

КАМЕНЕЦЬ С.Є., ЗАХОЖА Н.Ю.

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

## МОДЕЛЮВАННЯ ВЗУТТЯ В УНІВЕРСАЛЬНИХ ПРОГРАМАХ 3D ГРАФІКИ

*Стаття присвячена розвитку методів 3D моделювання і проектування виробів індустрії моди з використанням універсальних комп'ютерних програм 3D графіки*

**Мета:** підвищення конкурентоспроможності виробів взуттєвого виробництва та якості конструкторської підготовки за рахунок комп'ютеризації і впровадження новітніх інформаційних технологій при проектуванні та виготовленні виробів індустрії моди, а саме використання універсальних систем 3D моделювання для проектування взуття.

**Результати дослідження.** В світі є чимало систем автоматизованого проектування взуття, яке з успіхом використовують великі підприємства, але воно коштує дуже дорого і середній та малий бізнес не можуть його собі дозволити. Саме для невеликих підприємств була розроблена методика тривимірного моделювання взуття в доступному по ціні універсальному графічному редакторі Rhinoceros, яка використовує слайновий метод представлення просторових об'єктів. Для апробації запропонованої методики було проведено аналіз трендів взуття на 2021 рік і побудована просторова модель жіночих ботильонів.

**Наукова новизна.** Розроблена методика тривимірного моделювання взуття із застосуванням технології NURBS (від Non-Uniform Rational B-Spline) моделювання в універсальних програмах 3D графіки, яка дозволяє з достатньо великою точністю розрахувати геометричне положення кожної точки на поверхні майбутньої моделі взуття і потім використовувати цю модель для проектування, побудови шаблонів деталей чи виготовлення прототипу за допомогою 3D-принтерів або пристроїв з ЧПУ.

**Практична значимість.** Запропоновано спосіб одержання просторової моделі взуття, фурнітури і аксесуарів індустрії моди в доступному для малого і середнього бізнесу універсальному редакторі 3D графіки, який надає можливість авторам об'єкта, що розробляється, побачити, оцінити і скорегувати, в разі необхідності, майбутній продукт ще до створення його прототипу. Просторові моделі дають можливість презентувати продукт замовникам, оцінити майбутні затрати та підвищити якість конструкторської підготовки виробництва. Крім того є можливість отримати плоскі деталі майбутнього виробу.

**Ключові слова:** 3D моделювання, Rhinoceros, жіноче взуття, ботильони

### MODELING SHOES IN UNIVERSAL 3D GRAPHICS PROGRAMS

KAMENETS S., ZAKHOZHA N.

Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

*The article describes the development of methods of 3D modeling and design of fashion industry products using universal computer programs 3D graphics*

**Purpose:** To increase the competitiveness of shoe production and the quality of design training through computerization and introducing the latest information technologies in the design and manufacture of fashion industry products, namely the use of universal 3D modeling systems for shoe design.

**Research results.** *There are many computer-aided shoe design systems in the world that are successfully used by large shoe companies. However, they are very expensive, and many medium and small businesses cannot use them. This 3D method of modeling shoes was made just for small businesses. This affordable graphics program, Rhinoceros, uses a spline method of representing spatial objects. To test the proposed methodology, the shoe trends of 2021 were analyzed and a model of women's boots was made.*

**Scientific novelty.** *It was created with the method of three-dimensional modeling of shoes. NURBS technology (Non-Uniform Rational B-Spline) allows companies to calculate the geometric position of each point on the surface of the future shoe model with high accuracy. After this it is possible to create templates or to make a prototype using 3D printers or CNC devices.*

**Practical significance.** *A method is proposed for obtaining a 3D model of shoes, accessories and accessories of the fashion industry in a universal 3D graphics editor. It is available for small and medium-sized businesses, which allows the authors of the object being created to see, evaluate and correct, if necessary, a future product even before creating its prototype. Spatial models provide an opportunity to present a product to customers, estimate future costs and improve the quality of design preparation for production. In addition, it is possible to obtain 2D details of the future product*

**Keywords:** 3D modeling, Rhinoceros, women's boots, shoes

### **Постановка завдання**

В сучасних умовах швидкої зміни моди і смаків споживача та наявності великого асортименту взуття, прискорюється процес морального старіння виробів, тому важливо, щоб темпи їх проектування були якнайшвидшими.

