змін вихідної системи при зміні параметрів, які вводить проєктувальник моделі. Являє собою взаємно однозначну функцію, яка описує стани змінних у початкових та граничних умовах. Рівень 3 визначається як структурованим. На цьому рівні системи більш низького рівня, які називають підсистемами структуруються по відношенню взаємодії один до одного. На рівні 4 інваріантні системи складаються з набору підсистем нижніх рівнів які мають однакову вихідну систему 1, 2 та 3 рівня. Цей рівень називають метасистемою, його розвитком є 5 рівень метаметасистеми (або метасистема другого порядку). Вивчення зв'язків між рівнями систем можливо завдяки математичній теорії ЗРСЗ. Зв'язок з типом задачі являє собою локальну систему, в якій можуть бути розроблені методи рішень конкретних завдань визначеного типу (рис. 3.11).

Компіляція та створення нових методологічних систем має велике практичне значення у моделюванні інклюзивного простору, та вивчення взаємодії користувача, наприклад людини з ПОРА, з адаптивними меблями у предметному середовищі. Все це стало можливим завдяки впровадженню обчислювальних систем здатних обробляти великі масиви даних. Також цей метод має достатню гнучкість щоб моделювати широкий спектр системних завдань які мають невизначені, нечіткі та нелінійні зв'язки. Має просту інтуїтивну мову, що робить його доступним для широкого кола користувачів. Може ефективно вирішувати завдання, які неможливо вирішити за допомогою традиційних методів.

Зрозуміло, що множина розв'язків системних задач може бути потенційно безмежною, тому для подання остаточного результату необхідно класифікувати та впорядкувати систему, а також визначити загальні принципи її розв'язання.

Для початку визначимось з об'єктами або системами об'єктів. Вони можуть бути матеріальними або абстрактними. До матеріальних об'єктів належать *природні* (які є предметом дослідження медицини й ергономіки) та *штучні* (що вивчаються механіко та матеріалознавством). Абстрактні об'єкти охоплюють понятійні й соціально-психологічні системи, якими опікуються психологія та соціологія. Відповідно, різнорідність об'єктів зумовлює використання відмінних одиниць вимірювання та параметрів оцінювання.

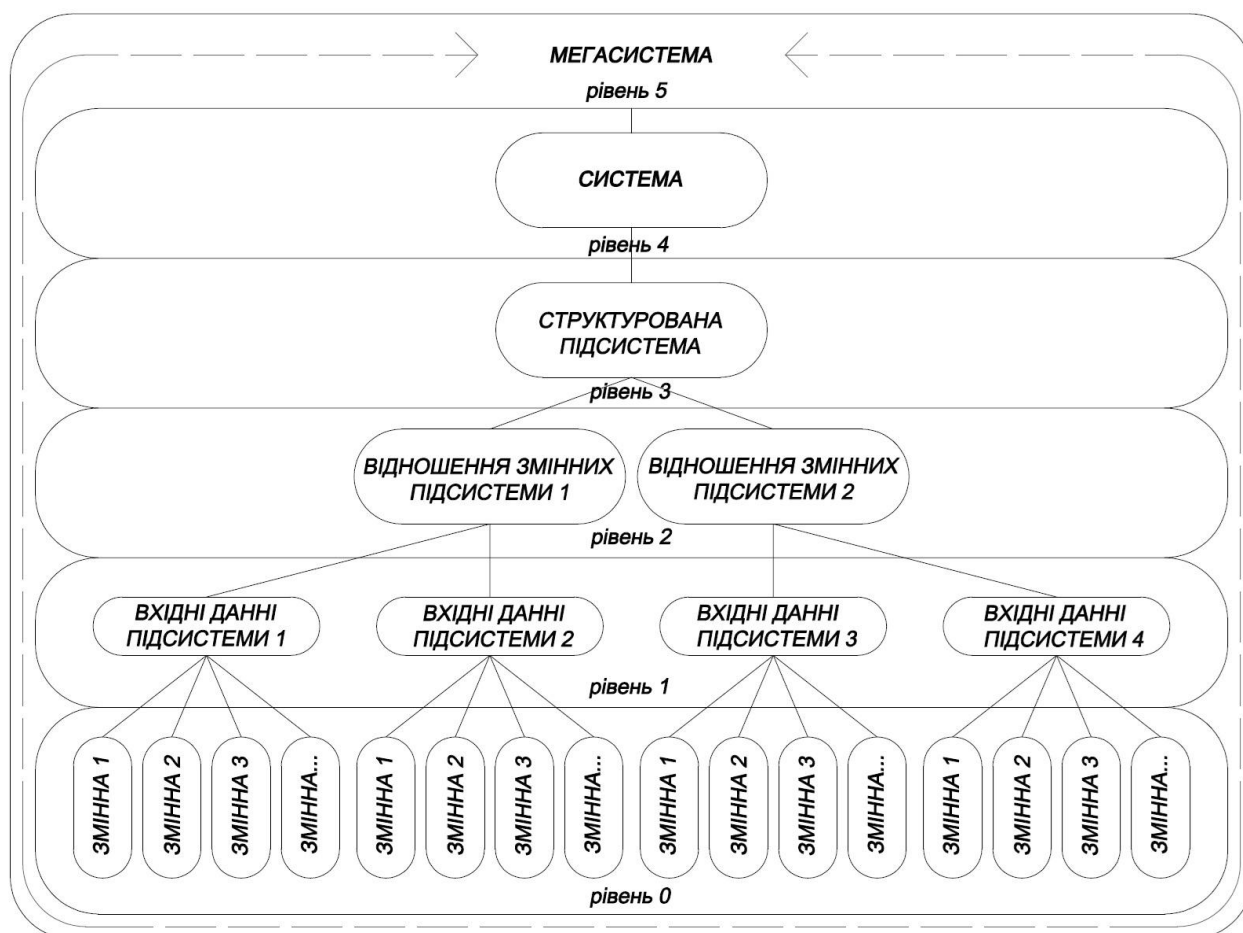


Рис. 3.11. Загальна схема розв'язання задач для проєктування адаптивних меблів

Метод ЗРСЗ, запропонований Джорджем Кліром, може слугувати ефективним інструментом у моделюванні адаптивних меблів для людей з ПОРА, забезпечуючи відповідність характеристик таких меблів актуальним вимогам інклюзивного дизайну. Цей метод є ключовим інструментом реалізації принципів універсального дизайну, що передбачають

пріоритетність доступності для всіх користувачів, зокрема для людей з ПОРА.

Оскільки інновації в технологіях і дизайні продовжують розвиватися, метод теж розвивається, інтегруючи такі функції, як регульовані компоненти та інтелектуальні технології, у вирішенні практичних проблем функціональності.

Визначити цю систему об'єкта можна за загальною формулою (3.2):

$$O = \left(\{ (a_i, A_i) \mid i \in N_n \}, \{ (b_j, B_j) \mid j \in N_m \} \right), \quad (3.2)$$

де O – система об'єкта (у нашому випадку – це оціночні параметри ергономічних властивостей меблевого виробу); $N_n = \{1, 2, \dots, n\}$ та $N_m = \{1, 2, \dots, m\}$ – множини індексів відповідно для параметрів елементів бази (множини натуральних чисел від 1 до n , або від 1 до m); a_i та A_i – відповідні властивості (типи) параметрів та множина їхніх значень; b_j та B_j – існуюча база елементів, визначених специфікаціями, науковою практикою та процедурами вимірювання.

Обчислювальні алгоритми методу Жордана-Гауса слугують ефективним інструментом для розв'язання відповідних систем лінійних алгебраїчних рівнянь і матричних перетворень. Використання даного методу є особливо доцільним для невироджених систем, у яких кількість рівнянь відповідає кількості невідомих, що забезпечує отримання єдиного рішення. Однак, коли ці підрахунки відрізняються, система може дати або нескінченну кількість розв'язків, або не дати жодного розв'язку.

Систему розроблено для послідовного пошуку розв'язків із застосуванням таких чисельних методів, як метод елімінації Гауса, метод оберненої матриці та правило Крамера. Незалежно від розмірності та складності сформованої системи рівнянь, даний інструмент забезпечує високу швидкість обчислень та ефективність розв'язання відповідних математичних задач.

При цьому можливі різні типи розв'язків систем лінійних рівнянь, а саме: єдиний розв'язок – якщо система є сумісною та визначеною (*унікальні рішення*); нескінченна множина розв'язків – у випадку невизначеної системи (*нескінченні рішення*); відсутність розв'язків – коли система є несумісною (*немає рішень*).

Одним із найпрогресивніших напрямів у системному дизайні є застосування методів теорії потенціалу. Цю теорію можна застосувати на мікрорівні предметного середовища для дослідження інтенсивності взаємодії людини з об'єктом у контексті потенційного поля тяжіння (притягувані).

Відповідно до концепції польової взаємодії, будь-який об'єкт утворює навколо себе поле потенціалу. У контексті проектування адаптивних меблів зазначене поле характеризує рівень доступності функціональних зон. Обчислення потенційного поля у пакеті MATLAB реалізують за допомогою функції Гауса (3.3):

$$f(x) = G \exp \left(- \frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2} \right), \quad (3.3)$$

де $f(x)$ – значення потенціалу (або інтенсивності поля) залежно від координати x ; G – амплітудний коефіцієнт або калібрувальна константа інтенсивності потенціалу (визначає максимальне значення функції в точці $x = \mu$); μ та σ – параметри розподілу потенціалу, де: μ – математичне сподівання (позиція центра гауссового піка / координата максимального потенціалу); σ – параметр середньоквадратичного відхилення, що характеризує ширину або визначає радіус доступності елемента; σ^2 – дисперсія розподілу.

Побудова дво- та тривимірних (2D / 3D) графіків розподілу потенціалу дає змогу візуалізувати зони оптимального комфорту й досяжності для осіб із порушеннями опорно-рухового апарату (ПОРА).

Побудова ліній рівного потенціалу «рівної доступності» сприяє обґрунтуванню раціонального розміщення елементів керування, адаптивних

тримачів і функціональних поверхонь. Для моделювання елементів адаптивних меблів розроблено відповідну параметричну модель оцінювання досяжності. Розглянемо використання функції Гауса на прикладах.

Приклад 1. Розглянемо задачу позиціювання комп'ютерної миші на робочій поверхні стола. Для людей з порушеннями опорно-рухового апарату положення даного маніпулятора постає критичним вузлом системи. Якщо для користувачів без обмежень рухової функції достатньо розмістити мишу у стандартній зоні досяжності, десь праворуч на столі, то для осіб з ПОРА необхідно розрахувати зону мінімальних енерговитрат. Тобто, комп'ютерну мишу доцільно розміщувати в точці, де амплітуда рухів користувача є мінімальною, а точність наведення – максимальною.

Розглянемо системні параметри. У разі розладів функцій ОРА межі «вікна ефективності» користувача істотно звужуються. При цьому, параметр μ (що характеризує точку спокою) може інтерпретуватися як вихідне положення кисті руки користувача, коли передпліччя спирається на стіл, а ліктьовий суглоб зігнутий під кутом 90^0 - 100^0 . Параметр σ (що характеризує радіус комфорту) може інтерпретуватися як відстань, по якій рука користувача може переміщувати мишу без включення передпліччя або нахилу корпусу тіла.

Розрахуємо координати по горизонталі (μ_x) та глибині (μ_y), в системі координат площини робочої поверхні стола, для позиціонування точки спокою (параметра μ Гаусової функції). Прийmemo за початок відліку (0;0) точку на передньому краї стола, розташовану на осі симетрії тулуба користувача. Ураховуючи антропометричні параметри передпліччя L_f та ширину плечового поясу W_b , координати центру зони мінімальних енерговитрат для правої руки обчислюються за формулами (3.4-3.5):

$$\mu_x = \frac{W_b}{2} + L_f \cdot \sin \beta; \quad (3.4) \quad \mu_y = L_f \cdot \sin \beta + d_0; \quad (3.5)$$

де L_f – довжина передпліччя з кистю, приймаємо $L_f=0,35$ м; β – кут природного відхилення від передпліччя в горизонтальній площині

($\beta \approx 10^0 - 15^0$); d_0 – відстань від корпусу користувача до краю стола, $d_0 \approx 0 - 0,05$ м; Для осіб з ПОРА значення L_f та допустимі кути β визначаються за індивідуальними біомеханічними обмеженнями, що звужує радіус гаусового розподілу σ_x та σ_y . Якщо взяти середні антропометричні значення параметрів, отримаємо:

$$\mu_x = 0,2 + 0,35 \cdot \sin(12^0) = 0,273 \text{ м}; \mu_y = 0,35 \cdot \cos(12^0) + 0,02 = 0,362 \text{ м};$$

Таким чином, оптимальна точка спокою для комп'ютерної миші розміщується на відстані 27,3 см праворуч від центра тулуба та 36,2 см углуб від переднього краю стола.

Припустимо, що проєктується місце для програміста з геміпарезом (обмеженням руху однієї сторони тіла). Потрібно математично вирахувати, де саме розмістити обмежувачі для миші, щоб рука користувача не втомлювалась. Використаємо формулу Гауса, щоб знайти межі граничного положення миші. Якщо користувач буде змушений тягнутись за межі графіка нормального розподілу («гаусового дзвону»), система буде видавати помилку (біль, спазм, падіння точності). Після проведеного експерименту, де 50 користувачів переміщували мишу в максимально зручну для кожного дальню позицію, визначено, що в системі «Особа з ПОРА-робоче місце» користувачу зручно тягнутись мишею лише на 20 см від краю стола (межа комфорту). Діапазон відхилень, при якому рука користувача ще не напружує плече – стандартне відхилення (σ) дорівнювало 5 см.

1. На першому етапі визначено центр системи (μ): більшість кліків мишкою відбувалось на відстані 20 см від краю столу, тому $\mu = 20$ см.

2. На другому етапі розраховано «шум» або відхилення (σ): було відмічене, що у 68% випадків рука коливалась в межах 5 см вперед-назад, $\sigma = 5$ см.

3. На третьому етапі знайдено межу зони комфорту за правилом «Трьох сігма», а саме розраховуємо три зони припустимого положення миші для користувача:

- зона 100% контролю (1σ): $[20-5]..[20+5]=15...25$ см;

- зона досяжності руки (моторна зона) (2σ):
 $[20-(2\cdot 5)]..[20+(2\cdot 5)]=10...30$ см;

- зона системної відмови (3σ): $[20-(3\cdot 5)]..[20+(3\cdot 5)]=5...35$ см;

Діапазон 1σ (від 15 до 25 см): частка площі під графіком, яку закриває цей діапазон 0,6827. Це значить, що 68,27% часу рука користувача буде знаходитись саме тут. Це і буде «Зона 1» (основна робоча зона). Діапазон 2σ (від 10 до 30 см): частка площі під графіком дорівнює 0,9545. Це 95,45% часу, де повинна знаходитись кисть руки користувача. «Зона 2» (робоча зона). Діапазон 3σ (від 5 до 35 см): частка площі – 0,9973, число яке показує, яку частину усієї площі під кривою Гаусса закрито в інтервалі $\mu \pm 3\sigma$. Тобто, саме в цій зоні буде зосереджено 99,7% усіх рухів користувача.

За відміткою 35 см користувач фізично не зможе дотягнутись без ризику впасти з крісла-колісного або нахилу тулуба, що може викликати больовий синдром. У нормальному (гаусовому) розподілі відхилення розрахункового значення від центра μ розглядається в обидва боки: як у додатній ($+\sigma$), так і від'ємний ($-\sigma$). Інтервал від $+\sigma$ до $-\sigma$ покриває певний відсоток усіх можливих значень (імовірності). Оскільки інтервал від $\mu - 3\sigma$ до $\mu + 3\sigma$ покриває 99,73% усієї площі під кривою Гауса, у системному аналізі прийнято вважати, що майже всі практично можливі події лежать усередині цього діапазону. Загальна ширина цього інтервалу становить: $(\mu - 3\sigma) - (\mu + 3\sigma) = 6\sigma$.

У прикладі 1 оскільки повний діапазон з урахуванням додатного і від'ємного напрямків відповідає $6\sigma = 5$ см, то величина однієї $\sigma = 5/6 = 0,83$ см. Відхилення від центра у кожен бік $3\sigma = 3 \cdot 0,833 = 2,5$ см. Тепер використовуючи формулу Гаусса та параметри $\mu = 20$, $\sigma = 0,833$ можна визначити фізичні межі зон на робочому столі користувача (від кінця столу). На графіку рис. 3.12 можна побачити, що Зона 1 – Абсолютного комфорту має межі: $[20-0,833]..[20+0,833]=19,17...20,833$ см. У цій досить вузькій зоні

(ширина зони 1,66 см) рука користувача буде знаходитись 68% часу. Це й буде ідеальне місце для центра комп'ютерної миші. Зона 2 – Робочий допуск має межі: $[20 - 1,666]..[20 + 1,666] = 18,34...21,666$ см. У цій зоні рука з мишкою буде знаходитись 95% часу. Це і буде межа активного поля руху, за межами якого точність різко падатиме. Зона 3 – Фізична межа, характеризується відстанню від краю столу: $[20 - 2,2]..[20 + 2,2] = 17,5...22,5$ см. Це ті самі 5 см повного поля розсіювання (від 17,5 до 22,5 см). Усі рухи користувача, які будуть виходити за 22,5 см від краю столу будуть змушувати користувача тягнути плече, що зовсім неприпустимо при порушеннях ОРА.

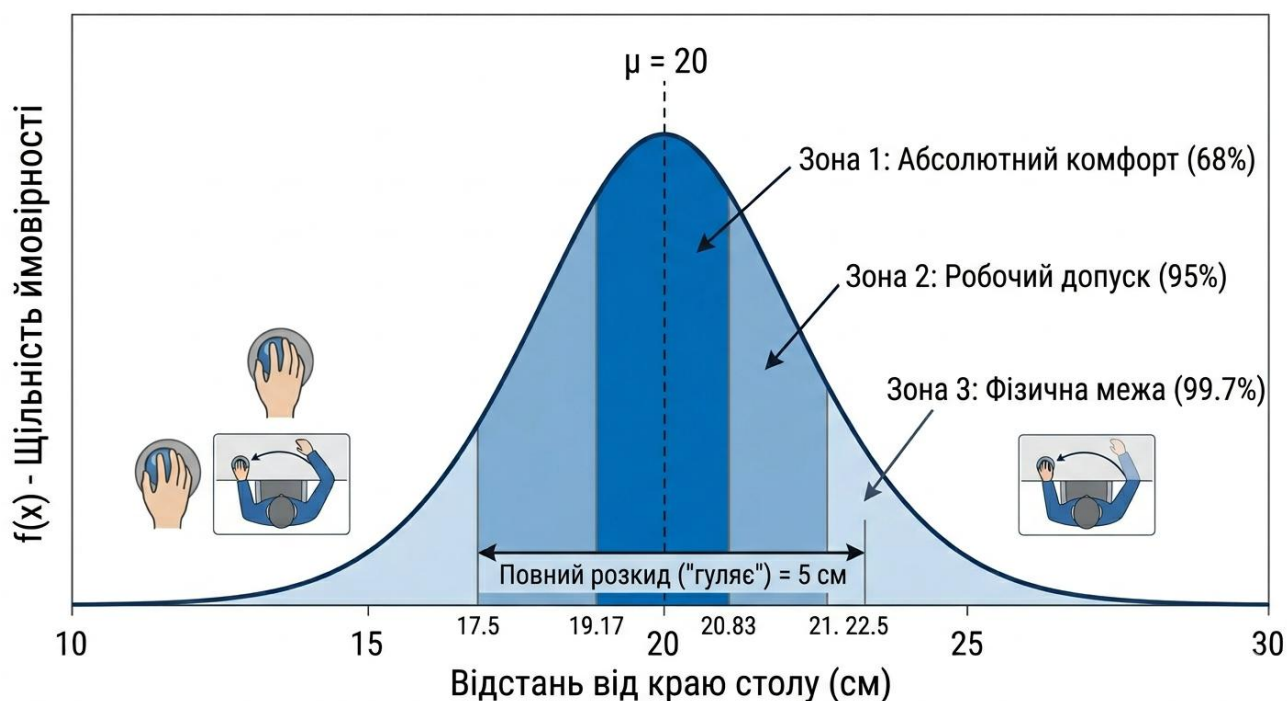


Рис. 3.12 Графік Гауса для аналізу положення комп'ютерної миші на робочому столі програміста з ПОРА
(графічне зображення візуалізовано за допомогою елементів ІІІ)

Використання одновимірної функції нормального Гаусового розподілу дозволяє оцінити досяжність або точність позиціонування об'єкта лише вздовж одного напрямку (наприклад, оцінити рухи руки тільки зліва-направо або тільки вперед-назад). Двовимірна функція Гаусового розподілу дозволяє побудувати повноцінну карту поверхні стола (площини XOY), розрахувати

площу зон оптимального комфорту (еліпси досяжності) та оцінити сумарні енерговитрати користувача з ПОРА під час маніпуляцій у будь-якій точці робочої поверхні.

Приклад 2. Необхідно визначити оптимальну зону розташування пульта керування на підлокітнику крісла-колісного. Для розрахунку пропонується використати двовимірну функцію Гауса. Вона дозволить розрахувати «потенціал комфорту» або «інтенсивність досяжності» у будь-якій точці простору навколо користувача.

Приклад розрахунку зони досяжності пульта керування. Припустимо, що проектується крісло для людини з обмеженою рухливістю кисті. На основі антропометричних даних визначається «ідеальна точка» для кнопки виклику допомоги з координатами $\mu_x = 30$ см та $\mu_y = 40$ см відносно базової точки підлокітника.

На першому етапі розв'язання поставленої задачі визначається математична модель і обирається формула (3.6) двовимірного розподілу Гауса для розрахунку потенціалу P в точці $(x; y)$:

$$P(x, y) = G \cdot \exp \left(- \frac{(x - \mu_x)^2 + (y - \mu_y)^2}{2\sigma^2} \right), \quad (3.6)$$

де G – максимальний рівень комфорту в центрі зони (прийmemo $G = 1$ для нормованого розрахунку); μ_x, μ_y – координати ергономічного центру; σ – параметр допуску (середньоквадратичне відхилення), що визначає, як швидко падає комфорт при віддаленні від центру. Оскільки у двовимірному випадку проекція перерізу «дзвона» Гаусового розподілу на площину XOY утворює коло, приймаємо дисперсії по обох осях однакові. Тоді маємо однаковими і значення параметрів $\sigma_x = \sigma_y$. Саме тому у формулі (3.6) використовується тільки один параметр допуску σ . У наведеному прикладі дисперсія – це міра того, наскільки сильно вхідні дані щодо можливого розміщення пульта керування у площині XOY «розкидані» навколо

середнього значення. Для меблів цей параметр зазвичай відображає ергономічну гнучкість (наприклад, $\sigma = 5$ см).

Вхідні данні для розрахунку.

Центр комфорту: $\mu_x = 30$ см, $\mu_y = 40$ см.

Параметр допуску: $\sigma = 5$ см.

Точка перевірки (де фактично планується встановити елемент):

$x = 32$ см, $y = 42$ см.

