

Саме такі властивості роблять його придатним для застосування у міні-шредерах, орієнтованих на локальну переробку полімерів.

### Висновки

У статті обґрунтовано, що одновальний привід є доцільним та технічно виправданим рішенням для пристрою, призначеного для подрібнення відходів 3D-друку. На відміну від більш складних багатовальних схем, одновальний механізм забезпечує простоту конструкції, менше енергоспоживання, достатній крутний момент та стабільну якість подрібнення.

Показано, що для ABS, PLA, PETG та інших термопластичних відходів 3D-друку одновальний шредер є оптимальним з точки зору формування однорідної фракції, придатної для повторної екструзії, грануляції або виготовлення композитів. Це створює передумови для локальних систем рециркуляції полімерів у навчальних, лабораторних і малих виробничих умовах.

Отже, застосування одновального приводу в пристроях для подрібнення відходів 3D-друку є технічно, економічно та екологічно обґрунтованим рішенням, яке відповідає сучасним вимогам ресурсозбереження.

### Література

1. Що робити з відходами 3D друку? [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://monofilament.com.ua/ua/publikatsiji/scho-robity-z-vidhodami-3d-druku-jak-podbati-pro-navkolishnje-seredovische?srsId=AfmVOoqTL3fOzubljgp2MKGYBphA4QQdH8PTweB\\_Nj0Dj0SjoLGeM ODm](https://monofilament.com.ua/ua/publikatsiji/scho-robity-z-vidhodami-3d-druku-jak-podbati-pro-navkolishnje-seredovische?srsId=AfmVOoqTL3fOzubljgp2MKGYBphA4QQdH8PTweB_Nj0Dj0SjoLGeM ODm)
2. Одновалкова дробарка для пет-пляшок та пластику [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://rozetka.com.ua/ua/samogonnie-apparati-bez-brenda-154680058/p555943536/>
3. Дробарка 200мм x 150мм для промислових відходів [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://rozetka.com.ua/ua/samogonnie-apparati-bez-brenda-154680065/p555943425/>

## ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ РОЗКРОЮ У ШВЕЙНИХ МАШИНАХ ЦИКЛІЧНОГО ШИТТЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛАЗЕРНОГО СКАНЕРА

Красій М.<sup>1</sup>, Поліщук О.<sup>1</sup>, Лісевич С.<sup>1</sup>, Стручок Д.<sup>1</sup>, Рубанка М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Хмельницький національний університет, Україна

<sup>2</sup>Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

### Анотація

У статті розглянуто питання обґрунтування вибору лазерного сканера для швейної машини циклічного шиття, призначеного для забезпечення адаптивного регулювання фокусної відстані лазерного вузла в процесі розкрою матеріалів змінної товщини. Актуальність дослідження зумовлена широким застосуванням машин циклічного шиття у швейному виробництві та необхідністю підвищення якості лазерного різання в умовах складного рельєфу заготовок. Проаналізовано обмеження механічних і контактних способів сканування, а також недоліки лазерних вузлів із фіксованим та двопозиційним положенням фокусної лінзи. Показано, що використання лазерного сканера як засобу активного безконтактного вимірювання відстані до поверхні матеріалу дає змогу оперативно реагувати на зміну висоти ділянок заготовки та підтримувати оптимальне фокусування в реальному часі. Розглянуто технічні переваги запропонованого рішення, зокрема високу швидкість, відсутність механічного контакту з матеріалом, можливість інтеграції з системою автофокусування та простоту адаптації до різних

*технологічних схем шиття. Обґрунтовано, що лазерний сканер є найбільш доцільним елементом системи керування лазерною головкою швейної машини циклічного шиття, оскільки забезпечує стабільну якість різання, зменшення браку та підвищення технологічної гнучкості обладнання.*

**Ключові слова**

*Швейна машина циклічного шиття, лазерний сканер, автофокусування, лазерна головка, адаптивне керування, розкрій матеріалів, безконтактне вимірювання.*

**INCREASING CUTTING ACCURACY IN CYCLIC SEWING MACHINES  
USING A LASER SCANNER**

Krasii M.<sup>1</sup>, Polishchuk O.<sup>1</sup>, Lisevych S.<sup>1</sup>, Struchok D.<sup>1</sup>, Rubanka M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Khmelnytskyi National University, Ukraine

