

економії витрат власної енергії. Детермінація динамічних процесів і зниження ентропії простору з метою економії витрат власної енергії це і є фізичною суттю розумного поведіння матеріальної системи.

5. Поняття „Розуму” має чисто енергетичний зміст і виражається в безграничній економії витрат енергії системою для максимального збільшення циклу знаходження системи в збудженому енергією стані (життєвий цикл).

6. Кристали НМ (2) «молекули води» зєднані в кластер є по своїй суті живою інтелектуальною кібернетичною системою.

Література

1. Гончарук В.В., Кармазіна Т.В. Регулювання молекулярно-динамічного стану води // Химия и технология воды. – 2005. – Т. 27. – № 2. – С. 138-145.
2. Антонченко В.Я. Физика воды. – К.: Наукова думка. – 1986. – 127 с.
3. Рибак Л.П. Визначення характеристик системи з n-ї кількості нелінійних резонансних елементів, які мають в своїй структурі суматор зважених станів вхідних збуджень та механізм, який формує нелінійну функцію активації // Вісник Хмельницького національного університету. – 2005. – Ч1. – Т.2. – С. 53-61.
4. Рибак Л.П. Інтелектуальні нанороботи. – Хмельницький. – 2004. – 402 с.
5. Структура воды: гигантские гетерофазные кластеры воды / Смирнов А.Н., Лапшин В.Б., Бальшев А.В. та ін // Химия и технология воды. – 2005. – Т. 27. – № 2. – С. 111-137.

Надійшла 9.11.2009 р.

УДК 685.34.016.3+514.181.22

Т.А. НАДОПТА
Хмельницький національний університет

ДОСВІД АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ОБМІРУ СТОПИ ТА ПРОЕКТУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ВЗУТТЯ

*Проведено аналіз автоматизованих процесів обміру стопи та проектування деталей взуття.
The analysis of the automated processes of foots measurement and details planning by shoe are conducted.*
Ключові слова: обмір стопи, деталі взуття.

В загальному виді система автоматизованого проектування (САПР) – це комплекс засобів автоматизації і проектування, взаємозалежних та взаємопов'язаних з необхідними підрозділами проектних організацій чи колективами фахівців (користувачів), що виконують автоматизоване проектування.

Метою автоматизованого проектування є підвищення якості, зниження матеріало- та трудомісткості, скорочення штатів проектувальників та термінів виконання проектно-конструкторських робіт. Останнє особливо важливе в умовах індивідуалізації виготовлення взуття, коли на перше місце висуваються вимоги вільного вибору моделей, врахування індивідуальних особливостей споживача та оперативність реалізації замовлення.

Використання існуючих методів проектування взуття не відповідає сучасним вимогам, оскільки витрачається багато часу на вирішення поставленої мети, тільки автоматизація процесу проектування й створення математичної моделі дозволить якісно та з меншими витратами провести необхідну технологічну підготовку виробництва.

Як відомо, зменшення часу виготовлення взуття є принципово важливим для створення конкурентоздатної продукції. Традиційні методи отримання вихідної інформації часто виявляються дорогими, трудомісткими й неточними. З допомогою технології швидкого копіювання прототипу стало можливим впровадити виготовлення індивідуального взуття з врахуванням анатомії ноги конкретного замовника.

Розглянемо відомий досвід впровадження САПР. Насамперед, слід відзначити, що на даний час реалізується проект EUROSho, головним завданням якого розробка й фінансування проектів, на основі уніфікованого масового виробництва продукції, спрямованих на розвиток і модернізацію взуттєвої промисловості.

Лідером розробки та постачання CAD/CAM систем для розробки взуття є фірма "Delcam", яка обрана провідним розробником комп'ютерних продуктів та програм для EUROSho. Цей проект підтримують тридцять чотири організації з дев'яти європейських країн, включаючи компанії, які продукують взуття, і постачальників устаткування, а також ряд науково-дослідних центрів. Метою EUROSho є розвиток взуттєвої галузі, на основі виробництва ексклюзивного взуття із ціною, доступною для масового споживача. Рішення цього завдання вимагає застосування сучасних систем комп'ютерного моделювання, які пропонує "Delcam" у рамках свого спеціалізованого рішення для взуттєвої промисловості PS-Shoemaker.

