

DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2022.26.26>  
УДК 685.34.017:685.34.07:612.766(045)

## МОДЕЛЮВАННЯ ФОРМИ УСТІЛОК ЯК РЕЗУЛЬТАТ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ НАВАНТАЖЕННЯ ПІД ЧАС РУХУ ЛЮДИНИ

Сідорова Олена Ігорівна<sup>1</sup>, Журавльова Ксенія Сергіївна<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Старший викладач Національного авіаційного університету, Київ, Україна,  
e-mail: dhara.astro@gmail.com, orcid: 0000-0002-4611-2150

<sup>2</sup> Студент Національного авіаційного університету, Київ, Україна,  
e-mail: 6872610@stud.nau.edu.ua

*Анотація.* У статті розглянуто один з напрямків сумісного японсько-українського проекту співпраці університету Тойо в Токіо та Національного авіаційного університету в Києві. В результаті співпраці студентка НАУ з кафедри дизайну інтер'єру взяли участь у проекті кафедри дизайну у житті людини та довкілля з університету Тойо присвяченому розробці дизайну устілок. Було проаналізовано вплив взуття на здоров'я стоп та всього організму людини, розглянуто критерії створення устілок та виготовлення реального виробу. Головний біль, біль в області шиї, хребта та попереку, дискомфорт у суглобах – ці та багато інших проблем можуть стати наслідком незручного носіння взуття. Стопа – це опора людини, на яку припадає основне навантаження під час ходьби, бігу та навіть у спокійному положенні, коли вага нашого тіла повністю припадає на нижні кінцівки. Від того, у якому стані перебуває стопа, залежить не тільки здоров'я ніг, а й суглобів, хребта, судин і навіть внутрішніх органів. Зручне взуття дозволяє сучасній людині вільно рухатися в потрібному напрямку. Важливим елементом комфортного взуття є устілка. Їх існує велика різноманітність. Для того, щоб підібрати найбільш практичний різновид устілок, необхідно розуміти різницю між ними, їх особливості. Метою даного дослідження є визначення впливу устілок на здоров'я людини, експериментальні дослідження розподілу навантаження на стопи людини, підбір відповідної форми та матеріалу, і, найголовніше, практичне виготовлення устілок із врахуванням результатів пошукової та аналітичної діяльності.

Проведено досконалий аналіз матеріалів виготовлення, форми устілок та виявлено низку практичних переваг, що відіграють важливу роль при виборі найбільш оптимального варіанту. Виявлено, що спеціальні вкладиші у взуття, які забезпечують підтримку наших стоп в правильному положенні, виконують додаткову амортизаційну функцію і сприяють рівномірному розподілу навантаження по всій нозі. За призначенням вони бувають лікувальними і профілактичними. Перші, як правило, підбираються лікарем-ортопедом і використовуються для ко-

рекції тих чи інших патологій стоп. Що стосується профілактичних орто устілок, то їх рекомендується носити навіть тим, хто ще не встиг зіткнутися з будь-якими захворюваннями опорно-рухового апарату, але має до них схильність або відчуває великі навантаження на нижні кінцівки. Залежно від призначення, такі вкладки у взуття будуть відрізнятися конструкцією, ступенем жорсткості, матеріалом виготовлення та іншими специфічними особливостями. Устілки, змодельовані за індивідуальними параметрами безпосередньо по нозі, будуть максимально точно повторювати рельєф стопи, а тому допоможуть досягти позитивного ефекту набагато швидше та якісніше. Таким чином японські фахівці з кафедри дизайну у житті людини та довкілля з університету Тойо в програму навчання своїх студентів включають: 1) ергономічні дослідження руху людини та розподіл навантаження; 2) на основі проведених досліджень розробку оптимальної форми виробу; 3) виготовлення запроєктованого виробу з використанням інноваційних технологій, в даному конкретному випадку з використанням 3Д принтера; 4) перевірку ефективності розробленого виробу; 5) створення рекламного проспекту до розробленого виробу.

**Ключові слова:** дизайн устілок, моделювання форми, здоров'я, ергономічні ортопедичні устілки, друк на 3Д принтері.

## ВСТУП

Оскільки турбота про комфортне життя та здоров'я людини, на щастя, набуває більшої популярності з кожним днем і, відповідно, ергономічний предметний дизайн активно розвивається, дослідження впливу устілок на організм людини, врахування особливостей при їх моделюванні, та врешті виготовлення за допомогою 3Д принтера є актуальним, пізнавальним та цікавим.

Особливості та методи розробки устілок із застосуванням сучасних технологій потребують подальшого вивчення.

## АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Сиротіна В.В. [1] розглянула ортопедичні та травматологічні проблеми та наслідки при неправильному підборі взуття.

Кузнецова І.О., Русаков І.О., Руденко О.В. [2] дослідили використання інноваційних технологій в дизайні.