Для конкурентоспроможності виробів взуттєвого виробництва і підвищення його ефективності першочергове значення має рівень конструкторсько-технологічної підготовки, якої сприяє застосування систем автоматизованого проектування (САПР). За останній час у нас в країні, як і в усьому світі, здійснюється комп'ютеризація взуттєвого виробництва, активно впроваджуються нові інформаційні технології. [1]

При класичному методі проектування взуття на колодку наносять допоміжні і стильові лінії, а потім за цими контурами проектують деталі. Таким чином ми визначаємо частину тривимірної поверхні колодки, потім «розплющуємо» її для отримання плоских шаблонів і викроювання деталей, а потім заготовку, зібрану з плоских деталей, затягуємо на колодку, перетворюючи її знову в просторовий об'єкт. Така подвійна трансформація часто призводить до того, що отриманий виріб не зовсім відповідає задуму модельєра.

Розвиток тривимірної графіки дозволив перевести пакети автоматизованого проектування в середовище, яке дозволяє оцінювати продукт, що проектується, до виготовлення дослідного зразка за

допомогою фотореалістичної візуалізації. [2] На етапі розробки конкретної моделі взуття з'являється можливість розглянути її з усіх боків, при цьому колір і фактура деталей можуть бути перенесені з відповідних фотографій матеріалу. [3] Тривимірні моделі дають можливість раціональніше використовувати трудові та фінансові ресурси, економити матеріали та пришвидшити процес проектування нових моделей.

Вже не перший рік взуттєва промисловість активно використовує останні досягнення 3D технологій для створення нової продукції. Просторове проектування взуття та шкіряних аксесуарів стало обов'язковим етапом при створенні колекцій. Набуває популярності 3D друк окремих деталей та виробів. Серед САПР, які підтримують 3D-формат, найпопулярнішими є розробки Crispin фірми Delcam (Англія)[4], ShoeMaster англійської фірми Clarks [5], Lectra systems від Romans Cad [6] та ShoeMaker фірми Gerber System (США) [7]. Комплекси автоматизованого проектування, що підтримують функцію тривимірної візуалізації надають можливість проектувати всі частини взуття і покращувати його ще до виготовлення макету.

Фірма Delcam є провідним постачальником CAD / CAM-рішень для взуттєвої промисловості в усіх країнах світу. Програми сімейства Power Solution дозволяють вирішувати завдання з опрацювання дизайну, декорування і виготовлення всіх типів взуття. Але ціна програм сімейства Power Solution настільки висока, що придбати їх можуть тільки гіганти-виробники взуття та спеціалізовані фірми з виготовлення оснастки

для взуттєвої промисловості такі, як Nike (США), Clarks (Великобританія), Ecco (Данія), Eram (Франція), Feng Tay і Pou Chen (Тайвань), Azaleia (Бразилія), Apego і STM Meccanica (Італія) та ін. [8].

Ціни на програмні продукти інших розробників спеціалізованих САПР теж дуже високі і недосяжні для середнього і, тим паче, малого бізнесу.

Щоб долучити нашого вітчизняного виробника до сучасних технологій просторового моделювання та проектування взуття необхідно розробити методіку використання менш коштовних і більш доступних універсальних програм 3D графіки, але які не мають специфічних функцій пов'язаних з проектуванням взуття.

#### Результати досліджень

За останні роки широкого розвитку досягли універсальні програми просторового моделювання такі як - Zbrush від Pixologic; 3DS MAX від Autodesk; Cinema 4D від MAXON, які активно використовуються для створення спецефектів в кінематографії і рекламних роликах, а також дизайнерами по всьому світу. Вони мають багато функцій і дозволяють робити не тільки реалістичні 3D моделі, но і їх анімацію, але вони досить коштовні і складні в освоєнні.