Система PS-Shoemaker побудована на базових продуктах сімейства Power Solution (PowerSHAPE, PowerMiLL, CopyCAD). В ній повною мірою реалізовані всі унікальні можливості, запатентовані фірмою "Delcam" технології Total Modelling. Вона дозволяє використати програми сімейства Power Solution як

повністю інтегрований пакет для створення комп'ютерних моделей і їхнього дизайну, що дає можливість простіше й швидше розробляти нові оригінальні моделі, обходячи обмеження звичайних CAD систем. Гібридне моделювання поєднує твердотіле моделювання із гнучкістю поверхневого моделювання, проте відмінність від інших CAD систем, з аналогічними підходами полягає у зворотному інжинірингу, фасетному моделюванні, моделюванні рельєфів.

Перший програмний модуль був створений як додаток до системи тривимірного гібридного моделювання PowerSHAPE для автоматизації ряду стандартних операцій, які зустрічаються при моделюванні підшов взуття й проектуванні прес форм для них [1]. Оскільки даний модуль добре себе зарекомендував на взуттєвому ринку Італії, тому було розширено його функціональність і доповнено додатками систему реверсивного інжинірингу CopyCAD (модуль градирування взуттєвих колодок) і системою багатокординатної фрезерної обробки PowerMiLL (модуль електронного фрезерування по копії). Система постійно розвивається, розробляються нові спеціалізовані модулі, наприклад, створені додаток для автоматизації моделювання каблуків і проектування прес форм для них, модуль автоматичного проектування пуансонів ливарних форм для підшов і каблуків Punch Wizard.

В лінійці програмного забезпечення "Delcam" є спеціалізоване рішення для взуттєвої промисловості – Delcam Crispin, що дозволяє вирішувати завдання дизайну, проектування й виготовлення всіх типів взуття. Програмні продукти Power Solution забезпечують усі етапи проектування деталей верху взуття (ДВВ). Провідні виробники взуттєвої галузі, як "Nike" (США), "Clarks" (Великобританія), "Ecco" (Данія), "Eram" (Франція), "Feng Tay i Pou Chen" (Тайвань), "Azaleia" (Бразилія), "Arego i STM Meccanica" (Італія) використовують програмні рішення на базі Power Solution для створення нових моделей взуття та виготовлення необхідного оснащення для взуттєвої промисловості. Програмний продукт Delcam Crispin це CAD – система, що складається з декількох модулів, які можуть працювати як самостійно, так і в сполученні з іншим. ShoeDesign – сукупність усіх додатків для одержання проектного рішення моделювання й дизайну взуття. Використовуючи модуль ShoeDesign можливе одержання реального фотозображення майбутнього виробу, проектування контурів ДВВ, створення таких елементів дизайну як шви, шнурки й інші аксесуари, задавання кольору, текстури, різних товщин та видів матеріалу для виготовлення вибору. Модуль ShoeDesign був розроблений з метою допомоги виробникам взуття знизити витрати й зменшити час на проектування.

Взуттєва колодка є основою для виробництва як модельного та спортивного, так і ортопедичного взуття. Використання підсистеми LastMaker дозволить виконати оцифровку колодки після сканування, редагування отриманої моделі (випрямлення, згладжування, градирування). Одержаний макет зберігається в електронній базі даних та використовується на всіх наступних етапах проектування й виготовлення деталей верху взуття. Модель колодки при цьому передається одразу в модуль ShoeDesign. Додаток ShoeStyle дозволяє створити ескіз виробу на 3D моделі колодки, а також автоматично отримати розгортку даної колодки. Функціональні можливості додатка Engineer: створення плоских шаблонів, їх градації по розмірах та автоматична подача на устаткування для розкрою. Додаток ShoeCost призначений для розрахунку витрат шкіри, синтетичних матеріалів, оцінки трудомісткості робіт і собівартості готового виробу. Додаток StitchTec використовується для роботи з технологічними картами та схемами складання заготовок. Переваги додатка KnifeCut полягають у виборі найбільш раціональної схеми укладки деталей, розкрої по шаблону та програмуванні розкрою з мінімальними відходами.

Одночасно компанією "Delcam" створене спеціалізоване програмне рішення для проектування ортопедичного взуття й ортопедичних устілок. Crispin Orthopaedic – CAD/CAM саме такий програмний продукт в області ортопедії стопи. Принциповою відмінністю цього програмного продукту є орієнтація на проектування індивідуального ортопедичного взуття, на основі сканування стопи пацієнта й подальшої підготовки персональної колодки. Модулі OrthoScan та OrthoLast призначені для сканування ноги пацієнта, розробки індивідуальної ортопедичної колодки, вибору найбільш прийняттого прототипу колодки з бази даних і його модифікація для одержання оптимальної моделі проектування взуття.

