

**Methodology.** Structural analysis of the SAP HANA complex solution and comparative analysis of the characteristics of its application modules.

**Findings.** The possibilities of analytical complex SAP HANA, approaches to reduce the costs of storage and processing of large data sets.

**Originality.** The article deals with innovative approaches to business analysts using modern high-performance analytical systems.

**Practical value.** The research explains the usage of this product for different businesses segments.

**Keywords:** *business intelligence, big-data, large amounts of data, data storage, data analysis, data storage column.*

УДК 685.34.024.4:004.896

СТАЦЕНКО Д.В., ЗЛОТЕНКО Б.М.

Київський національний університет технологій та дизайну

## ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЗАТЯЖКИ ВЕРХУ ВЗУТТЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ САПР

**Мета.** Дослідження математичної моделі формування верху взуття з використанням програмного забезпечення систем автоматизованого проектування і розрахунку.

**Методика.** Використано фундаментальні положення технології взуттєвого виробництва, метод кінцевих елементів, методи математичного та комп'ютерного моделювання. Для розрахунку формування шкіри на колодці використано програмне забезпечення Solidworks.

**Результати.** Врахування розподілу деформацій верху по затяжній кромці дозволить зменшити витрати шкіри за рахунок раціонального проектування геометричної форми заготовок під час розкрою шкіри. За допомоги моделі формування взуття, розробленої у програмному забезпеченні САПР, визначено форму та розміри заготовок верху взуття з урахуванням нерівномірності розподілу деформації шкіри в процесі формування при затягуванні на колодці.

**Наукова новизна.** Розроблена математична модель формування при затягуванні на колодці верху взуття та встановлені залежності між деформаціями заготовки верху взуття і зусиллями формування.

**Практична значимість.** Розроблено рекомендації для визначення технологічних параметрів процесу формування верху взуття при затягуванні заготовок на колодці.

**Ключові слова:** *математична модель, затяжка, взуття, формування, колодка, САПР.*

**Вступ.** На сьогоднішній день програми систем автоматизованого проектування і розрахунку (САПР) доволі поширені. Вони призначені для автоматизованого проектування, розроблення і виготовлення кінцевого продукту, а також оформлення

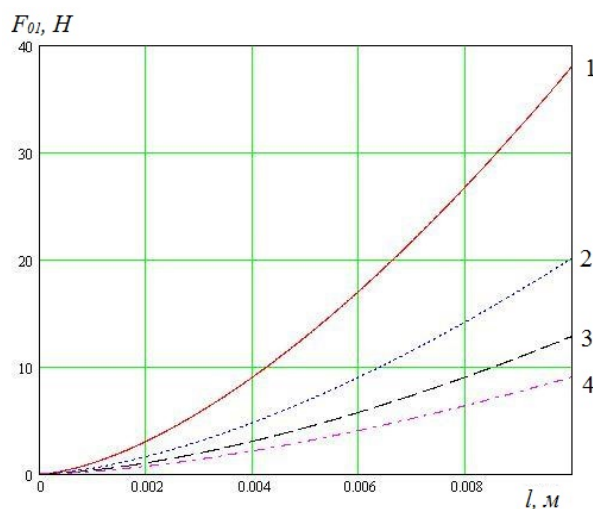
конструкторської і технологічної документації [1]. Аналітичне моделювання фрикційної взаємодії заготовки і колодки на обтяжно-затяжних операціях виготовлення взуття та дослідження на його основі, напруго-деформаційного стану заготовки, наведені у роботі [2, 3], побудовані на методах теорії пружності та пружно-пластичних деформацій [4]. Рішення, які були отримані у роботі [5], досягненні завдяки значному спрощенню геометрії поверхні колодки, представленню її як сукупність осісиметричних тіл. Отримані рішення були настільки складними, що вивести їх чисельний результат можливо лише за допомогою спеціальних програм. У роботі [6] розглянуто метод визначення поверхні колодки. Даний метод засновано на апроксимуючій поверхні, яка задається дискретним або неперервним каркасом ліній, які визначають контури поперечно-вертикальних перерізів колодки і складаються з спряжених дуг окружностей. На сьогоднішній день одним з популярних програмних комплексів САПР є Solidworks. Дане програмне забезпечення використовує методу кінцевих елементів, як чисельний метод аналізу технічних конструкцій [7,8].

