

УДК 685.34.016:685.348

**ПРОЕКТУВАННЯ СПЕЦІАЛЬНОГО ВЗУТТЯ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ОСКОЛКОВИМИ
УРАЖЕННЯМИ НІГ ЗА ДОПОМОГОЮ СУЧАСНИХ 3d ТЕХНОЛОГІЙ****Каменець С. Є., Кір'янова Н. С.**

Київський національний університет технологій та дизайну

В роботі розглядається питання, пов'язане зі створенням зручного взуття спеціального призначення, для людей, які зазнали ушкоджень нижніх кінцівок. Враховуючи те, що змертвілі м'які тканини були вилучені під час хірургічного втручання, постала задача створити взуття, яке б захищало нижні кінцівки, маючи змогу регулюватись по довжині та обхватним параметрам, бути зручним в експлуатації та приховувати недоліки ніг. Для того, щоб зробити оптимально зручним взуття для людей з осколковими ураженнями ніг було проведено опитування респондентів, до складу яких входили: медичний персонал Київського військового шпиталю, спеціалістів з виготовлення ортопедичного взуття, спеціалістів у галузі виробництва взуття та студентів Київського національного університету технологій та дизайну кафедри Конструювання та технології виробів зі шкіри. На основі опитування були зроблені розрахунки, за результатами яких було розроблено експериментальний зразок, за допомогою програмного комплексу Delcam Crispin.

Ключові слова: *взуття спеціального призначення, нижні кінцівки, м'які тканини, антитерористична операція, Delcam Crispin, програмний модуль*

Сьогодні є актуальним вирішення питання пов'язаного зі створенням взуття спеціального призначення для людей з осколковими ураженнями ніг, особисто з числа військовослужбовців, що приймали участь в антитерористичній операції на сході України. Оперовані м'які тканини з часом не відновлюються, і це спричиняє негативний вплив на психічний та фізичний стан людини. Тому треба вирішити проблему розробки взуття спеціального призначення, яке було б комфортне і естетично привабливе.

На підставі вивчення вогнепальних ушкоджень та обліку порушення функції стопи була запропонована класифікація, яка поділяє усі поранення стопи на чотири групи [1]. В першу чергу усі поранення стопи поділяються на два класи: обмежені ушкодження, що стосуються одного з відділів стопи (пальці, передній, середній або задній відділ стопи) та великі ушкодження, захоплюючі одночасно два або більше відділів стопи. У свою чергу кожен з цих класів поділяється на дві підгрупи залежно від поранення тільки м'яких тканин або поєднання їх з переломами. Крім того, в класифікації окремо розглядаються ушкодження м'яких тканин тилу ступні або підошовної поверхні і переломи опорних кісток з первинним порушенням склепінь.

За весь час антитерористичній операції кульові поранення стопи були в 45,2 % випадках, осколкові – 54%, а в 0,8% випадках рання зброя залишилася невстановленою. Найбільш важкими були поранення стопи протипіхотними мінами (2,7%), що супроводжується великим розтрощуванням, аж до відриву частини її. Поранення м'яких тканин склали 40,4%, переломи – 59,6%. Суттєвий вплив на тяжкість поранень мають інфекції, що ускладнювали стан стопи (25,6%). Чужорідні тіла були джерелом інфекції, причиною тривалого загоєння ран і утворення свищів.

Ампутації при вогнепальних пораненнях стопи були зроблені в 15,2% випадках. Більшість ампутацій доводяться на гомілку (46,5%) і пальці (39,4%).

Серед різних видів вогнепальних поранень гомілковостопного суглоба розрізняють:

- поранення м'яких тканин, не проникаючі в суглоб;
- екстракапсулярні вогнепальні переломи з тріщиною, що сполучається з суглобом;
- екстракапсулярні поранення таранної кістки;
- інтракапсулярні переломи, число їх переважає (34%);
- тангенціальні поранення кортикального шару;
- роздроблення суглобових кондів (20,8%).

Переважають проникаючі поранення гомілковостопного суглоба і в 44,4% випадків спостерігаються значні внутрішньосуглобові ушкодження кісток.

Нещодавно, було запропоновано зразок післяопераційного взуття м'якої конструкції для постраждалих в зоні АТО [2], виконаного з текстильних матеріалів. Воно призначене лише для носіння в приміщеннях на період реабілітації пацієнта, але яке недостатньо захищає стопу від впливу зовнішніх факторів, не регулюється по довжині та охватним параметрам.

Постановка завдання

Мета статті полягає в створенні комфортного та гарного взуття з урахуванням потреб даної категорії людей за допомогою сучасних САПР.

Результати досліджень

Сьогодні, завдяки прогресивному розвитку інноваційних технологій у галузі взуттєвого виробництва є можливість значно полегшити та автоматизувати процес проектування та виготовлення спеціального взуття, починаючи зі сканування деформованої чи пошкодженої стопи, закінчуючи готовим виробом.

