

**Сауляк Б.О., магістр, Березін Л.М., к.т.н., доц.**  
*Київський національний університет технологій та дизайну*  
**МЕХАТРОННІ ІННОВАЦІЇ СТОСОВНО НАДІЙНОСТІ  
ШКАРПЕТКОВИХ АВТОМАТІВ**

**Анотація.** Перелічені тенденції в застосуванні мехатронних інновацій в виробництві шкарпеткових автоматів для підвищення їх надійності та ефективності. Представлені новітні рішення стосовно засобів мехатроніки, автоматизації, цифровізації на основі комп'ютерних систем, які сприяють підвищенню технічного та технологічного потенціалу автоматів в умовах цифрової трансформації та новітніх технологій. Передбачається обмеження в автоматах механічних пристроїв за умови підтримки сумісності електронного керування з необхідними механічними компонентами. Представлені інновації в виробництві автоматів для приєднання їх на цифровій основі до глобальної електронної мережі з подальшим входженням в Industry 4.0.

**Ключові слова:** шкарпетковий автомат; інновації; мехатроніка; комп'ютеризація; електронна система; автоматизація.

**Saulyak B., Berezin L.**  
*Kyiv National University of Technologies and Design*  
**MECHATRONIC INNOVATION APPLIED TO THE RELIABILITY OF  
AUTOMATIC HALF-HOSE MACHINES**

**Abstract.** The tendencies of application of mechatronic innovations in production of sock automatic machines for increase of their reliability and efficiency are listed. The latest solutions for devices of mechatronics, automation, digitalization based on computer systems are presented, which help to increase the technical and technological potential of sock automatic machines in the conditions of digital transformation and the latest technologies. Emphasis is placed on highly efficient digital technologies, electronic control systems of sock automatic machines, automation and robotization of the process of closing the toes of socks for the transition to a closed cycle of their manufacture, on modern devices for feeding yarn with tension and speed control. Restrictions in sock automatic machines of mechanical devices are provided on condition of maintenance of compatibility of electronic control with necessary mechanical components. Innovations in the production of sock automatic machines for their digital connection to the global electronic network with subsequent entry into Industry 4.0 are presented.

**Keywords:** sock automatic machines; innovation; mechatronics; computerization; electronic system; automation.

**Вступ.** Характерною особливістю сучасних шкарпеткових автоматів (ША) є зростання виробничих потужностей, що призводить до суттєвого підвищення навантажень в механізмах. Тому наряду з проектними параметричними та функціональними характеристиками ША [1–4] відповідно зростають вимоги до рівня їх надійності [5], що дозволяє максимізувати прибуток завдяки сталому виробництву та досягати високих економічних та експлуатаційних показників. Без засобів мехатроніки, автоматизації, цифровізації та інтегрального прийняття рішень на основі комп'ютерних систем це здійснити неможливо [6]. Тому вважаємо доцільним, враховуючи різноманітність компаній та напрямків розвитку ША, проаналізувати динаміку змін в виробництві обладнання даного сектора щодо підвищення їх технічного та технологічного потенціалу з переліком їх переваг та недоліків.

**Постановка завдання.** Метою роботи є огляд та систематизація інноваційних рішень за вимогами надійності щодо автоматизації, цифровізації, комп'ютеризації

та електроніки передових виробників шкарпеткових автоматів за інформацією про об'єми інвестиції та панорамою досягнень в виставковій діяльності для практичної реалізації усвідомленого вибору конкурентоспроможних рішень в умовах цифрової трансформації та новітніх технологій.

**Результати досліджень.** За даними експлуатаційних спостережень ША [7] на системи подачі ниток припадає 65...70% відмов, а кожний другий обрив ниток призводить до зриву виробів і, як наслідок, до зниження продуктивності обладнання та збільшення витрат сировини. В деяких випадках функціональні відмови системи призводять до непередбачуваного набору петель на голках, що викликає тривалі простої виробництва та значно впливає на експлуатаційні витрати. Також відомо, що зміна натягу ниток при зменшенні її на бобині призводить до нерівномірності петельної структури та погіршенню якості шкарпеток. Тому актуальним для ША є застосування примусової подачі ниток з накопичуванням нитки на податчику, що забезпечує необхідний натяг ниток для зменшення їх обривності та керування швидкістю їх споживання. Серед інноваційних рішень даного спрямування виділимо розробки компанії Memminger-IRO [8]. В податчику SFE (має датчик оптичного волокна та мікропроцесор) задані умови щодо ниток в процесі в'язання забезпечуються кроковим двигуном, що також дозволяє відстежувати запас пряжі на котушці накопичення. Нове покоління податчиків Promofeed дозволяє керувати натягом при подачі як еластичних, так і звичайних ниток, що усуває необхідність переоснащення автоматів із зміною асортименту. Податчик MSF 3 CAN з активним контролем натягу пряжі АТС гарантує відсутність впливу на натяг ниток розмірів бобін та якості пряжі. Окремою опцією при наявності контролера GTN є можливість централізованого налаштування натягу в різних MSF 3 CAN.