**Постановка завдання.** Метою даної роботи є дослідження математичної моделі формування верху взуття з використанням систем автоматизованого проектування і розрахунку, а також визначення форми та розмірів заготовок верху взуття з її урахуванням.

**Результати дослідження.** На рис. 1 зображені графіки залежності деформації верху від зусилля затягування при формуванні на колодках з різним радіусом кривизни поверхні, побудовані за рівнянням (1):

$$F_{01} = \frac{S}{k} \cdot \sqrt[m]{\frac{l \cdot E \cdot m \cdot f}{R \cdot \left(1 - e^{-m_1 f \frac{\pi}{2}}\right)}} \quad (1)$$

Спираючись на результати отримані на рис. 1 можна зробити висновок, що зі збільшенням напруження деформація матеріалу зростає, чим більше зусилля, тим більша різниця між величиною деформації при розтягування на колодках з різними значеннями радіуса кривизни поверхні. При збільшенні радіусу кривизни колодки, для деформації шкіряного зразку на одну і ту саму величину, навантаження зменшується.



**Рис. 1** Залежність технологічного зусилля від абсолютної деформації при різному радіусі кривизни колодки **R**: 1 – 0,02 мм; 2 – 0,03 мм; 3 – 0,04 мм; 4 – 0,05 мм.

Перетворивши формулу (1) щоб визначити деформацію зразків  $l$  можна розрахувати припуски для затяжки:

$$l = \frac{F_{01}^m \cdot k^m \cdot R \cdot (1 - e^{-mf \frac{\pi}{2}})}{S_3^m \cdot E \cdot m \cdot f} \quad (2)$$

Залежності зміни середнього радіуса від довжини колодки можна представити за допомогою наступної формули:

$$R = c \cdot x + b \quad (3)$$

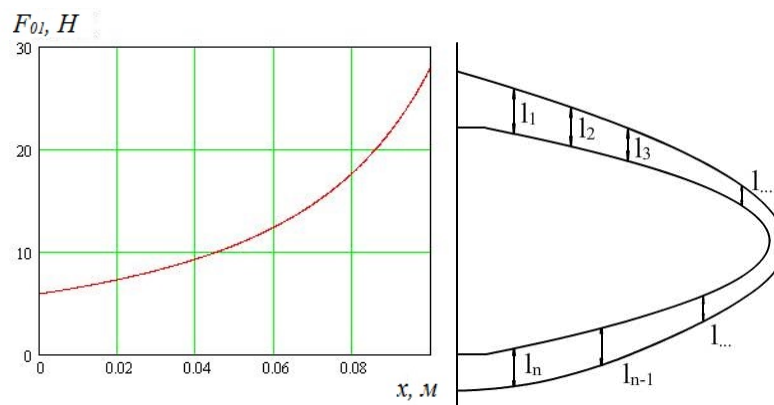
де  $x$  - довжина носової частини колодки,  $c$ ,  $b$  - коефіцієнти лінійної залежності апроксимації колодки.

$$l = \frac{k^m \cdot R}{m \cdot E \cdot S^m \cdot f} \cdot F_{01}^m \cdot (1 - e^{-mf \frac{\pi}{2}}) \quad (4)$$

Підставивши у формулу (4) замість  $R$  залежність наведену у формулі (3) тримаємо наступне рівняння:

$$l = \frac{F_{01}^m \cdot k^m \cdot (c \cdot x + b) \cdot (1 - e^{-mf \frac{\pi}{2}})}{S_3^m \cdot E \cdot m \cdot f} \quad (5)$$

Вищенаведений вираз для розрахунку деформації  $l$  в залежності від  $x$  при однаковому навантаженні  $F_0$  та однаковому налаштуванні затяжної машини.