Для отримання анатомічних та антропологічних характеристик, які застосовуються при виготовленні раціональних та ергономічних виробів із шкіри необхідно використовувати прогресивну технологію обмірів. Використання сканерів дає можливість швидко і якісно одержувати та опрацювати інформацію, отриману в процесі антропометричних досліджень [2].

Використання 3D-сканування у взуттєвому виробництві як процесу визначення координат точок, що належать поверхням багатопрофільних фізичних об'єктів, дозволяє створювати цифрову модель нижньої кінцівки та на її основі проектувати ДВВ, враховуючи індивідуальні антропометричні властивості користувача.

Для сканування стопи використовують різноманітні сканери та маніпулятори, які базуються на описаному вище програмному забезпеченні. Традиційні методи проектування взуття розраховані на масове виробництво, використання ж цифрових тривимірних моделей дозволить реалізувати концепцію виготовлення взуття індивідуального замовлення за технологією масового.

3D сканер – пристрій, який оцифровує фізичний об'єкт, і за допомогою отриманих даних, створює 3D модель. За методом сканування 3D сканери діляться на контактні та безконтактні. Контактний метод 3D сканування передбачає безпосередній контакт чутливого елемента 3D сканера з досліджуванним об'єктом. В цьому випадку принцип роботи сканера полягає в обведенні контуру об'єкта вручну самим оператором. Такі сканери мають спеціальне механічне пристосування у вигляді сенсора-щупа, за допомогою його в

комп'ютер передаються тривимірні координати моделі, яка сканується.

Прилад фірми "MicroScribe" дозволяє будувати точні комп'ютерні моделі, знімаючи тривимірні координати реальних фізичних об'єктів. Процес зняття розмірів швидкий, точний і легкий [3]. За своєю суттю такі системи являють собою контактний щуп, який за допомогою декількох потенціометрів, установлених на складних арматурах із шарнірними з'єднаннями, фіксує інформацію про те, в якому місці перебуває контактна частина, і передає цю інформацію у вигляді координат у тривимірному просторі при натисканні відповідної кнопки. Досить зробити необхідну кількість вимірів, і з'являється готова сітка для моделювання поверхні майбутнього виробу.

Компанія "CimCore" пропонує три типи маніпуляторів: INFINITE 2.0, INFINITE 2.0 SC і Stinger Iii. Всі моделі працюють із програмним забезпеченням Delcam PowerINSPECT для контролю точності виготовлення складних просторових поверхонь і Delcam PowerSHAPE Pro із драйвером для оцифровки фізичних прототипів і створення на їхній основі комп'ютерних моделей виробів [4].

Координатно-вимірювальна рука Vaces3D M100 фірми "FriulROBOT" забезпечує отримання тривимірних моделей для зразків будь-якої складності з точністю до 0,06 %. Крім того, одержані тривимірні координати можуть записуватися в текстовий файл або електронну таблицю (наприклад, MS Excel) для створення конструкторської документації або в системи тривимірного проектування для створення комп'ютерних 3D моделей промислових об'єктів і установок [5].

Перевагами контактного 3D сканера є простота сканування деталей призматичної форми, незалежність від освітлення, прекрасне 3D сканування ребер, простота використання, малий розмір одержуваних файлів. Головним же недоліком цього типу пристроїв є їхня напівавтоматичність: модель, по суті, формує оператор [6], а не сам пристрій, що значно повільніше, ніж в сканерах, які використовують лазерну технологію. До того ж, на відміну від лазерних, безконтактних сканерів, сенсорні сканери не зчитують текстуру, що може бути визначальним критерієм при виборі сканера для його практичного використання.

Безконтактний метод 3D-сканування, у свою чергу, розділяється на два окремі види: пасивні та активні 3D сканери. Активні 3D сканери випромінюють на предмет хвилі (частіше світло, промінь лазера) і виявляють відбиття.

Переваги лазерного 3D-сканування полягають у відносно малій ціні 3D сканера для промислового застосування, можливості 3D сканування поза приміщеннями і при різній освітленості, безконтактній технології, можливості роботи з об'єктами, недоступними для 3D-сканування з використанням технології звичайного світла.