Козубенко О.С., Тупеев Є.В. [3] висвітлили особливості біомеханіки фізичних вправ, біомеханічний аналіз рухової діяльності людини, навели дані в галузі практичних досліджень, описали методи.

Норман Дональд [4] дослідив вплив емоційної складової в дизайні.

Проведений мною аналіз показав, що сучасні технології дозволяють нам, за допомогою комп'ютерних програм та проведення низки вимірювань досягти, а також виготовити комфортні, практичні у використанні устілки.

## МЕТА

Мета статті полягає у виявленні методики навчання студентів-дизайнерів в японському університеті Тойо в Токіо. Конкретно робота присвячена дослідженню розподілу навантаження під час виконання людиною повсякденних завдань, та врахуванні результатів дослідження при проектуванні устілок, а також застосуванні інноваційних засобів у їх розробці.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

В результаті співпраці університету Тойо в Токіо та Національного авіаційного університету в Києві студенти НАУ взяли участь у проекті кафедри дизайну у житті людини та довкілля з університету Тойо присвяченому розробці дизайну устілок. Першочерговим завданням для студентів стала необхідність проаналізувати поставу людини, її особливості та поведінку. На стопах знаходиться більше 70 тисяч нервових закінчень, кожне з яких пов'язане з певними органами. Незручне взуття формує неправильний розподіл навантаження на стопи, що, у свою чергу, негативно відбивається на нашому здоров'ї: порушує кровообіг всього тіла та органів. Тому не дивно, що правильно підібране взуття має величезний вплив не тільки на стан наших стоп, але й на наш організм у цілому. Розглянувши рис. 1-7 ми зможемо прослідкувати взаємозв'язок між центром ваги та «основною опорою» в різних позиціях та при рухах людини.

Дослідження посливи людини в різних позиціях



Рис. 1. Постава людини у положенні стоячи та сидячи

Передня частина тулуба і верхня частина стегна наближуються одне до одного, зосередившись на тазостегновому суглобі. На рисунку відображено процес, що запобігає падінню. Рисунок 5 ілюструє позицію тазостегнового суглобу в момент розгинання. Центр ваги рухається по діагоналі вгору і сила реакції підлоги максимізується. На рисунку 7 наочно показана почерговість виконання дії, від положення стоячи до положення сидячи. Абсолютно плоска підшва не здатна амортизувати удар стопи при ходінні. Це означає, що під час будь-якого руху м'язи, зв'язки, суглоби отримують підвищене навантаження, що може призвести до мікротравм.

Взаємоз'ярок між позицією стоячи, центром ваги та «осною опори»

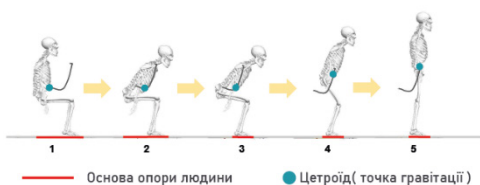


Рис. 2. Графічна ілюстрація зміни положення тіла та розподілу ваги

Взаємоз'ярок між зміною позиції сидячи на позицію стоячи, центром ваги та «осною опори» ①

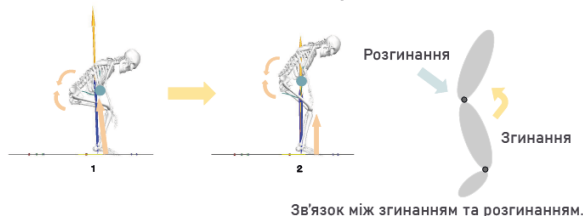


Рис. 5. Зміна розподілу навантаження під час згинання та розгинання

Взаємоз'ярок між позицією сидячи, центром ваги та «осною опори»

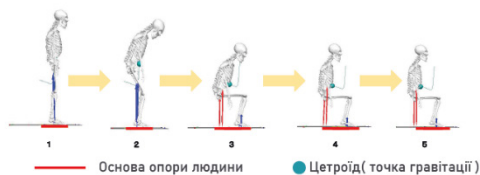


Рис. 3. Ілюструє набуття стійкої позиції тіла людини

Взаємоз'ярок між зміною позиції сидячи на позицію стоячи, центром ваги та «осною опори» ①

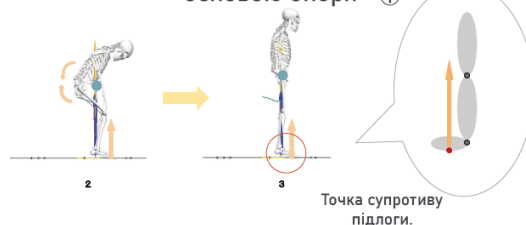


Рис. 6. Ілюстрація процесів розподілу навантаження під час зміни положення тіла

Взаємоз'ярок між зміною позиції сидячи, центром ваги та «осною опори»  
Момент, коли сідниці людини покидають поверхню сидіння

