

DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2024.69.352-365>

УДК 64.05-056.2:8

**Щеглов Сергій Петрович,**

*доцент кафедри дизайну*

*Київського національного університету будівництва і архітектури*

[shcheglov.sp@knuba.edu.ua](mailto:shcheglov.sp@knuba.edu.ua)

<https://orcid.org/0000-0002-3315-4407>

## **ФУНКЦІОНАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ ДИЗАЙНУ АДАПТИВНИХ МЕБЛІВ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ДОСТУПНОСТІ ТА КОМФОРТУ ОСІБ З ПОРУШЕНИМ ОПОРНО-РУХОВИМ АПАРАТОМ**

Анотація: у сучасному світі зростає необхідність у створенні інклюзивного середовища, яке б відповідало потребам осіб з обмеженим опорно-руховим апаратом (ООРА). Це стосується не лише архітектури та громадських просторів на рівні макро- та мезоергономіки, а й адаптивних меблів на рівні мікроергономіки.

Дослідження присвячено формалізації цілому ряду вимог до моделювання адаптивних меблів для людей з порушенням опорно-рухового апарату. Особлива увага приділяється аспектам при розробці меблів, які не тільки забезпечують комфорт, безпеку та функціональність, а й являють собою естетично приємний дизайн, що сприяє інтеграції ООРА у соціальне середовище. Розглядаються ергономічні вимоги, що враховують антропометричні та біомеханічні особливості таких користувачів за допомогою цифрових моделей (digital human models (ДНМ)). Використовуючи ДНМ, можна досліджувати взаємодію користувачів з меблями, моделювати різні сценарії їх використання та оцінювати параметри якості зручності і безпеки. Встановлено, що інтеграція ДНМ з сучасними технологіями тривимірного моделювання дозволяє оптимізувати конструкції меблів, роблячи їх максимально адаптованими до потреб ООРА. Мета дослідження полягає в розробці методології проектування адаптивних меблів, що забезпечує підвищення рівня життя користувачів завдяки індивідуально налаштованим ергономічним рішенням.

Для того, щоб ООРА могли комфортно та продуктивно працювати, стає доволі актуальний прогнозований розвиток взаємопроникнення в цю галузь сучасних технічних інновацій з подальшим об'єднанням в окремий напрямок проектування інклюзивних меблів та обладнання, з розподілом на окремі групи для різних типів інвалідності.

Ключові слова: моделювання; конструювання; адаптивні меблі; ергономіка; соціотехнічні системи; інклюзивний простір для людей з інвалідністю.

Постановка проблеми. Основна проблема полягає у відсутності ефективних методів моделювання та конструювання адаптивних меблів. Традиційні підходи не завжди здатні врахувати всі необхідні аспекти, які б зумовили необхідність розробок нових методологій. Це стосується як методів соціотехнічного аналізу, так і практичних аспектів проєктування меблів. Наразі існує велика міра суб'єктивності або узагальнення в підходах, що ускладнює їх використання в реальному проєктуванні. Також, треба зазначити, що існує проблема поєднання сучасних технологій з технічними можливостями більшості виробників. Із-за відсутності інформативності, меблярі, окрім потужних компаній, не вкладаються в розвиток цього напрямку, що призводить до утримання високої вартості продукції. Згадане підводить до висновку, що сучасне проєктування адаптивних меблів потребує нових підходів і понять, які базуються на об'єктивній, раціональній основі, роблячи їх доступними для практичного використання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У статті [1] представлено концепцію використання антропометричної та біомеханічної графічної тривимірної бази даних людини з обмеженими руховими можливостями для аналізу та оцінки дизайну кухонного простору. Автори визначили сучасні тенденції в дизайні для ООРА та людей похилого віку. Було представлено методичні засади, а також випробувальну станцію для вимірювання довжини рук і сили людини з інвалідністю у кріслі-колясці. Отримані результати були використані для розробки віртуальної моделі взаємодії користувача з обмеженими можливостями та кухонного обладнання. Також, за допомогою розробленої моделі були проаналізовані та порівняні робочі зони доступу у стандартній та адаптованій кухні, та розподілені на групи. Були зроблені висновки, пов'язані з адаптацією кухні, основним з яких - це корисність створення баз даних для виконання цифрового моделювання у різних системах технічних засобів. На думку авторів, саме такий підхід дозволить організувати інклюзивний кухонний простір, в якому можуть бути враховані усі нереалізовані потреби ООРА.