Пасивні 3D-сканери замість цього базуються на виявленні відбитого навколишнього випромінювання і не випромінюють нічого на предмет. Більша частина таких 3D сканерів виявляє видиме світло – легкодоступне навколишнє випромінювання. Прив'язка до об'єкта здійснюється простим і ефективним способом: на предмет 3D – сканування в довільному порядку на відстані від 20 до 100 мм приклеюють круглі маркери, які відбивають світло, це дозволяє сканувати всі сторони, також процес 3D-сканування можна перервати, уточнювати й, уважно розглянувши вже відскановане, продовжити. Переваги цього 3D-сканування – у більшій швидкості 3D сканування, високій точності, одержанні порядку 100 000 точок 3D сканування за один прохід, можливості 3D сканування людського організму завдяки відсутності лазерів, безконтактній технології [7].

Отримані методом 3D сканування тримірної моделі в майбутньому можуть бути оброблені засобами САПР і застосовуватися для розробки технології виготовлення (САМ) та інженерних розрахунків (САЕ).

Завдяки безконтактній технології сканування об'єкти залишаються недоторканими й не деформуються. Сканування обмежується тільки безпосередньо деякими властивостями поверхні. Так глясові, блискучі й темні об'єкти не будуть оцифровані ефективно, для досягнення кращої якості модель повинна бути пофарбована в червоний, білий або жовтий кольори.

Отримані в результаті тривимірного сканування координати точок, описують геометрію об'єкта у системі координат, яка закладена у сканері. Ці дані використовують для створення комп'ютерної моделі виробу по його фізичному прототипу, контролю точності геометричних параметрів виробів та проектування окремих вузлів виробу.

Обладнання фірми "Roland" дає можливість оцифровувати об'єкти у двох напрямках: площинне та ротаційне сканування [8]. При ротаційному скануванні швидко сканується весь об'єкт, котрий встановлено на столі, що обертається. При площинному скануванні модель може скануватися в шести різних площинах, що дозволяє отримувати зображення впадин та різноманітних заглиблень. Такі результати сканування можна отримати за допомогою лазерних сканерів LPX-1200, LPX-250, PICZA PIX-4, але використовувати дані моделі сканерів можливо тільки для опрацювання виробів габаритним розміром не більше 255мм.

За допомогою обладнання, яке пропонує компанія "Konica" можливе отримання просторового вимірювання різноманітних об'єктів, зокрема, частини тіла людини. Комп'ютерна модель може бути оброблена спеціалізованими програмами й експортована в усі основні додатки для роботи з 3D-моделями [9]. Наприклад, Konica Minolta представляє RANGE 7 – безконтактний 3D сканер, що виводить можливості технології 3D сканування на новий рівень, зводить до мінімуму механічні відхилення й температурні коливання, забезпечує високу точність вимірів (до 40 мікрометрів) та дозволяє сканувати об'єкти незалежно від форми та структури поверхні, при цьому забезпечується висока якість 3D-даних. Сканери типу Konica

Minolta VI -910 та VI-9i призначені спеціально для сканування технічних об'єктів (деталей, вузлів і т.п.), де необхідна висока точність. Прилад має підвищену точність вимірів (до 0.05 мм) і поставляється в комплекті зі спеціально розробленою каліброваною системою.

Американська фірма "Cyberware", по праву вважається одним з лідерів у виробництві лазерних 3D сканерів, пропонує послугу тривимірного сканування об'єктів за допомогою лазерного ручного 3D-сканера ZScanner700, який самостійно забезпечує вибір позицій для сканування. Даний сканер дозволяє отримувати цифровий вид поверхонь складної форми, у тому числі колодок [10]. При цьому він дуже мобільний, що дає можливість скоротити час його встановлення й роботи до мінімуму і не вимагає особливих умов щодо місця проведення сканування. На виході зі сканера одержуємо полігональну модель об'єкта з трикутних елементів (STL, як варіант – множину точок). За необхідністю можливе перетворення полігональної моделі в NURBS-поверхні (STP, IGES). Недоліком даної моделі є те, який необхідно наклеювати на об'єкт, який сканується, точки-прив'язки, на основі яких формують унікальну пов'язану з об'єктом систему координат, де будується поверхня, крім того необхідно покривати поверхню антибликом для створення матової поверхні, придатної для лазерного 3D сканування. Сканер Cyberware дозволяє отримувати цифрове зображення ноги людини. Сканування здійснюється протягом 17 секунд та дає повний набір точок, на основі яких будується тримірна модель стопи.

