

О.В. СКІДАН

Київський національний університет технологій та дизайну

Т.А. НАДОПТА, І.М. ПАСТУХ

Хмельницький національний університет

## ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ АНАЛІТИЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ВЗУТТЯ

У статті наведено теоретичні передумови розробки аналітичних моделей проектування взуття для дітей-школярів, що полягають у дослідженні анатомічних та морфологічних особливостей стоп, формуванні пріоритетного композиційно-конструктивного ряду, встановленні вагомих показників якості, розробці аналітичних моделей характерних контурів стопи, взуттєвої колодки та умовної розгортки. Запропонований метод профілювання абрисів деталей сплайновими кривими з криволінійними напрямними. Перевагами розробленого методу є мобільність керування формою криволінійних кривих абрисів деталей із зниженням порядку кривої, в тому числі – з кривизною різного напрямку, що першовагомо для кривих характерних абрисів колодки та умовної розгортки колодки.

**Ключові слова:** стопа, проектування деталей верху взуття, аналітична модель, сплайнові криві, криволінійні напрямні.

O.V. SKIDAN

Kyiv National University of Technologies and Design

T.A. NADOPTA, I.M. PASTUH

Khmelnitsky National University

## THEORETICAL GROUNDS OF ANALYTICAL DESIGNING OF FOOTWEAR

**Abstract** – The article presents the theoretical preconditions of development of analytical models of designing shoes for schoolchildren, which consist in the study of the anatomical and morphological characteristics of the feet, the forming of foreground compositional and constructive series, the determination of important indicators of quality, the development of analytical models of specific outlines of the foot, the shoe pads and conventional sweep. The proposed method of profiling outlines of details the spline curves with curved guides. The advantage of the developed method is mobility of the management of the curves shape of the details outlines with reduction of the curve order, including the different direction of the curvature which is especially important for the curves of the characteristic pads outlines and the conventional pads sweep. This approach will provide software modules that will allow to automate the design of shoes for schoolchildren, including all stages of the details uppers design.

**Keywords:** foot, design details shoe uppers, analytical model, spline curves, curved guides.

### Постановка проблеми

Важливим аспектом підвищення конкурентоспроможності взуття є проектування виробу з врахуванням анатомічних особливостей стоп та уподобань споживачів [1]. Невраховання особливостей форм, довжинних, широтних та обхватних розмірів стоп, умов експлуатації та інших факторів створює цілий ряд проблем, пов'язаних, з одного боку з низькою економічною ефективністю виготовлення взуття, а з іншого – з незадоволеним попитом на взуття майже усіх груп населення. Споживач став краще орієнтуватися на ринку взуття, слідкуючи за актуальним тенденціям сьогодення. Мода все частіше розглядається як соціокультурне явище, яке дозволяє проявити настрій та уподобання споживача. Тому впровадження нового асортименту, безсумнівно, має одне з найважливіших значень для подальшого розвитку та підвищення рентабельності продукції виробника.

У значній мірі це стосується виробів для дітей, особливо слід приділяти увагу проектуванню взуття для дітей-школярів. Оскільки саме ця категорія споживачів вимагає у повній мірі врахування анатомічних та морфологічних особливостей стоп, а також дотримання естетичних принципів та уподобань дітей-школярів. Тому процес проектування взуття для дітей-школярів повинен бути гнучким та мобільним, щоб швидко переналаштуватися відповідно до вимог сьогодення.

Таким чином, розробка аналітичних основ структури процесу проектування взуття для дітей-школярів є досить важливою задачею.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Як відомо, найбільш уразливим місцем взуттєвих підприємств є невисокий рівень автоматизованого забезпечення виготовлення взуття. Проектування виробів у значній мірі здійснюється традиційним методом, що вимагає певної високої кваліфікації конструктора та значних витрат часу, що йде в розріз з одним з основним вимог конкурентоспроможності – своєчасного оновлення асортименту.

Аналіз наукових джерел показав, що окремі аспекти аналітичного проектування взуття викладені в [2–4]. Ці дослідження спрямовані на вирішення часткових завдань автоматизованого проектування, таких як удосконалення способів побудови креслень типових конструкцій взуття, тощо.