Покрокове обчислення. Спочатку необхідно знайти квадрат відстані від ідеального центру до обраної точки по обох осях:

$$(x - \mu_x)^2 = (32 - 30)^2 = 4; (y - \mu_y)^2 = (42 - 40)^2 = 4.$$

Сума квадратів: $4 + 4 = 8$.

Далі розраховуємо показник експоненти: $-\frac{8}{2 \cdot 5^2} = -0.16$.

Обчислюємо за (6) фінальний потенціал у заданій точці:

$$P(32, 42) = 1 \cdot e^{-0.16} \approx 0.852.$$

Інтерпретація результату.

Отримане значення 0.852 свідчить про те, що в точці з координатами (32; 42) см рівень ергономічного комфорту становить 85.2% від нормалізованого максимуму. У системному моделюванні адаптивних меблів це вважається «зоною високої доступності». Якби значення впало нижче 0.5 (50%), це б свідчило про необхідність переміщення елемента або застосування актуаторів для автоматичного підлаштування підлокітника під руку користувача.

У контексті дослідження ергономіки середовища та розробки адаптивних меблів далі пропонується застосувати концепцію виробничого потенціалу (за працями українського архітектора професора Н.М. Дьоміна). Вибір методу фізичних аналогій дозволяє перенести концептуально-математичний апарат теорії потенціалів з містобудування у предметно-просторовий масштаб предметного дизайну. Це допоможе перейти від

описового розрахунку ергономіки до неперервного математичного моделювання взаємодії людини та інтер'єрного середовища.

На мікрорівні предметного середовища замість виробничих потужностей пропонується обрати функціональні модулі меблів. Замість носія поля (місто, промзона тощо) на мікрорівні буде виступати людина (з її антропометричними та фізіологічними обмеженнями) або функціональний модуль меблів. Аналогом параметра відстані (а саме, геометричної відстані між містами) може слугувати параметр доступності / досяжності (траєкторія руху кінцівок користувача, зона досяжності, кути огляду тощо). Тоді, аналогом виробничого потенціалу виробу може слугувати ергономічний потенціал середовища (ергономічна якість простору у точці або якість адаптивних меблів).

За методикою професора Н.М. Дьоміна, виробничий потенціал точки території міста визначається сумою впливів усіх вузлів міста. Формула (3.7) потенціалу $P(x,y)$ у довільній точці описується сумою гаусових функцій для декількох елементів. Цю формулу можна використати для опису ергономічного потенціалу у довільній точці робочої поверхні елементів адаптивних меблів.

$$P(x, y) = \sum_{i=1}^n G_i \cdot \exp \left(- \left(\frac{(x - \mu_{x,i})^2}{2\sigma_{x,i}^2} + \frac{(y - \mu_{y,i})^2}{2\sigma_{y,i}^2} \right) \right) \quad (3.7)$$

де G_i – вагові коефіцієнти значущості i -го елемента (наприклад, розміщення пульта керування має вищий пріоритет доступності ніж положення предметів на робочому столі); $\mu_{x,i}, \mu_{y,i}$ – координати точки спокою або центру i -го вузла; $\sigma_{x,i}, \sigma_{y,i}$ – параметри розкиду (дисперсія) (наприклад, це можуть бути анатомічні обмеження суглобів людини з ПОРА).

Виробничий потенціал міста, за методикою професора Н.М. Дьоміна, є енергетичною характеристикою, що відображає рівень розвитку матеріально-просторового середовища. При проектуванні адаптивних меблів цей потенціал трансформується у сукупний потенціал асистивних функцій.

Математична модель сукупного (загального) потенціалу P_{Σ} системи дозволяє підсумовувати носії потенціалу з урахуванням їхньої структурної підпорядкованості (3.8):

$$P_{\Sigma} = \sum_{i=1}^L \sum_{m=1}^M \dots \sum_{q=1}^Q P_{lmn\dots q} + \sum_{i=1}^I P_i, \quad (3.8)$$

де: $\sum_{i=1}^L \sum_{m=1}^M \dots \sum_{q=1}^Q P_{lmn\dots q}$ – сума потенціалів (асистивних функцій елементів меблів) за кількома ієрархічними рівнями, параметрами або просторовими координатами (від рівня l до рівня q) або багаторівневе поле масажного впливу. Ця частина описує сумарний потенціал активного масажного та анатомічного впливу розробленого вібраційно-масажного механізму на крісло-колісне (або крісло робоче), який розбивається на ієрархічні рівні; індекси та межі сумування розділяються за ієрархічними рівнями: перший – $l=1, \dots, L$ (наприклад системи або зони: $l=1$ – поперекове-крижовий відділ хребта, $l=2$ – грудний відділ, $l=3$ – стегнова зона тощо); другий – $m=1, \dots, M$ (наприклад підсистеми або елементи: $m=1$ – вібраційні ролики / пневмоелементи, $m=2$ – тепловий або інфрачервоний підігрів, $m=3$ – пружно-еластичні властивості матеріалу (меморі-піна тощо)); кінцевий рівень – $q=1, \dots, Q$ (наприклад, нижній рівень в просторі або параметри чи робочі режими: $q=1$ – частота масажного імпульсу (Гц), $q=2$ – амплітуда або тиск (Па)); $P_{lmn\dots q}$ – потенціал конкретного елемента в залежності від параметрів $(l, m, n, \dots, q)$ або потенціал відновлення в конкретній точці накладки, наприклад, у точці l попереку під дією m -го елемента (наприклад, масажного ролика) у q -му режимі; $\sum_{i=1}^I P_i$ – сума додаткових потенціалів автономних елементів або точок від $i=1 \dots I$. Наприклад, автономні та статистичні фактори крісла. Ця частина описує потенціал базового крісла колісного (робочого) та зовнішнього середовища, які не залежать безпосередньо від використання додаткових масажних роликів накладки, але суттєво впливають на загальний стан людини з ПОРА; Так, P_i – локальні,

дискретні або часові (t) додатки до потенціалу. Вони не входять до загальної багаторівневої структури системи але можуть суттєво впливати на отримані результати. Наприклад, P_{t1} – потенціал базової геометрії крісла (ширина сидіння, кут нахилу спинки, положення пульта керування та підніжок), P_{t2} – потенціал автономності / живлення (час роботи запропонованого вібраційно-масажного механізму), P_{t3} – потенціал мікроклімату (гігроскопічність чохла вібраційно-масажного механізму, повітропроникність тощо), P_{t4} – часовий потенціал (кількість годин на добу безупинного перебування людини з ПОРА в кріслі).

У підсумку, формула (3.8) описує багаторівневу суму потенціалів окремих підсистем, елементів або чинників з урахуванням їх ієрархії та окремих складових.

Використання цієї методики дозволить сформувати карту потенціалів для розробленого масажного елементу крісла колісного. Оптимізувати та адаптувати вплив патологічних факторів на різні частини тіла людини з ПОРА. А загальний потенціал P_{Σ} ергономічного дизайнерського приладу для крісла колісного який буде отримувати людина з ПОРА (а саме, рівень корисності, комфортності та безпеки) буде складатись із суми усіх типів динамічного масажного впливу та базової зручності візка. Якщо точніше, то буде враховуватись вплив кожного масажного елемента на кожну конкретну точку тіла людини у тій або іншій зоні, з урахуванням усіх можливих режимів роботи дизайнерського виробу і форма, якість, автономність самого крісла колісного. Це дозволить підлаштувати дизайнерський адаптивний виріб під потреби конкретного користувача, гарантуючи комфортність та профілактику пролежнів.

Крім того, така формалізація дозволить оцінити «потужність» адаптивного виробу в грошових одиницях або показниках ємності, що полегшить порівняльний аналіз різних моделей на етапі проєктування.

Якщо розглядати дизайнерський адаптивний вібраційно масажний механізм на крісло колісне (робоче), в цілому як систему, то це буде не просто набір креслень чи дизайн-проект зовнішнього вигляду виробу, це буде цілісна багаторівнева структура, яка поєднуватиме сам дизайнерський виріб, цифрові інструменти, алгоритми та досвід користувача.

Для розрахунку загального рівня корисності, комфортності та безпеки (потенціалу) адаптивного виробу зазвичай використовують грошові одиниці, оскільки вони відображають сукупні витрати на створення, підготовку та утримання кожного елемента системи.

Формалізація структури потенціалу.

Згідно з ієрархічною моделлю, сукупний виробничий потенціал адаптивного вібраційно-масажного крісла колісного (робочого) P_{Σ} складається з кількох груп носіїв:

Група P_k (механічна база): каркас та рухомі секції; опорні ролики (колеса);

Група P_l (електронні асистивні системи): актуатори, сенсори та пульт керування; частота та амплітуда вібродвигунів;

Група P_m (ергономічне наповнення моделі): спеціалізований проти-пролежневий наповнювач.

Математична модель.

Використовуємо значно простішу ніж (3.8) загальну формулу (3.9) сукупного потенціалу:

$$P_{\Sigma} = \sum_{k=1}^3 P_k + \sum_{l=1}^3 P_l + \sum_{m=1}^3 P_m, \quad (3.9)$$

де: $\sum_{k=1}^3 P_k, \sum_{l=1}^3 P_l, \sum_{m=1}^3 P_m$ – часткові потенціали, що характеризують три різні групи функціонування системи в цілому, ум. од.

Приклад розрахунку (умовні одиниці вартості / грн.)

Група P_k характеризує функціонально-динамічні можливості системи (каркас): наприклад, P_{k1} (несуча рама із сталюого сплаву) = 15 000 ум. од.; P_{k2} (механізми рухових масажних секцій) = 5 000 ум. од.

Разом $P_k = P_{k1} + P_{k2} = 20\,000$ ум. од.

Група P_l характеризує електроніку, яка забезпечує функціонування виробу: наприклад, P_{l1} (система актуаторів для положення Фаулера та Тренделенбурга) = 18 000 ум. од.; P_{l2} (сенсори моніторингу тиску та падіння) = 7 000 ум. од.; P_{l3} (блок безперебійного живлення та контролер LoT) = 5 000 ум. од.

Разом $P_l = P_{l1} + P_{l2} = 30\,000$ ум. од.

Група P_m характеризує адаптивний наповнювач, покликаний знімати пікові тиски та підтримувати форму: наприклад, P_{m1} (базовий шар еластичного ППУ) = 4 000 ум. од.; P_{m2} (гелеві вставки для терморегуляції) = 6 000 ум. од.

Разом $P_m = P_{m1} + P_{m2} = 10\,000$ ум. од.

Фінальний результат.

Економічний ефект дизайнерського рішення для крісла колісного (робочого):

$$P_{\Sigma} = 20\,000 + 30\,000 + 10\,000 = 60\,000 \text{ ум. од. (грн.)}$$

Цей показник відображає сукупну «потужність» асистивного виробу, дозволяючи розробнику на етапі проектування (Рівень 3 за ЗРСЗ) проводити порівняльну оцінку альтернативних рішень. Зокрема з'являється можливість кількісно оцінити, як конструктивна заміна гелевого наповнювача на систему повітряної флотації змінить виробничий потенціал виробу, його сукупний грошовий еквівалент (вартість проектного рішення).

У контексті Управління охороною праці та системного проектування (ЗРСЗ), процес розробки адаптивних меблів для людей з порушеннями

опорно-рухового апарату (ПОРА) можна розділити на сім послідовних етапів, структурованих за принципами інклюзивного системного дизайну:

1 етап. *Ідентифікація та визначення проблеми.* На цьому етапі визначається цільова група користувачів (вік, тип інвалідності, фізичні обмеження) та виявляються основні недоліки традиційних меблів, які заважають незалежності та комфорту. До таких недоліків слід віднести: статичність конструкцій; відсутність індивідуального регулювання та зміни геометрії; неадекватний розподіл питомого тиску та м'які тканини; відсутність пасивних систем терморегуляції тощо. Перший етап складається із наступних задач:

- визначення цільової групи користувачів, враховуючи такі фактори, як вік, тип інвалідності та фізичні обмеження;
- визначення основних проблем з якими стикаються люди з ПОРА при використанні традиційних меблів;
- визначення чіткої цілі, наприклад, підвищена незалежність, покращений комфорт або розширена функціональність.

2 етап. *Системний аналіз.* На цьому етапі здійснюється декомпозиційний аналіз елементів меблів для виявлення потенційних зон, де можна застосувати принципи адаптивності, а також аналітично оцінюються існуючі асистивні рішення з ідентифікацією їхніх конструктивно-функціональних переваг і обмежень. Цей етап поділяється на задачі:

- проаналізувати компоненту структуру традиційних меблів для виявлення ділянок конструкцій, що потребують надання адаптивних властивостей;
- визначення обмежень, пов'язаних з властивостями матеріалів, виробничих процесів та вартості;
- провести порівняльну оцінювання існуючих рішень у галузі адаптивних меблів для визначення їхньої ергономічної ефективності, переваг та конструктивних обмежень.

3 етап. Декомпозиція проблеми. На цьому етапі складне завдання проєктування розділяється на менші підпроблеми, локальні підзадачі, такі як: розробку механізмів трансформації (регулювання висоти, налаштування кута нахилу сидіння або спинки) та впровадження додаткових активних модулів (наприклад, масажу, підігріву). Цей етап поділяється на задачі:

- здійснення декомпозиції комплексної задачі проєктування адаптивних меблів на систему детермінованих (керованих) підзадач;
- визначення пріоритету підпроблем, а саме відносну важливість кожної підпроблеми на основі її впливу на загальне рішення.

4 етап. Генерація рішень. На цьому етапі, за допомогою творчих методів (дизайн-мислення «Подвійний діамант» або латерального мислення), створюється широкий спектр потенційних варіантів з використанням різних матеріалів та технологій. Поділяється на задачі:

- використання творчих методів, задля створення широкого спектру потенційних рішень;
- дослідження різних підходів дизайну, матеріалів та технологій, які можна використовувати для досягнення бажаного рівня адаптивності;
- оцінка технічної здійсненності, економічної доцільності та прийнятності для користувача з ПОРА кожного запропонованого рішення;

5 етап. Вибір і уточнення рішення. На цьому етапі розробляється багатокритеріальна система оцінювання (функціональні, естетичні та економічні параметри) для вибору раціонального варіанта рішення, яке потім доопрацьовується на основі перших відгуків (зворотного зв'язку). Поділяється на задачі:

- розробка набору критеріїв, таких як функціональність, зручність використання, естетика та економічна ефективність, щоб оцінити потенційні рішення;
- вибір найкращого рішення, яке відповідає визначеним потребам і обмеженням;

- уточнення рішення, вносячи коригування та покращення на основі відгуків і тестування.

6 етап. *Впровадження та тестування.* На цьому етапі створюється фізичний прототип або цифрова модель (DHM) (*Digital Human Model*) для перевірки функціональності виробу в реальних умовах за участю представників цільової групи користувачів. Поділяється на задачі:

- розробка фізичного прототипу або цифрової моделі адаптивних меблів, щоб перевірити їх функціональність і зручність використання;
- провести тестування з окремими особами з цільової групи людей з ПОРА, щоб зібрати відгуки та визначити області для покращення;
- створення ітеративного дизайну, на основі врахування відгуків користувачів, щоб удосконалити дизайн і покращити загальну взаємодію.

7 етап. *Оцінка та оптимізація.* На цьому етапі проводиться моніторинг використання вироблених меблів у повсякденному житті, збираються відгуки для фінального вдосконалення дизайну та максимального задоволення потреб осіб з ПОРА. Поділяється на задачі:

- відстеження та оцінка продуктивності адаптивних меблів у реальних умовах;
- збір відгуків користувачів, щоб визначити будь-які проблеми або області, які потрібно покращити;
- оптимізація дизайну, щоб підвищити його корисність, функціональність і задовольнити користувачів (осіб з ПОРА).

Дотримуючись цих кроків і застосовуючи концепцію ЗРСЗ, можна розробити інноваційні та ефективні рішення для моделювання адаптивних меблів, які дозволять особам з ПОРА жити більш незалежним і повноцінним життям.

На рис. 3.13 візуалізовано схему етапів розв'язання цих рішень.

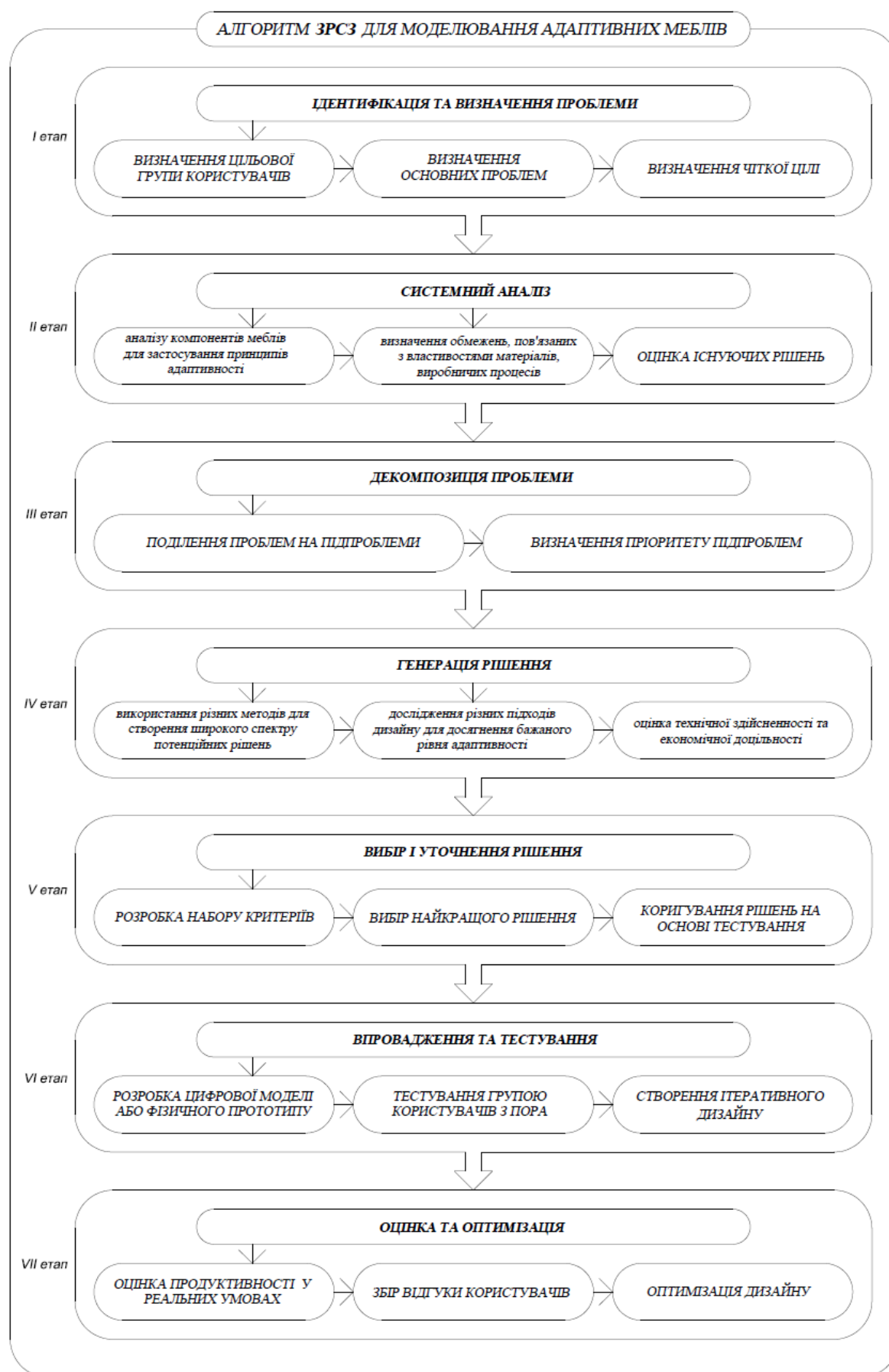


Рис. 3.13. Алгоритм розв'язання системних задач моделювання адаптивних меблів на основі методу ЗРСЗ

3.4. Розробка об'єднавчої моделі міждисциплінарних зв'язків та системних даних на основі епістемологічної ієрархії Джорджа Кліра

Розвиток сучасної науки характеризується стрімкою спеціалізацією, що призводить до виникнення глибоких, але вузьких галузей знань. Це роздроблення, зумовлене обмеженістю людського розуму в обробці експоненціально зростаючих обсягів інформації, створює бар'єри між дисциплінами. Проте вирішення складних практичних завдань, таких як моделювання адаптивного предметного середовища для людей з ПОРА, вимагає цілісного підходу, який об'єднує ергономіку, медицину, механіку, матеріалознавство та психологію.

Загальна теорія систем, започаткована Л. фон Берталанфі та розвинена Джорджем Кліром, пропонує логіко-математичний апарат для вивчення ізоморфізму знань – подібності структурних і функціональних закономірностей у різних галузях. Ключовим методичним інструментом у цій методології є система ЗРСЗ (у міжнародній термінології Generalized System of Project Solutions (GSPS)). При проєктуванні адаптивних меблів ЗРСЗ (GSPS) виступає уніфікованою платформою, яка дозволяє формалізувати міждисциплінарну взаємодію фахівців (ергономістів, конструкторів, дизайнерів, реабілітологів) незалежно від специфіки конкретного середовища.

Дане дослідження спрямоване на розширення існуючої теорії шляхом розробки об'єднавчої моделі, що структурує схеми міждисциплінарних зв'язків на всіх когнітивно-пізнавальних рівнях, забезпечуючи перехід від інтуїтивного дизайну до автоматизованого системного синтезу.

Методологія Кліра базується на припущенні, що системні завдання можуть бути описані як ієрархія рівнів знання про об'єкт. Кожен рівень додає нову інформацію до попереднього, поступово переходячи від простих спостережень до складних динамічних структур. У контексті проєктування адаптивних меблів, ця ієрархія дозволяє впорядкувати величезну кількість

змінних, що описують взаємодію «Користувач — Об'єкт — Просторове середовище».

Системна парадигма проєктування адаптивного середовища представлена на рис. 3.11 та 3.14.

На *нульовому рівні* (Вихідна система) визначається множина потенційних значень параметричних змінних. Для людей з ПОРА це означає ідентифікацію об'єкта дослідження (наприклад, адаптивного крісла) та його середовища. Вхідні змінні тут розглядаються як фактори середовища, які не є предметом безпосереднього дослідження, але критично впливають на вихідні змінні системи.

Перший рівень (Система даних) наповнює цю структуру результатами конкретних вимірювань та спостережень. Для формування об'єднаної моделі на цьому етапі використовуються дані антропометрії та фізіології опорно-рухового апарату. Сучасні методи вимірювання створюють первинне джерело геометричної інформації, систематизація яких потребує використання різних одиниць виміру, що відображено в таблицях 3.3 та 3.4.

Рівень 2 (Породжувальна або Поведінкова система) описує інваріантні відношення між змінними. Тут генеруються знання про те, як стан однієї підсистеми обмежує стани іншої. У теорії Кліра це часто реалізується через метод масок аналізу, де з набору даних виділяються найбільш стабільні зв'язки. Наприклад, виявляється залежність між тиском на сидничні горби (фізіологічний параметр) та коефіцієнтом пружності наповнювача (матеріалознавчий параметр).