В основі створення спеціального взуття для людей з осколковими ураженнями ніг покладено проектування ортопедичного взуття для людей двох груп захворювань: людей з діабетичними вадами ніг та дітей з ДЦП [3], а також розробка післяопераційного взуття для хворих після операцій на нижніх кінцівках. З першого прикладу за основу береться м'яка внутрішня форма, та додається спеціальний шар пінополіуретану, що знаходиться між підкладкою та верхом взуття, для зменшення больових відчуттів та заповнення ділянок ноги, які не відновилися після пошкодження. З другого прикладу береться за основу жорстка форма берців, яка здатна підтримувати пошкоджену гомілку. При поєднанні жорсткої форми зовні та м'якої внутрішньої форми, досягається максимальна зручність та комфорт.

Здатність заповнювати вилучені ділянки м'яких тканин за допомогою пінополіуретанового шару, що розташований між верхом та підкладкою у взутті є однією з найбільших переваг цього взуття. Також однією з важливих переваг цього виду спеціального взуття є можливість варіювання висоти чобота за рахунок відстібної верхньої частини, а також зміна охопних параметрів за рахунок еластичних гумових ременів на застібці «велькро». Взуття має жорстку конструкцію ззовні та м'яку із середини. Жорсткість конструкції забезпечує максимальний захист ноги від зовнішніх чинників, що можуть спричинити сильні больові відчуття. Крім того жорсткі берці підтримують гомілковостопний суглоб. Всі ці вище перераховані складові є дуже важливими для того щоб людина відчувала себе комфортно, як з психологічної так і з фізичної точки зору.

Матеріали, які застосовані для проектування та виготовлення даного виду взуття мають всі необхідні показники якості. Натуральна шкіра хромового дублення забезпечує ергономічні та фізико-механічні властивості взуття.

Застосований, у якості прокладки, пінополіуретан завдяки своїм відомим утеплювальним властивостям створює необхідний мікроклімат в середині взуття, особливо враховуючи те, що даний вид взуття розрахований на демісезонний період.

Завдяки натуральній підкладці з текстильного матеріалу – байка забезпечується нормальний теплообмін та м'якість.

Щоб створити спеціальне взуття для людей з осколковими ураженнями ніг, яке б було наділене всіма вищеперерахованими характеристиками було проведено опитування експертів, які мають опосередковане або пряме відношення до виготовлення та використання такого виду взуття: медичний персонал Київського військового шпиталю, спеціалістів у галузі виготовлення взуття та

зокрема ортопедичного взуття, а також студентів Київського національного університету технологій та дизайну кафедри Конструювання та технології виробів зі шкіри.

Для обробки результатів анкетного опитування був застосований метод апіорного ранжування [4].

На розсуд експертів було винесено два основні питання : вид кріплення взуття на носі та властивості, які мають бути притаманні взуттю спеціального призначення для людей з осколковими ураженнями ніг. У першому питанні розглядалось п'ять видів кріплення взуття на носі:

- 1) застібка на тасьму «блискавка»;
- 2) застібка на ремені з тасьмою «велькро»;
- 3) застібка на шнурівку;
- 4) застібка на ремені з пряжками;
- 5) застібка на гумові ремені з тасьмою «велькро».

Для визначення кращого методу кріплення взуття на носі для людей з осколковими ураженнями нижніх кінцівок було застосовано метод апіорного ранжирування (табл. 1).

Таблиця 1

Оцінка експертів щодо методу кріплення взуття на носі

Шифр експерта	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	$\sum_{i=1}^R R'y''$
1	3	4	2	5	1	15
2	2	4	3	5	1	15
3	4	3	2	5	1	15
4	3	5	2	4	1	15
5	5	3	2	4	1	15
6	4	3	2	5	1	15
7	2	3	4	5	1	15
8	5	3	2	4	1	15
9	2	3	4	5	1	15
10	4	3	2	5	1	15
11	3	5	1	4	2	15
12	4	3	2	5	1	15
S _i	41	42	28	56	13	–
Δ _i	5	6	-8	20	-23	–
(Δ _i) ²	25	36	64	400	529	1054

Для даного експерименту, при кількості варіантів $k = 5$, кращими варіантами кріплення взуття на нозі є: X_5 – застібка на гумові ремені з тасьмою «велькро»; X_3 – застібка на шнурівку (рис. 1).