Також з'явилася останнім часом чимало універсальних і спеціалізованих САПР, що свідчить про те, що дані розробки користуються попитом, як на виробництві, так і в навчальних закладах. Кожна з систем має ряд відмінних особливостей, але всі вони базуються на графічних методах побудови конструкції [5]. При цьому більшість із них не вирішують завдання переходу від форморозмірів стопи до форморозмірів колодки та її розгортки. Ще слід зазначити, що при цьому аналітична та теоретична основа цих методів невідома.

Також при цьому, недостатньо розроблена стадія автоматизованого процесу проектування взуття для дітей-школярів [5, 6].

У зв'язку з цим, розробка програмно-методичного комплексу, який дозволить на сучасному високотехнологічному рівні автоматизувати процес проектування взуттєвих виробів для дітей-школярів з врахуванням анатомічної будови стоп та системи композиційно-конструктивних елементів, які відіграють значну роль під час вибору взуття є актуальним завданням.

#### Формулювання мети дослідження

Мета дослідження полягає у розвитку теоретичних передумов розробки аналітичних моделей проектування взуття для дітей-школярів. Конкретно це стосується удосконалення методу профілювання абрисів за допомогою сплайнових кривих, що дасть змогу отримати аналітичні модулі проектування раціональної внутрішньої форми взуття з врахуванням анатомічних та морфологічних особливостей стоп.

Подібний підхід дозволить отримати програмні модулі, котрі дозволять автоматизовано проектувати взуття для дітей-школярів, включаючи усі стадії процесу проектування деталей верху взуття.

#### Викладення основного матеріалу

Застосування аналітичних моделей на етапах проектування взуття для дітей-школярів, дозволяє досягти таких результатів:

- соціальний ефект: врахування будови стоп, естетичних та конструктивних вподобань дітей-школярів;
- технологічний ефект: інтелектуалізація процесу, котра пов'язана із застосуванням інформаційних технологій;
- економічний ефект: скорочення термінів на проектування і виготовлення взуття, а також підвищення якості готових виробів.

Для забезпечення соціального ефекту у [1] обґрунтовано та сформовано систему критеріїв, які визначають пріоритетне композиційно-конструктивне рішення взуття для дітей-школярів, встановлено, на які саме елементи звертають увагу споживачі при виборі взуття. Також проведено антропометричні дослідження стоп дітей-школярів [7]. Запропоновано методуку обробки результатів досліджень, котрі містять декілька параметрів впливу [8]. Результати обробки досліджень з використанням поліпараметричної моделі показали суттєві відмінності стоп у порівнянні із дослідженнями, котрі були проведені 15–20 років тому.

У [9] описані загальні критерії якості взуттєвих виробів для дітей-школярів та виділено показники, котрі необхідно враховувати при проектуванні виробів для дітей-школярів, що становить економічний ефект.

Для більшості тіл, які досить часто використовуються у взуттєвій галузі, наприклад взуттєва колодка, неможливо знайти універсальну формулу, яка дозволить описати поверхню в цілому. Тому прийнято розділяти поверхню колодки на характерні контури, котрі в кінцевому результаті будуть об'єднані в одне ціле.

З огляду на вище зазначене запропоновано для отримання характерних абрисів використовувати сплайнові криві.

Термін "сплайн" походить від англійського слова spline. Спочатку сплайни реалізувались за допомогою гнучкої сталеної смужки, вигинаючи яку через задані точки отримували плавні криві. Подібний спосіб побудови плавних обводів різних тіл (корпус корабля, кузов автомобіля) був досить широко поширений в практиці машинобудування. Сплайном називали також і розмічальну мотузку, кривизна якої регулювалася підвищеними тягарцями. В результаті форма тіла задавалася за допомогою набору дуже точно виготовлених перерізів – плазів. Поява комп'ютерів дозволило перейти від такого методу до більш ефективного математичного способу завдання поверхні тіла. В цьому випадку, сплайн – це система рівнянь, які описують цілком реальні об'єкти.

Сплайн – це гладка крива, яка будується з використанням кривих і за допомогою двох або більше керуючих точок, котрі керують формою сплайна. Чим більше використовується керуючих точок, тим більш складнішою за формою може бути крива.

З найбільш поширених типів сплайнів найчастіше використовують криві Безьє і В-сплайни (бі-сплайни). Застосування означених типів дозволяє описати систему абрисів (перетинів) тіла будь-якої складності з необхідною точністю при відносно нескладному математичному апараті. Цей аспект особливо важливий при розробці автоматизованих систем проектування.

