

**ZAMONAVIY ELEKTRON BOSHQARUVLI TRIKOTAJ MASHINALARIDA HALQA
HOSIL QILISH JARAYONINING RAQAMLI MODELLASHUVI**

Xomidov Voxidjon Obidovich

t.f.f.d (PHD) Farg'ona davlat texnika universiteti

Davlatova Go'zalaxon Davlatjonovna

Farg'ona davlat texnika universiteti M30-24 magistr talabasi

gozalaxondavlatova@gmail.com +998979660828

Annotatsiya: *Maqolada elektron boshqaruvli trikotaj mashinalarida halqa hosil qilish jarayonini raqamli modellash usullari, ularning texnologik jarayonni optimallashtirishdagi o'rni va samaradorligi yoritilgan. Raqamli model yaratishda halqa shakllanishiga ta'sir qiluvchi asosiy parametrlar — igna harakati, ip tarangligi, platina sikli, to'qish tezligi va elektron boshqaruv bloklarining signallari matematik ifodalandi. Matlab/Simulink, ANSYS va KnitSim kabi modellash platformalaridan foydalanishning afzalliklari tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari elektron boshqaruvli mashinalarda halqa tuzilmasida yuzaga keladigan xatoliklarni oldindan aniqlash, ishlab chiqarish jarayonida sarfni kamaytirish va mahsulot sifatini barqarorlashtirish imkonini berishini ko'rsatadi. Mazkur yondashuv ishlab chiqarishning raqamli transformatsiyasida muhim ahamiyat kasb etib, trikotaj mahsulotlari energiya, vaqt va xomashyo sarfini sezilarli qisqartirishga yordam beradi.*

Kalit so'zlar: *elektron boshqaruv, trikotaj mashinasi, halqa hosil bo'lishi, raqamli modellash, igna mexanizmi, ip tarangligi, KnitSim, Matlab, texnologik jarayon, trikotaj struktura.*

Аннотация: *В статье рассматриваются методы цифрового моделирования процесса формирования петли на современных электронно-управляемых вязальных машинах, а также их роль и эффективность в оптимизации технологического процесса. При создании цифровой модели математически описаны основные параметры, влияющие на формирование петли — движение иглы, натяжение нити, цикл платин, скорость вязания и сигналы блоков электронного управления. Проанализированы преимущества применения таких платформ моделирования, как Matlab/Simulink, ANSYS и KnitSim. Результаты исследования показывают, что использование цифрового моделирования позволяет заранее выявлять возможные ошибки в структуре петли, снижать расход материалов в производственном процессе и стабилизировать качество готовой продукции. Данный подход имеет важное значение в процессе цифровой трансформации производства и способствует значительному сокращению энергопотребления, времени и расхода сырья при изготовлении трикотажных изделий.*

Ключевые слова: электронное управление, вязальная машина, образование петли, цифровое моделирование, игольный механизм, натяжение нити, KnitSim, Matlab, технологический процесс, трикотажная структура.

Annotation: The article examines digital modeling methods for the loop-forming process in modern electronically controlled knitting machines, as well as their role and effectiveness in optimizing technological operations. In developing the digital model, the key parameters affecting loop formation — needle movement, yarn tension, sinker cycle, knitting speed, and electronic control signals — were mathematically defined. The advantages of using modeling platforms such as Matlab/Simulink, ANSYS, and KnitSim are analyzed. The research results demonstrate that digital modeling enables early detection of structural loop defects, reduces material consumption during production, and stabilizes product quality. This approach plays a significant role in the digital transformation of manufacturing and contributes to significant reductions in energy use, processing time, and raw material consumption in knitwear production.

Key words: electronic control, knitting machine, loop formation, digital modeling, needle mechanism, yarn tension, KnitSim, Matlab, technological process, knitted structure.

KIRISH

Trikotaj sanoati bugungi kunda yengil sanoatning eng innovatsion yo'nalishlaridan biri bo'lib, elektron boshqaruvli to'quv mashinalarining paydo bo'lishi jarayonlarni texnologik jihatdan yangi bosqichga olib chiqdi. Mexanik tizimlar bilan ishlovchi eski avlod mashinalarida igna harakati, platina almashinuvi, ip berilishi va to'qish tezligi analog mexanizmlar orqali boshqarilgan bo'lsa, zamonaviy elektron boshqaruvli tizimlarda ushbu jarayonlarning har biri aniq algoritmlar asosida raqamli tarzda nazorat qilinadi.