Рівень 3 (Структурована система) є ключовим для створення моделі міждисциплінарних зв'язків. На цьому етапі окремі підсистеми (ергономічна, механічна, матеріалознавча) створюють міждисциплінарну структуру відношень одна до одної. Проєктування за такою схемою дозволяє уникнути дублювання теоретичних зусиль та виявити суперечності між вимогами різних спеціалістів ще на етапі віртуального моделювання.

Метасистеми та управління змінами (Рівні 4 та 5). Складність проектування для осіб з ПОРА полягає в тому, що їх стан не є статичним. Прогресування захворювання або процес реабілітації змінюють вимоги до меблів.

Рівень 4 за Кліром – метасистема: складається з набору систем нижчих рівнів та інваріантної процедури, що описує переходи між ними та забезпечує декомпозицію загальної цілі «оптимальний комфорт» на конкретні функціональні залежності в епістемологічній ієрархії.

Адаптаційні алгоритми рівня 4 (Метасистема) мають забезпечувати структурний ізоморфізм з внутрішньою моделлю (рівень 3). Вони функціонують як мета-правила, що калібрують алгоритми позиціонування крісла, враховуючи динамічні зміни антропометрії користувача в реальному часі. Ключовим завданням є інтеграція обмежень, наприклад, матеріалознавства та асистивної механіки у логіку реакції системи. Таким чином, логіка рівня 4 гарантує, що фізичні трансформації залишаються оптимальними та безпечними, мінімізуючи ентропію всієї адаптивної системи.

Динаміка станів та адаптивні переходи. В об'єднаній моделі метасистемний рівень реалізується через розробку стратегії управління змінами у функціональній поведінці всієї системи протягом життєвого циклу. Це може включати:

Модульну трансформацію, наприклад: заміна жорсткої підтримки спини на регульовану, при відновленні м'язового тону.

Програмне підлаштування, наприклад: зміна чутливості джойстика керування кріслом залежно від ступеня тремору рук користувача.

Прогнозування зносу, наприклад: метасистема відстежує деградацію властивостей наповнювача (рівень 2) та ініціює запит на технічне обслуговування.

Рівень 5 (Мета-метасистема) описує зміни в самих процедурах переходу. Це вищий рівень абстракції, де об'єктом дослідження стає сама

еволюція взаємодії людини з технічними системами. Створення таких систем потребує впровадження інтелектуальних агентів, здатних до самоорганізації та навчання на основі зворотного зв'язку від користувача.

Управління складністю та спрощення систем. Будь-яка модель є спрощенням реальності, але в системному проектуванні важливо знайти баланс між адекватністю моделі та її обчислювальною складністю. Клір наголошує на принципі «найпростіше – найкраще», де мінімізація кількості змінних при збереженні інформаційної ємності є головною метою.

Аналіз потенціалу відновлення (реконструйованості) як інструмент побудови нової моделі. Аналіз потенціалу відновлення (*Reconstructability Analysis, RA*) дозволяє визначити, чи можна адекватно описати складну систему через її простіші підсистеми (аспекти). У нашому дослідженні це застосовується для зменшення розмірності об'єднаної моделі зв'язків:

1. *Декомпозиція* – розбиття загальної системи на «слабко» пов'язані аспекти (наприклад, «аспект матеріалу наповнювача» та «аспект ергономічної підтримки»).

2. *Пошук інформаційних втрат* – оцінка того, наскільки структура зв'язків між дисциплінами відтворює властивості цілісної структури (взаємодія аспектів).

3. *Використання розширення можливостей* – дослідження за межі чистої ймовірності, що дозволяє враховувати суб'єктивні оцінки користувачів (наприклад, рівень комфорту) як математичні обмеження. Таке спрощення дозволяє створювати ефективні алгоритми керування адаптивними меблями, які працюють у режимі реального часу на мобільних обчислювальних пристроях без втрати якості підтримки користувача. На рисунку 3.14 показана об'єднана модель міждисциплінарних зв'язків з інтеграцією алгоритму розв'язання системних завдань моделювання адаптивних меблів на основі методу ЗРСЗ (рис. 3.12) для людей з ПОРА. Архітектура такої системи дозволяє гнучко забезпечуючи інтеграцію різнорідних інструментів і підбирати параметри для досягнення бажаного результату.

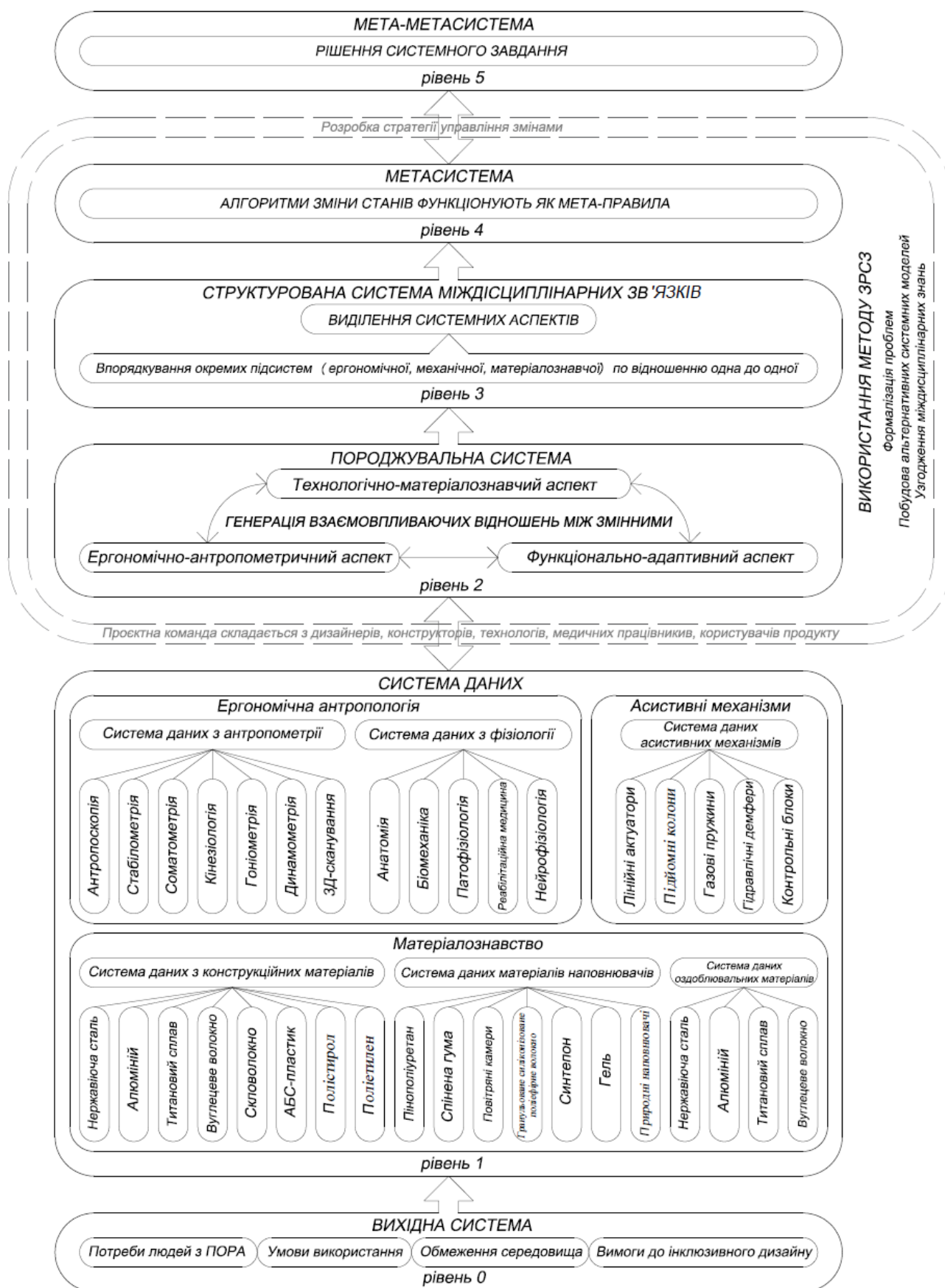


Рис. 3.14. Об'єднувача модель міждисциплінарних зв'язків та системних даних з інтеграцією методу ЗРСЗ для розробки адаптивних меблів

Розвиток дослідження на основі теорії Кліра через розробку об'єднавчої моделі міждисциплінарних зв'язків дозволяє перейти від фрагментарного до цілісного проектування інклюзивного простору. Формалізація знань у вигляді епістемологічної ієрархії забезпечує прозорість прийняття рішень та можливість автоматизації складних інженерних завдань.

Основними науковими результатами пропонованого підходу є:

Формалізація міждисциплінарного ізоморфізму, а саме створення єдиної математичної та візуальної мови для фахівців різних галузей.

Підвищення точності проектування – використання цифрової моделі людини з ПОРА на ранніх етапах дозволяє виявити до 90% ергономічних ризиків ще до створення фізичного прототипу.

Еволюційна адаптивність – метасистемний підхід (рівні 4-5) дозволяє створювати вироби, що «ростуть» та змінюються разом із користувачем, забезпечуючи сталу якість життя.

Застосування методології загального розв'язувача системних задач (GSPS) Дж. Кліра дає змогу систематизувати процес проектування адаптивних меблів для осіб з ПОРА. Інтеграція цього підходу з цифровим геометричним моделюванням дозволяє трансформувати індивідуальні антропометричні та біомеханічні показники конкретної людини у параметричну 3D-модель виробу. У результаті комплексна задача створення зручних, функціональних та безпечних меблів формалізується у чітко детерміновану ергономічну систему, поведінка та просторова конфігурація якої повністю обумовлені вихідними даними користувача.

Майбутні дослідження мають бути зосереджені на інтеграції штучного інтелекту в структуру ЗРСЗ, що дозволить моделі самостійно генерувати нові топології зв'язків у відповідь на непередбачувані зміни зовнішнього середовища або стану людини. Створення таких самонавчальних інклюзивних систем стане новим етапом у розвитку антропоцентричних технологій.

ВИСНОВКИ ДО ТРЕТЬОГО РОЗДІЛУ

Аналіз сучасних методичних підходів до проектування адаптивних меблів для людей з ПОРА дозволяє стверджувати, що ефективне моделювання таких об'єктів неможливе в межах одного окремого методу. Адаптивні меблі є складними людиноорієнтованими системами, які функціонують на перетині фізичних, ергономічних, технологічних та соціальних чинників, що зумовлює необхідність інтегрованого, системного та ієрархічно організованого підходу.

Ключовим принципом застосування методичних підходів у моделюванні адаптивних меблів є *принцип системності*, відповідно до якого меблевий об'єкт розглядається не як ізольований виріб, а як елемент цілісної системи «Людина з ПОРА — Меблі (вироби) — Середовище використання». У цьому контексті метод загального розв'язувача системних задач Джорджа Кліра доцільно використовувати як метаметодологічну основу, що забезпечує формалізацію проблеми проектування, побудову множини альтернативних системних моделей та науково обґрунтований вибір оптимального рішення з урахуванням варіативності потреб користувачів.

Другим визначальним принципом є *принцип ієрархічності* та рівнів абстракції, який передбачає розмежування методів за їх роллю у процесі проектування. На верхньому рівні функціонують метаметоди системного аналізу (зокрема ЗРСЗ), що задають логіку мислення та критерії оцінки рішень. На процесному рівні застосовується модель *Double Diamond*, яка структурує послідовність етапів дослідження, формулювання проблеми, системного моделювання та валідації результатів. Такий розподіл дозволяє уникнути методологічної еkleктики та забезпечує цілісність проектного процесу.

Важливим принципом є також *принцип людиноорієнтованої варіативності*, згідно з яким модель адаптивних меблів не може бути єдиною або універсально фіксованою. Натомість процес проектування має

бути спрямований на формування та аналіз альтернативних моделей, кожна з яких відповідає певному рівню функціональної адаптивності, фізичних можливостей та сценаріїв використання людьми з ПОРА.

Наступним принципом є *принцип формалізованого вибору та обґрунтування рішень*, який полягає у переході від інтуїтивного або суто креативного проектування до науково верифікованого процесу прийняття рішень. Інтеграція ЗРСЗ у процесну модель *Double Diamond* забезпечує можливість оцінювати альтернативні системні моделі за визначеними критеріями (ергономічність, безпека, адаптивність, відповідність стандартам), що є особливо важливим у проектуванні для вразливих груп користувачів.

Окремо слід виокремити *принцип ітеративності та валідації*, відповідно до якого моделювання адаптивних меблів розглядається як циклічний процес уточнення системної моделі. На цьому етапі здійснюється перевірка відповідності обраного рішення заданим вимогам та умовам використання, що дозволяє підтвердити його доцільність або скоригувати вихідні параметри системи.

Таким чином, застосування методичних підходів у моделюванні адаптивних меблів для людей з порушеннями опорно-рухового апарату має базуватися на поєднанні системного метаметодологічного рівня (метод Джорджа Кліра) та процесного дизайн-мислення (*Double Diamond*). Такий підхід забезпечує наукову обґрунтованість, структурованість і гнучкість проектування, а також створює передумови для розробки адаптивних меблів, здатних ефективно відповідати індивідуальним потребам користувачів з ПОРА в реальних умовах експлуатації.

Запропонований підхід дозволить змінити існуючу концепцію проектування адаптивних меблів від розробки окремого предметного елемента (механізму) до створення комплексної адаптивної ергономічної системи «Людина з ПОРА — Дизайнерський виріб — Крісло колісне (робоче) — Середовище застосування». У цій системі математична модель

сумарного потенціалу P_{Σ} виступає системоутворювальним елементом, що дозволить інтегрувати біомеханічні, ергономічні та алгоритмічні параметри в єдиний прогнозований процес автоматизованого керування і адаптації. Де керування стосується математичної моделі розрахунку ергономічного потенціалу виробу, а автоматизація стосується самоналаштування авторського адаптивного виробу (наприклад, вібраційно-масажного механізму для крісла колісного (робочого)) для осіб з ПОРА.

Публікації автора з розглянутих питань: [54, 56, 57].

Список використаних джерел у третьому розділі: [1, 2, 11, 12, 14, 27, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 39, 47, 49, 50, 51, 53, 72, 73, 77, 78, 79, 80, 101, 102, 109]

Список публікацій здобувача за матеріалами третього розділу

1.Щеглов С.П. О геометричному моделюванні візуального простору для людей з обмеженими опорно-руховими функціями. Прикладна геометрія та інженерна графіка. Міжвідомча науково-технічна збірка. Випуск 60. Київ: КДТУБА, 1996. С. 199-201.

2. Щеглов С.П. Узагальнено-символічна форма геометричного апарату для моделювання оточуючого середовища для інвалідів у кріслах-колясках. Прикладна геометрія та інженерна графіка. Міжвідомча науково-технічна збірка. Випуск 62. Київ: КДТУБА, 1997. С. 221-223.

3. Щеглов С.П. Функціональна оптимізація дизайну адаптивних меблів для покращення доступності та комфорту осіб з порушеним опорно-руховим апаратом. Науковий збірник «Сучасні проблеми архітектури та містобудування». Випуск 69. Київ : КНУБА, 2024. С 352-365.

4. Щеглов С.П. Перспективи розвитку параметричного дизайну у створенні сучасних інтер'єрів. Програма та тези доповідей. Архітектура, Будівництво, Дизайн: Технологія, Енергетика, Менеджмент: Міжнародний

науково-технічний форум (16–17 жовтня 2024 р., м. Київ). Київ: Видавництво Ліра-К, 2024. С.396-397.

5. Щеглов С.П. Використання методу «Double Diamond» у моделюванні адаптивних меблів для людей з ПОРА. Всеукраїнська наукова конференція «Сучасна архітектурна освіта XVI: Архітектурна творчість і штучний інтелект». (7 листопада 2024 року), Київ, 2024. С.163-164.

РОЗДІЛ 4

ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПІВ КОНСТРУЮВАННЯ АДАПТИВНИХ МЕБЛІВ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ПОРА

Для інтеграції людей з ПОРА необхідно вирішити багато проблем пов'язаних з відсутністю сталої інфраструктури СТС без перешкод. Але першим кроком для вирішення цих проблем це рівень мікроергономіки. Сидячий спосіб життя став однією з основних причин фізичного занепаду не тільки фізично здорової людини, в більший мірі це впливає на малорухомих людей. Тривале сидіння негативно впливає на фізичне здоров'я, травмує м'язи, викликаючи атрофію і застій кровообігу, призводячи до фізичного дискомфорту, навіть до смерті. Тому розробка зручного автоматичного вібраційного крісла для малорухомих груп населення, зменшить цей дискомфорт. В основі механізму крісла пропонується використати ексцентриковий привід, який буде створювати вібрацію та рух тіла для полегшення фізичних проблем.

При роботі над дизайном крісла був використаний метод дизайн-мислення «Подвійний Діамант» (*Double Diamond*) у поєднанні з методом загального розв'язувача системних задач (ЗРСЗ). Конструктивне рішення було розроблене за допомогою біоміметичного методу, який поєднує в собі принципи промислового дизайну та механічні теорії структурного проектування. Вібраційні характеристики крісла були перевірені за допомогою методу моделювання з використанням програмного забезпечення SolidWorks.

Існує очевидний зв'язок між сидячою поведінкою та проблемами зі здоров'ям, дискомфорт у тілі, біль в області ший, плечей і нижньої частини спини. Крім того, деякі дослідники виявили проблему зі здоров'ям, яка полягає в тому, що сидяча поведінка може погіршити вже наявні захворювання людини (Owen et al., 2010). Фізична бездіяльність є четвертим

провідним фактором ризику глобальної смертності, на який припадає 6% глобальної смертності (*Ricci et al.*, 2020).

Вібрація всього тіла (WBV) була представлена ще наприкінці 1990-х років. Але дослідження впливу інтенсивності вібрації проводяться до цього часу. Відомо, що людський організм по різному сприймає різні вібрації та інтенсивність вібрації. Інтенсивність вібрації залежить від частоти вібрації або кількості коливань за секунду, яка вимірюється в герцах (Гц). У багатьох дослідженнях було виявлено, що вібраційне крісло з частотою 5 Гц та амплітудою 7,5 мм допомагає поліпшити сон та прибрати втому. Також дослідили що вплив вібрації всього тіла 4-7 Гц протягом 60 хвилин, що передається через автомобільне сидіння, допомагає водіям підвищити симпатичну активацію, та уникати сонливості. Крістофер (2009) досліджував вплив вібраційного крісла для пацієнтів з хворобою Паркінсона (ХП) на вібраційну терапію, пацієнти, які щодня проводили 30-хвилинні сеанси в автоматизованому вібраційному кріслі, відчували себе більш комфортно і краще спали після тренувань. Під час WBV суб'єкт може виконувати вправи, а частоти вібраційних тренажерів працюють в обмеженому діапазоні, зазвичай від 15 до 70 Гц, та амплітудою, зазвичай від 1 до 10 мм (). Основна частота вібрації повинна підтримуватися на низькому рівні, а збільшення інтенсивності вібрації можливе лише протягом обмеженого часу. Рекомендований час використання вібраційного пристрою для фізичних вправ становить від 15 до 30 хвилин на сеанс. Результати експериментів показали, що конструкція вібраційного крісла повинна мати регульоване функціональне налаштування вібрації в обмеженому діапазоні 15-30 герц при вазі користувача 65 кг. Вібраційні норми покладаються на конструкцію механічного пристрою. Тому дуже важливо для правильної передачі вібрації спроектувати конструкцію де можуть бути застосовані різні типи коливань, таки як: 1. Поворотні коливання; 2. Бічні коливання (латеральна осциляція); 3. Лінійні коливання; 4. Складні рухи; 5. Електромагнітні коливання. Всі

п'ять видів вібраційних типів коливань можуть генерувати певну вібрацію відповідно:

1. Поворотне коливання, в якому верхня платформа коливається навколо фіксованої центральної осі обертання.
2. Латеральна осциляція - пристрій з 4-ма штангами, який призначений для створення коливань вперед-назад.
3. Лінійна вібрація, вона рухається переважно у горизонтальному напрямку, з незначним рухом по вертикалі.
4. Складний рух, що включає ексцентриковий привід, який поєднує в собі плоский 4-балочний пристрій (пристрої) та ексцентрикове колесо для створення складної схеми руху.
5. Електромагнітні коливання – це привід, придатний для створення зворотно-поступального руху для незначного розтягування.

Вібрація необхідна для здоров'я сидячих людей. Тому це автоматичне вібраційне крісло призначене для того щоб розслабити м'язи тіла і полегшити фізичний дискомфорт.

4.1. Реалізація принципів конструювання адаптивного робочого місця для маломобільних людей з ПОРА

Дослідження принципів конструювання адаптивного робочого крісла колісного для людей з ПОРА ґрунтується на розумінні крісла не лише як засобу пересування, а як основного робочого місця. У межах соціотехнічного підходу, конструкція має забезпечувати «спільну оптимізацію» фізичних потреб користувача та технічних можливостей системи для професійної самореалізації.

Формулювання принципів конструювання адаптивних меблів не можливі без 7 фундаментальних принципів універсального дизайну для інклюзивного середовища, які були розроблені Центром універсального

дизайну (*The Center for Universal Design*) та визнані урядом України на законодавчому рівні [42, 62, 82].

Основні принципи конструювання адаптивних меблів для людей з ПОРА:

1. Принцип повної ергономічної трансформації простору.

Робоче місце має бути динамічним, а не статичним. Це передбачає можливість регулювання висоти різних поверхонь (столів, підставок, полиць) та кутів нахилу елементів під потреби конкретного користувача, незалежно від того, працює він сидячи в кріслі-колісному чи стоячи.

2. Принцип «мінімальної критичної специфікації»

Конструкція не повинна жорстко диктувати спосіб використання. Користувачу залишається право самостійно конфігурувати деталі (розташування ящиків, підлокітників, моніторів) відповідно до власних звичок та типу робочих завдань.

3. Принцип мінімізації фізичного зусилля.

Впровадження фурнітури з легким ходом, важільних ручок замість поворотних, автоматизованих приводів (ліфтів) та сенсорних систем керування. Це дозволяє виконувати маніпуляції з меблями з мінімальною втомою та без сторонньої допомоги.

4. Принцип визначених зон охоплення.

Організація простору за пріоритетністю поділяються на три зони: первинна зона (нейтральна), найважливіші інструменти та органи керування розташовуються в зоні комфортного охоплення при зігнутому лікті; вторинна зона, менш вживані предмети які використовуються епізодично – в межах повної витягнутої руки без нахилу тулуба; третинна зона, для рідко вживаних речей, доступ до яких вимагає нахилу тулуба або переміщення робочого крісла.

5. Принцип безбар'єрної просторової логіки.

Забезпечення вільного простору під робочими поверхнями (відсутність нижніх тумб) для безперешкодного під'їзду на кріслі-колісному, а також

проектування меблевого ансамблю таким чином, щоб забезпечувати радіус розвороту та безперешкодні шляхи пересування.

6. Принцип соціотехнічної «спільної оптимізації».

Меблі мають інтегруватися в соціальний контекст, та не повинні виглядати як «медичне обладнання», при цьому технічні параметри (механізми, приводи) мають бути узгоджені з професійними завданнями користувача. Також, підтримувати автономність та бути сумісними з іншими асистивними технологіями, які людина використовує щодня. Розробка вважається успішною лише тоді, коли вона підвищує якість робочого життя та продуктивність одночасно.