Система управління пристроєм YOYO фірми Dinemo Electronics включає високоефективні датчики та крокові двигуни, які програмуються з налаштуванням і підтримкою різного натягу в пряжі в залежності від конкретного процесу в'язання та видів пряжі. Пристрій YOYO повністю інтегрується в трикотажні машини будь-якого призначення, може бути оснащений додатковими аксесуарами, наприклад, пристроєм управління (переважно встановлюють на автоматах нового покоління Lonati). Компанією BTSR запропонована система терміналу Smart Matrix 64H з електронними датчиками IS4F HTS, яка дозволяє здійснювати програмування та контроль споживання пряжі для отримання звітності даних в реальному часі. За словами розробників, система здатна усунути щонайменше 80% відходів, які зазвичай трапляються на виробництві.

Одним із проривів у сучасному в'язанні вважається система цифрового керування i-DSCS компанії Shima Seike, яка регулює подачу і натяг пряжі з урахуванням допуску консистенції з точністю до  $\pm 1\%$ , що неможливо забезпечити на звичайних аналогових системах. При використанні широкого спектру ниток, включно з латексними, складними та делікатними, рекомендовано систему i-DSCS+DTC «з інтелектом» для електронного динамічного регулювання натягу та швидкості пряжі.

Додатковою опцією в системах подачі пряжі на сучасних ША є перехід до електропневматичного управління нитководами, що розширює технологічні можливості за кольоровою гаммою та підвищує функціональну надійність переключень.

Процес зміни ША визначається їх новітньою архітектурою мехатронного профілю на основі синергії механічного та електронного секторів, що забезпечує загальний рівень автоматизованої інтелектуальної машини, в якій інтегруються цифровізація, автоматизація та розширення кола застосувань для різних технологій в'язання. Як результат, забезпечується висока надійність роботи ША за рахунок зменшення їх механічної складової, майже відсутність втручання оператора, надзвичайна точність та стабільність позиціонування виконавчих механізмів, зменшення

механічних складових, розширення технологічних можливостей, реалізація швидкого переходу на новий асортимент за рисунком, розміром, переплетенням завдяки сукупності програмного та апаратного забезпечення. Комп'ютерне управління адаптує ША до єдиного керування його системами та двигунами головного приводу і допоміжних пристроїв (наприклад, для зміни щільності ділянок виробу або автоматичного обрізання ниток уніфікованої довжини), контролю за параметрами процесу, електромагнітного відбору голок, оперативної зміни швидкісних режимів та тривалості кожного з циклів, інформування про перебіг процесу в'язання, підготовки шаблонів, аналізу збору даних та системи контролю виробництва, автоматичного тестування, сенсорного контролю помилок та повідомлення про причини зупинок тощо. Інформація переважно відображається на РК-екрані ША.

Зрушення щодо розширення комп'ютерних можливостей на ША наочно представлені на одноциліндрових електронних автоматах X Machine та XT Machine компанії Santoni [1]. Обладнання оснащено новою автоматичною системою, яка керується мікрокомп'ютером, а також революційною системою відбору голок, що дозволяє реалізовувати безпрецедентні тривимірні переплетення з оригінальною технологією 3D Intarsia. Провідні виробники ША схилиються до впровадження електроніки власного виробництва, щоб обирати нестандартні самодостатні рішення в апаратному та програмному забезпеченні для диверсифікації у випадках виробничої необхідності. Як приклад, розробки електронних технологій підрозділом Dinema в Lonati Group [9], електронної системи управління 2900SL виробництва Stäubli [10] на ША Rumi, програмного забезпечення Art-Gen на лінійці ША Busi Giovanni, мікропроцесорних пристроїв Deimo на ША Nova D та Lucia D тощо.