Типовим прикладом сплайнів є також неоднорідні раціональні NURBS-криві ("нурбс"-криві). Ці криві або їх сукупність дозволяють отримувати двохмірні криві та гладкі поверхні в трьохмірному просторі.

У [10] наведений спосіб проектування прототипу та базової основи деталей верху взуття сплайновими кривими, а саме кривими Безьє, основою для якого служать система керуючих точок, які з'єднуються прямолінійними напрямними, всередині котрих знаходиться крива. Сплайнова крива (наприклад, другого порядку) задається трьома точками: крім точок початку  $P_S(x_S, y_S)$  та кінця  $P_E(x_E, y_E)$  необхідна проміжна точка  $P_1(x_{P1}, y_{P1})$ , причому ці точки з'єднані прямолінійними напрямними (рис. 1).

Формування кривої проходить в наступному порядку (рис. 1).

На кожному з відрізків напрямних синхронно переміщуються додаткові точки 1 (на ділянці  $P_S-P_1$ ) та 2 (ділянка  $P_1-P_E$ ). В будь-який момент відстань до точок 1 і 2 від початку відповідної ділянки визначається як добуток параметра  $t$  (це параметр (time-ітератор), який змінюється в межах  $0..1$ , при цьому передбачається, що  $t_i=1$  при  $i=1$  і  $t_i=0$  при  $i=0$ ) на її довжину. Точка  $B(t)$  знаходиться на відрізку, який з'єднує точки 1 та 2, причому відстань її від точки 1 також визначається як добуток параметра  $t$  на довжину

відрізка 1-2. На рисунку 1 для спрощення його сприйняття показана побудова сплайнової кривої на прикладі тільки декількох точок при значеннях параметра  $t$  0; 0,25; 0,5; 0,75; 1. Однак недоліком вказаного способу є однозначність форми кривої та необхідність значної кількості керуючих точок для складних кривих абрисів, оскільки для системи керуючих точок застосовуються прямолінійні напрямні. Також можливий варіант для побудови складних за формою абрисів окремі криві Безьє можуть бути послідовно з'єднані одна з одною у сплайн Безьє. Для того, щоб забезпечити гладкість лінії в місці з'єднання двох кривих, суміжні опорні точки обох кривих мають лежати на одній лінії, що вимагає додатковий операцій.

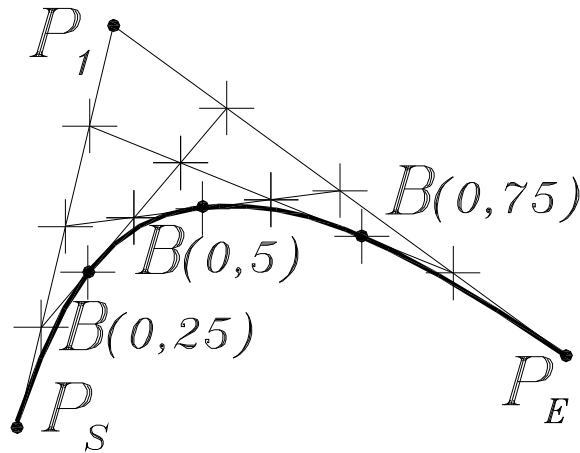


Рис. 1. Формування сплайнової кривої з прямолінійними напрямними

Зважаючи на зазначені вище недоліки, запропоновано проводити профілювання абрисів деталей, застосовуючи сплайнні криві з криволінійними напрямними.

На рисунку 2 продемонстровано варіант побудови кривої абриса з використанням криволінійної напрямної у вигляді дуги кола між точками  $P_S$ - $P_1$ , а на рисунку 3 – з використанням крім того напрямної теж у вигляді дуги кола  $P_1$ - $P_E$ , причому протилежного знака кривизни. Подальша побудова відбувається за вище означеними принципами.