Німецька компанія "Vitronic" випускає дві моделі сканерів: 3D Body scanner Vitus pro 8C і 16 C. Ці системи комплектуються відео- (для зчитування форми) і фото- (для зйомки кольору) камерами, принцип роботи яких, базуються на використанні лазера [11]. Процес сканування займає 21 секунду при розділюваній здатності 2 мм по осі Z і 11 секунд – при 4 мм. Загальні показники сканування: глибина кольору – 12 bit, розділювана здатність по всіх осях – 2 мм. Крім того, необхідний програмний пакет Human Solutions для роботи з отриманим зображенням і переведенням його в 3D формати.

Лазерний сканер Handyscan REVscan канадської компанії "Creaform" здатний самостійно позиціюватися в просторі завдяки спеціальним маркерам, що закріплюють на об'єкті [12], щоб повністю охопити всю його поверхню й виключити "білі плями" – нерозпізнані ділянки при обробці 3D моделі в цілому, забезпечує точність до 0,05 мм та дозволяє комбінувати сканер з портативними комп'ютерами й працювати практично в будь-яких умовах.

Лазерний 3D сканер виробництва фірми "FastScan" дає можливість сканування великогабаритних об'єктів на місці [13], забезпечує високу швидкість і якість сканування об'єктів, можливість конвертування файлів під різне програмне забезпечення для роботи з 3D об'єктами та забезпечує точність 0.1мм (максимальні розміри об'єкта до 10 метрів).

3D принтери Z Corporation здатні швидко й недорого створювати наочні прототипи будь-якої складності безпосередньо за цифровим даними. Зокрема, Connex500™, 3D принтер, який надає унікальну можливість виготовлення деталей і складальних одиниць за технологією PolyJet Matrix із застосуванням різних матеріалів. Технологія дозволяє будувати моделі одночасно з декількох матеріалів, теоретично необмежені можливості по швидкому виготовленню моделей-прототипів, які візуально максимально наближені до еталону [14].

Лондонська взуттєва фірма "Priog 2 Lever" (P2L), яка спеціалізується на виробництві взуття для спортсменів, запропонувала виробництво індивідуального взуття на основі 3D-сканування. Сутність даних послуг полягає в тому, що форма ноги потенційного власника кросівок сканується лазером з метою побудови цифрової моделі, а потім замовникові варто надягти спеціальні сенсорні устілки й виконати ряд вправ для фіксування основних анатомічних точок стопи [15]. На основі отриманої інформації проектується взуття за допомогою пошарового лазерного зшивання. Переваги полягають у виготовленні моделей нових зразків в натуральну величину; скороченні термінів розробки нових моделей взуття; швидкій адаптації виробничих потужностей до випуску нового зразка взуття.

Новинкою є програма для 3D-сканування об'єктів DAVID. Для використання досить мати наявності потужний комп'ютер, недорого веб-камеру й просту лазерну вказівку. Об'єкт розміщується між двома площинами, розташованими одна відносно іншої під кутом в 90 градусів, активується камера та DAVID і променем лазерної вказівки проходиться по об'єкту [16]. Програма прораховує координати конструкції й складає на їхній основі точну 3D-модель однієї зі сторін. Зробивши сканування об'єкта із трьох сторін, що залишилися, одержується повноцінна 3D-модель, яку можна імпортувати в один із сучасних графічних пакетів, наприклад, в 3DS Max.

Як описано вище, існуючі пристрої для виміру форми й розмірів стопи людини безконтактним методом дуже складні й мають обмежену точність через неповний обхват поверхні. Приклади вітчизняних систем обміру стопи представлені наступними винаходами. Винахід [17] призначений для автоматичного виміру поверхні стопи й гомілки в системі з ЕОМ і може бути використаний для виміру колодок і деталей оснастки. Принцип його дії полягає у тому, що вимір ноги відбувається у двох зонах: стопи й широкої частини гомілки з бічних сторін стопи, причому стопа висвітлюється системою променів, паралельних опорній площині, а зображення одержують на площині, паралельній опорній площині оптичної системи, оптична вісь якої перпендикулярна опорній площині. При цьому одержують зображення променів без геометричних перекручувань. Це спрощує розрахунки й процедуру зняття мірки. Застосування лінійних фотоприймачів з підвищеною розрізняльною здатністю й окремих для кожної зони вимірів забезпечує підвищення точності.