Важливим інноваційним напрямком у виробництві ША є їх перехід до повної автоматизації, передусім до замкнутості технологічного циклу виробітку шкарпеток з автоматичним закриттям миску, оскільки ручні операції сповільнюють виробництво, роблять його трудомістким та вартісним. Високе співвідношення доходів та витрат (CBR) за цією опцією забезпечує виробникам шкарпеток швидку віддачу інвестицій (ROI). На ринку ША безперечно домінують розробки Lonati Group завдяки революційній системі автоматичної зашивки миска SbyS (Stitch-by-Stitch). Італійський виробник ША Rumi оголосив про впровадження нового пристрою для зашивки миску безпосередньо на в'язальній машині під назвою Rumi Sevenr D4S Cloe Toe (розробка швейцарської компанії з виробництва текстильної техніки STÄUBLI – лідера в галузі мехатроніки). Поєднання із системами керування робочими процесами і моніторингу виробництва DDATA та програмного забезпечення DStyler сприяє поліпшенню та оптимізації технологічного процесу. На ША Busi LIGHT MP зашивка миску реалізується на спеціальному пристрої Busi RIMAGLIO з робототехнічними зв'язками між процесами в'язання та шиттям на основі knitrobotic – автоматизованих робототехнічних операцій під час в'язання, що повністю скасовує використання ручних операцій. Пристрій автоматичного закривання на шкарпетках і панчохах Toe Closer виробника Santoni автоматів моделей HF SUPER 4.7 PBT реалізує класичну систему зашивки справжньою ланкою «голка-голкою». Значні інвестиції вкладені в розробки аналогічного призначення підрозділом Solis компанії Mates, чеською фірмою Uniplet A.S. (ексклюзивний представник в США - Trustfin USA Inc.).

Очевидно, що простота експлуатації ША з автоматичним закриттям миску полегшує їх використання, підвищує надійність та зменшує витрати на експлуатацію та обслуговування. Існує ймовірність, що автоматичне зшивання пальців шкарпеток може стати глобальним стандартом у галузі.

До головних вимог щодо механізмів відбору голок відносять швидкість переходу на новий асортимент, мінімальну протяжність замкових систем та точність

позиціонування рисунчастих штовхачів, яка впливає на функціональну надійність ША і, як наслідок, на якість виробу. Простота і зручність системи проектування візерунків (дизайн системи переважно використовують WINDOW98 / 2000 / XP) дозволяють робити трикотаж з 3D-віртуальним дизайном при наявності 3D-реалістичного програмного забезпечення. Перехід до електронного відбору голок та переключення нитководів окрім швидкої зміни асортименту сприяє розширенню кольорової гами, рисунків та переплетень на шкарпетках, що практично обмежується тільки уявою дизайнерів. Технічно індивідуальний відбір голок для створення візерунків на шкарпетках здійснюється актюаторами – швидкодіючими електромагнітними блоками відбору голок. Інноваційна технологія спеціалізованої фірми Matrix забезпечує на прикладі ША моделей Ange і Dera високі динамічні характеристики (надзвичайно швидкий час перемикання), високу надійність, зниження енергії споживання та високий рівень точності навіть при несприятливих умовах виробництва. Стабільну точність відбору між двома положеннями K і W для роботи на повільній та високій швидкостях автоматів забезпечують високопродуктивні пускачі SS Fukuhara, встановлення яких допускається на циліндрі.

Електромагнітний спосіб відбору голок дозволяє також реалізувати в'язання п'яtkового та мискового карманів без використання пристроїв для зменшення та збільшення кількості голок в процесі в'язання. Це забезпечує підвищення продуктивності ША, наприклад, в моделі Ange 14 W чеського виробника Uniplet на (15...25)% в порівнянні з традиційним підходом в попередніх моделях. Незалежний відбір голок при зворотно-обертальному русі циліндру без участі будь-яких механічних пристроїв, який дозволяє розмістити п'ятку в будь-якому місці шкарпетки також реалізується на одноциліндровому автоматі HT 50 компанії Santoni. Аналогічний підхід при в'язанні п'ятки презентовано виробниками російських автоматів Радуга-101 та Радуга-Спорт. Один із головних плюсів новітнього напрямку формування п'яtkових карманів – зменшення тривалості виробничого циклу.