Наряду з ними є більш доступні і простіші графічні редактори такі як Wings 3D, Daz Studio, AutoDesk 123D, Meshmixer 3.0, PTC Creo, Netfabb, MeshMagic або Blender від The Blender Foundation, які поширюються безкоштовно або за помірну плату. Але всі ці вище наведені редактори базуються на створенні полігональних моделей, в яких просторова поверхня апроксимується плоскими трикутними (іноді чотирикутними) поверхнями. Такий спосіб моделювання підходить тільки для візуалізації об'єктів, але не для їх проектування, де необхідна точність і можливість отримати просторові координати будь-якої точок на поверхні.[9]

Для проектування тривимірних об'єктів потрібен сплайновий метод просторового моделювання, який використовують такі програми як: AutoCAD від Autodesk, SolidWorks від Dassault Systèmes та NX (раніше «Unigraphics») від Siemens PLM Software. Всі ці програми дозволяють автоматизувати процес 2D та 3D моделювання і проектування для машинобудування, архітектури та промислового дизайну але не дуже зручні при моделюванні об'єктів, що мають складну,

органічну форму, таких як взуттєва колодка чи взуття.

Для просторового моделювання виробів індустрії моди, і в тому числі взуття, доречно застосовувати доступний по ціні програмний продукт Rhinoceros фірми Robert McNeel & Associates, який використовує для моделювання сплайновий метод, а точніше NURBS технологію (NURBS від Non-Uniform Rational B-Spline, що означає неоднорідні раціональні B-сплайни) [10].

Технологія NURBS-моделювання дозволяє досить просто створити просторову модель об'єктів, що мають складну форму і з достатньо великою точністю розрахувати геометричне положення кожної точки поверхні майбутньої моделі взуття і потім використовувати цю модель для проектування, виготовлення прототипу за допомогою 3D-принтерів чи пристроїв з ЧПУ.[11]

Порівнявши методи просторового моделювання і характеристики сучасних комп'ютерних програм, було встановлено, що найбільш відповідає нашим потребам (а також користувачами малого і середнього бізнесу) графічний редактор Rhinoceros 3D, який успішно використовується в промисловому, ювелірному та автомобільному дизайні, швидкому прототипуванні, а також в мультимедіа та графічному дизайні. [12].

Застосування комп'ютерної 3D графіки дає можливість побачити виріб ще до виготовлення прототипу з матеріалу, повернути і роздивитися зі всіх боків і підібрати для нього найбільш відповідні матеріали, колір і фактуру, а у разі необхідності відкоригувати контури і форму деталей.

Для 3D моделювання взуття нами запропонована методіка із застосуванням технологій NURBS моделювання у програмі Rhinoceros, яка включає наступні етапи:

- вивчення напрямку моди та аргументований вибір властивостей об'єкту (призначення, форма, габарити, основні матеріали, поділ на деталі, конструктивні особливості та інш.);
- поділ об'єкта по шарам на деталі або частини з загальними властивостями або ті, що виготовляються з одного матеріалу;
- побудова або імпорт вже готової моделі колодки, яка визначає форму і габарити основних деталей;
- креслення на моделі колодки стильових і, якщо потрібно, допоміжних ліній;
- попередня побудова поверхонь і форм основних деталей;

- уточнення конфігурації деталей і форми об'єкта (в разі необхідності, деформація, обрізка чи об'єднання тривимірних поверхонь, які утворюють деталі);
- моделювання та додавання фурнітури або дрібних і додаткових деталей;
- додавання кольору і текстури шарам і деталям;
- розгортання 3D деталей на поверхні, щоб одержати плоскі шаблони;
- додавання технологічних припусків;
- остаточна презентація моделі - створення мізансцени, додавання оточуючих або додаткових об'єктів, освітлення [13].