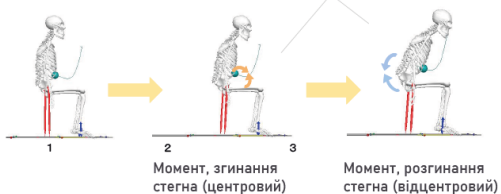


Рис. 4. Механіка нахилу тіла вперед

Відповідно до рис. 3, положення тіла набуває стійкої позиції тоді, коли від кінцевої лівої точки можна підняти перпендикуляр і він перетнеться з сідничною частиною людини. Рисунок 4 пояснює механіку нахилу тіла вперед.

Біомеханіка руху сидячи



Рис. 7. Зміна розподілу навантаження з позиції стоячи до позиції сидячи

Підсумовуючи вищевикладене теоретичне дослідження студентам було надано можливість провести практичне вивчення кінематики. На рисунку 8 проілюстровано процес отримання системою аналізу руху людини. На нижніх кінцівках, від тазового суглобу до стопи, закріплювалися маркери для циклографії. Вздовж зовнішньої сторони зафіксовані гіроскопи, внутрішньої – гоніометри. Важливим елементом для отримання результатів була контактна пластина на підшві взуття. Людина, оснащена всіма цими обладнаннями повинна була пройти по біомеханічній доріжці. Результати транслиювалися та зберігалися за допомогою комп'ютера.



Рис. 8. Аналіз руху людини. Рис. 9. Моделювання форми. Рис. 10. Сканування відтиску стопи.  
Рис. 11. Процес друку устілок

Наступним етапом було моделювання: виміряли форму стопи та за допомогою 3D-сканера змодельовали модель (рис. 9). Надалі студенти переходили до практичної частини – створювали устілки за допомогою 3D-принтера (рис. 10).

Виготовивши індивідуальні устілки з PLA – пластику (рис. 11), студенти провели наступне дослідження аналогічне тому, що проводили на початку, але вже із застосуванням устілок. Виміряли вплив устілок на рівні ходьби за допомогою системи 3D захоплення руху, тобто перевіряли ефективність виготовлених устілок.

Після перевірки ефективності устілок кожен студент розробив рекламний проспекти для своєї моделі устілок (рис. 12).

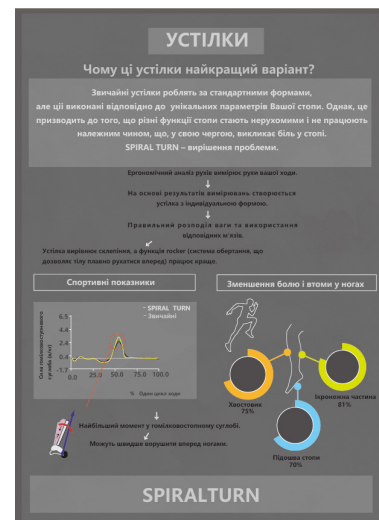


Рис. 12. Рекламний проспекти

В результаті дослідження студенти впевнилися, що при змінах у стопах навантаження на суглоби і хребет розподіляється нерівномірно, що загрожує серйозними ускладненнями. Деформація стоп веде до порушень усього опорно-рухового апарату: може спровокувати розвиток сколіозу, остеохондроз хребта, протрузії, грижі, варикозне розширення вен, а також деформація стоп призводить до неправильного розподілу навантаження на суглоби та їх швидке зношування. Своєчасне вирішення допомагає відновити правильний кровообіг у тканинах, нормалізувати м'язовий тонус, поліпшити обмінні процеси і зміцнити скелет стоп. Ортопедичні устілки, балансують навантаження на суглоби, коригують положення стоп і нижніх кінцівок, відновлюють амортизацію стоп і допомагають усунути застійні явища у тазу і нижніх кінцівках. На рисунку 13 представлений фінальний варіант виробу.



Рис. 13. Готові до застосування устілки

## ВИСНОВКИ

В результаті сумісної роботи виявлено, що японські фахівці з кафедри дизайну у житті людини та докільця з університету Тойо в програму навчання своїх студентів включають:

- 1) ергономічні дослідження руху людини та розподіл навантаження;
- 2) на основі проведених досліджень проводиться розробка оптимальної форми виробу;
- 3) виготовлення запроєктованого виробу з використанням інноваційних техно-

логій, в даному конкретному випадку з використанням 3Д принтера;

- 4) перевірку ефективності розробленого виробу;
- 5) створення рекламного проспекту до розробленого виробу.

Методика японських колег може бути використана у складанні програми з проектування дизайн-виробів в українських університетах відповідного профілю.