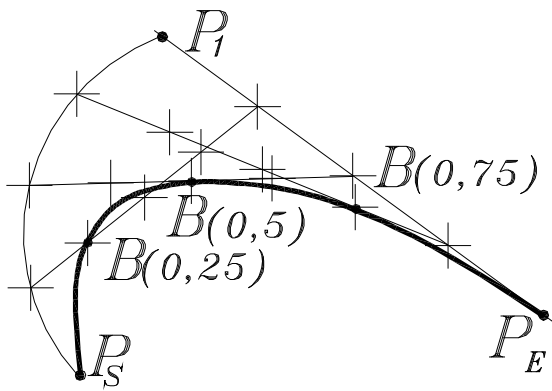


Рис. 2. Формування сплайнової кривої з криволінійними напрямними

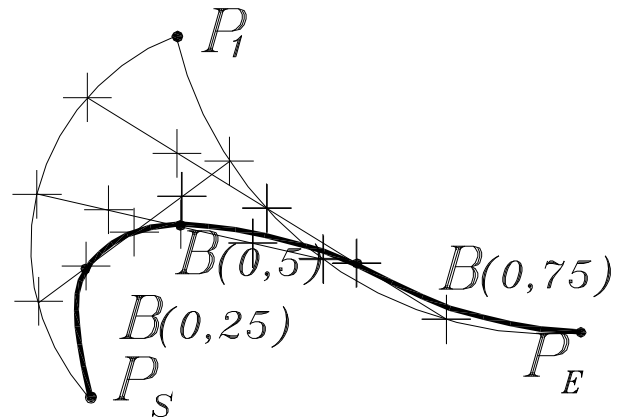


Рис. 3. Формування сплайнової кривої з криволінійними напрямними (дві дуги)

Наведені приклади дозволяють отримати криві абрисів будь-якої форми при одних і тих же керуючих точках  $P_S$ ,  $P_1$ ,  $P_E$ .

Вкрай важливою перевагою способу побудови кривих абрисів є те, крива на рисунку 2 при використанні прямолінійних напрямних могла би бути отриманою тільки при третьому порядку сплайнової кривої, крива на рисунку 3 – четвертого, відповідно для чого потрібно було б чотири та п'ять керуючих точок, що суттєво ускладнювало б побудову. Слід також додати, що форма криволінійної напрямної може бути будь-якою, що також збільшує поліваріантність сплайнних кривих.

Таким чином, наведені приклади демонструють переваги використання криволінійних напрямних, спрощуючи при цьому побудову складних абрисів.

Наведені властивості та принципи формування кривих Безьє дозволяють розв'язати обернену задачу профілювання контурів колодки та взуття, а саме, по заданих точках, через які обов'язково повинна пройти крива, визначити точне положення координат (вірніше матрицю координат) керуючих точок, що дає змогу аналітично описати криві, за допомогою яких передбачається формувати контури.

На рисунку 4 більш детально наведено послідовність формування процесу проектування взуття для дітей-школярів з використанням аналітичних моделей.

Для практичного застосування запропонованих моделей необхідно розробити аналітичний опис деякого каркасу, сформованого як сукупність контурів поздовжніх та поперечних перетинів, де враховані не тільки індивідуальні особливості стопи, але і додаткові об'єми, які забезпечують комфортні умови використання виробу. Це дасть змогу отримати аналітичну модель взуттєвої колодки в залежності від основних розмірних характеристик стопи, що дозволить швидко, без зайвих витрат переналагоджувати й адаптувати виробництво до вимог ринку.