Підвищення продуктивності та надійності за рахунок скорочення кількості механічних деталей на (35...40)% досягається кардинальними змінами в конструкціях приводів автоматів, першочергово з використанням крокових двигунів. Їх функціонування з комп'ютерним керуванням дозволяє відійти від кулісного механізму для реверсу (незважаючи на значну довговічність кулісного механізму, його ремонтпридатність значно понижує коефіцієнт готовності ША), що забезпечує зміну амплітуди обертання голкового циліндру на заданий кут та скорочує холостий вибіг циліндру на реверсі при в'язанні п'яtkових карманів та відповідно час в'язання виробу в цілому.

Оскільки робота ША супроводжується значним тепловиділенням, утворенням пилу та ворсу, то важливою складовою забезпечення їх функціональної надійності є використання високоефективних мастильних матеріалів. Представлено інноваційні розробки мастил за передовими технологіями: марка Textol виробника Zeller + Gmelin - для різних типів трикотажних машин, марка Textol CF Premium на основі синтетичного ефіру - для ША.

Завдяки останнім досягненням в інтеграції обробки даних, зв'язку і цифрової концепції, виробниками ША представлені нововведення щодо сучасних тенденцій розвитку глобальних електронних мереж для впровадження в Industry 4.0. Успіхи в областях автоматизації, технології виробничих та логістичних процесів разом з розвитком електронної торгівлі в недалекому майбутньому дозволять виробляти окремі вироби на основі споживчого попиту та без необхідності в традиційних виробничих та логістичних ланцюгах. Тому все більше компаній вирішують інвестувати в розробки ША, які придатні для цифрових виробництв – майбутнього підприємств.

**Висновки.** Представлено конкурентний ландшафт, останні тенденції та стан розвитку ринку шкарпеткових автоматів, а також популярні напрямки інноваційних інвестицій в галузі. Показано, що акцент направлений на розробки засобів мехатроніки, автоматизації, цифровізації на основі комп'ютерних систем, що забезпечить обмеження механічних пристроїв в США, які мають більшу вартість виготовлення, повільніші і громіздкі в експлуатації, складні в налаштуваннях при зміні асортименту, схильні до функціональних та механічних відмов. До переваг електронного управління також відносять його сумісність з існуючими механічними компонентами. Відзначено тенденції в виробництві автоматів для приєднання їх на цифровій основі до глобальної електронної мережі з входженням в Industry 4.0.

#### **Список використаної літератури**

1. ITMA 2019 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.itma.com/>.
2. Кизимчук О. П. Аналіз сучасного ринку обладнання для панчішно-шкарпеткового виробництва / О. П. Кизимчук, Л. М. Мельник, А. В. Дорофеева // Сучасні технології промислового комплексу: базові процесні інновації: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції (м. Херсон, 12–16 вересня 2018). – Херсон: ХНТУ, 2018. – С. 142–145.
3. Latest single cylinder sock & hosiery knitting machine. Retrieved from: <https://www.knittingindustry.com/sock-knitting-single-cylinder/>.
4. Global Hosiery Machines Industry Research Report | Market Analysis, Industry Trends and Forecast 2017–2022. Retrieved from: <https://www.researchcosmos.com/reports/reports/>.
5. Березін Л. М. Оцінка довговічності та надійності в'язальних механізмів панчішно-шкарпеткових автоматів: монографія / Л. М. Березін. – К.: КНУТД, 2013. – 191 с.
6. Международная научно-техническая конференция по надежности систем, услуг и технологий «Dependable Systems, Services and Technologies» (IEEE-DESSERT`2018) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://nure.ua/ru/konferencii-workshops/konferencii-ieee-2018>.
7. Новак С. Н. Повышение надежности системы нитеподачи одноцилиндровых чулочно-носочных автоматов: дис... канд. техн. наук: 05.02.13 / С. Н. Новак; Киевский технологический институт легкой промышленности. – Киев, 1991. – 155 с.
8. Advanced knitting technologe. Memminger-Iro: feeders, control systems and lubrication systems for knitting machines. Retrieved from: <https://www.memminger-iro.de/en/index.php>.
9. Dinemo Програмне забезпечення. Lonati Group. Retrieved from: [https://www.dinema.it/uploads/2019-9-6/brochure%20textile\\_LR.pdf](https://www.dinema.it/uploads/2019-9-6/brochure%20textile_LR.pdf).
10. Stäubli Flash ITMA 2019 ENG – Staubli. Retrieved from: <https://www.staubli.com/en/file/22860.show>.