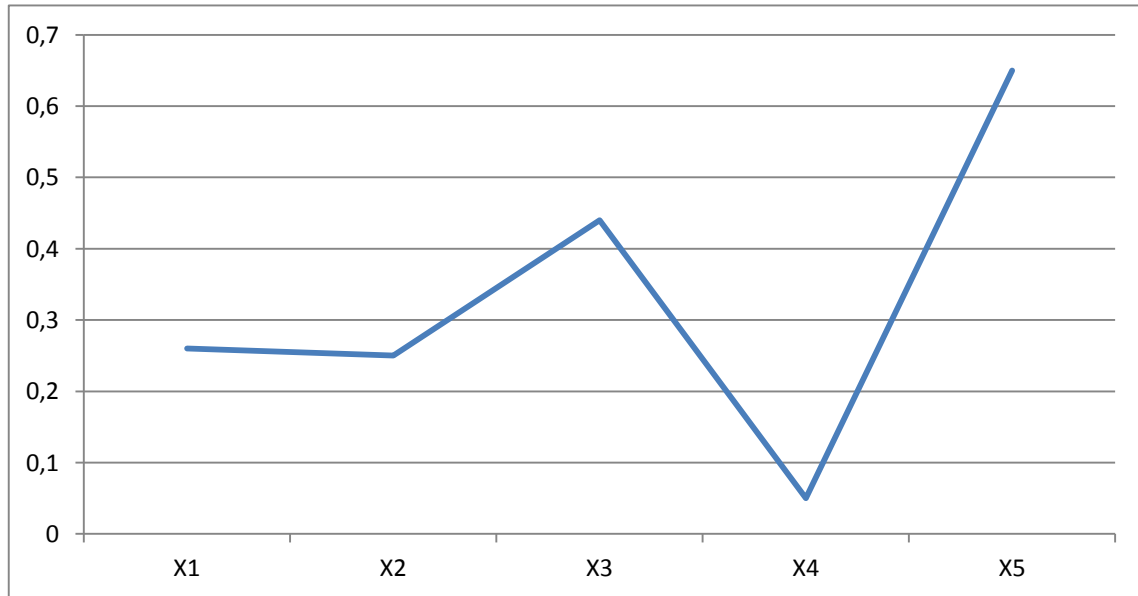


Рис. 1. Графік показників значущості виду кріплення на нозі: X_1 – застібка на тасьму «блискавка», X_2 – застібка на ремені з тасьмою «велькро», X_3 – застібка на шнурівку, X_4 – застібка на ремені з пряжками, X_5 – застібка на гумові ремені з тасьмою «велькро»

У другому питанні розглядалось дев'ять основних властивостей, які повинно мати взуття спеціального призначення для людей з осколковими ушкодженнями нижніх кінцівок:

- 1) взуття повинно тримати форму;
- 2) міцно триматись на нозі;
- 3) мати можливість регулювати широтні та висотні параметри відносно індивідуальних особливостей уражених ніг;
- 4) забезпечити здатність заповнення недостаючих м'яких тканин уражених ніг;
- 5) знизити больові відчуття при взаємодії з навколишнім середовищем;
- 6) зручність в експлуатації (легкість взування та знімання);
- 7) забезпечити гігроскопічні властивості;
- 8) забезпечити високий рівень дизайну взуття;
- 9) надійність кріплення деталей низу взуття (табл. 2).

Таблиця 2

Оцінка експертів щодо основних властивостей взуття

Шифр експерта	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	$\sum_{i=1}^R R'y''$
1	5	9	3	2	4	1	6	8	7	45
2	6	7	4	2	1	3	8	5	9	45
3	6	7	3	4	1	5	2	9	8	45
4	6	8	2	3	5	1	4	9	7	45
5	6	7	2	4	1	3	5	8	9	45
6	8	6	1	4	5	2	3	9	7	45
7	7	6	2	3	4	1	5	9	8	45
8	7	6	4	5	3	1	2	9	8	45
9	7	9	4	5	2	1	6	3	8	45
10	9	7	5	4	1	2	3	8	6	45
11	8	6	4	5	1	2	3	7	9	45
12	7	9	2	1	3	5	4	6	8	45
13	6	7	5	4	2	1	3	9	8	45
14	7	6	5	2	1	3	4	8	9	45
15	6	7	2	4	3	1	5	8	9	45
S _i	101	107	48	52	37	32	63	115	120	–
Δ _i	26	32	-27	-23	-38	-43	-12	40	45	–
(Δ _i) ²	676	1024	729	529	1444	1849	144	1600	2025	10020

Для даного експерименту, при кількості варіантів $k = 9$ найважливіших якостей, які повинно мати взуття є: X₆ – забезпечити гігроскопічні властивості; X₅ – зручність в експлуатації (легкість взування та знімання); X₃ – забезпечити здатність заповнення недостаючих м'яких тканин уражених ніг; X₄ – знизити больові відчуття при взаємодії з навколишнім середовищем (рис. 2).