Носіння правильного взуття й індивідуальних ортопедичних устілок збережуть здоров'я стоп, а, відповідно, і всього організму.

## ЛІТЕРАТУРА

- [1] Козубенко О.С., Тупеев Є.В. Біомеханіка фізичних вправ. Миколаїв. Навчально-методичний посібник, 2015. С. 57-105.
- [2] Нойферт Є. С. Будівельне проектування. 39 видання. Архітектура. С., 2015. С. 180-187.
- [3] Кузнецова І.О., Русаков І.О., Руденко О.В., Гербич К.О. Інноваційні напрями в дизайні інтер'єру. Теорія та практика дизайну : зб. наук. праць: Національний авіац. ун-т. Київ, 2017. Вип. 12. С. 157-165.
- [4] Норман Дональд. Дизайн звичних речей. Вид.: «Манн, Иванов и Фербер (МИФ)», 2018. С. 10-85.
- [5] Електронні джерела: <https://shop.spiralturn.co.jp/>
- [6] Електронні джерела: <https://studfile.net/preview/3270758/page:5/>

## REFERENCES

- [1] Kozubenko O.S., Tupeev E.V. Biomechanics of physical exercises. Mykolaiv. Educational and methodological manual, 2015. pp. 57-105.
- [2] Neufert E.S. Building design. 39th edition. Architecture. S., 2015. pp. 180-187.
- [3] Kuznetsova I.O., Rusakov I.O., Rudenko O.V., Gerbych K.O. Innovative directions in interior design. Theory and practice of design: collection. of science Works: National Aviation. Univ. Kyiv, 2017. Vol. 12. pp. 157-165.
- [4] Norman Donald. Design of ordinary things. Publisher: «Mann, Ivanov and Ferber (MIF)», 2018. pp. 10-85.

## ABSTRACT

### **Sidorova O., Zhuravlova K. Modeling form of the insoles as a result of the study about load distribution during human movement**

*The article discusses one of the directions of the joint Japanese-Ukrainian cooperation project of Toyo University in Tokyo and the National Aviation University in Kyiv. As a result of cooperation, NAU student from the Department of Interior Design took part in the project of the Department of Design in Human Life and Environment from Toyo University dedicated to the development of insole design. The impact of shoes on the health of the feet and the entire human body was analyzed, the criteria for creating insoles and manufacturing a real product were considered. Headache, pain in the neck, spine and lower back, discomfort in the joints – these and many other problems can be the result of wearing uncomfortable shoes. The foot is a person's support, on which the main load falls during walking, running and even in a quiet position, when the weight of our body falls entirely on the lower limbs. Not only the health of the feet, but also the joints, spine, blood vessels and even internal organs depends on the condition of the foot. Comfortable shoes allow a modern person to move freely in the right direction. An important element of comfortable shoes is the insole. There is a great variety of them. In order to choose the most practical type of insoles, it is necessary to understand the difference between them, their*

features. The purpose of this study is to determine the impact of insoles on human health, experimental studies of the distribution of load on human feet, selection of the appropriate form and material, and, most importantly, practical manufacture of insoles taking into account the results of research and analytical activities.

A perfect analysis of the manufacturing materials, the shape of the insoles was conducted and a number of practical advantages were revealed, which play an important role in choosing the most optimal option. It was found that special shoe inserts, which support our feet in the correct position, perform an additional cushioning function and contribute to the even distribution of the load over the entire leg. By appointment, they are curative and prophylactic. The first ones, as a rule, are selected by an orthopedic doctor and are used to correct certain pathologies of the feet. As for preventive ortho insoles, they are recommended to be worn even by those who have not yet had time to face any diseases of the musculoskeletal system, but have a tendency to them or feel heavy loads on the lower limbs. Depending on the purpose, such inserts in shoes will differ in design, degree of rigidity, material of manufacture and other specific features. The insoles, modeled according to individual parameters directly on the leg, will repeat the relief of the foot as accurately as possible, and therefore will help to achieve a positive effect much faster and better. Thus, Japanese specialists from the Department of Design in Human Life and Environment from Toyo University include in the training program of their students: 1) ergonomic studies of human movement and load distribution; 2) on the basis of the conducted research, development of the optimal form of the product; 3) production of the designed product using innovative technologies, in this particular case using a 3D printer; 4) checking the effectiveness of the developed product; 5) creation of an advertising prospectus for the developed product.

#### **AUTHOR'S NOTE:**

**Sidorova Olena**, Senior Lecturer of National Aviation University, Kyiv, Ukraine, e-mail: dhara.astro@gmail.com, orcid: 0000-0002-4611-2150

**Zhuravlova Kseniia**, Student of National Aviation University, Kyiv, Ukraine, e-mail: 6872610@stud.nau.edu.ua

Стаття подана до редакції 07.11.2022 р.

Стаття прийнята до друку 10.11.2022 р