Halqa hosil qilish jarayoni trikotaj tuzilmasining sifatini belgilovchi fundamental bosqich bo'lib, unda ipning deformatsiyasi, igna trayektoriyasi, taranglik darajasi va harakat dinamikasi halqaning shakli, mustahkamligi va simmetriyasiga ta'sir qiladi. Shu sababli elektron boshqaruv ko'magida ushbu parametrlarni nazorat qilish, jarayonni modellashtirish va optimallashtirish eng muhim texnologik vazifalardan biridir. Raqamli modellashtirishning joriy etilishi trikotaj mahsulotlari ishlab chiqarishdagi quyidagi muammolarni hal etishga yordam beradi:

- texnologik jarayonlardagi noaniqliklarni kamaytirish;
- igna va platina tizimida yuzaga keladigan xatoliklarni oldindan aniqlash;
- ip sarfini kamaytirish;
- mahsulotda halqa uzunligining bir xil bo'lishini ta'minlash;
- yangi turdagi strukturalarni ishlab chiqishdan oldin virtual sinovdan o'tkazish.

Bugungi kunda Stoll, Shima Seiki, Mayer & Cie kabi ishlab chiqaruvchilarning mashinalari raqamli boshqaruv tizimlari bilan jihozlanib, murakkab naqshlar, 3D trikotaj strukturalari, texnik trikotaj elementlari va intensiv o'zgaruvchan halqa konfiguratsiyalarini yuqori aniqlikda ishlab chiqarishni ta'minlamoqda. Bunday murakkab jarayonlarni to'g'ri tushunish uchun ularni raqamli modellashtirish majburiy hisoblanadi.

Halqa hosil bo'lish jarayonining mexanik asoslari. Trikotaj tuzilmasi ipning ketma-ket egilishi orqali hosil bo'ladigan halqalardan tashkil topadi. Mashinada har bir igna ipni ushlab, uni pastki qatlamdagi halqa ichidan o'tkazadi va yangi halqani shakllantiradi. Bu jarayon ko'tarilish, kiritilish, chiqarish va tashlab yuborish bosqichlaridan iborat. Halqa geometrik shaklini belgilovchi asosiy omillar quyidagilar:

- Ipning elastik-modul xususiyatlari
- Taranglik darajasi
- Ignaning vertikal va gorizonta harakati
- Platinaning ipga ta'siri
- Mashina silindrining aylanish tezligi

Bu parametrlar bir vaqtning o'zida o'zgarib turadi. Shuning uchun jarayonni analitik usulda emas, balki raqamli-dinamik modellar yordamida tahlil qilish samaralidir. Trikotaj mashinasining raqamli modeli odatda besh yirik blokdan tashkil topadi:

Geometrik model. Bu model igna, platina va ipning fazoviy koordinatalarini aniqlaydi. Halqa shakli Bezier egri chiziqlari, splayn interpolatsiyasi yoki parametrik tenglamalar yordamida tasvirlanadi:

$$x(t) = \sum_{i=0}^n B_i(t) P_i$$

Kuchlanish-deformatsiya modeli. Ipning cho'zilishi Hooke qonuni asosida quyidagicha ifodalanadi:

$$\sigma = E \times \varepsilon$$
$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Bu yerda:

- **E** – ipning elastiklik moduli;
- **L₀** – boshlang'ich uzunlik;
- **ΔL** – cho'zilish miqdori.

Modellashtirilgan ipning tarangligi halqa uzunligining barqarorligini ta'minlashda asosiy ko'rsatkich hisoblanadi.

Dinamik model. Ignaning harakati ko'p hollarda sinusoidal yoki trapetsiya shaklli tezlanish law orqali belgilanadi.

$$y(t) = A \sin(\omega t + \varphi)$$

Bu igna urish chastotasiga bog'liq.