<sup>2</sup>Kyiv National University of Technology and Design, Ukraine

**Abstract**

*The article considers the substantiation of the selection of a laser scanner for a cyclic sewing machine intended to provide adaptive adjustment of the laser head focus distance during cutting of materials with variable thickness. The relevance of the study is determined by the widespread use of cyclic sewing machines in garment production and the need to improve laser cutting quality under conditions of complex workpiece geometry. The limitations of mechanical and contact-based scanning methods are analyzed, as well as the shortcomings of laser heads with fixed and two-position lens arrangements. It is shown that the use of a laser scanner as an active non-contact distance measurement device makes it possible to respond promptly to changes in the surface height of the workpiece and maintain optimal focusing in real time. The technical advantages of the proposed solution are discussed, including high response speed, absence of mechanical contact with the material, compatibility with an autofocus system, and ease of adaptation to various sewing process configurations. It is substantiated that the laser scanner is the most appropriate element of the laser head control system for a cyclic sewing machine, as it ensures stable cutting quality, reduced defects, and improved technological flexibility of the equipment.*

**Keywords**

*Cyclic sewing machine, laser scanner, autofocus, laser head, adaptive control, material cutting, non-contact measurement.*

**Вступ**

Сучасна швейна промисловість активно використовує машини циклічного шиття для виконання операцій, пов'язаних із точним розкромом і формуванням деталей складної конфігурації. Такі машини широко застосовуються у виробництві одягу, взуття, галантерейних виробів, а також у виготовленні спеціальних текстильних і комбінованих виробів. Однією з причин їх широкого впровадження є можливість автоматизації технологічного циклу, підвищення повторюваності операцій та зменшення людського фактора. Разом із тим, ефективність роботи таких машин значною мірою залежить від конструкції допоміжних вузлів, зокрема лазерних систем різання [1].

Лазерний вузол у машинах циклічного шиття виконує функцію точного розкромом матеріалу без значної механічної дії на заготовку. Це особливо важливо під час роботи з багатошаровими пакетами тканин, потовщеннями, згинами, перекриттями та іншими нерівностями поверхні. У реальних умовах швейного виробництва товщина матеріалу часто змінюється в межах одного циклу, що ускладнює стабільне утримання фокусу лазера на оптимальній відстані. В результаті виникають дефекти: оплавлення країв, неповний розкрій, обвуглення, локальне перегрівання та погіршення якості виробу [2, 3].

У попередніх дослідженнях уже було показано, що лазерні головки з фіксованою або двопозиційною фокусною відстанню не забезпечують повної адаптації до зміни висоти поверхні матеріалу [2; 3]. Це означає, що для сучасних машин циклічного шиття потрібне рішення, яке дає змогу в реальному часі вимірювати відстань до заготовки та оперативно коригувати положення фокусної лінзи. Саме тому особливого значення набуває вибір лазерного сканера як сенсорного елемента системи автофокусування.

Лазерний сканер у цьому випадку розглядається не лише як вимірювальний пристрій, а як ключовий елемент адаптивного керування лазерною головкою. Його застосування дає змогу забезпечити безконтактне зондування поверхні, високу швидкість реагування та точність відслідковування рельєфу заготовки. У контексті машин циклічного шиття це відкриває можливість роботи з більш складними шаблонами, зменшує ризик браку та підвищує технологічну гнучкість обладнання [4, 5].

### Об'єкт та методи дослідження

Об'єктом дослідження є лазерний вузол швейної машини циклічного шиття, зокрема система вимірювання відстані до поверхні матеріалу та механізм регулювання фокусної відстані. Предметом дослідження є лазерний сканер як засіб активного безконтактного контролю положення поверхні заготовки у складі системи автофокусування лазерної головки. Для досягнення мети дослідження використано такі методи: аналіз технічної літератури та патентних джерел; порівняння існуючих конструкцій лазерних головок; інженерно-технологічне узагальнення; логіко-аналітичний метод оцінювання придатності сенсорних систем для умов змінної товщини матеріалів; структурно-функціональний аналіз взаємодії сканера, системи керування та приводу фокусної лінзи.

У межах дослідження розглянуто реальні конструкції лазерних вузлів, які застосовуються у машинах циклічного шиття, та оцінено їхні можливості з точки зору адаптації до поверхонь із нерівностями, перекриттями і змінною товщиною. Особливу увагу приділено порівнянню механічних, контактних і безконтактних методів вимірювання відстані.

### Постановка завдання

Метою статті є обґрунтування вибору лазерного сканера для швейної машини циклічного шиття як найбільш доцільного засобу забезпечення адаптивного регулювання фокусної відстані лазерної головки. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: проаналізувати особливості роботи машин циклічного шиття в умовах змінної товщини матеріалу; визначити недоліки існуючих лазерних вузлів із фіксованою та двопозиційною фокусною відстанню; порівняти механічні, контактні та безконтактні методи сканування поверхні заготовки; обґрунтувати переваги лазерного сканера як активного сенсорного елемента; визначити його роль у системі автофокусування лазерної головки; сформулювати технічні та технологічні аргументи на користь запропонованого рішення.

