

УДК 687.05:685.34.05:685.34.025.4

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.1.25>

РЕСУРСООЩАДНИЙ НАПІВАВТОМАТ З ЕЛЕКТРОННО ЦИФРОВИМ АПАРАТОМ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ МАШИНИ ШНУРОВОЇ ЗАТЯЖКИ ЗАГОТОВКИ З ФРИКЦІЙНОЮ ОБТЯЖКОЮ

Росул Р. В. – кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерії технологій та професійної освіти Мукачівського державного університету
ORCID ID: 0009-0008-6855-4612

Фордзюн Ю. І. – кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерії технологій та професійної освіти Мукачівського державного університету
ORCID ID: 0000-0001-6709-9525

Бродович Ю. Р. – кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач кафедри інженерії технологій та професійної освіти Мукачівського державного університету
ORCID ID: 0009-0005-6458-3553

Максютова О. В. – PhD, старший викладач кафедри інженерії технологій та професійної освіти Мукачівського державного університету
ORCID ID: 0000-0001-8400-1382

У статті запропонована удосконалена ресурсоощадним напівавтоматом з електронно цифровим апаратом машина для фрикційної шнурової затяжки заготовок із різноманітних матеріалів. Продуктивність машин і апаратів для виконання технологічних операцій затягування та формування в основному залежить від уніфікації та можливості універсального підходу до процесу. Завдяки автоматизації й об'єднанню операцій процесів затягування та формування деталей, можна суттєво покращити продуктивність обладнання для виконання формуютьовуючих операцій. Це можна зробити за рахунок створення конструкції нової машини, взявши за прототип уже існуючу машину для затяжки п'яткової частини та удосконалити дослідною установкою. В результаті отримаємо обладнання, що здійснює універсальний процес формування заготовки в цілому з додатковою можливістю контролювати фактори, які впливають на якість затяжки. А поліпшення вказаних показників загалом приведе до зниження енергетичних витрат і зменшення вартості обладнання порівняно з прототипом. Проведені у попередніх роботах теоретичні та експериментальні дослідження й отримані при цьому результати створили передумови для розробки принципових і конструктивно-технологічних схем автоматизованого високоточного обладнання для якісного формування на основі методу фрикційної шнурової затяжки. На основі результатів експериментальних досліджень запропонована конструктивна схема машини-напівавтомат з електронно цифровим апаратом для шнурової затяжки заготовки з фрикційною обтяжкою МФШЗ-І. Машина МФШЗ-І має такі конструкції виконавчих механізмів. Нижня опора складається із стійки і кронштейну. Поворот опори на осі на необхідний кут здійснюється гідроциліндром. Коли опора переміщується до п'яткової фрикційної рамки, то вона у цьому положенні фіксується циліндром, шток якого входить в отвір кронштейну, закріпленого на опорі. Підйом опори доверху здійснюється гідроциліндром. Положення штуцера та носково-пучкової рамки по висоті регулюється гайками, а у поздовжньому напрямі фіксується на рейці собачкою. Поздовжній рух рамки здійснюється гідроциліндром, а поперечний – за допомогою гідроциліндру. Положення рамок поперек сліду регулюється серезками. При подачі мастила в безштокову порожнину гідроциліндру переміщується повзун і з ним п'яткова фрикційна рамка – до дотику з колодкою. Ширину обтискування регулюють гвинтами. П'яткова рамка змінна та встановлюється в залежності від виду взуття. В зв'язку з тим, що машина односекційна і на ній права та ліва півпари заготовок обробляються поперемінно,

кронштейн з фрикційною рамкою за допомогою циліндра здійснює поворот то в одну, то в другу сторону. З метою визначення техніко-економічних показників обладнання було проведено дослідне затягування 5-и заготовок з натуральної шкіри за допомогою удосконаленої експериментальної установки з точним вимірюванням часу (хронометражем) виконання всіх елементів операції. Порівняння техніко-економічних показників розробленого у роботі та типового затяжного обладнання показало, що представлене обладнання може достатньо ефективно застосовуватись на взуттєвих підприємствах

Ключові слова: напівавтомат, електронно цифровий апарат, машина, гідроциліндр, важіль, кронштейн, реверсний двигун, продуктивність, шнур.

Rosul R. V., Fordziun Yu. I., Brodovich Yu. R., Maksyutova O. V. Resource-saving semi-automatic machine with electronic digital device for improvement of the machine for cord tightening of a workpiece with a friction

The paper considers the proposed improved resource-saving semiautomatic machine with an electronic digital device for friction cord tightening of workpiece from various materials. The productivity of machines and devices for performing technological operations of tightening and forming mainly depends on the unification and possibility of a universal approach to the process. Due to automation and unification of operations of the processes of tightening and forming of parts, it is possible to significantly improve the productivity of equipment for performing forming operations. This can be done by creating a new machine design, taking as a prototype an existing machine for tightening the heel part and improving it with a pilot plant. The result will be equipment that performs a universal process of forming the workpiece as a whole with the additional ability to control the factors that affect the quality of the tightening. Improvement of these indicators will generally lead to a reduction in energy costs and a reduction in the cost of equipment compared to the prototype. The theoretical and experimental studies carried out in previous works and the results obtained have created the prerequisites for the development of fundamental and constructive technological schemes of automated high-precision equipment for high-quality molding based on the friction cord tightening method. Based on the results of experimental studies, a design scheme of a semi-automatic machine with an electronic digital device for cord tightening of a workpiece with a friction band MFSHZ-1 was proposed. The MFSHZ-1 machine has the following actuator designs. The lower support consists of a stand and a bracket. The support is rotated on the axis to the required angle by a hydraulic cylinder. When the support moves to the heel friction frame, it is fixed in this position by a cylinder, the rod of which enters the hole of the bracket fixed to the support. The support is lifted upward by a hydraulic cylinder. The height position of the fitting and the sock-and-bundle frame is adjusted by nuts, and in the longitudinal direction it is fixed on the rail with a dog. The longitudinal movement of the frame is controlled by a hydraulic cylinder and the transverse movement by a hydraulic cylinder. The position of the frames across the track is regulated by earrings. When lubricant is supplied to the rodless cavity of the hydraulic cylinder, the slider moves, and the heel friction frame moves with it until it touches the pad. The crimping width is adjusted with screws. The heel frame is replaceable and is set depending on the type of shoe. Due to the fact that the machine is single-section and the right and left half-pairs of workpieces are processed alternately, the bracket with the friction frame is rotated in one direction or the other by a cylinder. In order to determine the technical and economic performance of the equipment, we conducted a pilot tightening of 5 genuine leather blanks using an improved experimental setup with accurate time measurement (timing) of all elements of operations. Comparison of the technical and economic indicators of the equipment developed in the work and typical tightening equipment showed that the presented equipment can be used quite effectively at shoe enterprises