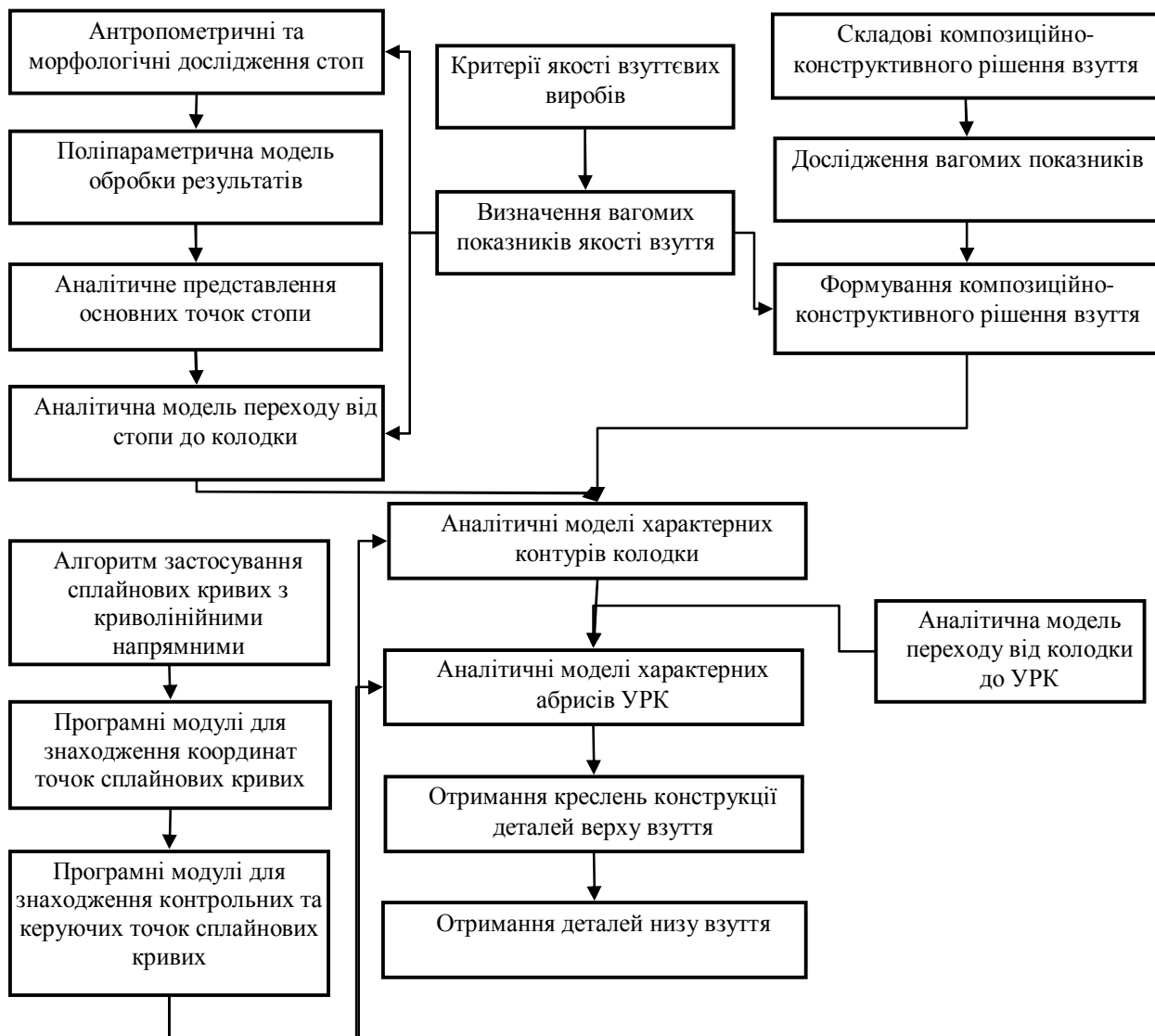


Рис. 4. Складові розробки процесу проектування взуття для дітей-школярів

Впровадження аналітичних моделей проектування дасть можливість замінити трудомісткий процес ручного моделювання комп'ютерним. Комплексне використання інноваційних технологій з врахуванням анатомічних особливостей стоп дітей-школярів та уподобань дозволить прискорити процес проектування не лише нових моделей, а також технологічного оснащення.

### Висновки

1. Розроблено метод профілювання абрисів деталей сплайновими кривими з криволінійними напрямними, який забезпечує гнучкість керування формою криволінійних абрисів деталей, зниження порядку кривої значної складності, в тому числі – з кривизною різного знаку.
2. Наведено складові розробки процесу проектування взуття для дітей-школярів, які необхідні для розробки аналітичних моделей автоматизованого проектування виробів.

### Література

1. Скідан О.В. Визначення пріоритетного композиційно-конструктивного рішення взуття для дітей-школярів / О.В. Скідан, Т.А. Надопта, А.Б. Домбровський // Вісник Хмельницького національного університету. – 2015. – № 1.
2. Шарипова Е.И. Автоматизация проектирования внутренней формы обуви : дис. ... канд. техн.

наук : 05.19.06 / Шарипова Елена Игоревна. – М., 2002. – 195 с.