### Результати їх обговорення

Аналіз сучасних машин циклічного шиття показує, що інтеграція лазерного різання значно підвищує універсальність обладнання. Водночас саме лазерний вузол часто залишається найменш адаптивним елементом системи. У більшості промислових моделей застосовуються або лазерні головки з жорстко зафіксованим положенням фокусної лінзи, або конструкції з обмеженим числом положень, наприклад двопозиційним перемиканням. Такі рішення є прийнятними для тонких, однорідних за товщиною матеріалів, але неефективні у випадку складних заготовок із локальними потовщеннями (рис.1) [2, 3].

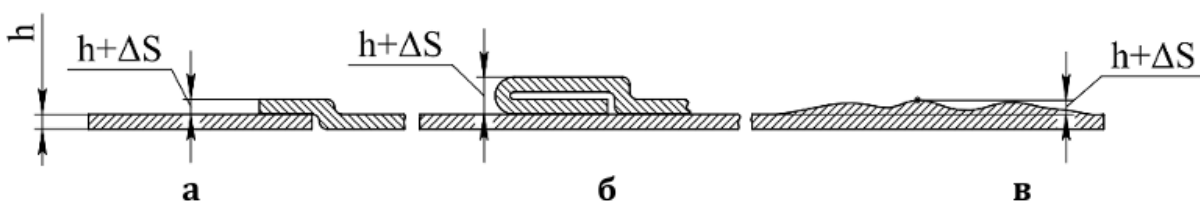


Рис.1. Основні типи потовщень: а – перекриття матеріалів

Під час шиття або розкрою пакети матеріалів можуть мати різну товщину в межах однієї траєкторії різання. Це зумовлено перекриттям шарів, наявністю підгину, швів, накладок, конструктивних елементів деталей одягу або взуття. У таких умовах відстань від світловиводу до поверхні заготовки повинна змінюватися практично миттєво. Якщо фокусна відстань не коригується, енергія лазерного променя розподіляється нерівномірно, що знижує якість крою і підвищує ймовірність термічного пошкодження країв матеріалу [4, 5].

Механічні пристрої для сканування поверхні є недостатньо ефективними через наявність контакту з матеріалом. Контактний сенсор, проходячи через потовщення або нерівності, може зсувати шари тканини, створювати додатковий тиск на заготовку, викликати деформації та спричиняти брак. Крім того, механічний елемент під час роботи на високих швидкостях піддається зносу, що зменшує надійність системи. Саме тому в умовах високошвидкісного шиття доцільним є безконтактний метод вимірювання.

Лазерний сканер у цьому контексті має низку принципівих переваг. По-перше, він не взаємодіє фізично з матеріалом, а отже не створює додаткового тиску, не зсуває шари та не погіршує положення заготовки на робочій поверхні. По-друге, лазерний принцип вимірювання забезпечує високу точність визначення відстані до поверхні, що є критичним для підтримання стабільного фокусу. По-третє, сканер може працювати на значних швидкостях, які відповідають режимам машин циклічного шиття, де швидкість розкрою часто перевищує 100 мм/с [2, 3].

Ще однією важливою перевагою лазерного сканера є його сумісність із системою автофокусування. Сканер може подавати сигнал до блока керування, який у свою чергу формує команду для приводу фокусної лінзи або фокусної труби. Таким чином, положення лазерної головки регулюється в реальному часі, а не після завершення циклу або на основі заздалегідь заданих двох режимів. Це особливо важливо для складних шаблонів, де контур заготовки має локальні підйоми, западини або зміну товщини в окремих зонах [1, 2].

У разі застосування лазерного сканера підвищується не лише якість різання, а й загальна технологічна стабільність процесу. Система може оперативно компенсувати зміни висоти поверхні та підтримувати оптимальну відстань від світловиводу до матеріалу. Це означає, що енергія променя витрачається більш ефективно, а зона термічного впливу залишається контрольованою. Для швейного виробництва це критично, оскільки перегрів матеріалу може призвести до оплавлення синтетичних волокон, порушення естетичного вигляду кромки та втрати споживчих властивостей виробу.

Окремо слід зазначити, що лазерний сканер дозволяє підвищити універсальність машини циклічного шиття. Якщо система може зчитувати рельєф різних матеріалів, то одна й та сама машина здатна працювати з більшою кількістю шаблонів, пакувальних схем і конструктивних варіантів деталей. Це особливо важливо для підприємств, які випускають різноманітну номенклатуру продукції та не можуть дозволити собі окремі машини під кожен тип заготовки.