Для апробації запропонованої методики проектування взуття в універсальній програмі 3D графіки Rhinoceros нами була розроблена просторова модель взуття, а саме жіночих ботильонів. Процес 3D моделювання складався з наступних етапів:

1) Перш за все нами було проведено аналіз сучасних напрямків моди. На виставці MICAM

(італійська взуттєва виставка, яка проводиться в Мілані два рази на рік: у лютому та вересні) експерти британського тренд-бюро WGSN розповіли про тенденції, які будуть домінувати в взуттєвій моді в сезоні осінь-зима 2021/22 [14].

Головних модних тем для взуття три:

а) Considered Comfort («Прорахований, продуманий комфорт») робить акцент на м'які, затишні матеріали для домашнього і повсякденного взуття (рис. 1.a):

б) Tech-Tility («Технологічність») фокусує увагу на взаємозв'язках між справжньою і віртуальною реальністю, для чого використовуються технологічні матеріали та інновації, що застосовуються для створення футуристичних аксесуарів (рис. 1.b);

в) Reconstructed Legacy («Реконструйована спадщина») спрямовує погляд у минуле, щоб знайти в ньому нові ідеї та рішення для майбутнього, акцентуючи увагу на сталому розвитку взуттєвої індустрії (рис. 1.c).



**Рисунок 1** – Кольорова гама для жіночого взуття модної теми (a. Considered Comfort , b. Tech-Tility, c. Reconstructed Legacy)

В наступному сезоні дизайнери пропонують використовувати яскраві кольори: в моді ультраяскрава палітра - від жовтого і червоного до салатого та фіолетового. Черпаючи натхнення з різних епох, дизайнери

створили стильне взуття з вінтажними підборами і декором у вигляді бантиків, пряжок, оборок і страз. Подібні моделі були в колекціях брендів Self-Portrait і Loewe (рис. 2.a).

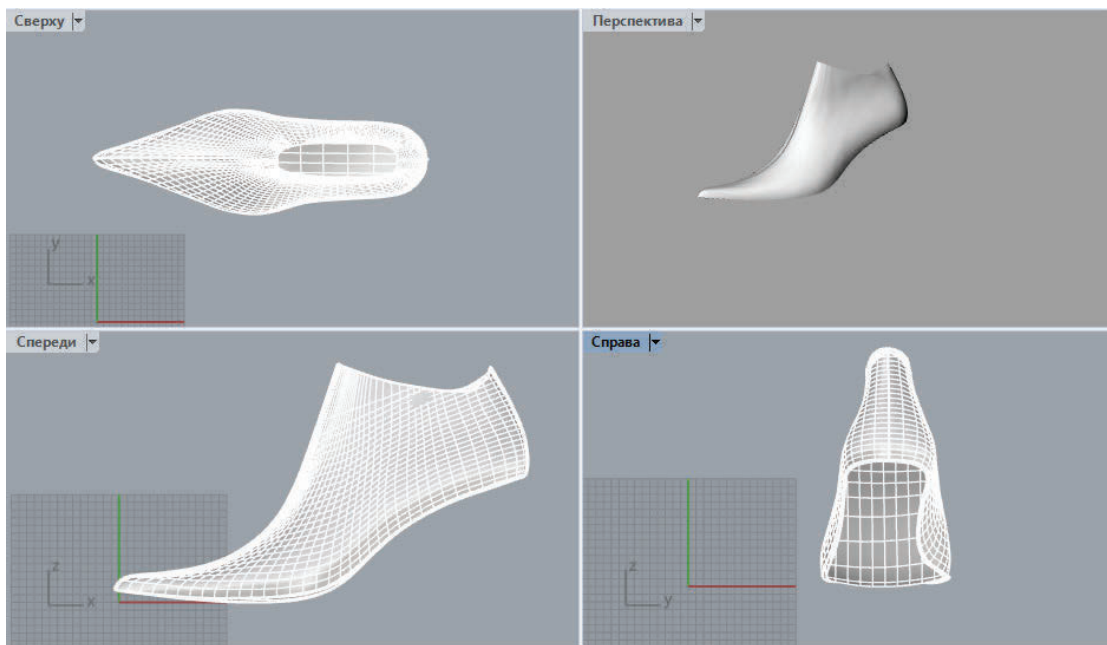


**Рисунок 2** – Вибір моделі для 3D моделювання в Rhinoceros (a. Колекція Self-Portrait і Loewe осінь-зима 2021/22. b. Ескіз жіночих ботильонів)