У виданні [2] автори пропонують створювати цифрові людські моделі (ДНМ), завдяки яким можна аналізувати індивідуальні відмінності та взаємодію в архітектурних просторах, оцінюючи ергономіку на етапі проєктування. Проте, поки що існуючі ДНМ платформи не інтегровані з архітектурним програмним забезпеченням, що обмежує можливість дизайнерів та архітекторів отримувати своєчасний зворотний зв'язок. Їх дослідження пропонують новий набір інструментів ДНМ для програмного забезпечення *Grasshopper*, який імітує пози людей похилого віку та автоматично оцінює ергономічні фактори. Ними було розглянуто три сценарії: мінімальний бічний простір для користувачів ходунків, положення поручнів для користувачів інвалідних візків у ванній кімнаті та рівень

комфорту в спальні. Результати показали ефективність набору інструментів у моделюванні простору для людей з обмеженнями, та були надані практичні рекомендації щодо дизайну. Цей інструмент інтегрує ДНМ з архітектурним проєктуванням, дозволяючи дизайнерам та архітекторам покращувати архітектурні рішення, сприяючи незалежності та безпеці ООРА.

Автори [3] об'єднали інструменти збору даних із спеціальними протоколами технічної оцінки якості для конкретних сфер, та безпосередню участь потенційних користувачів. Через недостатню функціональність, що спостерігається при використанні крісла-коляски, була запропонована ітераційна спіралеподібна блок-схема, яка прослідковує складну та заплутану взаємодію складових, ще на етапі створення проєкту. Також розроблені та запропоновані методи проєктування, які інтегровані з протоколами оцінки допоміжних технологій, що забезпечило більш поглиблене спілкування між міждисциплінарною групою проєктувальників, які додатково представлені дослідниками в галузі інженерного дизайну та ерготерапії, фахівцями охорони здоров'я та кінцевими користувачами. Також запропоновано різні версії концептуального дизайну, які були створені шляхом впровадження відгуків користувачів і технічних удосконалень, що відповідають зібраним вимогам.

Аналіз останніх розробок адаптивних меблів. На сьогодні вже існує багато розробок адаптивних меблів, спрямованих на забезпечення комфорту, функціональності та безпеки для людей, які використовують крісла-коляски. Нижче наведемо деякі відомі приклади та компанії, що спеціалізуються на створенні таких меблів.

Проєкт *ThisAbles* - це серія надрукованих на 3D-принтерах меблів компанії ІКЕА [4], які полегшують життя тим, хто не може використовувати своє тіло в повній мірі. Меблі ІКЕА є доступними майже по всій планеті та мають підтримку багатьох світових організацій, тому це став амбітним проєктом, мета якого зробити їх доступними для всіх.

Адаптивні удосконалень, надруковані за допомогою 3D-друку, такі як бампери, що захищають меблі від пошкоджень інвалідним візком, або ручки, які дозволяють відчиняти ящики без тонкого контролю пальцями, повністю відповідає добре відомій естетиці ІКЕА. Для того щоб досягти кращих результатів, компанія запустила на власному сайті форму, де люди можуть надсилати проблеми, які вони хотіли б побачити вирішеними, або, як альтернатива, люди можуть надсилати рішення, які вони вже створили та хочуть поділитися зі світом. Вносячи ці зміни в стандартні меблі ІКЕА, або аксесуари, стає зрозумілим який великий вплив може мати зворотний зв'язок з користувачами. Ринок дуже малий. Через низькі обсяги виробництва кожний пристрій доступності набагато дорожчий, ніж має бути. Наразі, у ІКЕА немає

жодних комерційних аргументів, щоб розширити виробництво цих речей. Крім того, є вимоги логістики, в яких жодний магазин ніколи не виправдає розміщення на своїх складських стелажах запасів цих меблів та аксесуарів. Тому наступний крок, який збирається зробити компанія – це встановити 3D-принтери у своїх магазинах для таких продуктів. Це дозволить, за відносно невеликі витрати, дати можливість особам з інвалідністю замовити та, можливо, відразу отримати товар із цієї лінійки продуктів, які допоможуть людям подолати фізичні бар'єри повсякденного життя (рис. 1).