**Рис. 5** Залежність деформації шкіри від довжини колодки

На рис. 5 зображена залежність деформації шкіряних зразків від довжини колодки, з результатів отриманих даних можна зробити висновок, що при збільшенні довжини колодки величина деформація шкіряних зразків зменшується. Звідси можна зобразити процес затяжки у наступному вигляді рис. 6, тобто деформація шкіряних зразків на різних ділянках колодки різна.

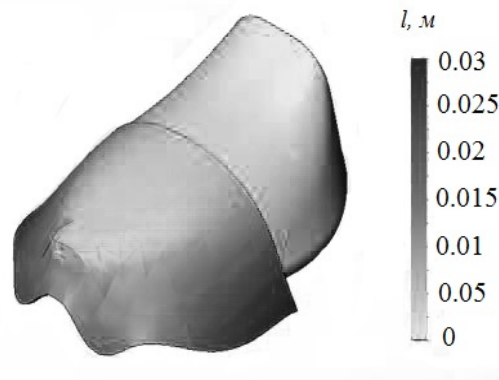


Рис. 6 Результати переміщення затяжки верху взуття на колодці

У випадку недоцільності диференційованого регулювання зусилля затягування по контуру заготовки, деформація матеріалу верху взуття буде неоднаковою. Врахування розподілу деформацій верху по затяжній кромці дозволить зменшити витрати шкіри за рахунок раціонального проектування геометричної форми заготовок під час розкою шкіри.

За допомоги вищенаведеної моделі формування взуття рис. 6, розробленої у програмному забезпеченні Solidworks [9], визначено форму та розміри заготовок верху взуття з урахуванням нерівномірності розподілу деформації пом'якшеної шкіри в процесі формування при затягуванні на колодці.

Використовуючи наведену модель формування, знаючи параметри шкіри, можна визначити раціональну форму та розміри заготовки верху, рис. 7.

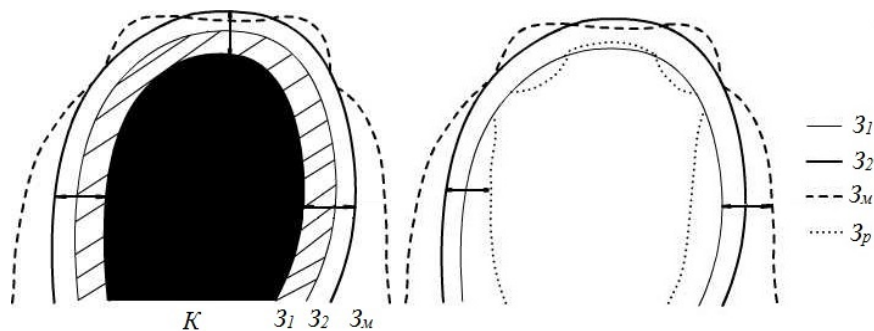


Рис. 7 Форма заготовок верху дитячого взуття:

К – колодка,  $Z_1$  – підготовлена до формування заготовка,  $Z_2$  – форма заготовки при збереженні величини при однаковому переміщенні,  $Z_m$  – при збереженні однакового зусилля на різних ділянках,  $Z_p$  – рекомендована форма заготовки

**Висновки.** Для розглянутого прикладу при затягуванні зусиллям 50 Н максимальна деформація шкіри на середніх та пучкових ділянках затяжної машини складає 0,032 м, можна зменшити розмір на вищенаведених ділянках на 0,024 м. Отже, врахування розподілу деформацій верху по затяжній кромці дозволить зменшити витрати шкіри за рахунок раціонального проектування геометричної форми заготовок.