Для апробації запропонованої методики просторового моделювання взуття були обрані жіночі ботильони з натуральної шкіри золотого кольору на стійкому бежево-коричневому каблучі, згідно кольорової гами для жіночого взуття модних тем «Tech-Tility» та «Reconstructed Legacy», запропонованих тренд-бюро WGSN в сезоні осінь-зима 2021/22. Ескіз жіночих ботильонів, створений

в програмі Photoshop, представлений на рис. (рис. 2. b).

2) Для 3D моделювання жіночих ботильонів в програму Rhinoceros спочатку імпортували просторову модель взуттєвої колодки, яку можна одержати на 3D сканері, або знайти в Інтернеті (рис. 3).

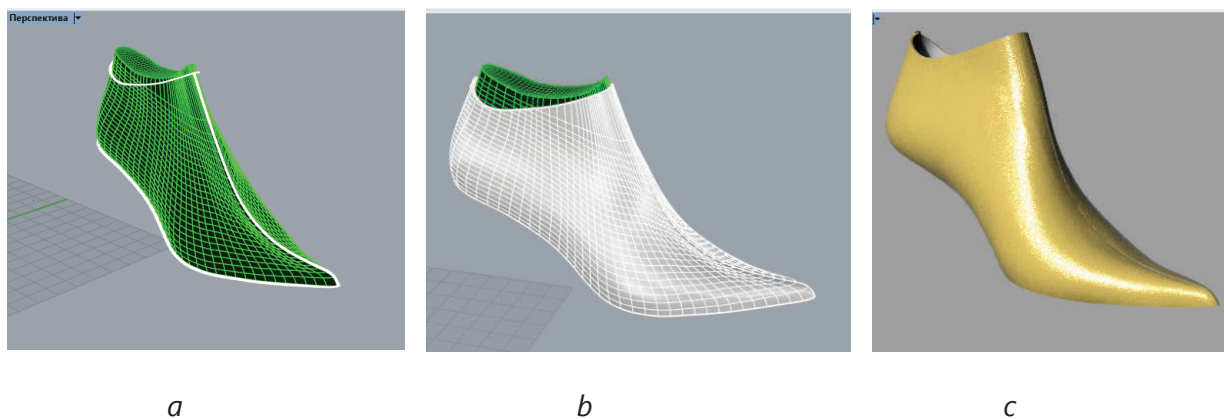


**Рисунок 3** – 3D модель взуттєвої колодки в Rhinoceros

3) Для моделювання використовуються наступні матеріали: шкіра для верху ботильонів золотистого кольору, натуральна шкіра для підошви бежевого кольору, бежево-коричневий пластик для каблучка.

обмежують деталі верху. За цими контурами будуємо поверхні просторових деталей (рис.4.b) і призначаємо їм відповідні шари (рис.4.c). Rhinoceros дозволяє легко міняти не тільки колір, але і текстуру матеріалу, що дає змогу швидко розробляти колекції різних моделей взуття.