Рис. 1. ThisAbles - серія адаптивних меблів від компанії ІКЕА, фото [4]

Herman Miller демонструє свою відданість інклюзивності для людей з інвалідністю по різним напрямкам. В 1994 році вийшов стілець Aeron, який здійснив ергономічну революцію в індустрії офісних меблів. Його поява сталося завдяки співпраці *Bill Stumpf* та *Don Chadwick*, швидко став новим золотим стандартом для робочих стільців, потрапивши в постійну колекцію Музею сучасного мистецтва Сполучених Штатів (MoMA).

Не кожне крісло спеціально розроблене для людей з інвалідністю, але саме це крісло стало піонером, і завдяки втіленим технологічним інноваціям, може підійти для широкого кола користувачів із болем у спині або іншими обмеженнями рухливості, і навіть - бути кращою заміною інвалідному візку для робочого місця. Його ергономічний дизайн допомагає зменшити будь-який потенційний дискомфорт, пов'язаний із тривалим періодом використання, а також забезпечує чудову запатентовану підтримку попереку та спини *PostureFit*

*SL*, яка забезпечує ідеальне сидіння — відкриті груди, плечі назад, таз трохи нахилений вперед. Міцна конструкція гарантує 12 років користування. Має багато регулювань для пошуку ідеального положення для любого типу фігури (має 3 розміри), контурна спинка допомагає забезпечити додаткову підтримку, регульовані підлокітники зменшують навантаження на плечі та руки під час довгих робочих днів, регульовані сидіння по висоті, глибині та великий кут нахилу спинки (рис.2).



Рис. 2. Крісло Aeron від компанії Herman Miller, фото [5]

Компанія Steelcase провела дослідницький проєкт *Global Posture Study*, завдяки якому з'явилося офісне крісло *Gesture*, яке вже визнане найкращим у 2024 році. Воно заохочує рух і підтримує найбільший діапазон поз трьома способами: через спину, сидіння та руки. Завдяки патентованій технології *3D LiveBack®*, *Gesture* імітує природні рухи хребта користувача, створюючи найглибший нахил. Пропонує найкращі в своєму класі функції та продуктивність: контурна підтримка спини з фіксацією в нижній частині; багато інтуїтивних налаштувань; 360 градусів діапазону рухів підлокітників які імітують людську руку, для роботи з кількома технічними пристроями; *Core Equalizer* забезпечує підтримку попереку під будь-яким нахилом; сидіння має гнучкі краї та адаптивну підкладку з піни; має повний нахил спинки з налаштуваннями кута нахилу та фіксації *Recline*; інтегрований підголівник нахиляється та повертається на 90 градусів, забезпечуючи підтримку у вертикальному та лежачому положеннях.

*Gesture* добре підходить для користувачів з обмеженнями рухливості, має сертифікації продукту *CarbonNeutral®*, завдяки якому повністю (на 100%) компенсуються викиди вуглецю, задля збереження клімату й нейтралізують вплив виробництва на оточуюче середовище. Це перше крісло, яке розроблено завдяки вивченню 9-ти різних робочих положень тіла людини і природніх рухів, та повністю пристосоване для взаємодії з сучасними технологіями (рис. 3).