Запропоновано засіб для обмірювання об'єкта в трьох площинах, який можна використовувати у взуттєвій галузі [18]. Це важіль, на кінці якого встановлено знімний щуп з можливістю обертання. Платформа прозора й на ній нанесені базові осі зі шкалами. На кожній осі виконано відповідно установчий отвір для початку відліку шкали знімного кутоміра, розташованого в площині платформи. Крім того, є другий кутмір, розміщений у місці з'єднання його із платформою перпендикулярно до прозорої площини з можливістю обертання знімного першого кутоміра із засобом для обмірювання об'єкта. Засіб для обмірювання має дві симетричні осі з кутміром, розсувну лінійку зі шкалою й фіксатором положення.

Сутність винаходу [19] полягає в тому, що відбувається проектування на вимірювану поверхню плоских променів, спрямованих під кутом до опорної площини, у межах від 30 до 65°, фотографування сліду цих променів на вимірюваній поверхні за допомогою знімальної камери, оптична вісь якої спрямована перпендикулярно до опорної площини, з нанесеною координатною сіткою. При висвітленні стопи, розміщеної на оптично контрастній площині, розсіяним світлом від джерела з потужністю, меншої потужності джерела плоских променів, визначаються габаритні розміри по границі зображення стопи на опорній площині й периметри перетинів стопи по фотографії, а також висоти перетинів за формулою

$$H_{ij} = H_0 \left(1 - \frac{L_{ij}}{L_{i0}} \right),$$

де i – номер променю;

j – номер перетину;

H_0 – висота джерела над опорною площиною;

L_{i0} – відстань від сліду на опорній площині до проекції джерела на опорну площину;

L_{ij} – відстань від j -го перетину до проекції джерела на опорну площину.

Винахід [20] передбачає установку стопи на опорній площадці, висвітлення поверхні стопи плоскими променями світла, одержання зображення сліду цих променів роздільно для зовнішньої й внутрішньої бічних поверхонь стопи двома телекамерами, оптичні вісі яких спрямовані під гострими кутами до опорної площини й до плоских променів. При розміщенні телекамери, яка розташована біля п'яткової частини стопи, проекція оптичних осей телекамер на опорну площину утворює кут. Вершина кута спрямована вбік п'яткової частини стопи й перебуває в точці, розташованій на проекції бісектриси кута між оптичними осями камер. П'яткову частину стопи сполучають за допомогою п'яткового упору із заданою точкою відліку, розташованою на проекції бісектриси кута.

Висновки.

1. Сучасне ефективне виробництво взуття неможливе без впровадження автоматизації процесів обміру стопи та на основі одержаних даних – проектування взуття.
2. Відома широка гама устаткування для реалізації цих процесів, проте вони мають досить значну вартість і випускаються закордоном.
3. Для розробки та впровадження аналогічного устаткування в першу чергу, необхідно розробити відповідний аналітичний апарат.
4. Впровадження автоматичної системи проектування дозволить організувати процес виробництва взуття з врахуванням індивідуальних особливостей споживачів на основі технологічних та відповідних економічних показників масового виробництва.

Література

1. <http://www.delcam.com/>
2. Разина Е.В. К вопросу применения 3D-сканеров в кожевенно-обувной промышленности / Е.В. Разина, Л.Г. Семенова // Кожевенно-обувная промышленность. – 2007. – № 6. – С. 45-46.
3. <http://www.delcam.spb.ru/equipment/microscribe.htm>
4. <http://www.cimcore.com/>
5. <http://www.abuniversal.ru/measure-tools/measure-tools01.htm>
6. <http://www.office-tec.ru/3-dprint.html>
7. <http://www.compress.ru/>
8. <http://www.delcam.spb.ru/equipment/cimcore/scanners.htm>
9. <http://www.konicaminolta.ua/>
10. <http://www.cybercom.ru/servicesrp>
11. <http://www.vitus.de/>
12. <http://www.handyscan3d.com/>
13. http://www.kaiprototyping.com/ru/tech_3dscan.html
14. <http://www.3dlab.com.ua/products/>
15. <http://3d-master.com.ua/ru/production/>
16. www.david-laserscanner.com
17. Пат. 1762449 РФ, МПК А43D1/02 Устройство для бесконтактного измерения поверхности стопы и голени / Комиссаров А.Г., Карагезян Ю.А., Оршанский Г.И., Алексеев Ю.И. (РФ). – № 4821456/12 Заявлено 05.03.90; Оpubл. 05.10.96.