4) На поверхні колодки креслимо стильові лінії (рис.4.a) та вибираємо контури, які



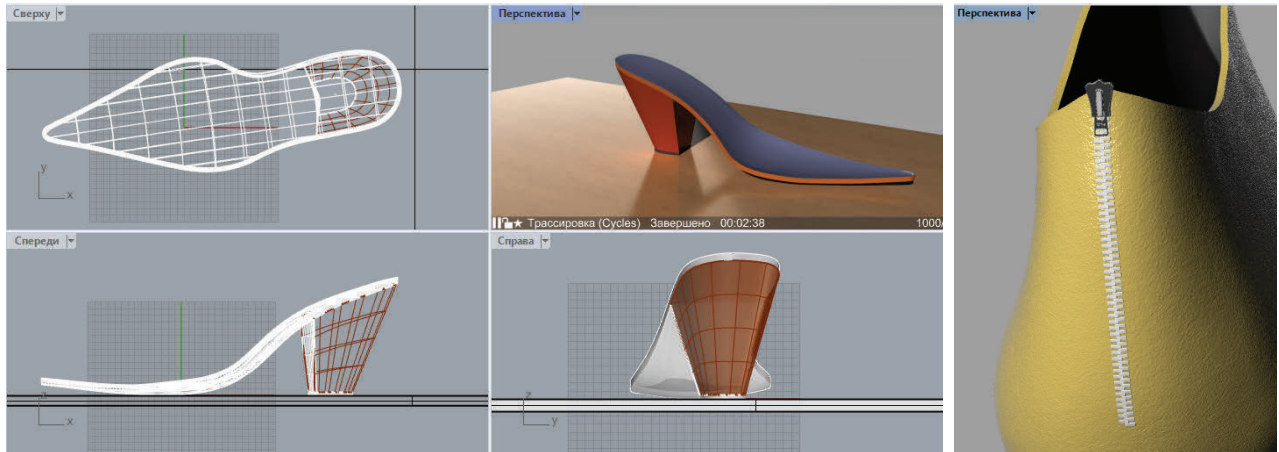
a

b

c

**Рисунок 4** – Деталі верху

5) По сліду колодки проектуємо підощву і каблук з набійкою (рис.5.а).

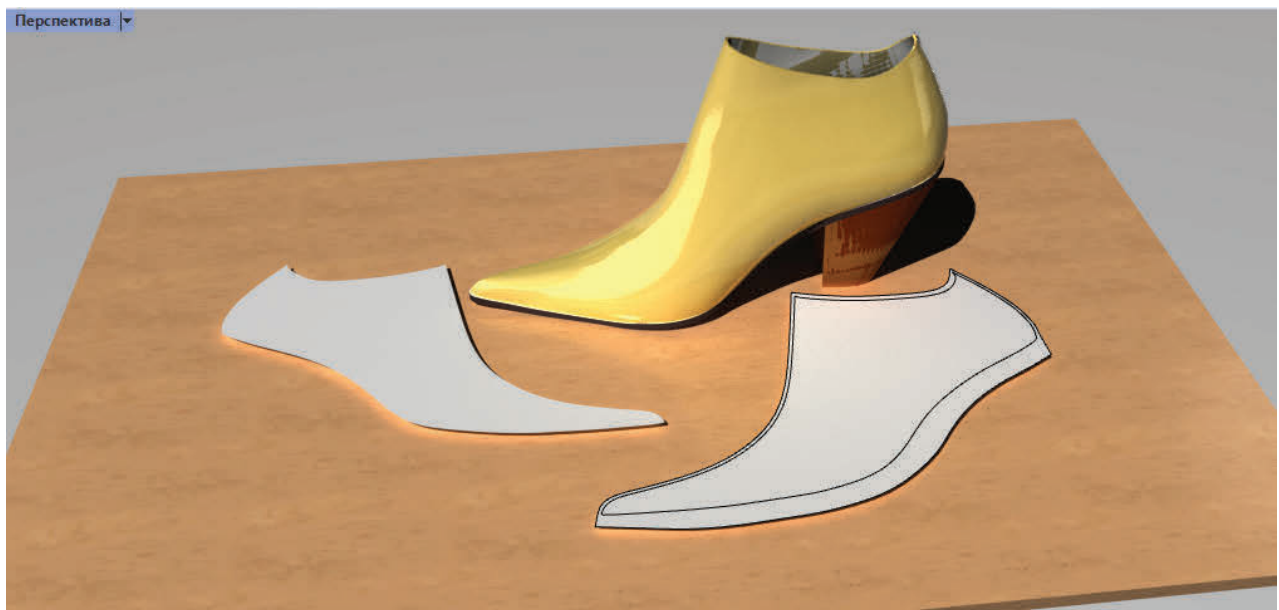


a

b

**Рисунок 5** - Моделювання деталей низу (а) та фурнітури (b)

б) Якщо є фурнітура, Rhinoceros досить легко дозволяє змоделювати необхідні деталі. В нашому випадку на п'ятковому шві розміщуємо застібку «блискавка» (рис.5.б).