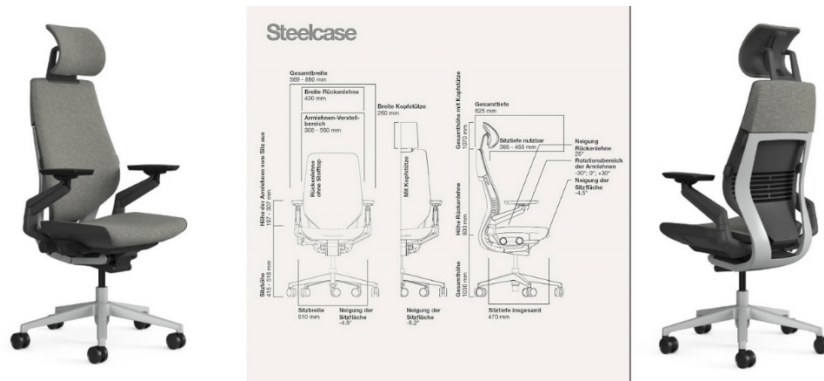


Рис. 3. Крісло Gesture від компанії Steelcase, фото: [6]

Різноманітні стільці від данської сімейної компанії VELA призначені для людей з обмеженими можливостями. Забезпечують користувачам додаткову безпеку та стабільність під час повсякденної діяльності вдома, на робочому місці або під час реабілітації. Мають центральне гальмо та стійкі підлокітники які полегшують посадку та висадку з крісла - користувач може спертися на підлокітник, оскільки крісло не рухається. У кріслах плавні колеса та достатньо місця для ніг - користувач може легко «ходити» сидячи, і пересуватися без сторонньої допомоги. Має регулювання висоти, глибини та нахилу сидіння та спинки. VELA розробила спеціальну відкидну підставку для ніг, яка стабілізує стілець, якщо сидіти високо (рис. 4).



Рис. 4. Стілець від компанії VELA, фото [7]

HME - це канадська компанія, яка спеціалізується на випуску домашнього медичного обладнання. З моменту свого заснування в 2012 році зосереджена на інноваційних технологіях для створення різноманітних продуктів мобільності та доступності. HME зосереджується на тому, щоб надати клієнтам змогу жити незалежно. Відповідно до власної ініціативи HME відкладає частину свого прибутку на фінансування важливих ініціатив для допомоги інклюзивній спільноті. Кухонні системи INDIVO з регульованою висотою була розроблена

разом із датською компанією Pressalit. Може стати ідеальним рішенням для різноманітних кухонних приміщень. Завдяки підйомникам, кухонні стільниці та шафи, можуть гнучко та легко регулюватись по висоті. Незалежно від того, готувати сидячи чи стоячи, ця інноваційна система гарантує зручність на кухні. Також ця функція корисна як в приватних так і в громадських приміщеннях, та забезпечує інклюзивне та доступне кухонне середовище для всіх. Ліфтами можна керувати за допомогою перемикачів, розташованих на передньому краю, або за допомогою дрового пульта дистанційного керування (рис. 5).



Рис. 5. Кухонні системи Indivo від НМЕ, фото [8]

Цілі та завдання статті полягають в формалізації принципів моделювання та конструювання меблів на рівні мікроергономіки, для складової у створенні соціотехнічної системи просторового середовища, максимально зручного для людей з порушеним опорно руховим апаратом.

Основна частина. Конструювання адаптивних меблів для людей з інвалідністю - є складним міждисциплінарним процесом. Ергономіка, матеріалознавство, механіка, медичні та психологічні аспекти грають вирішальну роль у цьому процесі. Розглянемо більш детально.

*Ергономіка*, як наука, зосереджена на забезпеченні комфортної та ефективної взаємодії між людиною та її середовищем, тоді як *антропометрія* вивчає фізичні розміри та пропорції людського тіла - грає визначну роль при розробці адаптивних меблів. Основними завданнями є вивчення робочих поз, рухів та антропометричних даних користувачів для створення меблів, які будуть відповідати їх фізичним параметрам і потребам. Ергономічний дизайн враховує такий аспект, як позиція тіла, для забезпечення правильної підтримки хребта, шиї, кінцівок та уникнення навантажень і травм.