7. Принцип активної безпеки та «терпимості до помилок».

Використання безпечної геометрії (заокруглені кути, відсутність гострих кромek), стабільних конструкцій з антиперекидними механізмами та неслизьких поверхонь.

8. Принцип партисипативності (співпроектування).

Залучення кінцевого користувача до груп проєктантів адаптивних меблів. Це дозволяє врахувати неявні потреби, такі як специфічний спосіб переміщення з крісла на стілець або індивідуальні особливості зорового сприйняття робочої зони.

9. Принцип адаптивного зворотного зв'язку.

Інтеграція смарт-систем, які здатні моніторити стан користувача (поставу, рівень втоми) та автоматично пропонувати зміну положення тіла або регулювання освітлення для підтримки здоров'я та продуктивності.

10. Принцип динамічного перерозподілу тиску.

Конструкція меблів для сидіння має активно запобігати вторинним ускладненням (ішемічним виразкам, порушенню кровообігу, профілактики пролежнів). Використання багатошарових поверхонь (наприклад, з ефектом пам'яті або пневматичних осередків), що збільшують площу контакту тіла з опорою, знижуючи піковий тиск на кісткові виступи.

Аналіз підходів ключових способів, що дозволяють реалізувати перехід від «продукту» до «соціотехнічної системи» можна побачити на таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Назва	Підхід	Соціотехнічна оптимізація	Переваги для людей з ПОРА
Аналіз невідповідності	Антропометричний	Забезпечує точну відповідність параметрів меблів анатомії конкретного користувача.	Мінімізація м'язового напруження та ризику м'язової дистрофії
Партисипативний співдизайн (<i>Meta-design</i>)	Соціальний / Комуникативний	Залучає користувачів та лікарів до процесу проектування, прийняття рішень.	Постійний зворотний зв'язок: моніторинг, діагностика, узгодження, впровадження.
Статистичний аналіз (<i>ANOVA</i>)	Однофакторний / Дисперсійний	В інклюзивному проектуванні використовується для перевірки проєктних гіпотез математичним шляхом	Дозволяє об'єктивно оцінити технічні зміни в конструкції меблів покращують якість життя
Аналіз ефектів взаємодії (<i>Interaction Effects</i>)	Двофакторний / Соціальний	Досліджується, як технічні фактори взаємодіють із характеристиками різних груп користувачів	Дозволяє виявити, чи однаково ефективна певна функція меблів для різних соціальних груп

У контексті соціотехнічного підходу проектування меблів для людей з ПОРА розглядається не лише як створення фізичного об'єкта меблів, а як

розробка системи, де технічна підсистема (механізми, ергономіка) та соціальна підсистема (користувач, опікуни, реабілітаційні процеси) мають бути взаємно оптимізовані.

Сучасне проектування меблів для людей з ПОРА переходить до створення персоналізованих соціотехнічних систем через спільну оптимізацію техніки та соціальних потреб користувача. Пріоритетним напрямком є партисипативний співдизайн, що залучає людину як активного розробника для запобігання відмові від меблів. Технічна точність реалізується через параметричне моделювання та 3D-сканування, що забезпечує «Body Fit» на основі індивідуальної анатомії. Валідація базується на математичному аналізі невідповідності (*Mismatch Analysis*) та статистиці *ANOVA*, що доказово мінімізують м'язове напруження. Смарт-системи інтелектуального середовища (*Ambient Assisted Living*), за допомогою технологій (сенсорів, *IoT*, ШІ, циклом *MDRC*), забезпечують автоматичну корекцію пози в реальному часі. Зрештою, принципи мета-дизайну дозволяють меблям еволюціонувати в процесі використання, підтримуючи професійну автономію та гідність особи.

4.2. Особливості конструювання адаптивного крісла з вібраційним механізмом на основі кривошипа для маломобільних людей

Конструкція віброкрісла має забезпечувати регулювання робочих параметрів у безпечних для користувача межах: частота 15-70 Гц, амплітуда 1-10 мм, тривалість сеансу приблизно 15-30 хв. Для уникнення перевантаженості людини, основну частоту тримають низькою, а підвищену інтенсивність застосовують лише короткочасно. Усі норми вібраційної безпеки реалізують безпосередньо конструкцією механічного пристрою.

Проектна концепція авторського вібраційного елемента для крісла колісного реалізована через систему взаємопов'язаних функціональних та естетичних аспектів.

В основу формоутворення зовнішнього вигляду дизайнерського виробу покладено принцип біоміметики (*biomimetics*) (імітації живих систем у дизайні та інженерії), що є подальшим розвитком біоніки. Джерелом натхнення при формуванні геометрії елементів вібраційного крісла слугували біоструктури членистоногих, зокрема форма та конфігурація окремих тергітів (склеротизованих елементів їхніх сегментарних кілець).

При розробці конструкції елементів вібраційного крісла автором дослідження було враховано антропометричні дані (рис. 4.1), і проведено аналіз невідповідностей між параметрами тіла людини та габаритами виробу. Це дозволило обґрунтовано обрати кінематичні механізми, підібрати комплектуючі, а також визначити оптимальні конструкційні та оздоблювальні матеріали.

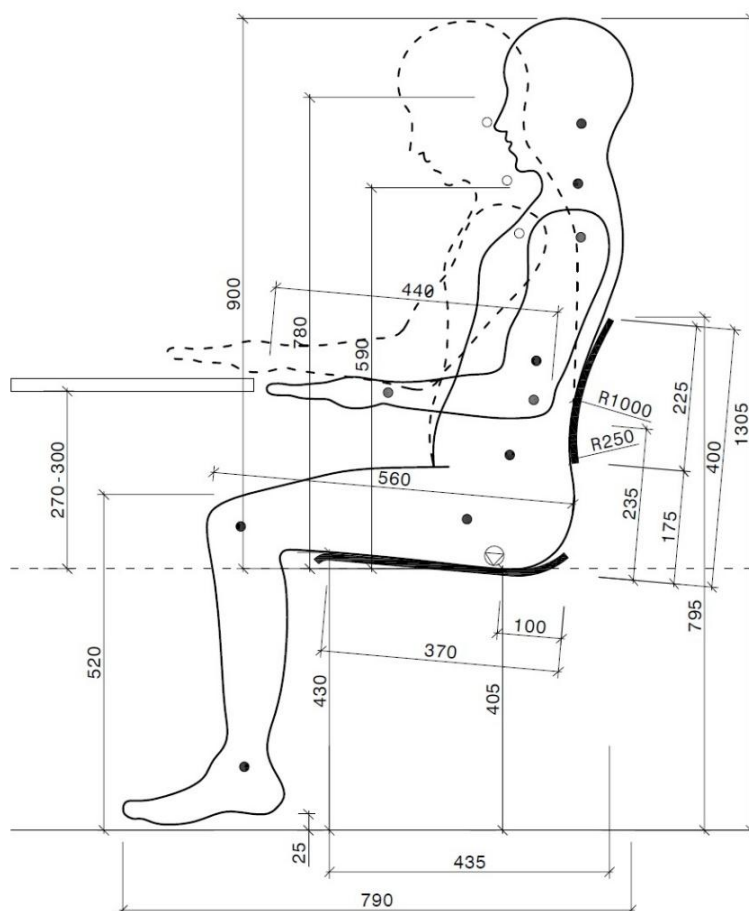


Рис. 4.1. Ергономічна схема постави людського тіла під час сидіння

З метою профілактики м'язово-скелетних розладів особи з ПОРА під час тривалого перебування в сидячому положенні, проектно-конструкторське рішення адаптивного крісла робочого обґрунтовано на основі аналізу антропометричних невідповідностей (Mismatch Analysis). Зазначений ергономічний аналіз був вирішальним для досягнення високого рівня морфологічної відповідності формоутворення виробу анатомічним особливостям користувача. В основу розрахункової геометричної моделі покладено антропометричну систему вигинів тіла людини, що дозволяє встановити гранично-допустимі параметри розробленого виробу.

Висота сидіння (SH):

$$(PH + 25) \cdot \cos 30^{\circ} \leq SH \leq (PH + 25) \cdot \cos 5^{\circ}, \quad (4.1)$$

де PH – висота підколінної западини, мм;

25 – поправка на товщину підошви взуття, мм.

Це забезпечує кут від 5° до 30° у гомілковостопному суглобі, що підтримує кровообіг.

Глибина сидіння (SD):

$$0,80 \cdot BPL \leq SD \leq 0,95 \cdot BPL, \quad (4.2)$$

де BPL – сіднично-підколінна довжина (відстані від крайньої точки сідниць до підколінної западини), мм; перевищення верхньої межі ($SD > 0,95 \cdot BPL$) призводить до небажаного тиску на м'які тканини та судинно-нервовий пучок у підколінній ямці; зменшення показника нижче межі ($SD < 0,80 \cdot BPL$) спричиняє недостатню площу опори та опорну підтримку стегон.

Ширина сидіння (SW):

$$1,10 \cdot HB \leq SW \leq 1,30 \cdot HB, \quad (4.3)$$

де HB – ширина стегон у положенні сидячи (з урахуванням найбільшого поперечного габариту), мм. Зазначений діапазон коефіцієнтів забезпечує необхідний антропометричний запас для свободи динамічних змін пози користувача та враховує товщину елементів одягу.

Висота ліктів в положенні сидючи (SEH) з урахуванням розслаблення плечей:

$$0,95 \cdot (SH + SEH) \leq TH \leq (SH + SEH) + 50, \quad (4.4)$$

де TH – висота стільниці від підлоги, мм; SH – висота сидіння від підлоги, мм; SEH – висота ліктя від поверхні сидіння, мм; 50 – максимальний технологічний допуск на підйом стільниці (мм) для підтримки вільного положення плечового поясу. Проектування оптимальної висоти робочої поверхні столу (TH) має забезпечити кут згинання плеча в межах від 0° до 25° та кути відведення від 0° до 20° . Створення належної точки опори для рук на стільниці суттєво знижує компресійне навантаження на грудний та поперековий відділ хребта. тримання рук на столі значно зменшує навантаження на хребет.

Висота спинки (BH):

$$0,60 \cdot SSH \leq BH \leq 0,8 \cdot SSH \quad (4.5)$$

де SSH – висота плеча над поверхнею сидіння (у положенні «сидячи»), мм; верхня межа висоти спинки (BH) обмежена рівнем нижнього кута лопаток (що відповідає 60–80% від висоти плеча SSH). Це забезпечує необхідну опору для попереково-грудного відділу хребта, не обмежуючи при цьому рухливість плечового поясу користувача.

Відстань від сидіння до нижнього краю столу:

$$\begin{aligned} STC &\geq TT + 20, \text{ або} \\ TT + 20 &\leq STC \leq TT + 80 \end{aligned} \quad (4.6)$$

де STC – відстань від поверхні сидіння до нижньої площини стільниці, мм; TT – товщина стегна в положенні «сидячи» (вертикальний габарит від сидіння до верхньої точки стегна), мм; 20 – мінімальний технологічний зазор для забезпечення вільного руху ніг та уникнення компресії м'яких тканин стегна (мм). Параметр STC виражає необхідний простір для ніг під робочою поверхнею. Нижнє обмеження, коли розмір буде на 20 мм вище за висоту колін гарантує відсутність затискання стегон та дозволяє вільно змінювати позу користувачу крісла колісного. Розширення зазору до 50–80 мм

забезпечить ще й додатковий комфорт, або можливість сидіти у положенні «нога на ногу».

Висота вільного простору для ніг під стільницею (UTH) з урахуванням формул (4.2) – (4.6):

$$SH + TT + 30 \leq UTH \leq SH + [(PH + 25) \cdot \cos 5^\circ] + 0,1483 \cdot AL, \quad (4.7)$$

де UTH – необхідна абсолютна висота простору під стільницею від підлоги, мм; SH – висота сидіння від підлоги, мм; TT – товщина стегна користувача в положенні «сидячи», мм; PH – висота підколінної западини, мм; AL – антропометричний параметр кута відхилення ніг, мм; 30 – додатковий технологічний зазор для забезпечення вільної пози та рухливості ніг (мм); 0,1483 – емпіричний коефіцієнт антропометричної моделі.

Розрахунок габариту UTH забезпечує вільний захід стегон користувача крісла колісного під робочу поверхню столу. Нижня межа ($SH + TT + 30$ мм) гарантує, що між верхньою площиною стегна та нижнім краєм стільниці залишається не менше 30 мм вільного простору. Верхня межа враховує динамічну зміну кута нахилу гомілки та підйом коліна піді час посадки та вставання користувача.

При проєктуванні ширини спинки (BW) значення ширини стегон (HB) виступає базовим ергономічним орієнтиром. Ширина спинки (BW) розраховується за формулою (4.8):

$$0,80 \cdot HB \leq BW \leq 1,10 \cdot HB, \quad (4.8)$$

де BW – ширина спинки крісла колісного, мм; HB – ширина стегон користувача у положенні «сидячи», мм. Зазначений діапазон гарантує достатню площу анатомічної підтримки поперекового відділу, не створюючи перешкод для динамічного відведення ліктів та плечового поясу користувача під час роботи. Нижнє обмеження розрахунку гарантує повноцінне покриття ділянки попереку для рівномірного розподілу тиску, тоді як верхнє

обмеження зберігає кінематичну свободу рук і плечей користувача робочого крісла під час виконання праці.

Висота верхнього краю спинки (UEB):

$$LBH \leq UEB \leq SCH, \quad (4.9)$$

де UEB – висота розташування верхнього краю спинки від поверхні сидіння, мм; SCH – підлопаткова висота (вертикальна відстань від сидіння до нижнього кута лопатки), мм; LBH – висота поперекового упору (мінімальна висота підтримки попереку), мм.

Для обґрунтування представленої геометрії слід сказати, що підлопаткова висота (SCH) є одним із найважливіших антропометричних критеріїв під час визначення габаритів низьких та середніх спинок при проєктуванні робочих місць. Обмеження верхньої межі спинки рівнем нижнього кута лопаток ($UEB \leq SCH$) запобігає блокуванню рухів у плечовому суглобі та забезпечує повну свободу рухів всього тулуба й верхніх кінцівок користувача під час його праці в робочому кріслі.

Глибина простору під стільницею (TL):

$$TL \leq BKL + \Delta L, \quad (4.10)$$

де TL – глибина вільного простору під стільницею на рівні колін та стоп, мм;

BKL – сіднично-колінна довжина у положенні «сидячи», мм;

ΔL – додатковий технологічний зазор для вільного розміщення ніг та динамічної зміни пози, обирають в межах 50-100 мм.

Саме параметр TL забезпечує достатній простір для зміни пози або рухів нижньої частини користувача.

Глибина стільниці (TD):

$$0,5 \cdot SEB + AL \cdot \sin 20^\circ + 20 \leq TD \leq EFL, \quad (4.11)$$

або в явному числовому вигляді

$$0,5 \cdot SEB + 0,342 \cdot AL + 20 \leq TD \leq EFL,$$

де SEB – ширина по ліктях у положенні «сидячи», мм; TD – глибина робочої поверхні (стільніці), мм; AL – довжина руки від плечового суглоба до кінчиків пальців, мм; $\sin 20^\circ$ – враховує допустиме кутове відведення плеча у горизонтальній площині; 20 – конструктивно-технологічний запас простору, мм; EFL – максимальна функціональна досяжність руки користувача без нахилу тулубу, мм.

У положенні «сидячи», мм; TD – глибина робочої поверхні (стільніці), мм; AL – довжина руки від плечового суглоба до кінчиків пальців, мм; $\sin 20^\circ$ – враховує допустиме кутове відведення плеча у горизонтальній площині; 20 – конструктивно-технологічний запас простору, мм; EFL – максимальна функціональна досяжність руки користувача без нахилу тулубу, мм.

Висота робочої поверхні (DH) з урахуванням (4.1), (4.4) визначається відносно висоти ліктя сидячої людини (SEH):

$$SEH + SH \leq DH \leq SEH + SH + \Delta h, \quad (4.12)$$

де DH – абсолютна висота робочої поверхні столі від підлоги, мм;

SEH – висота ліктя над поверхнею сидіння у положенні сидячи, мм;

SH – висота сидіння від підлоги, мм;

Δh – допуск на вільне розміщення передпліччя та регулювання висоти робочої поверхні ($\Delta h = 20 - 50 \text{ мм}$), технологічний допуск (мм) для підтримки природного положення плечового поясу користувача без його вимушеного підйому або нахилу тулубу.

Сукупність параметрів (4.3) – (4.14) охоплює базові антропометричні характеристики тіла людини у положенні «сидячи», які є основою для проектування адаптивних ергономічних меблів та оптимальної організації дизайнерами робочих місць осіб з ПОРА (рис. 4.2).

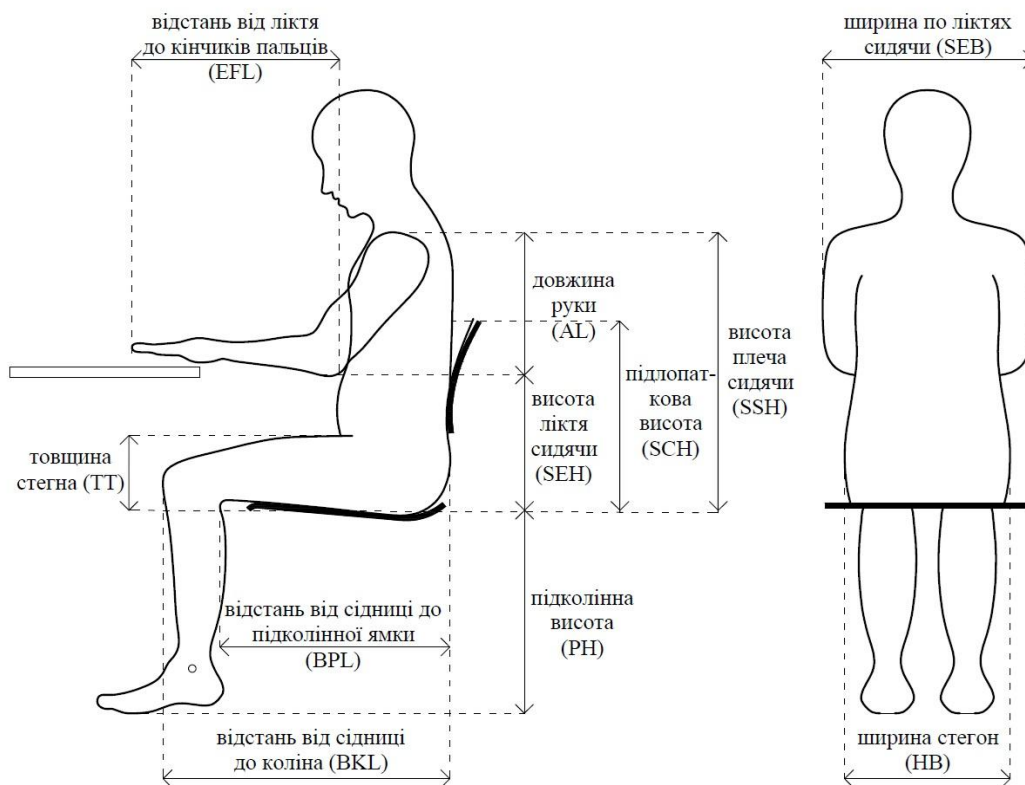


Рис. 4.2. Антропометрична схема людського тіла в положенні сидячи

На рис. 4.3 показано лінію спирання тіла людини, де вигин спинки відповідає форми хребта.

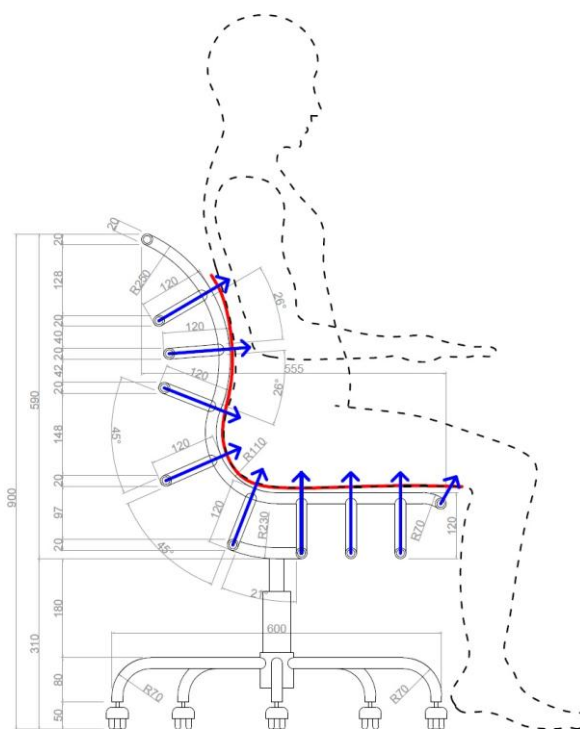


Рис. 4.3. Бокова проєкція лінії спирання тіла людини на крісло

Розроблене конструктивне рішення робочого крісла для осіб з ПОРА передбачає виготовлення несучого каркасу з нержавіючої сталеві труби. Формування елементів корпусу здійснюється шляхом згинання заготовок на спеціалізованому обладнанні з їх подальшим зварюванням. На верхній поверхні каркасу закріплено м'які елементи для забезпечення ергономічного комфорту. Конструкція крісла складається із зовнішнього несучого каркасу та внутрішнього рухомого модуля. Зовнішня несуча частина з'єднана через пневмопатрон (газліфт) із хрестовиною, спорядженою системою роликів опор для рівномірного розподілу навантаження на підлогу. Внутрішній рухомий модуль складається із масиву послідовно розташованих вібраційних пристроїв, які з'єднані з блоком живлення та блоком керування. Проектування конструктивного рішення крісла робочого з вібромеханізмом на основі кривошипа з постійним радіусом розташування шипа виконувалось у середовищі САПР AutoCAD (рис. 4.4).