**Рисунок 6** – 3D модель ботильона з шаблонами

7) Щоб одержати плоскі шаблони Rhinoceros дозволяє розгорнути 3D деталі верху на поверхні (Рис. 6). Після цього треба додати припуски на обробку верхнього краю, на з'єднання двох половин заготовки. На рис. 6 представлені 2 шаблони – з припусками і без. По шаблонам були одержані деталі, з яких виготовлена модель жіночих ботильонів.

Нажаль, в Rhinoceros досить складно робити градування деталей, тому отримані шаблони середнього розміру були експортовані в форматі dxf для подальшого градування в програмі 2D проектування взуття USM2.

**Висновки.** Після аналізу сучасних програм 3D графіки і систем автоматизованого проектування було вибрано і запропоновано використовувати для просторового

моделювання і проектування взуття програму Rhinoceros, яка дозволяє одержати реалістичну 3D модель і шаблони деталей.

Розроблена методика тривимірного моделювання взуття із застосуванням технології NURBS моделювання в програмі Rhinoceros і апробована під час проектування жіночих ботильонів.

**Список літератури:**

1. Moda становиться высокотехнологичной: 3D инструменты в новом интенсиве / Британская высшая школа дизайна [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://britishdesign.ru/about/news/9373/>
2. 3D технологии при проектировании одежды: новая реальность индустрии моды / Виктория Залкинд //Харьковская государственная академия дизайна и искусств [Электронный ресурс]. - Режим доступа: Швейное дело и мода. Международный портал легкой промышленности: <https://shd.com.ua/3-d-proektirovanie>
3. 3D технологии в индустрии моды [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://3dsol-model.ru/resheniya/v-mode/>
4. В. М. Стрельченя, К. Г. Евченко., Комплексные решения компании Delcam для проектирования и изготовления обуви [текст] //САПР и графика, 2008. - №2. - 33 с.
5. Manual of Shoemaking. /Under edition of R.G. Miller.Produced By the Trading Department Clarks, 1989. - 337 p.
6. Lectra-Marktführer in Brasilien//Schuh-Techn. Int.1995.-89, № 1 - 2. P.24-25.
7. Gerber Hiera mit Partner//Schuh-Techn. Int. Schuh-Techn. + ABC. 1997.- 91, № 1 -2.-P. 6
8. Delcam Shoe Solution — от идеи дизайнера до серийного производства обуви [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://sapr.ru/article/7930>
9. Брендинговое агентство KOLORO [Электронный ресурс]: 3D технологии. Виды моделирования: полигональное, сплайновое и NURBS моделирование: Режим доступа <https://koloro.ua/blog/3d-tehnologii/vidy-3d-modelirovaniya-splajnovoe-i-nurbs-modelirovanie.html>
10. Преимущества NURBS при реверс инжиниринге [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://rangevision.com/application/examples/revers-inzhiniring-i-kontrol-geometrii/advantages-of-using-nurbs-in-organic-modeling-and-reverse-engineering/>
11. Каменець С.Є., Васютинська В.В. Використання сучасних методів візуального дизайну та просторового моделювання для створення шкіргалантерейних виробів// Вісник Хмельницького національного університету. – 2020. - № 4. с. 199-205.
12. Офіційний сайт Rhinoceros [Електронний ресурс] - Режим доступа: <https://www.rhino-3d.ru/rhino/>
13. Столярова В. В., Каменець С. Є., Борщевська Н. М. Просторове моделювання та проектування аксесуарів і фурнітури виробів індустрії моди / Технології та дизайн № 3(36) 2020р. [Електронний ресурс] - Режим доступа: <https://drive.google.com/file/d/1DEkBLcJWLSRG23Okk0hgnKNDO-uZTZ6i/view?usp=sharing>
14. Модная обувь осень-зима 2020-2021 [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.fashion-woman.com/stil-i-moda/tendencii/modnaya-obuv-osen-zima/>