Під час моделювання адаптивних меблів для ООРА *вибір матеріалів* відіграє важливу роль у забезпеченні таких факторів як міцність та довговічність, безпека та естетика. Міцність матеріалів - особливо важлива вимога, бо значні щоденні навантаження впливають і на зносостійкість, і на довговічність, бо

користувачі не тільки обмежено мобільні й часто з великою вагою. Безпечність не менш важливий фактор, бо шкідливі речовини, які вони можуть виділяти викликають алергічні реакції та можуть накопичувались з часом, призводячи до поганих наслідків. Естетика матеріалу більше відповідає особистим уподобанням користувача, але важливо включення різноманітних кольорів та текстур для більш привабливого зовнішнього вигляду. Основні матеріали які використовуються в моделюванні адаптивних меблів це: метали, пластики, композити, деревина та текстиль. Метал є міцним, стійким до зносу та довговічним матеріалом, який часто використовується для виготовлення каркасів, ніжок, підлокітників та інших компонентів меблів. Пластик є легким, недорогим та універсальним матеріалом, який часто використовується для виготовлення корпусів меблів, сидінь, спинок та інших компонентів. Має велику перспективу в розширенні використання завдяки технології 3D друку. Композитні матеріали, такі як карбоне волокно та скловолокно, поєднують в собі властивості різних матеріалів, що робить їх міцними, легкими та стійкими до зносу, але й дорогим та трудомістким. Деякі види деревини є міцним, довговічним та естетично привабливим матеріалом, традиційно його використовують для виготовлення фасадів, стільниць та інших елементів які не піддаються значним навантаженням. Текстиль використовуються для забезпечення комфорту, вимогою до нього є зносостійкість та дихання.

Від професійного підходу до проєктування *механічних компонентів* меблів для людей з інвалідністю, залежать наскільки вони стануть більш функціональними та комфортними. Основні механічні компоненти адаптивних меблів це: механізми регулювання, які дозволяють користувачам налаштовувати меблі відповідно до своїх індивідуальних потреб по висоти, глибини, куту нахилу та інших параметрів; підйомні механізми, які допомагають людям з обмеженою мобільністю користуватись різними поверхнями у положеннях сидячі або стоячи, переміщати полиці та цілі шафи (включають електричні або механічні підйомні пристрої); фіксуючі механізми, які включають: гальма, засувки, ремені, забезпечують стабільність та стійкість під час використання; амортизатори, це механізми які поглинають удари та вібрацію, особливо важливі для людей з чутливою спиною або іншими проблемами з опорно-руховим апаратом.

При конструюванні адаптивних меблів важливі *медичні та психологічні* аспекти. Основні медичні аспекти враховуються для запобігання та зменшення ризику медичних проблем, пов'язаних з тривалим сидінням людини. Це можуть бути пролежні, м'язові атрофії та інші ускладнення. Вони включають: підтримку зручного положення тіла, це особливо важливо для людей з деформаціями або болем; правильно підібрані розміри меблів повинні забезпечити комфортне



сидіння користувача та його пересування; форма меблів повинна відповідати анатомічним особливостям користувача, та підтримувати природний вигин хребта; розташування елементів управління, ручок та інших компонентів повинні бути розташовані в зоні легкого доступу; матеріали достатньо еластичні, що зменшують тиск на критичні ділянки тіла та сприяють хорошій циркуляції крові, особливо у кінцівках; поверхні повинні мати нековзні властивості. Важливо зазначити, що медичні потреби людей з інвалідністю можуть значно відрізнятися залежно від типу та тяжкості інвалідності. Психологічні потреби людей з інвалідністю також можуть значно відрізнятися залежно від типу та тяжкості інвалідності, якщо меблі не відповідають їхнім потребам, то це може призвести до зниження самооцінки, тривоги, депресії та соціальної ізоляції. Психологічні аспекти відіграють важливу роль на емоційний стан людей з обмеженими можливостями. Серед цих об'єктів слід виділити естетичні, щоб користувач відчував себе комфортно та впевнено у своєму оточенні та не відчував стигматизації. Аспект незалежності користувача, який допоможе підвищити самооцінку таких людей та зробить їх більш впевненими у собі. Тому при конструюванні адаптивних меблів важливо проводити ретельну оцінку індивідуальних потреб користувача, щоб створити меблі, які дійсно допоможуть їм покращити умови життя.