Таким чином, для виготовлення спеціального взуття для людей з осколковими ураженнями ніг найкращим є використання натуральних матеріалів – шкіра для верху взуття та текстильний матеріал для підкладки, які забезпечать гігроскопічність і комфорт. Для заповнення простору, що утворюється, через вилучені ділянки м'яких тканин уражених ніг, пропонується використання прокладки з унікального матеріалу розробленого за новітніми технологіями в'язкоеластичного пінополіуретану «з пам'яттю», який здатен запам'ятовувати відбиток будь-якої частини людського тіла та підлаштовуватись під температуру тіла. Також він здатен покращити кровообіг, чинити позитивний вплив на суглоби та м'язи.

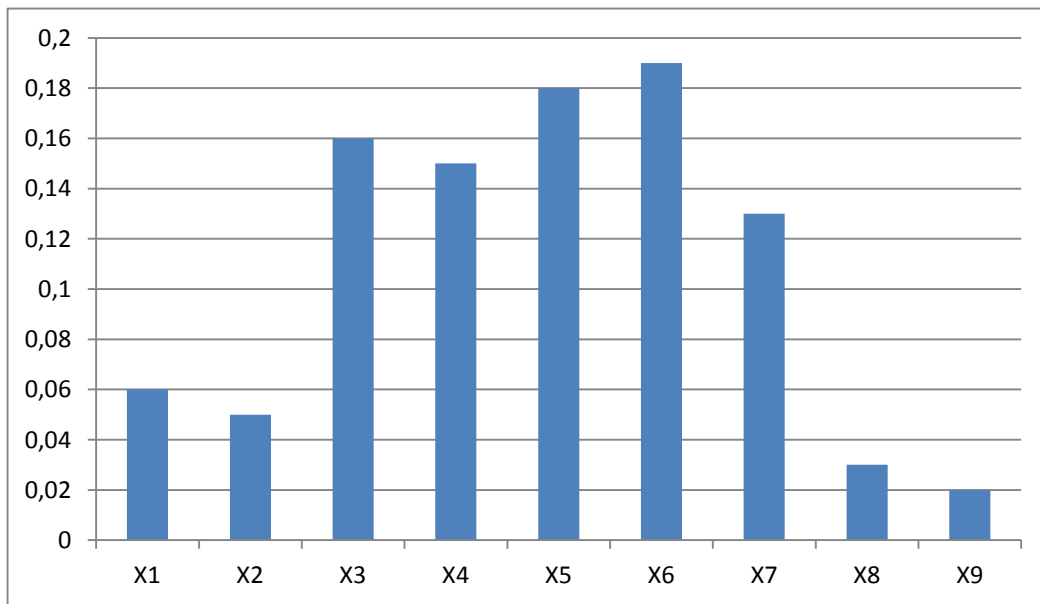


Рис. 2. Діаграма значущості чинників: X₁ – взуття повинно тримати форму, X₂ – міцно триматись на нозі, X₃ – мати можливість регулювати широтні та висотні параметри відносно індивідуальних особливостей уражених ніг, X₄ – забезпечити здатність заповнення недостаючих м'яких тканин уражених ніг, X₅ – знизити больові відчуття при взаємодії з навколишнім середовищем, X₆ – зручність в експлуатації (легкість взування та знімання), X₇ – забезпечити гігроскопічні властивості, X₈ – забезпечити високий рівень дизайну взуття, X₉ – надійність кріплення деталей низу взуття)

Після проведення розрахунків та визначення значущості чинників було зроблено певні висновки, спираючись на які була підібрана колодка за усередненими параметрами стоп та відскановано на 3D сканері Київського національного університету технологій та дизайну кафедри Конструювання та технології виробів зі шкіри. Для зручності подальшого моделювання халяви чобіт у програмному модулі Delcam Crispin LastMaker було змінено тіло колодки.

Після сканування колодки можна переходити до моделювання колодки під фасон взуття, а саме подовжити її халяву для створення чобіт (рис. 3).