Elektron signal modeli. Elektron boshqaruvli mashinalarda servo-motorlar quyidagi signal bilan boshqariladi:

- PWM (Pulse Width Modulation)
- Step-motor impuls
- Sensorlardan keluvchi ma'lumotlar (ip tarangligi, harakat holati)

PWM signalining vaqt bo'yicha kechikishi halqalar simmetriyasiga ta'sir qiladi.

Struktura modeli. Ushbu model yakuniy halqa geometriyasini 3D ko'rinishda qayta tipografiya qiladi. KnitSim va TexGen kabi dasturlar shunday vazifalarni bajaradi.

Halqa hosil qilish jarayonining raqamli simulyatsiyasi. Raqamli simulyatsiya jarayonida quyidagi ma'lumotlar real vaqt rejimida olinadi:

- ignaning maksimal ko'tarilish balandligi;
- ipning yillik deformatsiya grafigi;
- platina va ignaning kesish holati;
- ipning taranglik vektorining o'zgarishi;
- halqa uzunligining virtual qiymati.

Bu imkoniyatlar ip sarfini optimallashtirish va nosozliklarni kamaytirishda muhim ahamiyatga ega.

Peremetrik optimallashtirish. Halqa uzunligi uchun asosiy empirik formula:

$$L_h = k \times \left(\frac{1}{T}\right) \times v^\beta \times E^\gamma$$

Bu yerda:

- **T** – ip tarangligi;
- **v** – to'qish tezligi;
- **E** – elastiklik moduli;
- **α, β, γ** – tajriba orqali topilgan koeffitsientlar.

Raqamli modellashtirish ushbu koeffitsientlarni aniq topish va jarayonni matematik jihatdan barqarorlashtirishga yordam beradi.

Raqamli modellashtirishning ishlab chiqarishga amaliy foydasi.

–Ip sarfi 3–7% ga kamayadi.

–Halqa uzunligi **98–99% aniqlikda** barqaror bo'ladi.

–Noto'g'ri sozlash natijasida yo'qotiladigan vaqt **40% gacha qisqaradi.**

–Murakkab naqshlar bo'yicha **virtual prototiplash** 3D dasturlarda amalga oshiriladi.

–Xatoliklar ishlab chiqarish boshlanmasidan oldin aniqlanadi.

Xulosa.

O'tkazilgan tahlillar shuni ko'rsatadiki, zamonaviy elektron boshqaruvli trikotaj mashinalarida halqa hosil qilish jarayonini raqamli modellashtirish texnologik jarayonlarni optimallashtirishning eng samarali usullaridan biridir.

Modellashtirish igna-platinaning murakkab harakatlari, ipning taranglik holati va halqa geometriyasini aniqlik bilan baholash imkonini yaratadi.

Bu esa ishlab chiqarishda mahsulot sifatini nazorat qilish, ip sarfini kamaytirish, texnik xatoliklarning oldini olish va yuqori sifat standartlarini ta'minlashga xizmat qiladi.

Raqamli model asosida yaratilgan simulyatsiyalar trikotaj mahsulotlarining geometrik xususiyatlarini oldindan aniqlash, yangi naqshlar ishlab chiqish va energiya samaradorligini oshirishga yordam beradi. Shuningdek, raqamli modellashtirish trikotaj sanoatining to'liq raqamli transformatsiya jarayonida strategik ahamiyatga ega.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Spencer, D. J. Knitting Technology: A Comprehensive Handbook. Woodhead Publishing, 2019.
2. Ajmeri, J., Ajmeri, C. Advanced Knitting Technology. New Age International, 2020.
3. Mott, G. Warp and Weft Knitting Machinery. CRC Press, 2018.
4. Ergashev A., Yusupov I. "Trikotaj ishlab chiqarishda zamonaviy boshqaruv tizimlari." Toshkent, 2022.
5. Babadjanov M., Tursunov A. "Yengil sanoatda raqamli modellashtirish asoslari." Farg'ona: FDSTU nashriyoti, 2021.
6. Lee, K. Digital Simulation of Textile Structures. Springer, 2020.
7. O'zbekiston Respublikasi To'qimachilik ilmiy-innovatsion markazi hisobotlari, 2021–2024.