Автором запропоновано приклад функціональної оптимізації процесу дизайну адаптивних меблів для ООРА, в якому для формалізації завдання проєктувальниками збирається масив даних з різних наукових напрямків. Об'єднують ці напрямки аспекти пов'язані з інклюзією. Далі цей масив перетворюється в антропометричну та біомеханічну графічну тривимірну базу [1], завдяки якій створюються цифрові людські моделі (DHM) [2]. Ці моделі повинні описувати положення тіла, рухи, зони досяжності та багато інших складових для різних типів інвалідності. Завдяки DHM можна аналізувати індивідуальні відмінності та взаємодію в архітектурному просторі на етапі проєктування командою розробників (рис. 6).

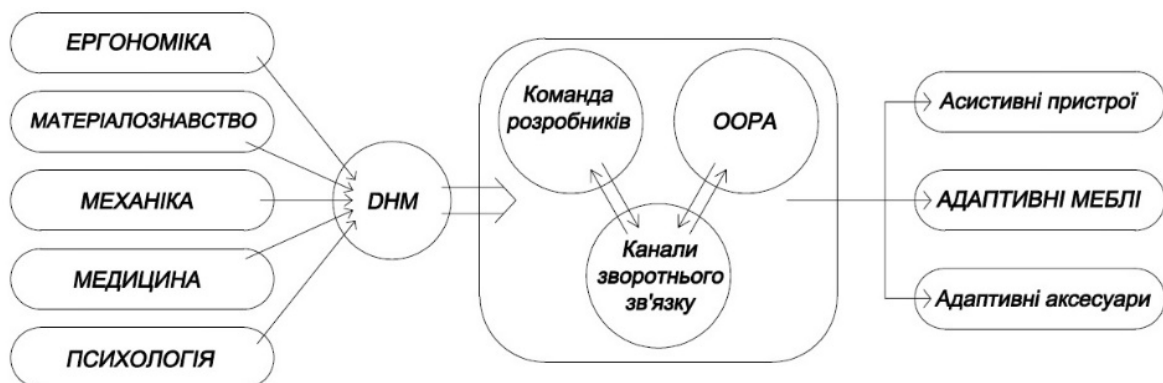


Рис. 6. Схема функціональної оптимізації процесу проєктування (схема автора)

Наступний крок це створення каналів зворотного зв'язку між кінцевим користувачем та фаховою групою проєктувальників (дизайнерів, технологів, конструкторів). Скориставшись досвідом компанії ІКЕА [4], це може бути форма на сайті, загально відомі месенджери, або проводячи дослідження методом фокус-групового інтерв'ю. Після об'єднання інструментів збору даних із спеціальними протоколами технічної оцінки та участі потенційних користувачів [3] можуть бути запропоновані різні версії концептуального дизайну для адаптивних меблів та аксесуарів (асистивним пристроям). Найкращі екземпляри можуть бути впроваджені у виробництво.

Слід додати, що інклюзивний дизайн передбачає створення меблів, якими можуть користуватися всі члени родини або співробітники, незалежно від їх фізичних можливостей. Для забезпечення максимальної функціональності та зручності пересування інтер'єр повинен включати лише найнеобхідніші меблі. З метою збереження простору рекомендовано відмовитися від використання відкидних дверей у підлогових шафах на користь розсувних систем. Розташування шаф має бути на доступній висоті. Ідеальним варіантом є моторизовані меблі, елементи яких можуть опускатися до необхідного рівня та повертатися у вихідне положення за командою користувача. Така система працює за допомогою механізмів, що приводять у рух кронштейни або ліфти після натискання кнопки на пульті керування. Це дозволяє регулювати висоту шафок, полиць та модулів. Діагональні ліфти для навісних шаф дозволяють не лише опустити, а й наблизити шафу для зручного користування. Проте, вартість таких інновацій залишається високою, що робить їх недоступними для широкого загалу. При розробці дизайну простору для людей з інвалідністю необхідно враховувати ергономічні параметри, такі як ширина проходів, зона для розвороту візка та висота досяжності в сидячому положенні. Ширина проходів для людей на інвалідних візках повинна становити не менше 120 см, тоді як для тих, хто користується милицями або іншими пристосуваннями, вона варіюється від 75 см до 100 см, для здорової людини становить 70-90 см. Для зручного доступу до мийки, варильної панелі та робочих зон необхідно забезпечити вільний простір під стільницею глибиною близько 60 см, що дозволяє наблизитися до об'єкта впритул. Оптимальна глибина столів повинна бути такою, щоб зігнуті в колінах ноги вільно розташовувалися під стільницею. Додаткові вбудовані елементи, такі як висувний столик чи обертові полиці, можуть значно підвищити функціональність, розширюючи можливості інвалідів-візочників та роблячи їх життя комфортнішим.