3. <http://www.bastion-ua.com/avtomatizaciya-proizvodstva-obuvi/>

4. Храмова Н.С. Разработка технологического процесса проектирования и формирования текстильной обуви в AutoCAD : дисс. ... канд. техн. наук : 05.19.06 / Храмова Наталья Станиславовна. – К., 2000. – 146 с.

5. Бекк М.В. Разработка методики прогнозирования ассортимента детской обуви : дис. ... канд. техн. наук : 05.19.06 / Бекк Мария Владимировна. – М., 2013. – 176 с.

6. Михайловська О. А. Проектування колодок для виготовлення дитячого спеціального взуття для спортивних танців / О. А. Михайловська, А. Б. Домбровський, В. П. Либа // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2010. – № 4. – С. 202–206.

7. Омельченко Н.М. Антропометричні дослідження стоп дітей 12-13 років Південного регіону України / Н.М. Омельченко, О.В. Скідан, В.В. Скідан // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2013. – № 6. – С. 114–117.

8. Надопта Т.А. Принципи формування поліпараметричних моделей / Т.А. Надопта, Л.В. Козловська, А.Б. Домбровський, О.В. Скідан // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2015. – № 1. – С. 221–226.

9. Надопта Т.А. Загальні критерії якості взуттєвих виробів для дітей-школярів / Т.А. Надопта, А.Б. Домбровський, О.В. Скідан // Вісник Хмельницького національного університету. – 2014. – № 1. – С. 244–249.

10. Надопта Т.А. Розробка методу проектування деталей верху взуття на основі аналітичної моделі прототипу : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.18 / Надопта Тетяна Анатоліївна. – Хмельницький, 2013. – 214 с.

#### References

1. O.V. Skidan, T.A. Nadopta, A.B. Dombrovs'kij, Vznachennya prioritetnogo kompozicijno-konstruktivnogo rishennya vzuttya dlya ditej-shkolyariv, Herald of Khmelnytsky National University. 2015. № 1.

2. Sharipova E.I. Avtomatizaciya proektirovaniya vnutrennej formy obuvi: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.19.06 / Sharipova, Elena Igorevna. M., 2002. 195 s.

3. <http://www.bastion-ua.com/avtomatizaciya-proizvodstva-obuvi/>

4. Hramova N. S. Razrabotka tekhnologicheskogo processa proektirovaniya i formirovaniya tekstil'noj obuvi v AutoCAD: diss. ... kand. tekhn. nauk : 05.19.06 / Hramova Natal'ya Stanislavovna. K., 2000. 146 s.

5. Bekk M.V. Razrabotka metodiki prognozirovaniya assortimenta detskoj obuvi: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.19.06 / Bekk Mariya Vladimirovna. – M., 2013. – 176 s.

6. O. A. Mihajlovs'ka, A. B. Dombrovs'kij, V. P. Liba, Proektuvannya kolodok dlya vigotovlennya dityachogo special'nogo vzuttya dlya sportivnih tanciv, Herald of Khmelnytsky National University. Technical sciences. 2010. № 4. S. 202-206.

7. N.M. Omel'chenko, O.V. Skidan, V.V. Skidan, Antropometrichni doslidzhennya stop ditej 12-13 rokiv Pivdenного regionu Ukraїni, Herald of Khmelnytsky National University. Technical sciences, 2013. № 6. S. 114–117.

8. T.A. Nadopta, L.V. Kozlovs'ka, A.B. Dombrovs'kij, O.V. Skidan, Principi formuvannya poliparametrichnih modelej, Visnik Kyivs'kogo nacional'nogo universitetu tekhnologij ta dizajnu. 2015. № 1. S. 221-226

9. T.A. Nadopta, A.B. Dombrovs'kij, O.V. Skidan, Zagal'ni kriteri yakosti vzuttevih virobiv dlya ditej-shkolyariv, Herald of Khmelnytsky National University. Technical sciences. 2014. № 1. S.244-249

10. Nadopta T.A. Rozrobka metodu proektuvannya detalej verhu vzuttya na osnovi analitichnoi modeli prototipu: dis. ...kand. tekhn. nauk: 05.18.18 / Nadopta Tetyana Anatolivna, Khmelnytsky, 2013. 214 s.

Рецензія/Peer review : 20.7.2015 р.

Надрукована/Printed : 29.8.2015 р.

Стаття рецензована редакційною колегією