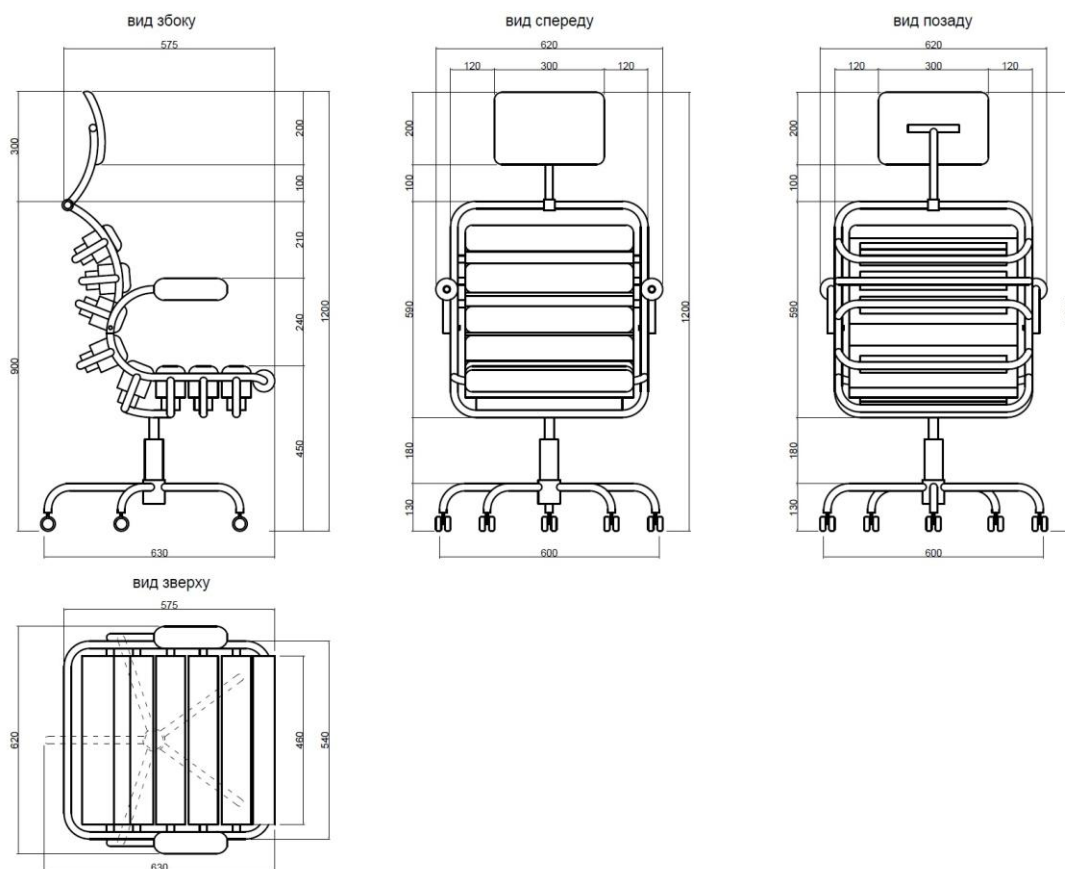


Рис. 4.4. Ортогональні проєкції вібраційного крісла

На основі розроблених двовимірних креслень елементів виробу (рис. 4.6) для побудови об'ємної 3D-моделі робочого крісла та візуалізації його просторової геометрії було застосовано програмне забезпечення SketchUp (рис. 4.5).



Рис. 4.5. Візуалізація 3D-моделі вібраційного крісла

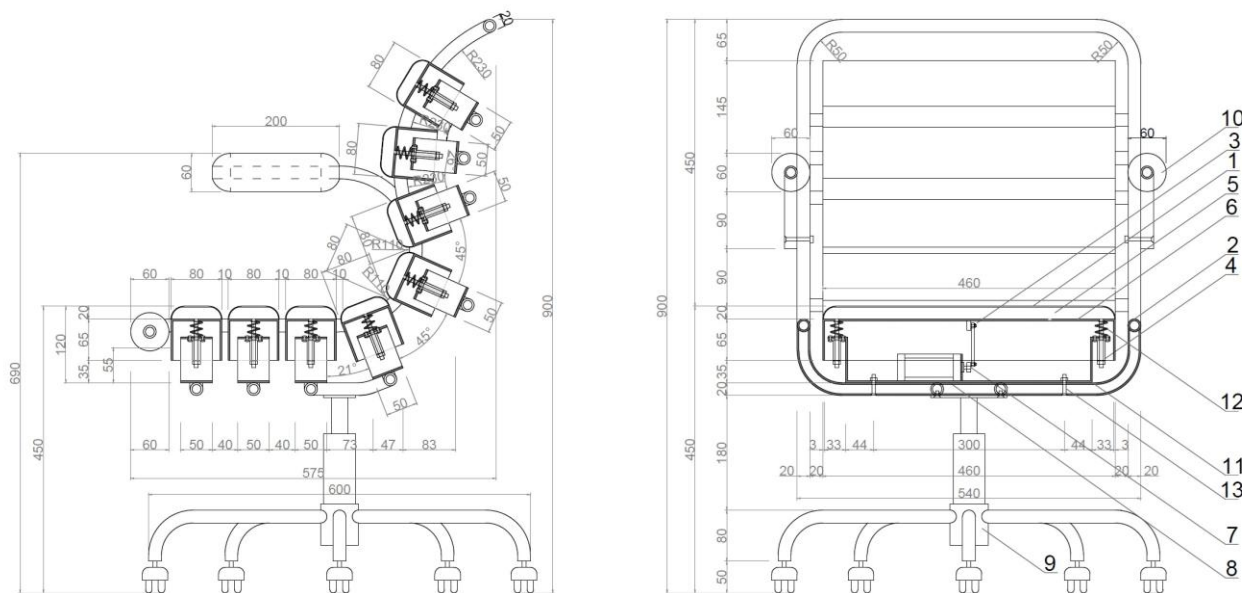


Рис. 4.6. Конструкція автоматичного вібраційного крісла

- (1. Вініпор (ергономічний покривний матеріал). 2. Несуча конструкція (каркас).
3. Передавальний штовхач (шатун). 4. Лінійний підшипник. 5. Спінена гума (амортизаційний шар).
6. Рухомий елемент вібраційного механізму. 7. Кривошип.
8. Електродвигун (привід). 9. Опорна хрестовина («Павук») з роликowymi елементами.
10. Підлокітник. 11. Нерухома частина вібраційного механізму. 12. Пружина.

13. Вузол кріплення вібраційного механізму до несучої рами.)



Рис. 4.7. Покращена візуалізація вібраційного крісла з людиною
(виконано автором з використанням ШІ)

Основним структурним елементом внутрішньої кінематики є ексцентриково-гвинтовий привід, який реалізує функцію активації вібраційних рухів для зниження м'язового напруження та профілактики втомлюваності опорно-рухового апарату користувача. Механізм передачі руху містить кривошип зі сталим радіусом розташування шипа, передавальний штовхач (шатун) та систему пружин для формування необхідного вібраційного режиму (рис. 4.8).

Амплітудно-частотні характеристики вібрації крісла регулюються вибірково, залежно від індивідуальних потреб користувача, шляхом зміни частоти обертання електродвигунів. Використання спіненої гуми середньої жорсткості забезпечує оптимізацію передачі вібраційних коливань у конкретних анатомічних зонах завдяки раціональному розміщенню вібромодулів уздовж опорних поверхонь контакту з тілом користувача, а саме в ділянках спини та попереково-крижової зони.

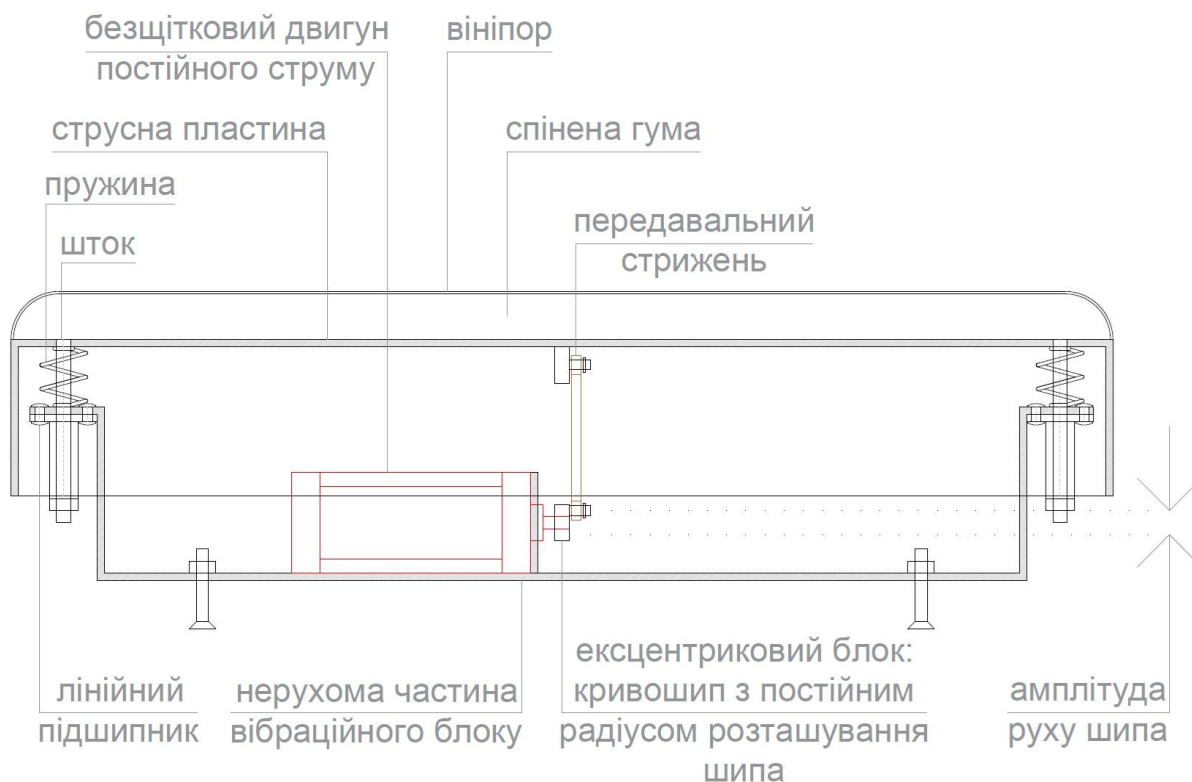


Рис. 4.8. Компонування елементів вібраційного блоку

Принцип функціонування вібраційного механізму робочого крісла. Вібраційна плита, у формі короба, з'єднана з нерухомою основою за допомогою двох пружин, прямого лінійного підшипника та штока. Генерування вібраційних коливань здійснюється через кривошипний механізм, крутний момент на який передається від безколекторного електродвигуна постійного струму. Задля забезпечення високочастотного вібраційного режиму обрано електродвигун потужністю 105 Вт.

Передавання зусилля від електродвигуна на вібраційну плиту здійснюється за допомогою передавального стрижня (шатуна), шарнірно з'єданого з одного боку з кривошипом зі сталим радіусом розташування шипа, а з іншого боку – з вібраційним коробом. Для мінімізації тертя в усіх рухомих вузлах кінематичної пари використано кулькові підшипники (рис.4.9).

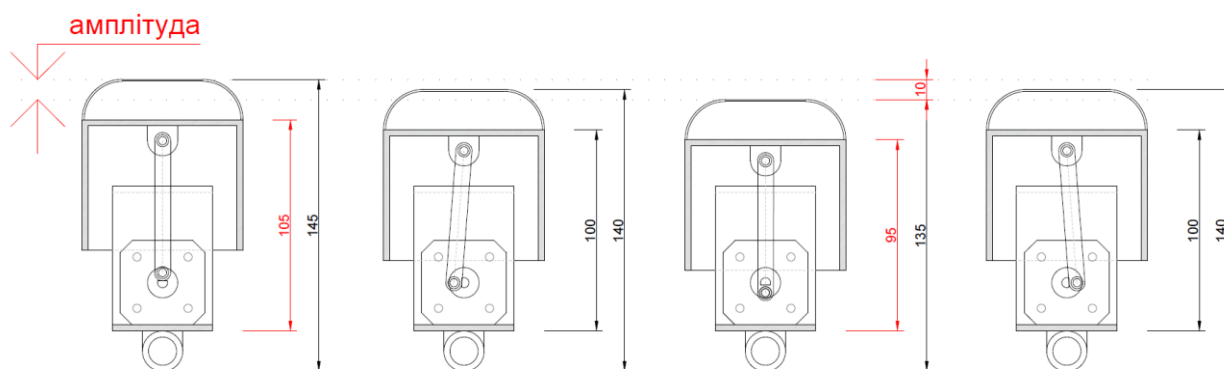


Рис. 4.9. Положення передавального стрижня при різних положеннях шипа ексцентрикового блоку

Зазначені елементи утворюють кривошипно-шатунний механізм, який забезпечує зворотно-поступальний (вертикальний) рух вібраційної плити. Сформовані вібраційні коливання передаються на тіло користувача. Конструктивне рішення вібраційного блоку в розрізі показано на рис. 4.10.

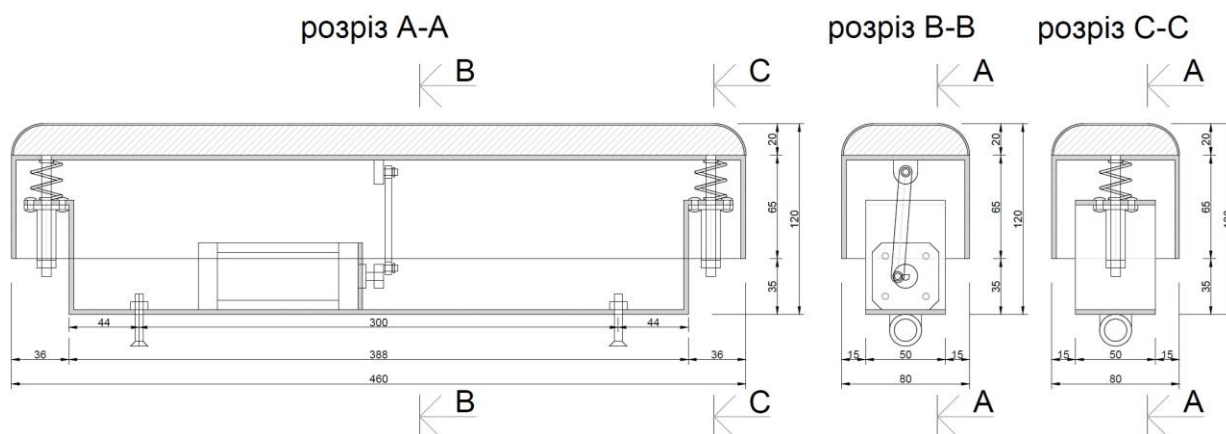


Рис. 4.10. Вібраційний блок в розрізі

Розрахунок ексцентрикового блоку. Функціонування вібраційного приводу вимагає від передавального механізму високої навантажувальної спроможності. Приводний механізм розглядається як базова кінематична система, призначена для генерування вертикальних зворотно-поступальних коливань заданої амплітуди. Аналіз структурної схеми механізму свідчить, що до його складу входять такі основні ланки: кривошип, шатун, а також

рухома частина вібраційного модуля. Розрахункові геометричні та кінематичні параметри елементів наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2.

Параметр	Значення	Змінна	Опис
Ексцентриситет (радіус шипа)	5 мм	L_1	Половина амплітуди руху
Довжина передавального стрижня	65.5 мм	L_2	Довжина шатуна
Радіус штока	3 мм	R_{rod}	Довжина штока 9 мм
Зовнішній радіус ексцентрика	70.5 мм	R_1	Радіус великого півкола блоку
Радіус валу (шипа)	3 мм	R_2	Внутрішній радіус посадки (діаметр 6 мм)
Ширина (товщина) ексцентрика	5 мм	L	Осьова довжина ексцентрикового блоку
Висота нерухомої частини	72 мм	H	Габарит корпусу
Номінальні оберти двигуна	4000 об/хв	n_{rpm}	Номінальна потужність 105 Вт

Перевірка габаритної умови висоти

Для забезпечення вільного обертання кривошипно-шатунного механізму всередині корпусу має виконуватися геометрична умова розміщення: сума довжин кривошипа та шатуна повинна бути меншою за внутрішню висоту нерухомої частини блоку:

$$L_1 + L_2 < H, \quad (4.13)$$

де L_1 – довжина кривошипа, мм; L_2 – довжина шатуна, мм; H – внутрішня висота нерухомої частини блоку, мм.

Підставивши розрахункові значення, отримаємо:

$$5 \text{ мм} + 65.5 \text{ мм} = 70.5 \text{ мм}$$

Оскільки $70.5 \text{ мм} < 72 \text{ мм}$, умова (15) виконується. Отриманий конструктивний зазор у 1,5 мм гарантує безперешкодне обертання ланок у межах габаритів нерухомої частини вібраційного блоку.

Амплітуда руху

Повний хід (амплітуда коливань) визначається подвоєним радіусом кривошипа L_1 : $A = 2 \cdot L_1 = (2 \cdot 5) = 10 \text{ мм}$. Розрахункове значення повністю узгоджується з конструктивними габаритами блоку: у крайньому нижньому

положенні висота блока становить 135 мм, а у крайньому верхньому – 145 мм ($145 - 135 = 10$ мм).

Розрахунок механізму вібрації ексцентрикового колеса

Для забезпечення ефективного режиму безперервної вібрації відцентрова сила інерції F повинна долати розрахункову вагу системи $G = 1500$ Н.

Розрахунок частоти обертання та фізико-механічних характеристик (швидкості та щільності)

Номінальна частота обертання валу безколекторного двигуна Cloudray Nema17 (потужністю 105 Вт) складає $n = 4000$ об/хв. Перерахунок частоти обертання в секундний інтервал (n_s): $n_s = 4000/60 \approx 66.67$ об/с. Щільність сталі для конструктивних елементів становить $\mu = 7850$ кг/м³.

Розрахунок відцентрової сили інерції

Для напівкруглого ексцентрика відцентрову силу інерції F визначають за формулою:

$$F = \frac{8}{3} \cdot \pi^2 \cdot (R_2^3 - R_1^3) \cdot L \cdot \mu \cdot n^2, \quad (4.14)$$

де F – відцентрова сила інерції, Н; R_1 , R_2 – зовнішній і внутрішній радіуси ексцентрика відповідно, м; L – довжина (товщина) ексцентрикового елемента, м; μ – коефіцієнт, що характеризує щільність матеріалу, кг/м³; n – частота обертання або кількість обертів валу, об/с (с⁻¹).

Для врахування об'ємного розподілу маси користувача виконаємо обчислення геометричного фактору та відцентрової сили інерції. Об'ємно-геометричний параметр розподілу маси напівкруглого ексцентрика визначають через різницю кубів його зовнішнього ($R_1=0,0705$ м) та внутрішнього ($R_2=0,003$ м) радіусів:

$$R_2^3 - R_1^3 = 0.0705^3 - 0.003^3 = 0.0003501 - 0.000000027 \approx 0.00035 \text{ м}^3$$

Підстановка розрахункових геометричних та фізико-механічних параметрів у (4.14) дає значення збуджувальної відцентрової сили інерції:

$$F \approx 26,219 \cdot 0,00035 \cdot 0,005 \cdot 7850 \cdot 4444,89 \approx 1606,4 \text{ Н.}$$

Верифікація розрахункових параметрів сили

Для оцінки точності та достатності виконаних розрахунків проведено зіставлення отриманого значення збуджувальної сили із заданим теоретичним (еталонним) навантаженням. Розрахована відцентрова сила інерції $F \approx 1606.4$ Н перевищує мінімально необхідне значення сили ваги системи $G = 1500$ Н ($F > G$). Це підтверджує, що обрані конструктивні параметри ексцентрика (товщина $L = 5$ мм, зовнішній радіус $R_l = 70,5$ мм) та частота обертання привода забезпечують достатню амплітуду збуджувальної сили для стабільного функціонування вібраційного модуля крісла колісного за наявності корисного навантаження (користувача).

Частота генерування вібраційного впливу за нормальної частоти обертання привода (4000 об/хв) становить: $f = 4000/60 \approx 66.67$ Гц. Розрахункова частота відповідає верхній межі діапазону загальної вібрації впливу на тіло людини (*Whole-Body Vibration* 15 – 70 Гц), що притаманно інтенсивним режимам функціонування вібротренажерів. Номінальна потужність обраного двигуна (105 Вт) повністю покриває енергетичні потреби системи, оскільки середнє енергоспоживання аналогічних конструкцій за результатами симуляційного моделювання у середовищі SolidWorks становить 70–90 Вт.

Висновки

Перевірочний розрахунок підтвердив, що обрана геометрична конфігурація та силові параметри забезпечують стабільну роботу вібраційного механізму крісла робочого в межах заданих експлуатаційних навантажень. Крім того, розроблена конструктивно-кінематична модель адаптивного крісла колісного підтверджує:

1. Геометричну узгодженість елементів: механізм із довжиною шатуна 65,5 мм та радіусом кривошипа 5 мм повністю компонується у внутрішньому об'ємі корпусу висотою 72 мм із забезпеченням необхідного технологічного зазору.

2. Динамічну ефективність привода: генерування відцентрової сили інерції 1606 Н є повністю допустимим для подолання інерції системи та забезпечення цільового вібраційного впливу за мінімальних енергетичних витрат.

3. Доведено відповідність розробленого привода сукупності технічних, функціональних та ергономічних вимог. Зокрема підтверджено здатність запропонованого вібраційного вузла генерувати амплітудно-частотні характеристики коливань, що узгоджуються з фізіологічними потребами користувача. Безколекторний електродвигун потужністю 105 Вт забезпечує крутний момент, достатній для обертання ексцентрика розрахованого радіуса на високих обертах.

Перспективи досліджень. Розроблено дизайн вібраційного робочого крісла, яке забезпечить інтенсивний вплив у режимі вібрації всього тіла. Робоча частота 66,7 Гц з амплітудою 10 мм дозволяють не лише знімати втому і м'язову напругу для маломобільних людей, а й стимулювати метаболічні процеси у м'язах, що є критично важливим для людей із сидячим способом життя та ще мають терапевтичний вплив.

Попри компактні габарити блоку, він генерує відцентрову силу 1606 Н, що дозволяє впевнено долати інерцію маси користувача (стандарт розрахунку – 65 кг на один блок, у нас 4 блока – 260 кг) та елементів конструкції крісла. Це забезпечує відчутну вібрацію, навіть через товсті шари оббивки, гарантуючи динамічну стабільність. Поєднання механізму з демпфуючими шарами вініпору та спіненої гуми дозволить кріслу працювати м'яко, поглинаючи зайвий механічний шум і запобігаючи різким ударам штока, що зробить експлуатацію виробу комфортною для тривалого використання.

Наступним кроком може стати використання розробленої несучої рами з вібраційними пристроями для крісла колісного, що дає додаткову свободу пересування для осіб з ПОРА, без необхідності пересідання (рис. 4.11, 4.12).