**Висновки та перспективи досліджень.** Теоретичні основи конструювання адаптивних меблів для людей у кріслі-колясці охоплюють широкий спектр знань та навичок. Комплексний підхід до розробки таких меблів дозволяє створювати продукти, що забезпечують максимальний комфорт, безпеку та функціональність для користувачів, сприяючи їхній інтеграції до суспільства та підвищенню якості життя. Сучасний меблевий ринок пропонує широкий асортимент кухонних гарнітурів, проте стандартні меблі часто не враховують потреб людей з обмеженими можливостями, зокрема інвалідів-візочників. Це створює суттєві труднощі у виконанні побутових завдань, таких як приготування їжі та користування кухонним обладнанням. Врахування фізіологічних особливостей та потреб цих людей потребує спеціального підходу до проєктування житлового простору.

У майбутньому можна очікувати на подальший розвиток методів моделювання та появу нових технологій, які ще більше розширять можливості для створення адаптивних меблів. Перспективні напрямки:

- Штучний інтелект, який може бути використаний для автоматизації процесу моделювання та для створення більш персоналізованих меблів.
- Віртуальна реальність, може дозволити користувачам "випробувати" меблі перед їх виготовленням, що допоможе їм зробити кращий вибір.
- 3D-друк може бути використаний для створення більш складних та індивідуальних меблів, які неможливо виготовити традиційними методами.

Крім того, важливо, щоб адаптивні меблі були доступними за ціною. Це можна зробити за допомогою державних програм підтримки, а також за рахунок розробки більш економних методів виробництва. Загалом, цифрове моделювання має великий потенціал для створення адаптивних меблів, які значно покращать якість життя людей з ООРА. Завдяки подальшому розвитку методів моделювання та нових технологій можна очікувати на появу ще більш ергономічних, функціональних, безпечних, естетично привабливих та доступних адаптивних меблів.

#### Список джерел

1. Branowski B., Rychlik M., Sydor M., Zablocki 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 проєктування. Теорія і практика»*. Львів : НУ «ЛП», 2011. Вип. 711. С.112-123. ISSN: 0321-0499
2. 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>

3. 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).

4. IKEA releases furniture add ons for people with disabilities. IKEA Hackers. URL: <https://ikeahackers.net/2019/03/ikea-furniture-accessibility-add-ons.html> (дата звернення: 22.05.2024).

5. Aeron ergonomic chair from Herman Miller. URL: [https://www.hermanmiller.com/en\\_eur/](https://www.hermanmiller.com/en_eur/) (дата звернення: 22.05.2024).

6. Gesture ergonomic chair from Steelcase. URL: <https://www.steelcase.com/products/office-chairs/gesture/> (дата звернення: 22.05.2024).

7. Specialised Chairs for the Healthcare Industry. URL: <https://vela-medical.com/> (дата звернення: 22.05.2024).

8. HME is a Canadian company that specializes in the production of home medical equipment. URL: <https://www.hmeaccessibility.com/> (дата звернення: 22.05.2024).

9. 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 с.

10. 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: <https://doi.org/10.1080/00140139.2023.216806>

11. MDPI collection of scientific articles. URL: <https://www.mdpi.com/journal/sustainability> (дата звернення: 22.05.2024).

12. The National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (The National Academies) provide independent, objective advice to inform policy with evidence, spark progress and innovation, and confront challenging issues for the benefit of society. URL: <https://www.nationalacademies.org/> (дата звернення: 22.05.2024).