**References:**

1. Moda stanovitsya vysokotekhnologichnoy: 3D instrumenty v novom intensive / Britanskaya vysshaya shkola dizayna [Elektronniy resurs] - Rezhim dostupu: <https://britishdesign.ru/about/news/9373/>
2. 3D tekhnologii pri proektirovanii odezhdy: novaya real'nost' industrii mody / Viktoriya Zalkind // Khar'kovskaya gosudarstvennaya akademiya dizayna i iskusstv[Elektronniy resurs]. - Rezhim dostupu: Shveynoe delo i moda. Mezhdunarodnyy portal legkoy promyshlennosti: <https://shd.com.ua/3-d-proektirovanie>
3. 3D tekhnologii v industrii mody [Elektronniy resurs]. - Rezhim dostupu: <http://3dsol-model.ru/resheniya/v-mode/>
4. V. M. Strel'chenya, K. G. Evchenko., Kompleksnye resheniya kompanii Delcam dlya proektirovaniya i izgotovleniya obuvi [tekst] //SAPR i grafika, 2008. - №2. - 33 s.
5. Manual of Shoemaking. /Under edition of R.G. Miller.Produced By the Trading Department Clarks, 1989. - 337 p.
6. Lectra-Marktführer in Brasilien//Schuh-Techn. Int.1995.-89, № 1 - 2. P.24-25.
7. Gerber Hiera mit Partner//Schuh-Techn. Int. Schuh-Techn. + ABC. 1997.- 91, № 1 -2.-P. 6
8. Delcam Shoe Solution — ot idei dizaynera do seriynogo proizvodstva obuvi [Elektronniy resurs] - Rezhim dostupu: <https://sapr.ru/article/7930>
9. Brendingovoe agentstvo KOLORO [Elektronniy resurs]: 3D tekhnologii. Vidy modelirovaniya: poligonal'noe, splaynovoe i NURBS modelirovanie: Rezhim dostupu <https://koloro.ua/blog/3d-tehnologii/vidy-3d-modelirovaniya-poligonalnoe-splajnovoe-i-nurbs-modelirovanie.html>
10. Preimushchestva NURBS pri revers inzhiniringe [Elektronniy resurs]: Rezhim dostupu: <https://rangevision.com/application/examples/revers-inzhiniring-i-kontrol-geometrii/advantages-of-using-nurbs-in-organic-modeling-and-reverse-engineering/>
11. Kamenets S.Ye., Vasiutynska V.V. Vykorystannia suchasnykh metodiv vizualnoho dyzainu ta prostorovoho modeliuвання dlia stvorennia shkirhalantereynykh vyrobiv// Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. – 2020. - № 4. s. 199-205.
12. Ofitsiyniy sait Rhinoceros [Elektronnyi resurs] - Rezhym dostupu: <https://www.rhino-3d.ru/rhino/>
13. Stoliarova V. V., Kamenets S. Ye., Borshchevska N. M. Prostorove modeliuвання ta proektuvannia aksesuariv i furnitury vyrobiv industrii mody / Tekhnolohii ta dyzain № 3(36) 2020r. [Elektronnyi resurs] - Rezhym dostupu: <https://drive.google.com/file/d/1DEkBLcJWLSRG23Okk0hgnKNDO-uZTZ6i/view?usp=sharing>
14. Modnaya obuv' osen'-zima 2020-2021 [Elektronniy resurs] - Rezhim dostupu: <https://www.fashion-woman.com/stil-i-moda/tendencii/modnaya-obuv-osen-zima/>