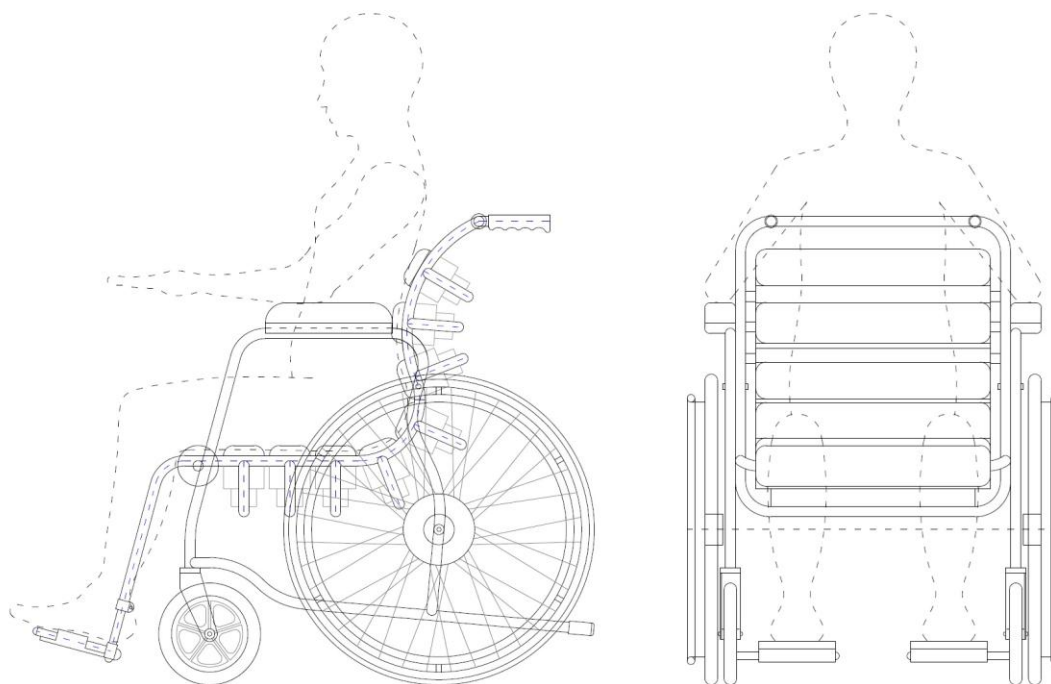


Рис. 4.11. Ортогональні проєкції вібраційного крісла колісного

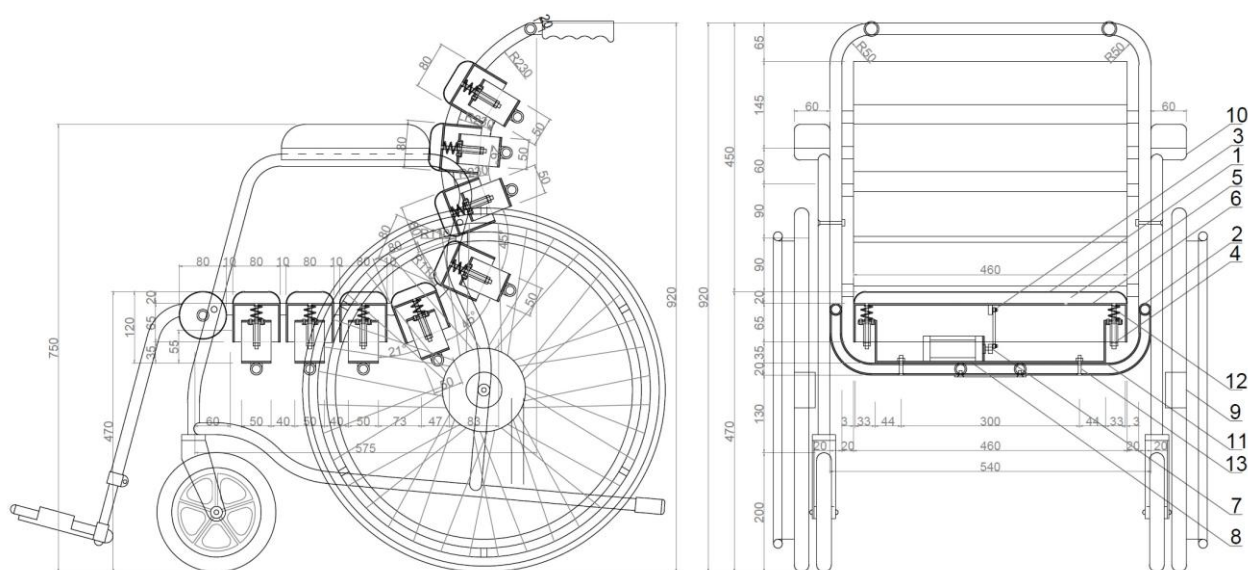


Рис. 4.12. Конструкція автоматичного вібраційного крісла колісного
 (1. Вініпор (ергономічний покривний матеріал). 2. Несуча конструкція (каркас).
 3. Передавальний штовхач (шатун). 4. Лінійний підшипник. 5. Спінена гума
 (амортизаційний шар). 6. Рухомий елемент вібраційного механізму. 7. Кривошип.
 8. Електродвигун (привід). 9. Ручний обід. 10. Підлокітник. 11. Нерухома частина
 вібраційного механізму. 12. Пружина. 13. Вузол кріплення вібраційного механізму до
 несучої рами.)

Отже, адаптивне крісло може поповнити вже існуючі автоматизовані засоби реабілітації, які поєднують функції меблів та фізіотерапевтичного обладнання. Подальший розвиток даного вібраційного пристрою та крісла в цілому має декілька перспективних напрямків, наприклад, інтеграція «розумних» технологій та штучного інтелекту в систему керування. Застосування датчиків тиску забезпечить можливість динамічного моніторингу антропометричної конфігурації тіла користувача в режимі реального часу, а саме відстежувати позу користувача та надавати вібросигнали-нагадування про необхідність змінити положення.

У подальшому дослідження можуть бути спрямовані на заміну стандартної гуми на вискоефективні поліуретанові еластomers та композити. Використання спеціалізованих матеріалів, таких як *Sylomer* або *Sylodamp*, дозволить ще ефективніше ізолювати механічні шуми та вібрації від каркаса крісла, спрямовуючи весь імпульс виключно на користувача.

4.3. Застосуванням принципів методу ЗРСЗ у конструюванні адаптивного крісла колісного з вібраційно-розтягуючим механізмом

Спробуємо поліпшити вже розроблене крісло із застосуванням принципів методу ЗРСЗ. Процес розробки адаптивних меблів для людей з ПОРА поділено на сім послідовних етапів:

1 етап. *Ідентифікація та визначення проблеми:*

- Нашою цільовою групою є люди з порушеннями опорно-рухового апарату (ПОРА), до яких відносяться різні категорії, такі як: користувачі крісел колісних (ручних і електричних); особи, які користуються допоміжними засобами (милиці, ходунки, тростини); особи з локальними або тимчасовими порушеннями (після операцій, із переломами кінцівок, важкими формами артритів тощо); люди похилого віку (які мають зниження м'язової сили, погіршення координації рухів, швидку втомлюваність тощо).

- Визначення основних проблем з якими стикаються люди з ПОРА при використанні традиційних меблів: по-перше це відсутність адаптивної підтримки, зазвичай спинки не повторюють природні вигини тіла. У людей із м'язовою слабкістю це призводить до швидкого стомлення, сповзання вниз, викривлення хребта (сколіозу) та асиметрії таза. По-друге точковий тиск і ризик пролежнів. Звичайні сидіння не розподіляють вагу рівномірно. Усталені точки тиску (наприклад, на кістках таза) перетискають судини, порушуючи кровообіг, що критично небезпечно для людей із малорухомістю.

- Наша мета зробити такий виріб, який підвищить незалежність, покращить комфорт та розширить функціональність. Тому після морфологічного аналізу існуючого варіанту було рішення переробити основу крісла офісного типу на мобільну основу крісла колісного. В якості розширення функціональності додати електродвигуни в великі колеса, залишивши можливість пересування вручну. Вібраційну функцію розширити додатковою функцією розтягування, що поліпшить кровообіг.

2 етап. Системний аналіз:

- При аналізі компонентів адаптивного крісла з вібраційним механізмом на основі кривошипа, область, де можна застосувати принципи адаптивності – це зона спирання, уздовж опорних поверхонь контакту з тілом користувача, а саме в ділянках спини та поперекове-крижової зони.

- Основні обмеження такі самі як і у попередньої розробки, тому матеріали, електромеханізми та кривошип з постійним радіусом розташування шипа залишається, це нам дає схожий виробничий процес та вартість.

- При оцінці існуючих рішень в попередній розробці сильною технічною стороною є кривошип з постійним радіусом розташування шипа, але слабкою, те що він має обмеження руху тільки в одному напрямку, тому прийнято рішення застосувати ножичний механізм щоб розширити рухи масажних валиків в двох напрямках – вгору і вбік.

3 етап. Декомпозиція проблеми:

На цьому етапі складне завдання проектування розділяється на менші задачі: по-перше розділимо конструкцію крісла на рухому та нерухому частини, це дасть можливість визначитись з пріоритетами та послідовністю вирішення. Очевидно, що найскладнішою задачею є сам вібраційно-розтягуючий механізм, бо саме від нього буде залежати несуча конструкція та вузли кріплення. Далі підбір електродвигунів (на колеса та вібраційно-розтягуючий механізм), які будуть відповідати закладеним характеристикам.

4 етап. Генерація рішення:

Після використання творчих методів, наприклад морфологічного аналізу з безліч варіантів було визначено форму підголівника та підлокітників. Особливу увагу приділено формі спинки, задля створення потенційно найкращого рішення, був використаний аналіз антропометричних невідповідностей. Проведена оцінка технічної здійсненності, економічної доцільності, яка виявилась позитивною.

5 етап. Вибір і уточнення рішення:

Згідно набору критеріїв, таких як функціональність, зручність використання, естетика та економічна ефективність, було обране потенційне рішення, яке максимально відповідає визначеним потребам і обмеженням. Передбачено, можливість коригування та покращення виробу на основі відгуків і тестування.

6 етап. Впровадження та тестування:

Цей етап, на якому створюється фізичний прототип для перевірки функціональності в реальних умовах за участю представників цільової групи користувачів. В нашому дослідженні ми (поки) обмежимося цифровою моделлю.

7 етап. Оцінка та оптимізація:

На останньому етапі (в майбутньому) проводиться моніторинг використання вироблених меблів у повсякденному житті, збираються відгуки для фінального вдосконалення.

Дотримуючись цих кроків і застосовуючи метод ЗРСЗ, було розроблено наступне технічне рішення для адаптивних меблів, на рис. 4.13 візуалізовано принципову схему вібраційно-розтягуючого приладу на основі кривошипу з постійним радіусом розташування шипа та ножичного механізму.

нижнє положення шатуна кривошипа

верхнє положення шатуна кривошипа

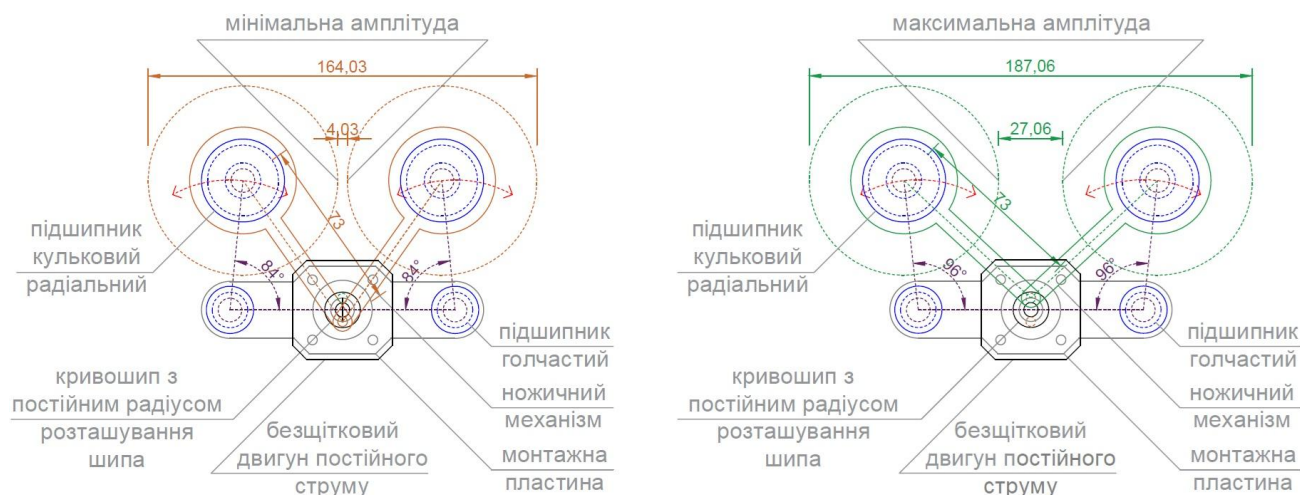


Рис. 4.13. Принципова схема вібраційно-розтягуючого механізму в різних граничних положеннях шатуна кривошипа

Основним структурним елементом внутрішньої кінематики є ексцентриково-гвинтовий привід, який реалізує функцію активації вібраційних рухів для зниження м'язового напруження та профілактики втомлюваності опорно-рухового апарату користувача. Механізм передачі руху містить кривошип зі сталим радіусом розташування шипа, передавальний штовхач (шатун) та ножичну систему для формування необхідного вібраційно-розтягувального режиму (рис. 4.14).

Кінематичне вихідне ланцюгове з'єднання ножичного механізму передає диференційований імпульс безпосередньо на адаптивні сегменти спинки, забезпечуючи локальне мікророзтягування хребта. При цьому шарнірні вузли оснащено демпфуючими еластомірними елементами для мінімізації акустичного шуму та компенсації динамічних перевантажень залежно від маси користувача.

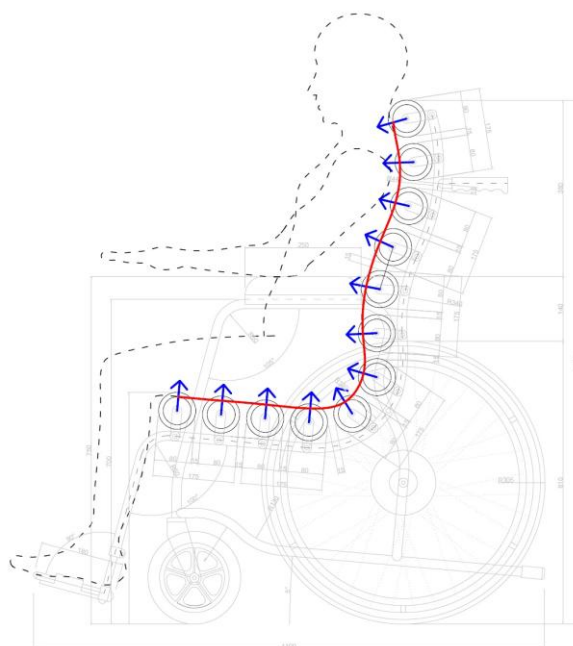


Рис. 4.15. Бокова проєкція лінії спирання тіла людини на крісло

Розроблене конструктивне рішення крісла колісного для осіб з ПОРА передбачає виготовлення несучого каркасу з нержавіючої сталеві труби. Формування елементів корпусу здійснюється шляхом згинання заготовок на спеціалізованому обладнанні з їх подальшим зварюванням. На верхній поверхні каркасу закріплено м'які елементи у формі валиків, для забезпечення ергономічного комфорту. Конструкція крісла складається із декільком модулів: несучого каркасу сидіння із послідовно вбудованими вібраційно-розтягуючих пристроїв, та рухомого модуля на двох маленьких та двох великих колесах (рис. 4.16). Модулі з'єднані між собою на швидкозатискних гвинтах, для зручного обслуговування та ремонту.

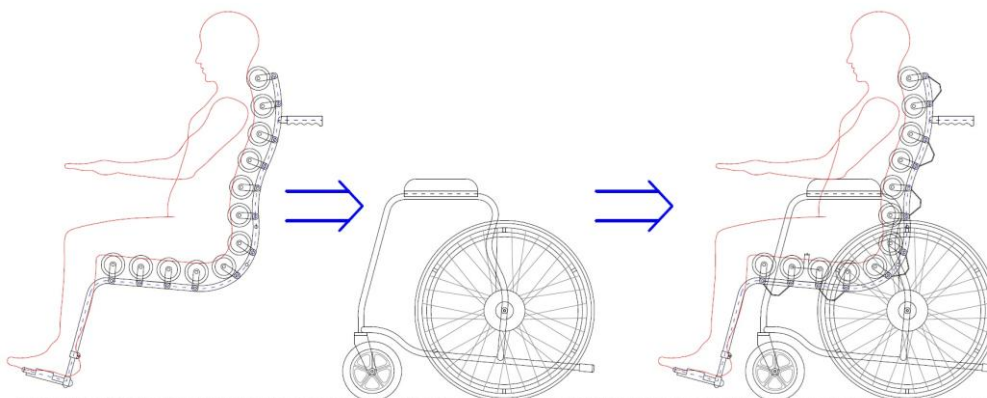


Рис. 4.16. Схема модулів крісла колісного

Проектування конструктивного рішення крісла колісного з вібраційно-розтягуючого пристроєм на основі кривошипа з постійним радіусом розташування шипа та ножичного механізму виконувалось у середовищі САПР AutoCAD (рис. 4.17).

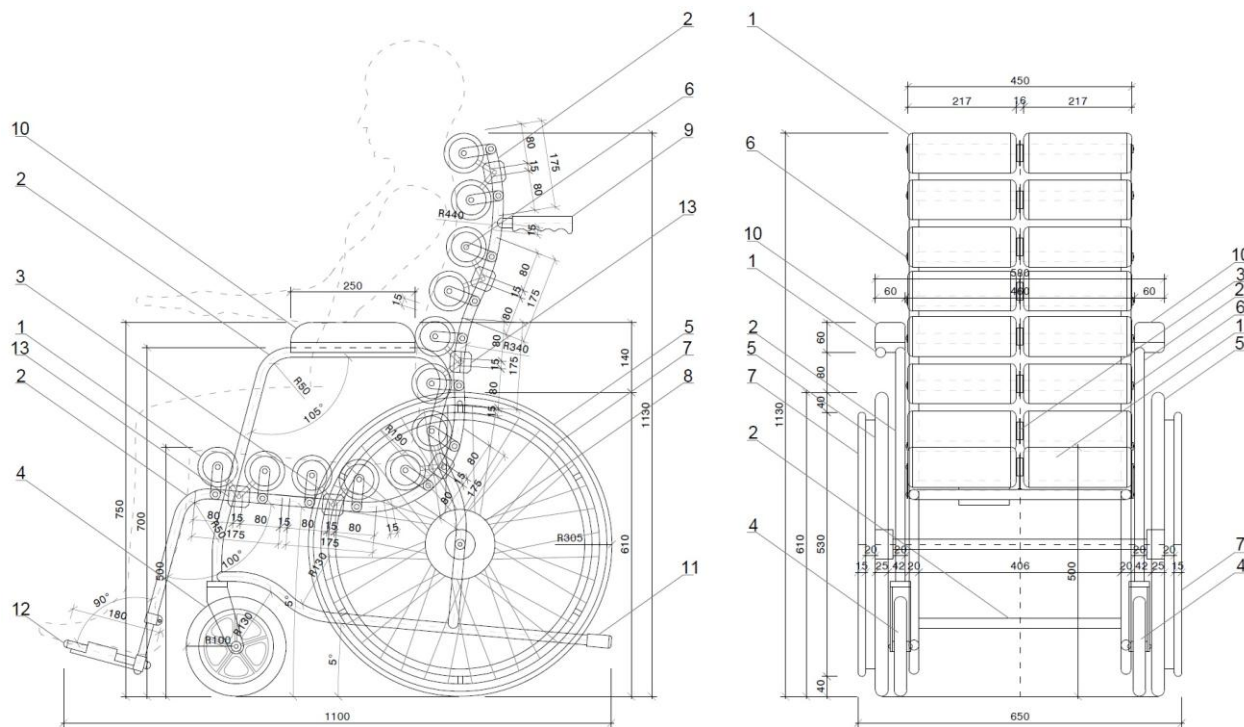


Рис. 4.17. Конструкція автоматичного вібраційного крісла.

(1. Масажні валики з вініпору (ергономічного покривного матеріалу) та спиненої гуми. 2. Несуча металева конструкція (каркас). 3. Передавальний штовхач (ножичний механізм). 4. Переднє колесо пінополіуретанове з поворотом 360° мале. 5. Колесо велике гумове надувне з електродвигуном. 6. Рухомий елемент вібраційно-розтягуючого механізму. 7. Ручний обід. 8. Електродвигун (привід рухомого колеса). 9. Ручка допоміжна. 10. Підлокітник. 11. Антиперекидачі. 12. Відкидні підніжки з регулюванням довжини. 13. Безщітковий двигун вібраційного механізму.)

Принцип функціонування вібраційно-розтягуючого механізму крісла колісного. Масажні рухомі валики, у формі циліндрів, з'єднані основою несучою рамою за допомогою напрямних лінійних підшипників. Генерування вібраційно-розтягуючих коливань здійснюється через ножичний механізм який передає кривошипний механізм зі сталим радіусом розташування шипа, крутний момент на який передається від

безколекторного електродвигуна постійного струму. Задля забезпечення високочастотного вібраційного режиму обрано електродвигун потужністю 105 Вт. Для мінімізації тертя в усіх рухомих вузлах кінематичної пари використано кулькові підшипники (рис.4.18).

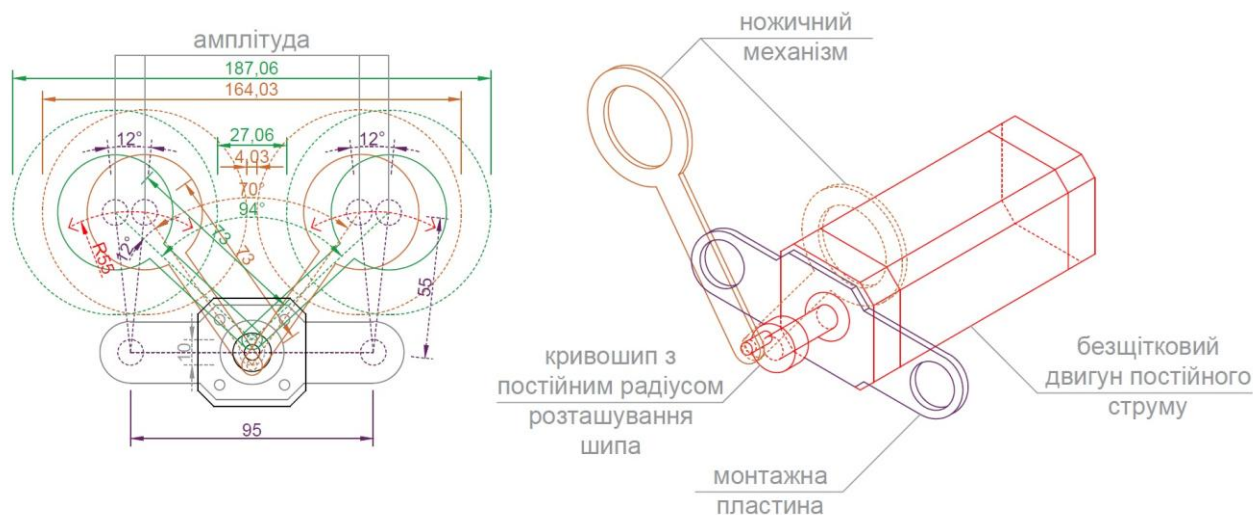


Рис. 4.18. Схема вібраційно-розтягуючого механізму крісла колісного

Зазначені елементи утворюють кривошипно-шатунний пристрій, який через ножичний механізм забезпечує зворотно-поступальний (по дузі) рух вібраційних валиків. Сформовані вібраційно-розтягуючі коливання передаються на тіло користувача. Поєднання механізму з демпфуючими шарами вініпору та спіненої гуми дозволить кріслу працювати м'яко, поглинаючи зайвий механічний шум і запобігаючи різким ударах шарнірів ножичного механізму, що зробить експлуатацію виробу комфортною для тривалого використання.