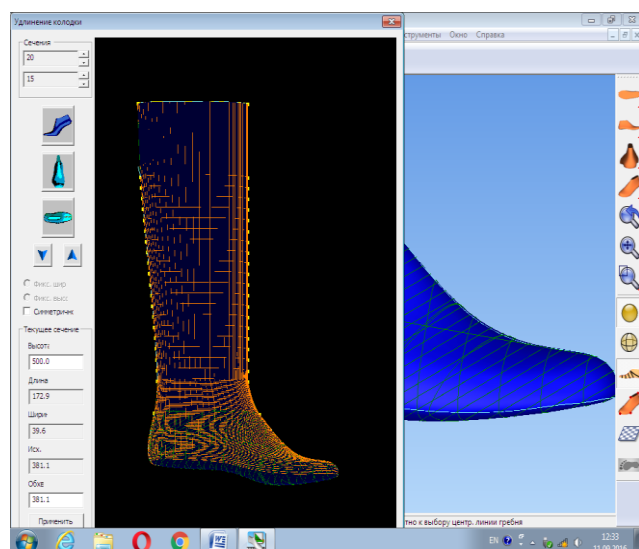
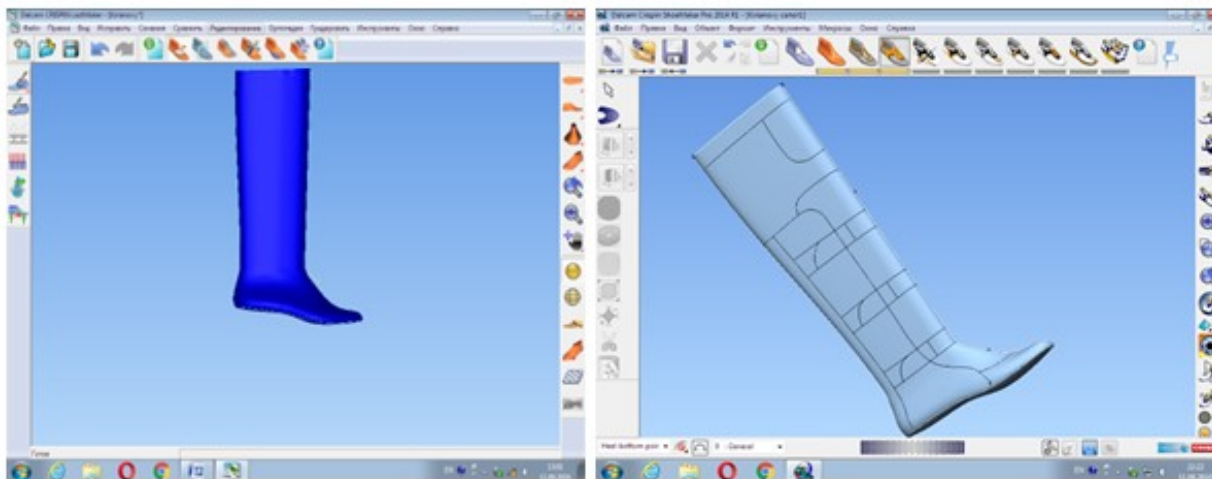


Рис. 3. Подовження халяви

У відкритому вікні показана сітка колодки, верхня частина якої редагується за допомогою курсору або за допомогою введення числових параметрів. Тут можна збільшити висоту халяви на певну кількість горизонтальних перерізів (відстань між перерізами вказується у відповідній комірці).

Після подовження халяви колодки отримуємо готову 3D колодку (рис. 4, а).



а

б

Рис. 4. Підготовка до проектування віртуальна модель чоловічих чобіт:
а) готова колодка; б) нанесення стильових ліній на поверхню колодки

На змодельованій 3D колодці розробляється віртуальна модель чоловічих чобіт. Спочатку наносяться стильові лінії за допомогою функції «Рисование» (рис. 4, б).

Після нанесення стильових ліній створюються деталі по контурам в режимі «Деталі» (рис. 5).



Рис. 5. Створення деталей взуття на основі стильових ліній

До створених деталей застосовуються різні види фактур, що знаходяться в «Бібліотеці матеріалів» (в даному випадку натуральна лицьова шкіра) і регулюється товщина матеріалу та відстань деталей від колодки.

Для того щоб створити фурнітуру у вигляді застібки «блискавка» необхідно застосувати «Бібліотеку швів». Фурнітурі можна надавати будь-який колір (рис. 6).