18. Пат. 2026623 РФ, МПК А43D1/02 Прибор для трехкоординатного определения формы объекта/ Быстрова Н.Л., Карагезян Ю.А., Комиссаров А.Г., Гозман Л.М. (РФ). – № 4828492/12 Заявлено 28.05.90; Опубл. 20.01.95.

19. Пат. 2031617 РФ, МПК А43D1/02 Способ бесконтактного измерения стопы / Арисланова А.И., Комиссаров А.Г., Данилов Е.Н., Панкратов П.М. (РФ). – № 5021574/12 Заявлено 09.01.92; Опубл. 27.03.95.

20. Пат. 2034509 РФ, МПК А43D1/02 Способ бесконтактного измерения поверхности стопы / Комиссаров А.Г., Карагезян Ю.А., Сиротина И.О. (РФ). – № 4829044/12 Заявлено 25.05.90; Опубл. 10.05.95.

Надійшла 20.11.2009 р.

УДК 621.321

Л.В. ТРОЦИШИНА
Хмельницький національний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ДРОБОВО-РАЦІОНАЛЬНОЇ ШКАЛИ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ЧАСТОТИ ЗА МЕТОДОМ КОІНЦИДЕНЦІЇ

Розглянуті моделювання утворення вимірювальної шкали вимірювання частоти за методом коінцидентії. Проаналізовано утворення дробової та дробово-раціональної шкал вимірювання. Вперше вказано на особливості поведінки позначок та їх розподіл на відрізках шкали.

The considered questions of formation of measuring scale of measuring of frequency are after the method of coincidence. It is analysis formation of shot and shot-rationales scales of measuring. It is first indicated on the features of conduct of poacher and their distributing on the segments of scale.

Ключові слова: моделювання, дробово-раціональна шкала, вимірювання частоти, метод коінцидентії, ефективність.

Вступ

Вимірювання частоти є одним із основних видів вимірювань у засобах телекомунікацій, а також радіотехнічних системах різного призначення, де вимоги до точності та швидкодії вимірювання вказаного параметру визначають ефективність та надійність таких систем. Класичні методи цифрового вимірювання частоти не здатні одночасно підвищувати вказані параметри одночасно, тому єдиним можливим напрямком є використання теорії фазочастотних вимірювань та перетворень радіосигналів, яка однозначно довела, що метод коінцидентії забезпечує максимально можливі характеристики за вказаним критерієм. Та в роботах [1-8] питання вимірювання частоти за методом коінцидентії знайшли своє відображення, але частина питань залишилась недослідженими. Особливу увагу необхідно приділити детальному дослідженню не лише процесу утворення шкали вимірювального перетворення, а і аналізу порівняльних характеристик, які є визначальними для вірного розуміння всієї процедури вимірювань та використання їх результатів.

Метою статті є спроба показати в динаміці моделювання кількісних параметрів дробово-раціональної шкали, а також деякі нові особливості утворення та поведінки вимірювальної шкали для методу коінцидентії, з позицій вимірювання частоти із апіорі невідомим часом існування сигналів, які існують в реальних сучасних РТС і ТКС

Основна частина

Не залежно від схеми вимірювання за методом коінцидентії, що представлено на рис. 1 та рис. 2 [1,2,5], рівняння вимірювальної шкали має вигляд

$$f_x = \frac{N_x}{N_{on}} f_{on},$$

де f_x, f_{on} – відповідно вимірювана та опорна частоти,

N_x, N_{on} – відповідно число фазових циклів вимірюваної та опорної частот зафіксованих лічильниками між двома коінцидентіями (збігами).

Другою числовою характеристикою є час вимірювання, рівний проміжку часу (відстані) між двома коінцидентіями, який прийнято визначати за значенням опорної частоти

$$T_{ВИМ} = \frac{N_{on}}{f_{on}}.$$

В той же час такі важливі параметри, як кількість поділок на шкалі, особливо рівномірність їх розташування, рівномірність, густина, наявність відхилень від лінійної тощо, частково досліджено в [3, 9-11], але деталізація поведінки дробово-раціональної шкали не наводилась. Тому незалежно від схеми вимірювання (рис. 1 або рис. 2), доцільним є моделювання саме дробово-раціонального співвідношення N_x / N_{on} , яке і утворює поділки, і відповідно нормоване значення N_{on} , яке визначає час вимірювання.