Отже, крісло може поповнити вже існуючи автоматизовані засоби реабілітації, які поєднують функції меблів та фізіотерапевтичного обладнання. Подальший розвиток даного вібраційно-розтягуючого пристрою, та крісла в цілому, має декілька перспективних напрямків, наприклад, інтеграція «розумних» технологій та штучного інтелекту в систему керування. Застосування датчиків тиску забезпечить можливість динамічного моніторингу антропометричної конфігурації тіла користувача в режимі

реального часу, а саме відстежувати позу користувача та надавати вібросигнали-нагадування про необхідність змінити положення.

ВИСНОВКИ ДО ЧЕТВЕРТОГО РОЗДІЛУ

1. Досліджені принципи конструювання адаптивного робочого місця для маломобільних людей з ПОРА у межах соціотехнічного підходу. Визначені ключові фактори підходів до проєктування, таких як антропометричний, для точної відповідності параметрів меблів анатомії конкретного користувача; соціально комунікативний, із залученням користувачів та лікарів до процесу проєктування; однофакторний дисперсійний, де в інклюзивному проєктуванні, для перевірки, використовується математична модель; двофакторний соціальний, в якому технічні фактори взаємодіють із характеристиками різних груп користувачів.

2. Розроблена конструкція крісла яка базується на застосуванні автоматизованих вібраційних пристроїв, спрямованих на полегшення фізичного болю, зменшення або запобігання існуючих проблем зі здоров'ям у сидячих людей. У порівнянні зі звичайним кріслом, крісло з вібраційним механізмом робить життя людини з ПОРА більш комфортним та розслабленим. Ергономічний дизайн покращує проблему сидіння і зменшує втому.

3. Продемонстровано, що застосовуючи принципи методу ЗРСЗ у конструюванні адаптивних пристроїв, можливо не тільки поліпшити вже існуючі вироби, але й підвищити ефективність проєктування нових пристроїв. Результати моделювання згідно з методологією ЗРСЗ, а саме процес розробки адаптивних меблів в сім етапів, для людей з ПОРА показують, що метод - прийнятний, і його можна використовувати як еталон для інших конструкцій адаптивних меблів.

Публікації автора з розглянутих питань: [13, 57].

Список використаних джерел у четвертому розділі: [3, 4, 7, 8, 9, 10, 13, 16, 20, 24, 26, 28, 30, 34, 40, 41, 43, 45, 47, 57, 58, 64, 65, 66, 69, 70, 71, 74, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 95, 97, 101, 102]

Список публікацій здобувача за матеріалами четвертого розділу

1. Ботвіновська С.І., Щеглов С.П. Проектування адаптивного вібраційного крісла з кривошипом для маломобільних людей. «Colloquium-journal» Wydawca «Interdruk» Poland, Warszawa. Indexed in INDEX COPERNICUS. №9 (274), 2026. Р. 76-86.

2. Щеглов С.П. Функціональна оптимізація дизайну адаптивних меблів для покращення доступності та комфорту осіб з порушеним опорно-руховим апаратом. Науковий збірник «Сучасні проблеми архітектури та містобудування». Випуск 69. Київ : КНУБА, 2024. С 352-365.

3. Щеглов С.П. Основні розміри меблевих виробів: методичні вказівки до проведення практичних занять з курсу «дизайн меблів» для студентів спеціальності 7.02.02.10. Київ : КНУТД, 2006. 59 с.

4. Щеглов С.П. Технологія виробництва меблів: методичні вказівки з курсу «Дизайн меблів». Київ : КНУТД, 2011. 38 с.

5. Щеглов С.П. Вимоги до розмірів меблевих виробів для житлових приміщень: до проведення практичних занять для студентів спеціальності 022 «Дизайн». Київ : КНУБА, 2023. 48 с.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Дисертаційне дослідження присвячено вирішенню актуальної проблеми моделювання та конструювання адаптивних меблів для осіб з ПОРА.

Значення для науки полягає у встановленні геометричних і кінематичних принципів геометричного моделювання та конструювання адаптивних меблів для осіб із порушеннями опорно-рухового апарату (ПОРА).

Значення для практики. Полягає у створенні розрахунково-методичного та параметричного інструментарію, призначеного для практичного використання у проектуванні та виготовленні адаптивних меблів підвищеної функціональності.

При вирішенні поставлених задач отримані наступні теоретичні і практичні результати.

1. На основі аналізу літературних джерел систематизовано основні етапи розвитку теоретичних засад формування інклюзивного середовища. Визначено функціональні та ергономічні вимоги до адаптивних меблів на різних рівнях взаємодії в системі «людина-машина-середовище». Проведено комплексний аналіз рухової діяльності осіб із порушеннями опорно-рухового апарату (ПОРА). Обґрунтовано нові підходи до конструювання та дизайну меблів спеціального призначення, що забезпечують самостійне переміщення користувачів крісел колісних, полегшують виконання будь якої роботи та забезпечують адаптацію предметного середовища під їх потреби.

2. Проведено комплексну оцінку предметно-просторового середовища для осіб з ПОРА на засадах мікро- та мезоергономічного аналізу. Запропоновано індуктивну модель системної інтеграції мікро-, мезо- та макрорівнів ергономіки, що забезпечує цілісність формування інклюзивного просторового середовища.

3. Проаналізовано існуючі методичні підходи до проектування адаптивних соціотехнічних систем у контексті формування функціональних робочих місць і предметного середовища для осіб з порушеннями опорно-рухового апарату (ПОРА) та інших маломобільних груп населення.

4. Запропоновано принципи адаптації методичних підходів проектування до геометричного та конструктивного моделювання меблів спеціального призначення. Проаналізовано специфіку застосування методу ЗРСЗ для формування бази геометричних, антропометричних та ергономічних параметрів на основі аналізу вихідних даних проектування. Запропоновано концептуальну схему моделі міждисциплінарних зв'язків на підґрунті епістемологічної ієрархії системи за Дж. Кліром.

5. Сформульовано базові принципи конструювання та геометричного формоутворення адаптивних меблів для осіб із порушенням опорно-рухового апарату (ПОРА). Реалізовано визначені принципи при розробці конструкції адаптивного вібраційного крісла з використанням ексцентриково блоку на основі кривошипного механізму зі сталим радіусом розташування шипа.

6. Запропоновано та обґрунтовано концептуальний підхід до проектування адаптивних меблів, який забезпечує перехід від розробки окремого предметного елемента до створення цілісної адаптивної системи «Людина з ПОРА — Дизайнерський виріб — Крісло колісне (робоче) — Середовище». У рамках цієї системи математична модель сумарного потенціалу P_{Σ} виступає системоутворювальним ядром, що інтегрує біомеханічні, ергономічні та алгоритмічні параметри в єдиний прогнозований процес. Доведено, що функція керування у зазначеній системі реалізується через математичний розрахунок ергономічного потенціалу дизайнерського виробу, з урахуванням самоналаштування геометричних і функціональних параметрів авторського вібромасажного механізму, відповідно, до індивідуальних анатоμο-морфологічних потреб особи з ПОРА.

СПИСОК ВИКОРИТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абизов В. А., Куцевич В. В. Архітектура громадських будівель з гнучкою планувальною структурою. Київ: Будівельник, 1990. 152 с.
2. Азін В. О., Байда Л. Ю., Грибальський Я. В., Красюкова-Еннс О. В. «Доступність та універсальний дизайн». Навчально-методичний посібник. Київ. 2013. 128с. ISBN 978-966-97230-3-1
3. Афтанділянц, Є. Г., Зазимко, О. В., Лопатько, К. Г. Матеріалознавство: підручник. Миколаїв: Видавництво «Олді-Плюс», 2020. 612 с. ISBN 978-966-2393-67-5.
4. Аранчій Д. О. Алгоритмічні методи архітектурного формотворення. Київ: Типографія від А до Я, 2016. 149 с.
5. Байда Л., О. Іванова О. Універсальний дизайн в медичних закладах: метод. посібник. ПРООН в Україні, Спільна Програма «Сприяння інтеграційній політиці та послугам для людей з інвалідністю в Україні». Київ : Ваіте, 2019. 56 с. ISBN 978-617-7627-14-1.
6. Божко Ю. Г. Естетичні властивості архітектури: Моделювання та проектування. Київ: Будівельник, 1990. 141 с.
7. Ботвіновська С.І. Формоутворення дискретних поверхонь в архітектурі та дизайн-проектуванні. Журнал «Проблеми інформаційних технологій». Херсон : ХНТУ. 2016. №. 01(019). С. 192–199.
8. Ботвіновська С.І., Ковальов С.Н., Золотова А.В Геометричне моделювання поверхонь із заданими властивостями в дизайні та архітектурі. *Управління розвитком складних систем*. Серія «Інформаційні технології проектування». Київ : КНУБА, 2016. № 25. С. 121–126.
9. Ботвіновська С.І. Дискретне моделювання в задачах формотворення дизайн-об'єктів / *Управління розвитком складних систем*. Київ: КНУБА, 2019. № 37. С. 66–72. DOI: 10.6084/m9.figshare.9783194.

10. Ботвіновська С.І. Теоретичні основи формоутворення в дискретному моделюванні об'єктів архітектури та дизайну : автореф. дис. док. техн. наук : 05.01.01 / Київ: КНУБА, 2018. 43с.
11. Ботвіновська С.І., Щеглов С.П. Проектування соціотехнічних систем з аспектом створення робочих місць для маломобільних людей. *Управління розвитком складних систем*. Зб. Наук. Праць. Київ: КНУБА, 2024. С. 93-102. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.58.93-102>
12. Ботвіновська С. І., Щеглов С. П. Індуктивна модель об'єднання мікро-, мезо- та макроергономіки у просторовому середовищі для людей з інвалідністю / *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. Київ : КНУБА, 2024. 106. С. 252–261. DOI: 10.32347/0131-579X.2024.106.252-261
13. Ботвіновська С.І., Щеглов С.П. Проектування адаптивного вібраційного крісла з кривошипом для маломобільних людей. «Colloquium-journal» Wydawca «Interdruk» Poland, Warszawa. Indexed in INDEX COPERNICUS. No9 (274), 2026. P. 76-86.
14. Булатов В. А. Інклюзивний дизайн: ергономічні аспекти та образно-проектні рішення. Дисертація кандидата мистецтвознавства: 17.00.07. Київ: КНУТД, 2025. 210 с.
15. Булгакова Т.В. Комп'ютерний дизайн предметного середовища на основі моделювання візуального сприйняття: дис. канд. техн. наук 05.01.03. Київ: КНУБА, 2018. 232 с.
16. Гарнець В. М., Коваленко В. М. Конструкційне матеріалознавство: Підручник. Київ : Либідь, 2007. 384 с.
17. Гетун Г. В., Плоский В. О. Архітектура будівель та споруд. – Київ: Ліра-К, 2011. 816 с.
18. Гострик О. О., Ляхова А. В. Методичні рекомендації «Організація інклюзивного освітнього середовища: принцип універсального дизайну та розумного пристосування». Київ: Новобузький інклюзивно-ресурсний центр, 2023. 33 с.

19. Державні будівельні норми України ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд». Київ : Мінрегіон України, 2018. 96 с.

20. Жук О. В. Дизайн для людства: вплив розвитку технологій на самосприйняття людей з інвалідністю у суспільстві. *Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтв*. 2024. № 4. С. 45–52. ISSN 2786-7285.

21. Закон України «Про державну соціальну допомогу особам з інвалідністю з дитинства та дітям з інвалідністю». Відомості Верховної Ради України. 2017. № 2249-VIII. № 21. 253 с.

22. Закон України «Про освіту». Відомості Верховної Ради України. – 2017. № 38–39. 380 с.

23. Закон України «Про основи соціальної захищеності осіб з інвалідністю в Україні». Відомості Верховної Ради України. 1991. № 21. 252 с.

24. Кащенко О. В. Геометричні методи формоутворення просторових конструкцій. *Вісник КНУБА № 2*. К: КНУБА. 2005. С. 45–52.

25. Кащенко О.В. Формоутворення в дизайні та архітектурі на основі моделювання біопрототипів // Автореферат дисертації доктора технічних наук: 05.01.01 – К.: КНУБА, 2013. 40 с.

26. Кащенко О.В. Художньо-образне моделювання в біодизайні // *Art and design*. 2019. Вип. № 3. С. 58–63. DOI: 10.30857/2617-0272.2019.3.8/

27. Ковальчук М. Аналіз ергономічних складових предметно-просторового середовища в інклюзивному дизайні // *Науковий журнал (УДК 364.7)*. DOI: 10.24919/2308-4863/84-2-10.

28. Кузнєцов Ю. М., Саленко О. Ф., Харченко О. О., Щетинін В. Т. Технологічне обладнання з ЧПК: механізми і оснащення: Навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів. - Київ-Кременчук-Севастополь: Вид-во «Точка», 2014. 500 с.

29. Кузнецова І.О. Моделювання візуального сприйняття об'єктів дизайну, декоративно-прикладного і образотворчого мистецтва: дисертація доктора технічних наук: 05.01.03. Київ: КНУБА, 2006. 415 с.
30. Куліков П. М., Плоский В. О., Гетун Г. В. Конструкції будівель і споруд. Київ: Ліра-К, 2021. 816 с.
31. Куцевич В. В. Архітектурна типологія громадських будинків і споруд: сучасні тенденції розвитку. Київ: КНУБА, 2014. 320 с.
32. Куцевич В. В. Культові будинки та споруди різних конфесій: посібник з проектування. – Київ: КиївЗНДІЕП, 2002. 240 с.
33. Куцевич В. В. Реформування архітектурно-методологічної бази проектування об'єктів соціокультурного призначення в сучасних умовах України. Київ: КНУБА, 2004. 180 с.
34. Мардер А.П. Архітектура. Короткий словник-довідник. К.: Будівельник, 1995. 335 с.
35. Мохор В. В., Цуркан О. В., Герасимов Р. П., Крук О. М. Модель аналізування вразливостей соціотехнічних систем до впливів соціальної інженерії // Комп'ютерна безпека. 2020. DOI: 10.28925/2663-4023.2020.8.165173.
36. Михайленко В. С., Яковлев М. І. Основи композиції: навч. посіб. Київ: Каравела, 2008. 304 с.
37. Ніцин О. Ю. Геометрія психофізичного простору та перспектива: автореф. дис. д-ра техн. наук.: 05.01.01 / Київський національний університет будівництва і архітектури. Київ, 2007. 30 с.
38. Паламар С., Наumenко М. Універсальний дизайн закладів освіти України: доступність інформаційного простору. – *Освітологічний дискурс*, 2022. DOI: 10.28925/2311-2409.2022.3811.
39. Плоский В. О., Гетун Г. В., Віроцький В. Д. Архітектура будівель та споруд. Кн. 3: Історія архітектури і будівництва. Київ: Ліра-К, 2016. 815 с. ISBN 978-617-7320-32-5.

40. Плоский В. О. Дослідження структурних особливостей методів геометричного моделювання та тенденцій розвитку прикладної геометрії // *Науковий вісник КНУБА*. 2019. № 12. С. 45–53.

41. Плоский В. О. Прикладна геометрія та графіка в архітектурному проектуванні // *Науковий вісник КНУБА*. 2021. № 14. С. 67–75.

42. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження принципів, критеріїв і меж розумного пристосування та універсального дизайну» від 17 грудня 2025 р. № 1673. *Офіційний вісник України*. 2026. № 1. 45 с.

43. Сазонов К. О., Булгакова. Т. В. Тілесні кути, як інструмент для аналізу середовища міста з позиції візуального сприйняття. *Технічна естетика і дизайн: науково-технічний збірник*. Київ, 2010. Вип. 7. С. 59–62.

44. Сидорук І. І. Універсальний дизайн в освіті як концептуальна основа інклюзивного підходу до навчання образотворчого мистецтва дітей з особливими освітніми потребами // *Інноваційна педагогіка*. 2025. Вип. 83. С. 112–116. DOI: 10.32843/2663-6085/2025/83.22. ISSN: 2663-6085.

45. Суліменко С. Ю. Конструктивно-параметричний аналіз формоутворення еліпсоїдів за їх лініями обрисів. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. Київ, 2016. № 42. С. 109–115.

46. Трофімов Ю.Л. Інженерна психологія: Підручник. Київ: Либідь, 2002. 264 с.

47. Товбич В. В. Інтерактивне графічне моделювання архітектурного середовища з урахуванням особливостей візуального сприйняття: автореферат дисертації кандидата техн. наук.: 05.01.01 / Київський інженерно-будівельний інститут. Київ, 1986. 220 с.

48. Тусупбекова К. І. Дослідження деяких залежностей між геометричними та емоційними характеристиками криволінійних форм: дис. канд. техн. наук: 05.01.01 / Київський інженерно-будівельний інститут. Київ, 1977. 186 с.

49. Фоменко О. Аналіз впровадження ергономічних рішень для створення інклюзивного середовища // *Art and Design*. – 2024. – ISSN 2617-0272. – DOI: 10.30857/2617-0272.2024.4.14.

50. Черноус Л. С., Тарасова О. А., Лаконова О. Й. Соціальні технології в сучасному українському суспільстві // *Науковий журнал «Соціальні технології»*. 2020. № 87. С. 112–120. DOI: 10.32840/2707-9147.2020.87.14

51. Шевяков О. В. Розвиток соціотехнічних систем (СТС) як психологічна проблема // *Проблеми сучасної психології*. 2011. № 14. DOI: 10.32626/2227-6246.2011-14

51. Шевяков О. В., Шрамко І. А. Динамічні соціотехнічні системи діяльності: соціальна підтримка жінок // *Теоретичні і прикладні проблеми психології*. 2020. № 3 (53), Т. 1. С. 184–197.

52. Шпара П.Є., Шпара М.П. Технічна естетика та основи художнього конструювання. Вид. 3-тє. Київ: Вища школа, 1989. 247 с.

53. Шпилевський І., Палеха Ю., Економов А., Айлікова Г., Безкоровайна Л., Куцевич В. В. та ін. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій. – Київ: Мінрегіон України, 2019. 180 с.

54. Щеглов С.П. О геометричному моделюванні візуального простору для людей з обмеженими опорно-руховими функціями. Прикладна геометрія та інженерна графіка. Міжвідомча науково-технічна збірка. Випуск 60. Київ: КДТУБА, 1996. С. 199-201.

55. Щеглов С.П. До питань моделювання огинаючої поверхні горизонтального контуру обладнання кухонь для людей у кріслах-колясках. Прикладна геометрія та інженерна графіка. Міжвідомча науково-технічна збірка. Випуск 61. Київ: КДТУБА, 1996. С. 225-228.

56. Щеглов С.П. Узагальнено-символічна форма геометричного апарату для моделювання оточуючого середовища для інвалідів у кріслах-колясках. Прикладна геометрія та інженерна графіка. Міжвідомча науково-технічна збірка. Випуск 62. Київ: КДТУБА, 1997. С. 221-223.

57. Щеглов С.П. Функціональна оптимізація дизайну адаптивних меблів для покращення доступності та комфорту осіб з порушеним опорно-руховим апаратом. Науковий збірник «Сучасні проблеми архітектури та містобудування». Випуск 69. Київ : КНУБА, 2024. С. 352-365. DOI: 10.32347/2077-3455.2024.69.352-365.

58. Яковлев М.І. Геометричні принципи художнього формоутворення. Дис. доктора техн. наук: 05.01.03. Київ: КНУБА, 1999. 415 с.

59. Branowski B., Rychlik M., Sydor M., Zabłocki M., Graphic 3D ergonomic database in evaluation of virtual models of kitchen design/adaptation for needs of handicapped persons. Вісник Національного університету «Львівська політехніка», «Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика». Львів : НУ «ЛП», 2011. Вип. 711. 112-123 с. ISSN: 0321-0499

Іноземна література:

60. Benedikt G. Mark, Sarah Hofmayer, Erwin Rauch and Dominik T. Matt. Inclusion of Workers with Disabilities in Production 4.0: Legal Foundations in Europe and Potentials Through. Worker Assistance Systems. Sustainability 2019, 11, 5978; doi:10.3390/su11215978. www.mdpi.com/journal/sustainability

61. Classification of ergonomics levels for research / Nismah Panjaitan and Amir Yazid bin Ali 2019 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 505 12040, 2008. 5 с.

62. Connell, B. R., Jones, M., Mace, R., Mueller, J., Mullick, A., Ostroff, E., Sanford, J., Steinfeld, E., Story, M., & Vanderheiden, G. (1997, April 1). The Principles of Universal Design (Version 2.0). Center for Universal Design, North Carolina State University (маніфест). 4. URL: ncsu.edu (access date: 08/17/2026).

63. Cui, та ін. (2023). Design, Analysis, and Control of Biomedical Healthcare Modular Wheelchair with Posture Transformation. London, UK (Hindawi Publishing Corporation): Complexity. 13. DOI: 10.1155/2023/7310265

64. Erdogan, A., & Argall, B. D. (2017). Modular and Adaptive Wheelchair Automation. Cham, Switzerland (Springer International Publishing): Springer. 15.

65. Erdogan, A., & Argall, B. D. (2017). The effect of robotic wheelchair control paradigms and interface on user performance, effort and preference: An experimental assessment. Amsterdam, Netherlands (Elsevier Science): Robotics and Autonomous Systems (Elsevier). 12.

66. Klir, George J., Architecture of systems problem solving. New York: Plenum Press, 1985. 539 p.

67. Hao Yuan, Developing a digital human modeling toolset: Simulating elderly posture in Grasshopper to optimize living environments. Journal of Building Engineering. 2024. Volume 90. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2024.109308>

68. Hendrick, H. W. (2002). Macroergonomics: Theory, Methods, and Applications. Mahwah, New Jersey, USA: Lawrence Erlbaum Associates. 248.

69. Hendrick, H. W., & Kleiner, B. M. (2001). Macroergonomics: An Introduction to Work System Design. Santa Monica, California, USA: Human Factors and Ergonomics Society (HFES). 120.

70. Liu, K., Yu, Y., Liu, Y., Tang, J., Liang, X., Chu, X., & Zhou, Z. (2022). A novel brain-controlled wheelchair combined with computer vision and augmented reality. Cham, Switzerland: BioMedical Engineering OnLine (Springer Nature). 15.

71. Liu & Bhatnagar (2022). Real-Time Computer Vision Based Autonomous Navigation System for Smart Wheelchairs. New York, USA: IEEE Xplore (*конференційні матеріали IEEE*). 10.

72. Lusher & Ronald L. Mace. (1989). Accessible Environments: Toward Universal Design. North Carolina: Center for Universal Design, North Carolina State University, 40.

73. Macroergonomics: theory, methods, and applications / edited by Hal W. Hendrick, Brian M. Kleiner. Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers 10 Industrial Avenue Mahwah, New Jersey 07430. Includes bibliographical references and index. ISBN 0-8058-3191-6, 2002. 412 c.

74. Michael A. Greig, Judy Village, Filippo A. Salustri & W. Patrick Neumann (2023): Examining human factors and ergonomics aspects in a manufacturing organization's metrics system: measuring up to stakeholder needs, *Ergonomics*, DOI: 10.1080/00140139.2023.216806

75. Misch, J., & Sprigle, S. (2022). Whole-body vibration experienced during manual wheelchair use was quantified across several types of terrain. London, UK (SAGE Publications: *Journal of Rehabilitation and Assistive Technologies Engineering* (SAGE). 5. DOI: 10.1177/20556683221092322

76. Morton Goldman. (1983). *The Accessible Museum: Model Programs of Accessibility for Disabled and Older People*. Washington: American Association of Museums (AAM), 184.