У технічному плані лазерний сканер вигідно поєднується з кроковим або сервоприводом, який здійснює переміщення фокусної лінзи. Сканер виконує вимірювальну функцію, а привод - коригуючу. Такий поділ дозволяє розвантажити логіку керування, підвищити швидкість реакції та спростити налаштування системи. На відміну від черв'ячних або чисто механічних систем регулювання, лазерний сканер не потребує складної контактної взаємодії з заготовкою і краще підходить для реального часу.

Не менш важливим є питання інтеграції лазерного сканера в загальну архітектуру швейного автомата. Сучасні машини циклічного шиття вже оснащуються програмним керуванням, датчиками позиціонування, автоматичними системами подачі та інтерфейсами для налаштування циклів (рис.2). Впровадження лазерного сканера логічно

вписується в цю структуру, оскільки не потребує радикальної перебудови обладнання. Навпаки, він може бути реалізований як модуль, що підключається до наявного блоку керування та працює у зв'язці з програмним забезпеченням машини.



*Рис.2. Автоматична лазерна машина циклічного шиття [6]*

Порівняння варіантів показує, що для умов циклічного шиття лазерний сканер має найкращий баланс між точністю, швидкістю, надійністю та технологічною гнучкістю. Механічні сенсори поступаються йому через контактність, а оптичні або лазерні безконтактні методи є більш придатними для високошвидкісної роботи. Саме тому вибір лазерного сканера є не лише технічно виправданим, а й стратегічно доцільним для подальшої автоматизації швейного виробництва.

Таким чином, лазерний сканер виконує в системі циклічного шиття подвійну роль: вимірювальну та керуючу. Він формує інформаційну основу для стабілізації фокусу, а отже безпосередньо впливає на якість крою, зменшення браку та економічну ефективність виробництва. В умовах постійного ускладнення конструкції швейних виробів саме така система здатна забезпечити високий рівень адаптації обладнання до реальних технологічних умов.

## **Висновки**

У статті обґрунтовано доцільність використання лазерного сканера як основного сенсорного елемента системи адаптивного регулювання фокусної відстані в швейній машині циклічного шиття.

Встановлено, що механічні та контактні методи сканування поверхні мають суттєві обмеження під час роботи з матеріалами змінної товщини, оскільки можуть спричинити деформацію заготовки, зсув шарів і появу браку. Натомість лазерний сканер забезпечує безконтактне, швидке й точне вимірювання відстані до поверхні матеріалу.

Показано, що застосування лазерного сканера дає змогу реалізувати систему автофокусування, яка працює в реальному часі, адаптується до рельєфу заготовки та підтримує стабільну якість лазерного різання. Це підвищує технологічну гнучкість швейної машини циклічного шиття, зменшує втрати матеріалу та сприяє автоматизації виробничого процесу.

Отже, лазерний сканер є найбільш доцільним вибором для сучасних швейних машин циклічного шиття, орієнтованих на високоточний розкрій матеріалів зі змінною товщиною та складною геометрією.

### Література

1. Jana P. Automation in sewing technology. Automation in Garment Manufacturing / ed. by R. Nayak, R. Padhye. Cambridge: Woodhead Publishing, 2018. P. 199–236. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101211-6.00009-4>.
2. CN1145598A. A kind of laser cutting device for sewing machine. Zhejiang University of Technology (CN). Опубл. 1996-04-03.
3. CN1126633C. Laser cutting device for sewing machine. Zhejiang University of Technology (CN). Опубл. 2003-11-26.
4. Привала В. О., Засорнова І. О., Кошевко Ю. В. Основи технології виробів: методичні вказівки до виконання курсового проекту для студентів спеціальності «Технології легкої промисловості». Хмельницький: ХНУ, 2018. 118 с. URL: [https://tksv.khmnpu.edu.ua/metod/2018/otv\\_kp.pdf](https://tksv.khmnpu.edu.ua/metod/2018/otv_kp.pdf).
5. Литвин В. Г., Степура А. О. Конструювання швейних виробів. Київ: Вікторія, 2008. 320 с.
6. Automatic Laser Pocket Open Pattern Design Template Machine [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.alibaba.com/product-detail/Automatic-Laser-Pocket-Open-pattern-design\\_1600192699298.html?spm=a2700.7724857.0.0.406f2875r5prqY](https://www.alibaba.com/product-detail/Automatic-Laser-Pocket-Open-pattern-design_1600192699298.html?spm=a2700.7724857.0.0.406f2875r5prqY).