13. Center for Inclusive Innovation amplifies educator, student and community voices to solve education challenges. URL: <https://digitalpromise.org/inclusive-innovation/> (дата звернення: 22.05.2024).

14. 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

15. The ongoing journey to commitment and transformation: digital health in the WHO European Region, 2023. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2023. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO

## References

1. 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. Visnyk Natsional'noho universytetu «L'vivs'ka politekhnika», «Komp'yuterni systemy proektuvannya. Teoriya i praktyka». [Bulletin of the National University "Lviv Polytechnic", "Computer systems of design. Theory and practice"]. L'viv : NU «LP», 2011. Vyp. 711. C.112-123. ISSN: 0321-0499. (in English)
2. 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.jobe.2024.109308> (in English)
3. 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). (in English)
4. IKEA releases furniture add ons for people with disabilities. IKEA Hackers. URL: <https://ikeahackers.net/2019/03/ikea-furniture-accessibility-add-ons.html> (accessed: 22.05.2024). (in English)
5. Aeron ergonomic chair from Herman Miller. URL: [https://www.hermanmiller.com/en\\_eur/](https://www.hermanmiller.com/en_eur/) (accessed: 22.05.2024). (in English)
6. Gesture ergonomic chair from Steelcase. URL: <https://www.steelcase.com/products/office-chairs/gesture/> (accessed: 22.05.2024).
7. Specialised Chairs for the Healthcare Industry. URL: <https://vela-medical.com/> (accessed: 22.05.2024). (in English)
8. HME is a Canadian company that specializes in the production of home medical equipment. URL: <https://www.hmeaccessibility.com/> (accessed: 22.05.2024). (in English)
9. 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. (in English)
10. 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: <https://doi.org/10.1080/00140139.2023.216806> (in English)
11. MDPI collection of scientific articles. URL: <https://www.mdpi.com/journal/sustainability> (accessed: 22.05.2024). (in English)
12. The National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (The National Academies) provide independent, objective advice to inform policy with evidence, spark progress and innovation, and confront challenging issues for the benefit of society. URL: <https://www.nationalacademies.org/> (accessed: 22.05.2024). (in English)

English)

13. Center for Inclusive Innovation amplifies educator, student and community voices to solve education challenges. URL:

<https://digitalpromise.org/inclusive-innovation/> (accessed: 22.05.2024). (in English)

14. 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. (in English)

15. The ongoing journey to commitment and transformation: digital health in the WHO European Region, 2023. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2023. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. (in English)

#### Annotation

**Serhii Shcheglov**, Associate Professor, Kyiv National University of Construction and Architecture

#### **Functional optimization of the design of adaptive furniture to improve the accessibility and comfort of people with impaired musculoskeletal system**

In today's world, there is a growing need to create an inclusive environment that meets the needs of people with limited mobility. This applies not only to architecture and public spaces at the level of macro- and meso-ergonomics, but also to adaptive furniture at the level of micro-ergonomics. The study is devoted to the formalization of a number of requirements for the modeling of adaptive furniture for people with musculoskeletal disorders. Particular attention is paid to aspects in the development of furniture that not only provide comfort, safety and functionality, but also represent an aesthetically pleasing design that contributes to the integration of ASPA into the social environment. Ergonomic requirements are considered, taking into account the anthropometric and biomechanical features of such users with the help of digital models (DHM). Using DHM, you can study the interaction of users with furniture, simulate different scenarios of their use, and evaluate the parameters of the quality of comfort and safety. It has been established that the integration of DHM with modern three-dimensional modeling technologies allows optimizing furniture designs, making them maximally adapted to the needs of ASPA. The purpose of the study is to develop a methodology for designing adaptive furniture, which ensures an increase in the standard of living of users thanks to individually configured ergonomic. In order for ASPAs to be able to work comfortably and productively, the projected development of the interpenetration of modern technical innovations in this field with the subsequent unification in a separate direction of designing inclusive furniture and equipment, with the division into separate groups for different types of disabilities, becomes quite relevant.

Key words: modeling; designing; adaptive furniture; ergonomics; sociotechnical systems; inclusive space for people with disabilities.