77. Nismah Panjaitan, Amir Yazid Bin Ali. Classification of ergonomics levels for research. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 505 (2019) 012040. doi:10.1088/1757-899X/505/1/012040

78. Neville A. Stanton, Alan Hedge, K. Brookhuis, E. Salas, H. Hendrick. (2004). *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods*. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press (Taylor & Francis Group), 800.

79. Pascale Carayon. (2006). *Handbook of Human Factors and Ergonomics in Health Care and Patient Safety*. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press (Taylor & Francis Group), 864.

80. Peter M. Bednar, Christine Welch. *Socio-Technical Perspectives on Smart Working: Creating Meaningful and Sustainable Systems*. Open access | Published: 03 May 2019. Volume 22, pages 281-298, (2020)

81. *Principles and Guidelines for Human Factors/Ergonomics (HF/E) Design and Management of Work Systems*. May, 2021. International Ergonomics Association (IEA) & International Labour Organization (ILO). 60 c.

82. Rodrigues, A.d.L., Martinez, L.B.A. & Silveira, Z.C. An iterative design procedure for the development of assistive devices based on a participatory approach. *J Braz. Soc. Mech. Sci. Eng.* 46, 127 (2024).

83. Ronald L. Mace, Graeme J. Hardie, Jaine P. Place. Accessible Environments: Toward Universal Design. Center Accessible Housing. North Carolina State University. Box 8613. Raleigh, NC 27695-8613. USA. 919.737.3082

84. The ongoing journey to commitment and transformation: digital health in the WHO European Region, 2023. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2023. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. ISBN: 978-92-890-6022-6

85. Verma, N., та ін. (2022). Ergonomic design of wheelchairs: Importance of seat adjustment, back contour, and posture support for pressure distribution. Abingdon, UK: Disability and Rehabilitation: Assistive Technology (Taylor & Francis). 12.

Інтернет посилання:

86. URL: <https://askjan.org/toolkit/index.cfm> (дата звернення 08.2023).

87. URL: <https://www.atia.org/> (дата звернення 08.2023).

88. URL: <https://ikeahackers.net/2019/03/ikea-furniture-accessibility-add-ons.html> (дата звернення: 05.2024).

89. URL: https://www.hermanmiller.com/en_eur/ (дата звернення: 05.2024).

90. URL: <https://www.steelcase.com/products/office-chairs/gesture/> (дата звернення: 22.05.2024).

91. URL: <https://naiu.org.ua/sluch-mozhna-povernuty-do-kintsya-roku-24-dytny-z-prykarpattya-otrymayut-kohlearni-implanty/> (дата звернення 08.2023).

92. URL: <https://vela-medical.com/> (дата звернення: 05.2024).

93. URL: <https://www.hmeaccessibility.com/> (дата звернення: 05.2024).

94. URL: <https://www.mdpi.com/journal/sustainability> (дата звернення: 22.05.2024).

95. URL: <https://www.nationalacademies.org/> (дата звернення: 05.2024).

96. URL: <https://digitalpromise.org/inclusive-innovation/> (дата звернення: 22.05.2024).

97. URL: <https://humanhall.unimi.it/i-progetti/inclusione-delle-persone-con-disabilita/> (дата звернення 08.2023).

98. URL: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/email/intersection/2021/10/06/2021-10-06d.html> (дата звернення 08.2023).

99. URL: <https://www.ncdhhs.gov/divisions/eipd/north-carolina-assistive-technology-program> (дата звернення 08.2023).

100. URL: <https://naiu.org.ua/sluh-mozhna-povernuty-do-kintsya-roku-24-dytyny-z-prykarpattya-otrymayut-kohlearni-implanty/> (дата звернення 08.2023).

101. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4939-0612-3_24 (дата звернення: 05.2024).

102. URL: <https://vue.gov.ua/> (дата звернення: 02.2026).

103. URL: <https://esu.com.ua> (дата звернення: 02.2026).

104. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-society/3990828-v-ukraini-ponad-tri-miljoni-osib-z-invalidnistu-zolnovic-skazala-skilki-z-nih-maut-robotu.html> (дата звернення: 02.2026).

105. URL: https://www.who.int/health-topics/disability#tab=tab_1 (дата звернення: 02.2026).

106. URL: <https://www.science.org/> (дата звернення: 02.2026).

107. URL: <https://www.mdpi.com/2504-446X/7/5/331>

(дата звернення: 02.2026).

108. URL: https://acu.primo.exlibrisgroup.com/discovery/fulldisplay/cdi_proquest_journals_2177433063/61ACU_INST:61ACU?utm_source=copilot.com (дата звернення: 02.2026).

109. URL: https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/login.jsp?url=%2F%3Futm_source%3Dcopilot.com&authDecision=-203 (дата звернення: 02.2026).

110. URL: <https://www.routledge.com/Evaluation-of-Human-Work/Wilson-Sharples/p/book/9781466559615> (дата звернення: 02.2026).

111. URL: <https://press.princeton.edu/books/paperback/9780691127026/complex-adaptive-systems> (дата звернення: 02.2026).

112. URL: <https://askearn.org/> (дата звернення: 02.2026).

113. URL: https://bidenwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2025/01/Federal-Evidence-Agenda-on-Disability.pdf?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 02.2026).

114. URL: https://www.designcouncil.org.uk/resources/the-double-diamond/?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 02.2026).

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК

А

Адаптація (лат. *adaptatio*, від *adapto* — пристосовую) — процес пристосування об'єкта (адаптаціогенез); стан пристосованості об'єкта (результат адаптаціогенезу); дія, спрямована на об'єкт з метою його пристосування до визначених вимог, пристосування об'єкта до використання в конкретних умовах [102].

Адаптивна функція — здатність речі або середовища полегшити процес адаптації [103].

Адаптивні меблі — це предмети інтер'єру, які здатні змінювати свої параметри, форму чи функціонал під потреби конкретної людини, завдання або особливості приміщення [103].

Алгоритм — послідовність необхідних дій у певному порядку при виконанні завдань із застосуванням відповідних методів, які приводять до необхідного результату [102].

Аналіз — метод наукового дослідження, розкладання, розчленовування — в дизайні, розкладання цілого на складові [102].

Архітектурне середовище — частина штучно створеного або штучно організованого предметно-просторового середовища [102].

Асистивні технології — це пристрої, програми, обладнання та послуги, які допомагають людям з інвалідністю, травмами або віковими змінами долати бар'єри [103].

В

Вібрація (лат. *vibratio* — тремтіння, коливання) — механічні коливання твердих тіл або їхніх частин відносно положення рівноваги, що виникають під дією змінних у часі сил або внутрішніх процесів у системі [102].

Д

Дизайн середовища – вигляд стильових, образних характеристик об'єкту або системи в середовищі, особливості просторової структури, індивідуальних або типових деталей зовнішнього виду, які визначають особливості вигляду середовища [102].

Е

Ергономіка – наукова дисципліна, що вивчає функціональні можливості людини в трудових процесах, виявляє можливості та закономірності створення оптимальних умов для високопродуктивної праці і забезпечення необхідних зручностей [102].

І

Інструмент – (від лат. *instrumentum* – знаряддя), знаряддя людської праці або виконавчий механізм машини, прилади пристосування тощо.

Інформаційна модель – система сукупних даних, що описують наявні параметри об'єкта [102].

К

Класифікація – систематизація на основі виділення певного класу, який являється множиною предметів та теоретичних понять, що визначаються на основі однієї або декількох загальних суттєвих ознак [102].

Конструкція – тип структури, в якій елементи пов'язані функціональними зв'язками. Цілісність конструкції визначається єдністю функції [102].

Конструювання – складова частина проєктування виробу або об'єкта (будинку, споруди), що полягає у взаємопов'язуванні всіх частин та елементів об'єкта проєктування, узгодження їх взаємного розташування і взаємодії [102].

Концепція (від лат. *conception* – розуміння, система) – визначення здатності розуміння, трактування кількісних явищ, основна точка зору, керівна ідея для їх висвітлення; провідний задум, конструктивний принцип різних видів діяльності [102].

Кутовий розмір – кут між прямими лініями (променями зору), що з'єднують протилежні крайні точки об'єкту або деталі (що вимірюються) та око

спостерігача (вимірюється у градусах та хвилинах, залежить від дистанції сприйняття) [102].

М

Масштаб – пряме об'єктивне порівняння справжнього фізичного розміру того чи іншого предмету, середовищного утворення із їх оточенням або наповненням через зорове відношення до людини [102].

Матеріалознавство — міждисциплінарна наука, яка встановлює співвідношення між структурою, складом і властивостями матеріалів за технологією їхнього отримання, умовами експлуатування та вартістю [102]

Метод (від грецьк. *methodos* – шлях дослідження, пізнання, теорія, вчення) – сукупність прийомів або операцій практичного або теоретичного характеру вирішення конкретної задачі [102].

Модель (від лат. *modulus* — «міра, аналог, зразок, взірець») — система, дослідження якої дає уявлення про іншу систему, представлення деякого іншого процесу, побудови чи концепції оригіналу [102].

Моделювання — це метод дослідження об'єктів пізнання (явищ, пристроїв, процесів), що ґрунтується на заміні конкретного об'єкта досліджень (оригіналу) іншим, подібним до нього (моделлю) [102].

О

Оптимальний – (від лат. *optimus* – найкращий), найбільш відповідний певним умовам та задачам [102].

П

Предметне середовище – сукупність оточуючих людину речей, виробів, елементів обладнання, декоративного оздоблення та творів монументально-декоративного мистецтва середовищного утворення, складена із окремих предметів та комплексів [102].

Проектування – тип діяльності (наряду із плануванням, програмуванням) із попереднім визначенням загальних цілей та характеру будь-якої діяльності, яка лежить в основі усієї практики перетворення навколишнього середовища [102].

Принцип – (від лат. *principium* – основа) – вихідне положення будь-якої теорії, науки або вчення, основоположне керуюче правило будь-якої сфери діяльності (принцип побудови, співвідношення, співмірності, взаємозв'язку тощо) [102].

Проблема – теоретичне або практичне завдання, яке слід вирішити [102].

Простір – безліч об'єктів, між якими встановлені відносини, подібні по своїй структурі із звичайними просторовими відносинами [102].

Технічна естетика – дисципліна, комплексно вивчаюча соціальні, художньо-естетичні, функціональні, ергономічні та технічні аспекти утворення предметного середовища, яка створює науково-методичні основи діяльності в області дизайну [102].

У

Уніфікація – приведення чогось до єдиної системи, форми, однаковості [102].

Утилітарність – властивість речі, що означає її корисність для практичної діяльності людини [102].

Ф

Функціональність – здатність виробу, комплексу виробів, середовища виконувати певну роботу або створювати умови для її виконання. Відповідність виробу його призначенню [102].

Функціональна антропометрія — це розділ антропометрії, що вивчає динамічні та функціональні параметри людського тіла в процесі руху, праці або взаємодії з різними об'єктами (робочими місцями, одягом, технікою) [103].

ДОДАТОК Б
КРІСЛА КОЛІСНІ ТА СХОДОВІ ПІДЙОМНИКИ
(прикладі поширених моделей)

Стандартне складальне крісло колісне OSD-STB



Характеристики

Модель: OSD-STB

Вид: для дому та вулиці

Матеріал сидіння та спинки: нейлон

Матеріал рами: сталь

Ширина сидіння (см): 40; 45; 50

Ширина у складеному стані, (см): 28

Глибина сидіння (см): 40

Висота сидіння від підлоги, (см): 50

Висота спинки, (см): 42

Регулювання спинки: нерегульована

Підлокітники: відкидні

Підніжки: знімно-відкидні

Вага, (кг): 18

Максимальне навантаження, (кг): 125

Країна реєстрації бренду: Італія

Середньоактивне крісло колісне Doctor Life алюмінієва рама (8062/40)**Характеристики**

Модель: OSD-STB

Вид: для дому та вулиці

Матеріал сидіння та спинки: нейлон

Матеріал рами: алюміній

Ширина сидіння (см): 40, 43, 45, 48

Ширина у складеному стані, (см): 28

Глибина сидіння (см): 40

Висота сидіння від підлоги, (см): 51

Висота спинки, (см): 45

Регулювання спинки: нерегульована

Підлокітники: знімно-відкидні

Підніжки: знімно-відкидні, регулюються по висоті

Вага, (кг): 15

Максимальне навантаження, (кг): 110

Країна реєстрації бренду: Україна

Крісло колісне з електромотором складне OSD-22DA



Характеристики

Модель: OSD-STB

Вид: для дому та вулиці

Матеріал сидіння та спинки: нейлон, вставка з сітчастого акрилу

Матеріал рами: сталь

Ширина сидіння (см): 45

Глибина сидіння (см): 40

Висота сидіння від підлоги, (см): 50

Висота спинки, (см): 46

Регулювання спинки: нерегульована

Підлокітники: відкидні

Підніжки: знімно-відкидні, регулювання довжини, підтримка для гомілки

Вага, (кг): 38

Максимальне навантаження, (кг): 100

Дальність їзди на одному заряді, (км): 20

Швидкість, max (км / ч): 6

Радіус розвороту, (см): 120

Країна реєстрації бренду: Італія

Гусеничний сходовий підйомник «JOLLY STANDARD» D5000010



Особливості

Сходовий гусеничний підйомник OSD-JOLLY STANDARD – пристрій для переміщення людини в інвалідному кріслі сходами всередині і зовні будівель.

Гусеничний підйомник підходить для більшості моделей інвалідних візків. Обладнаний зручним і безпечним кріпленням для фіксації інвалідного крісла, а також ременем безпеки.

Підйомник оснащений контролером плавного запуску і зупинки. Може долати до 50-ти поверхів на 1 заряді батареї.

Для розвороту підйомника достатньо майданчика розміром 97 x 97 см.

Максимальний кут нахилу для подолання становить 35°.

Підйомник пересувається досить швидко завдяки стійким маленьким колесам.

Пульт керування на тримачі обладнаний світловим індикатором заряду батареї і нахилу, а також кнопкою екстреної зупинки і ключем.

Для зручного транспортування і зберігання пристрій можна розібрати на 2 частини. Легко поміщується в багажник легкового автомобіля.

Сходовий гусеничний підйомник «PTR-130» (до 130 кг) 075701



Особливості

Пристрій для переміщення людини в інвалідному кріслі сходами всередині і зовні будівель.

Основна перевага гусеничного підйомника перед крокуючим полягає у простоті керування, асистенту не потрібно підтримувати баланс під час спуску і стежити за кутом нахилу, потрібно просто натиснути кнопку, і підйомник самостійно почне поступовий і безпечний рух.

Гусеничний підйомник оснащений контролером плавного запуску і зупинення. Підйомник може долати до 50-ти поверхів на 1 заряді батареї.

Сенсорний контроль зі звуковою індикацією визначає безпеку кута нахилу.

На підйомнику передбачено автоматичне гальмування в разі збою живлення або аварії, а також кнопка аварійного зупинення всіх рухомих механізмів.

Для зручного транспортування і зберігання пристрій можна розібрати на 3 частини. Підходить для використання на сходах всередині будинку і громадських будівель, а також для сходів зовні.

Сходовий мобільний підйомник (до 130 кг) «PT-UNI» 045727



Особливості

Призначений для зручного, що не потребує зусиль, підймання людини у візку сходами у будинку, лікарні, а також гвинтовими сходами.

Без зайвих зусиль переміщується плоскою поверхнею.

Використання не потребує фізичних зусиль: підйомник самостійно м'яко і поступово долає кожен сходинку.

Унікальна гальмівна система контролює положення підйомника на сходинці, запобігаючи зісковзуванню.

Легко збирається і компактно складається для зберігання і транспортування.

Сходовий підйомник для інвалідів MIRID SW01



Особливості

Транспортувальна ручка: блок керування, три положення регулювання ручки за висотою (від 100-160 см)

Матеріал: високоміцний алюміній

Нахил гусениць: два рівні, для різного типу сходів

Три швидкості підйому/спуску:

- повільний - 32 ступені/хв,
- середній - 40 ступенів/хв,
- швидкий - 55 ступенів/хв.

Габаритні розміри виробу (Д × Ш × В) 133 × 48 × 157 см

Граничне навантаження 169 кг

Маса з акумулятором – 32 кг

Регулювання висоти 100-160 см із трьома положеннями регулювання висоти

Сходовий електropідйомник для інвалідного візка MIRID 11C



Особливості

Електричний гусеничний підйомник 11С призначений для транспортування сходовим майданчиком паралізованих пацієнтів разом з інвалідним візком.

Легка та міцна конструкція, витяг виготовлений з високоміцного алюмінію. Компактно складається для перевезення.

Підходить для різних розмірів та типів інвалідного візка. Ширина кріплення для коляски регулюється в діапазоні 50-70 см.

Можна використовувати як в медичних закладах, так і в домашніх умовах.

ДОДАТОК В
РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ДОВІДКА

про практичне впровадження наукових результатів дисертаційної роботи
Щеглова Сергія Петровича

**«Моделювання та конструювання адаптивних меблів для людей з
порушеннями опорно-рухового апарату»**
за спеціальністю 05.01.03 -технічна естетика
в діяльність ПП ВКФ «МЕБЛЕВІ ТЕХНОЛОГІЇ»

Результати наукових досліджень доцента кафедри дизайну Київського національного університету будівництва і архітектури Щеглова Сергія Петровича за темою кандидатської дисертації «Моделювання та конструювання адаптивних меблів для людей з порушеннями опорно-рухового апарату» прийнято до впровадження ПП ВКФ «МЕБЛЕВІ ТЕХНОЛОГІЇ».

Запропоновані автором принципи конструювання адаптивних виробів для людей з порушеннями опорно-рухового апарату (ПОРА) за допомогою методології універсального обчислювача системних проблем Джорджа Кліра вважаємо системними. Такий підхід дозволяє розглядати меблевий виріб як елемент цілісної системи «людина з ПОРА – меблі – середовище використання».

Результати дослідження прийнято до впровадження для конструювання таких адаптивних виробів, які дозволять значно полегшити фізичний біль та зменшити проблеми зі здоров'ям у сидячих людей.

Директор



Андрій Петрович Завальнюк

ДОВІДКА

про практичне впровадження наукових результатів дисертаційної роботи
Щеглова Сергія Петровича
**«Моделювання та конструювання адаптивних меблів для людей з
порушеннями опорно-рухового апарату»**
за спеціальністю 05.01.03 -технічна естетика
в діяльність ТОВ

Результати наукових досліджень доцента кафедри дизайну Київського національного університету будівництва і архітектури Щеглова Сергія Петровича за темою кандидатської дисертації «Моделювання та конструювання адаптивних меблів для людей з порушеннями опорно-рухового апарату» прийнято до впровадження ТОВ «ВІАР ТЕХ»

Запропонований автором принцип дії вібраційного механізму з кривошипом для адаптивного крісла вважаємо ефективним, при якому з'являється варіативність типів вібрацій, які дозволяють значно полегшити фізичний біль та зменшити проблеми зі здоров'ям у сидячих людей.

Результати дослідження прийнято до впровадження для конструювання таких адаптивних виробів.

Директор



Троянський Віталій Андрійович

ТОВ «ВІАР ТЕХ»
бульвар Вацлава Гавела, 16, м. Київ, 03124 Україна
тел.: +380 44 339 9595, e-mail: info@viyar.tech, https://viyar.tech

Код ЄДРПОУ 45523603, ІПН 455236026580
IBAN: UA663348510000000026007248609
в АТ «ПУМБ», код банку 334851



МОН
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

просп. Повітряних Сил, 31,
м. Київ, 03037
тел.: +38 (044) 248-32-65,
e-mail: knuba@knuba.edu.ua,
web: knuba.edu.ua
ЄДРПОУ 02070909

ДОВІДКА про впровадження у навчальний процес результатів дисертаційного дослідження Щеглова Сергія Петровича

Цією довідкою посвідчуємо, що результати дисертаційного дослідження **Щеглова Сергія Петровича** на тему «Моделювання та конструювання адаптивних меблів для людей з порушеннями опорно-рухового апарату» впроваджено у навчальний процес кафедри дизайну архітектурного факультету КНУБА при підготовці студентів спеціальності 022 (В2) «Дизайн», зокрема, при викладанні дисциплін: «Основи конструювання меблів», «Конструювання меблів», «Макетування».

Щегловим С. П. підготовлено лекційний курс та видано методичні вказівки для вищезазначених дисциплін.

Впровадження результатів дисертаційної роботи сприяє підвищенню якості освітнього процесу, формуванню сучасних професійних компетентностей у здобувачів вищої освіти та відповідає актуальним викликам у сфері дизайну.

Дана довідка не є підставою для будь-яких матеріальних зобов'язань, зокрема, для одержання премій та інших винагород.

Проректор з НМР



Андрій ШПАКОВ



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА БІБЛІОТЕКА УКРАЇНИ

СВІДОЦТВО

ПРО ДЕПОНУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

№399 – РІД/Ук2024

Видано

Сергію ЩЕГЛОВУ

про те, що результат інтелектуальної діяльності:
**"Серія офісних меблів "Статус" для компанії
Енран-Акрос"**

депоновано у
Державній науково-технічній бібліотеці України
20.02.2024р.

В.о.директора



Алла ЖАРІНОВА



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА БІБЛІОТЕКА УКРАЇНИ

СВІДОЦТВО

ПРО ДЕПОНУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

№400 – РІД/Ук2024

Видано

Сергію ЩЕГЛОВУ

про те, що результат інтелектуальної діяльності:
**"Серія офісних меблів "Квадро" для компанії
Енран-Акрос"**

депоновано у
Державній науково-технічній бібліотеці України
20.02.2024р.

В.о.директора



Алла ЖАРІНОВА



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА БІБЛІОТЕКА УКРАЇНИ

СВІДОЦТВО

ПРО ДЕПОНУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

№401 – РІД/Ук2024

Видано

Сергію ЩЕГЛОВУ

про те, що результат інтелектуальної діяльності:
**"Серія офісних меблів "Тріно" для компанії
Аматі"**

депоновано у
Державній науково-технічній бібліотеці України
20.02.2024р.

В.о.директора



Алла ЖАРІНОВА



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА БІБЛІОТЕКА УКРАЇНИ

СВІДОЦТВО

ПРО ДЕПОНУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

№402 – РІД/Ук2024

Видано

Сергію ЩЕГЛОВУ

про те, що результат інтелектуальної діяльності:
**"Серія офісних меблів "Квант" для компанії
Енран-Акрос"**

депоновано у
Державній науково-технічній бібліотеці України
20.02.2024р.

В.о.директора



Алла ЖАРІНОВА



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА БІБЛІОТЕКА УКРАЇНИ

СВІДОЦТВО

ПРО ДЕПОНУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

№403 – РІД/Ук2024

Видано

Сергію ЩЕГЛОВУ

про те, що результат інтелектуальної діяльності:
**"Серія офісних меблів "Техно" для компанії
Енран-Акрос"**

депоновано у
Державній науково-технічній бібліотеці України
20.02.2024р.

В.о.директора



Алла ЖАРІНОВА