### Список використаної літератури

1. Инкаров Б. Г. Исследование закономерностей изменения сил внешнего трения при формировании верха обуви / Б. Г. Инкаров, Г. А. Пискорский. // Известия вузов. Технология легкой промышленности. – 1971. – № 5. – С. 145-150.
2. Малюх В. Н. Введение в современные САПР : курс лекций / В. Н. Малюх. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 192 с.
3. Жаров А. Н. Исследование деформаций деталей при формировании на сферу, как на элемент обувной колодки : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / А. Н. Жаров. – М., 1968. – с.
4. Козлов А. З. Исследование деформаций заготовок верха обуви при формировании и расчет параметров затяжных машин : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / А. З. Козлов. – М., 1979. – с.
5. Коваль Ю. И. Исследование напряженно-деформированного состояния деталей обувной заготовки и совершенствование рабочих органов затяжных машин : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / Ю. И. Коваль. – М., 1982. – с.
6. Замарашкин Н. В. Исследование закономерностей формообразования, точности изготовления, создание способов и средств проектирования, обработки, контроля колодок и деталей обуви : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / Н. В. Замарашкин. – Л.: ЛИТЛП, 1977. – с.
7. Алямовский А. А. Инженерный анализ методом конечных элементов / А. А. Алямовский. – М.: ДМК Пресс, 2004. – с.
8. Алямовский А. А. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А. А. Алямовский. – М.: СПб БХВ-Пертербург, 2005. – с.
9. Прохоренко В. П. SolidWorks. Практическое руководство / В. П. Прохоренко. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2004. –153 с.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗАТЯЖКИ ВЕРХА ОБУВИ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ САПР**

СТАЦЕНКО Д.В., ЗЛОТЕНКО Б.Н.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Исследование математической модели формирования верха обуви с использованием программного обеспечения систем автоматизированного проектирования и расчета.

**Методика.** Используются фундаментальные положения технологии обувного производства, метод конечных элементов, методы математического и компьютерного моделирования. Для расчета формирования кожи на колодке использовано программное обеспечение SolidWorks.

**Результаты.** Учет распределения деформаций верха по затяжной кромке позволит уменьшить расходы кожи за счет рационального проектирования геометрической формы заготовок на этапе раскроя кожи. С помощью модели формирования обуви, разработанной в программном обеспечении САПР, определена

форма и размеры заготовок верха обуви с учетом неравномерности распределения деформации кожи в процессе формования при затягивании на колодке.

**Научная новизна.** Разработана математическая модель формования при затягивании на колодке верха обуви и установлены зависимости между деформациями заготовки верха обуви и усилиями формования.

**Практическая значимость.** Разработаны рекомендации для определения технологических параметров процесса формования верха обуви при затягивании заготовок на колодке.

**Ключевые слова:** *математическая модель, затяжка, обувь, формование, колодка, САПР.*

## **USE OF SHOE TOP TIGHTENING MATHEMATICAL MODEL WITH THE HELP OF CAD SOFTWARE**

STATSENKO D., ZLOTENKO B.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Purpose.** Mathematical model research of upper shoe forming with the help of computer-aided design and analysis.

**Methodology.** Fundamental assumptions of technology shoe production, finite element method, mathematical and computer modeling are used. To calculate the leather forming process on the shoe-tree SolidWorks software used.

**Findings.** Accounting strain distribution along the top edge of a protracted will reduce the costs of the leather due to the rational design of pieces geometric shapes on the leather cutting stage. The shoe forming model designed in CAD software, determined the shape and size of the shoe upper blanks with the uneven distribution of the leather deformation during the forming process while tightening on the shoe-tree.

**Originality.** A mathematical model of shoe-tree tightening forming was developed and determinate dependence between deformation of the work piece and the forming force.

**Practice value.** The recommendations for the determination of upper shoe forming process parameters while tightening the pieces on the shoe-tree were developed.

**Keywords:** *mathematical model, tightening, shoes, forming, shoe-tree, CAD.*