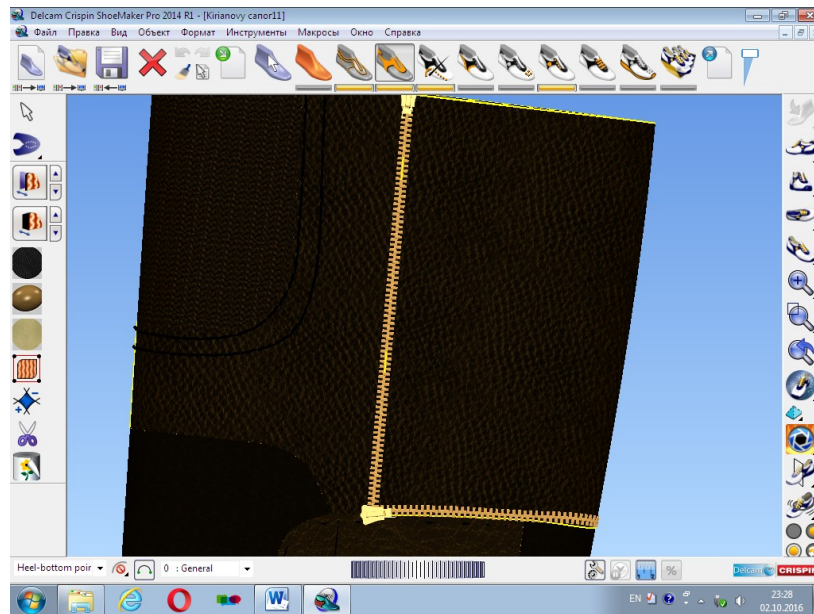


Рис. 6. Застосування фурнітури

Для створення строчок обирають Режим «Строчка», а потім в «Бібліотеці швів» обирається потрібний вид. Колір ниток можна змінювати. Строчка прокладається трьома способами: вздовж лінії; на заданій відстані від краю; вручну за допомогою олівця. В даному випадку застосований перший спосіб прокладання строчки (рис. 7).

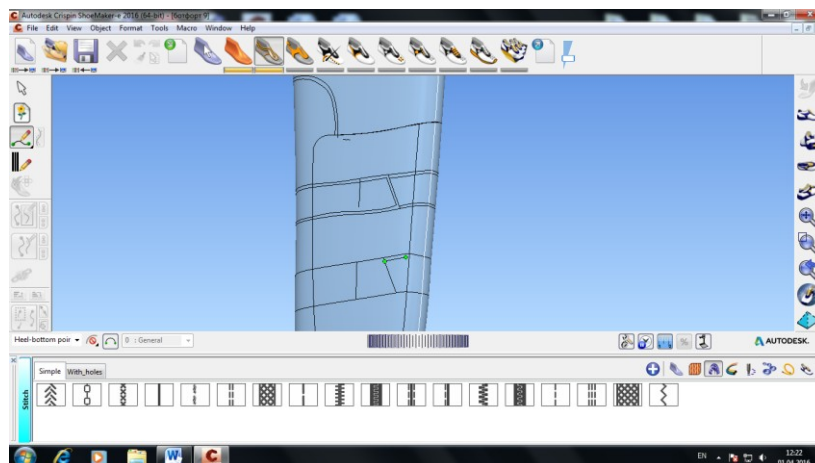


Рис. 7. Нанесення строчок

Деталі низу взуття можуть бути створені безпосередньо в програмному комплексі за допомогою Режиму «Подошва», або використати реально існуючу подошву, заздалегідь відскановану на 3D сканері та збережену в форматі *stl.*, що дає змогу конвертувати її у програму (рис. 8).

Після того, як було створено 3D модель в програмному модулі ShoeMaker файл конвертувався в 2D програмним модулем Engeneer (рис. 9).



Рис. 8. Зовнішній вигляд взуття

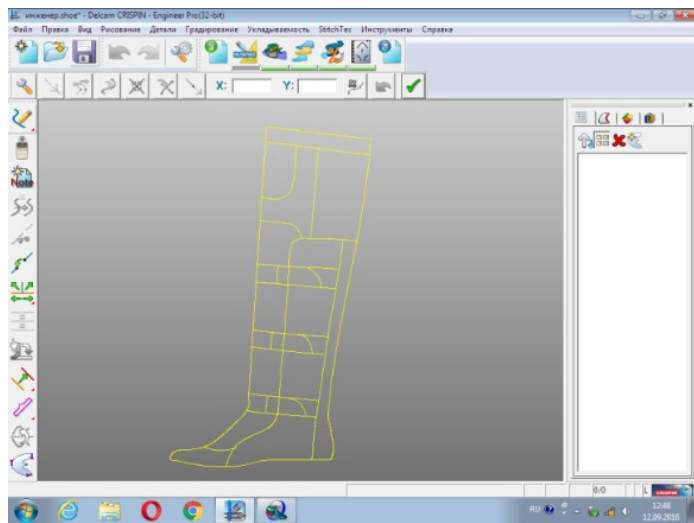


Рис. 9. Конвертована модель взуття

В модулі Engeneer було виконано креслення моделі, розроблені шаблони, за якими в подальшому виготовлятиметься експериментальний зразок (рис. 10).

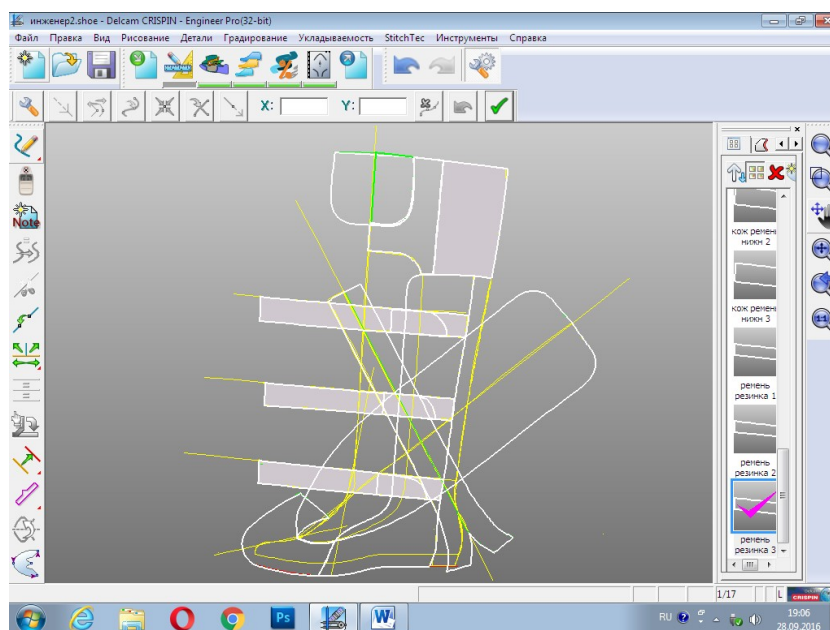


Рис. 10. Побудова креслення та створення шаблонів моделі взуття

Висновки

Для вирішення проблеми створення спеціального взуття для людей з осколковими ураженнями ніг були проведені дослідження і виявлені конструктивні особливості такого взуття, а також в програмному комплексі Delcam Crispin спроектована нова модель спеціального чоловічого взуття. Запропоноване нове конструктивне рішення та нові матеріали забезпечать естетичність та комфорт даного виду взуття. Ця модель є також привабливою з економічної точки зору, тому що вона на відміну від іншого спеціального ортопедичного взуття не потребує індивідуального підходу, що дає можливість впровадження її в серійне виробництво.

Список використаних джерел

1. Медичний сайт Surgery Zone [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://surgeryzone.net/info/info-travmatologia/ognestrelnye-raneniya-stopy.html>
2. Щуцька Г. В. Розробка післяопераційного взуття для хворих після операцій на нижніх кінцівках / Г. В. Щуцька, Н. П. Супрун, Т. В. Пономаренко // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2015. – № 2 (84). – С. 119-124.
3. Бекк Н. В. Исследование конструктивных особенностей обуви для детей с заболеванием ДЦП / Бекк Н. В., Белова Л. А., Захожая Т. С. // Сборник научных статей и воспоминаний «Памяти В. А. Фукина посвящается». Часть 1. – М. : МГУДТ. 2014. – С. 71-76.
4. Априорне ранжування чинників: Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт по дисципліні «Основи наукових досліджень» для студентів спеціальності 7.0918.20 «Взуття, шкіргалантерейні і лимарні вироби» ден. та заоч. форм навч. / Упор.: Чобітько М. Л., Первая Н. В. – К. : КНУТД, 2004. – 12 с.
5. Модульне середовище навчального процесу КНУТД. [Електронний ресурс] / Л. П. Чертенко Дисципліна *Основи проектування та технології виробів складних конструкцій* / Додаткова інформація. Режим доступу: msnp.knutd.edu.ua
6. Методичні вказівки по художньому моделюванню та проектуванню взуття за допомогою САПР (частина 1) для студентів спеціальності 7.091820 «Технологія і конструювання взуття, шкіргалантерейних та лимарних виробів» / Упорядник: Чертенко Л. П. / К. : КНУТД, 2008. – 76 с.

7. Основи проектування внутрішньої форми взуття. Методичні вказівки зі спец розділів з КВШ для студентів спец. 7.091820 / Упорядники: Чертенко Л. П., Коновал В. П. / К. : КНУТД, 2011. – 28 с.
8. Конструювання виробів із шкіри: Методичні вказівки до виконання лабораторних і самостійних робіт з дисципліни «Основи конструювання виробів із шкіри» / Упор. : Чертенко Л. П., Кернеш В. П., Піляєв О. В. – К. : КНУТД, 2010. – 26 с.
9. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт по курсу «Основи конструювання виробів із шкіри» (Конструктивна характеристика взуття) для студентів спец. 6.091820 «Взуття, шкіргалантерейні і лимарні вироби» / Упор.: Омельченко Н. М., Піляєв О. В. – К. : КНУТД, 2009. – 27 с.

References

1. Medychnyi sait Surgery Zone [Elektronnyi resurs]. Rezhym dostupu: <http://surgeryzone.net/info/info-travmatologia/ognestrelnye-raneniya-stopy.html>
2. Shchutska H. V. Rorzrobka pisliaoperatsiinoho vzuttia dlia khvorykh pislia operatsii na nyzhnikh kintsivkakh / H. V. Shchutska, N. P. Suprun, T. V. Ponomarenko // Visnyk Kyivskoho natsionalnogo universytetu tekhnolohii ta dizainu. – 2015. – № 2 (84). – S. 119-124.
3. Bekk N. V. Yssledovanye konstruktivnykh osobennostei obuvy dlia detei s zabolevanyem DTsP / Bekk N. V., Belova L. A., Zakhozhaia T. S. // Sbornyk nauchnykh statei y vospomynaniy «Pamiaty V. A. Fukyna posviashchaetsia». Chast 1. – M. : MHUUDT. 2014. – S. 71-76.
4. Apriorne ranzhuvannia chynnykiv: Metodychni vkazivky do vykonannia laboratornykh robit po dystsyplini «Osnovy naukovykh doslidzhen» dlia studentiv spetsialnosti 7.0918.20 «Vzuttia, shkirhalantereini i lymarni vyroby» den. ta zaoch. form navch. / Upor.: Chobitko M. L., Pervaia N. V. – K. : KNUUDT, 2004. – 12 s.
5. Modulne seredovyshche navchalnogo protsesu KNUUDT. [Elektronnyi resurs] / L. P. Chertenko Dystsyplina *Osnovy proektuvannia ta tekhnolohii vyrobiv skladnykh konstruksii* / *Dodatкова інформація*. Rezhym dostupu: msnp.knutd.edu.ua
6. Metodychni vkazivky po khudozhnomu modeliuvanniu ta proektuvanniu vzuttia za dopomohoiu SAPR (chastyna1) dlia studentiv spetsialnosti 7.091820 «Tekhnolohiia i

- konstruiuvannia vzuttia, shkirhalantereinykh ta lymarnykh vyrobiv» /Uporiadnyk: Chertenko L. P. / K. : KNUTD, 2008. – 76 s.
7. Osnovy proektuvannia vnutrishnoi formy vzuttia. Metodychni vkazivky zi spets rozdiliv z KVSh dlia studentiv spets. 7.091820 / Uporiadnyky: Chertenko L. P., Konoval V. P. / K. : KNUTD, 2011. – 28 s.
8. Konstruiuvannia vyrobiv iz shkiry: Metodychni vkazivky do vykonannia laboratornykh i samostiinykh robit z dystsypliny «Osnovy konstruiuvannia vyrobiv iz shkiry» / Upor. : Chertenko L. P., Kernesh V. P., Piliaiev O. V. – K. : KNUTD, 2010. – 26 s.
9. Metodychni vkazivky do vykonannia laboratornykh robit po kursu «Osnovy konstruiuvannia vyrobiv iz shkiry» (Konstruktyvna kharakterystyka vzuttia) dlia studentiv spets. 6.091820 «Vzuttia, shkirhalantereini i lymarni vyroby» / Upor.: Omelchenko N. M., Piliaiev O. V. – K. : KNUTD, 2009. – 27 s.

Проектирование специальной обуви для людей с осколочными поражениями ног с помощью современных 3d технологий

Каменец С. Е., Кирьянова Н. С.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

В работе рассматривается вопрос, связанный с созданием удобной обуви специального назначения, для людей, которые получили повреждения нижних конечностей. Учитывая то, что омертвевшие мягкие ткани были изъяты во время хирургического вмешательства, предстала задача создать обувь, которая бы защищала нижние конечности, имея возможность регулироваться по длине и обхватным параметрам, быть удобной в эксплуатации и скрывать недостатки ног. Для того, чтобы сделать оптимально удобной обувь для людей с осколочными поражениями ног был проведен опрос респондентов, в состав которых входили: медицинский персонал Киевского военного госпиталя, специалистов по изготовлению ортопедической обуви, специалистов в отрасли производства обуви и студентов Киевского национального университета технологий и дизайна кафедры Конструирования и технологии изделий из кожи. На основе опроса были сделаны расчеты, по результатам которых был разработан экспериментальный образец, с помощью программного комплекса Delcam Crispin.

Ключевые слова: *обувь специального назначения, нижние конечности, мягкие ткани, антитеррористическая операция, Delcam Crispin, программный модуль*

Designing of special shoes for people with feet shrapnel injuries with the help of modern 3d technology

Kamenets S., Kiryanova N.

Kyiv National University of Technology and Design

This work consider questions of comfortable shoes creating for people subjected to injuries of the lower extremities. Given the fact that necrotic soft tissue were removed during surgical intervention, the task was to create a Shoe that would protect lower extremities, having the ability to adjust the length and width, be easy to operate and to hide the shortcomings of legs. In order to make comfortable shoes for people with shrapnel lesions of the feet the survey of following respondents was held: the medical staff of the Kiev military hospital, specialists in the manufacture of orthopedic shoes, experts in the field of footwear production and students of the Kiev national University of technologies and design of the Department of Designing and technology of leather goods.

Basing on the survey further calculations were made. Using results of calculations experimental model was developed with the help of complex software Delcam Crispin.

Keywords: *shoes, special purpose, lower extremities, soft tissue, Delcam Crispin, a software module*