Key words: semi-automatic, electronic digital apparatus, machine, hydraulic cylinder, lever, bracket, reverse motor, performance, cord.

Вступ. Продуктивність машин і апаратів для виконання технологічних операцій затягування та формування в основному залежить від уніфікації та можливості універсального підходу до процесу. Завдяки автоматизації й об'єднанню операцій процесів затягування та формування деталей, можна суттєво покращити продуктивність обладнання для виконання формоутворюючих операцій. Це можна зробити за рахунок створення конструкції нової машини, взявши за прототип уже існуючу машину для затяжки п'яткової частини та удосконалити дослідною установкою. В результаті отримаємо обладнання, що здійснює універсальний процес формування заготовки в цілому з додатковою можливістю контролювати фактори, які впливають на якість

затяжки. А поліпшення вказаних показників загалом приведе до зниження енергетичних витрат і зменшення вартості обладнання порівняно з прототипом.

Постановка проблеми. Як відомо, продуктивність машин і апаратів для виконання технологічних операцій зтягування та формування в основному залежить від уніфікації і можливості універсального підходу до процесу [1]. Завдяки автоматизації і об'єднанню операцій процесів зтягування і формування деталей, можна суттєво покращити продуктивність обладнання для виконання формуютьючих операцій. Це можна зробити за рахунок створення конструкції нової машини, взявши за прототипи машину для зтяжки п'яtkової частини ЗПК-4-О та удосконалити дослідною установкою. В результаті отримаємо обладнання, що здійснює універсальний процес формування заготовки в цілому з додатковою можливістю контролювати фактори, які впливають на якість зтяжки. А поліпшення вказаних показників загалом приведе до зниження енергетичних витрат та зменшення вартості обладнання порівняно з прототипом.

Відомий пристрій для дослідження процесу шнурової зтяжки заготовки верху взуття, що включає основу і розташовану на ній установчу призму для прикріплення опорної площини взуттєвої колодки з натягнутим на останню верхом взуття, по периметру якого введений гнучкий силовий елемент [1]. Відомий пристрій є напівавтоматом МК-6МА, який призначений для виконання шнурової зтяжки деталей верху взуття із подальшим механізованим зав'язуванням кінців шнура. У пристрої МК-6МА, колодка кріпиться слідом вверх на штуцері, що дозволяє використовувати колодку різних розмірів. Для зтяжки застосовується гнучкий силовий елемент шнур. За рахунок механізованого зав'язування шнура фіксується заготовка в зтягнутому положенні. Однак цей пристрій не може застосовуватись для виробничих процесів з таких причин:

- а) пристрій не призначений для безпосереднього виробничого процесу;
- б) пристрій не дає змоги послідовно змінювати навантаження на гнучкий силовий елемент (шнур).

Слідуючий відомий пристрій для дослідження процесу шнурової зтяжки заготовки верху взуття [2]. Пристрій призначений для прецизійного дослідження процесу шнурового зтягування верху взуття із на різного розмірного типу колодках (які можна змінювати та закріплювати за допомогою кріпильних елементів), фіксувати і задавати потрібне навантаження, вимірювати, фіксувати та змінювати різного роду деформації. Проте цей пристрій не може застосовуватись для рівномірного розподілу деформації і обтискування частин заготовки з можливістю фіксації останніх з таких причин:

- а) пристрій не дає змоги рівномірно розподілити деформації в проблемних ділянках (носовій і задній частинах);

- б) пристрій не дає змоги розгладити складки, що утворюються в процесі зтягування;

- в) пристрій не дає змоги змінити залежність формування деталі заготовки від коефіцієнту тертя колодки і матеріалу;

- г) пристрій не дає змоги фіксувати частини заготовки в процесі зтягування.

Наступний пристрій для дослідження шнурової зтяжки з фрикційною обтяжкою заготовки верху взуття [3]. Пристрій призначений для прецизійного дослідження процесу шнурового зтягування верху взуття із на різного розмірного типу колодках (які можна змінювати і закріплювати за допомогою кріпильних елементів), фіксувати та задавати потрібне навантаження, вимірювати, фіксувати, змінювати і рівномірно розподіляти різного роду деформації у носовій і задній

частинах заготовки. Але цей пристрій не придатний для вимірювання зміни товщини матеріалу в різних ділянках заготовки і не дає можливості дослідити процес деформування заготовки за трьома напрямками (повздовжньому, поперечному та по товщині) з таких причин:

- а) пристрій не оснащений засобами для вимірювання товщини матеріалу;
- б) пристрій не дає змоги фіксувати зміну товщини заготовки в процесі формування;
- в) пристрій не дає змоги описати деформації в 3D форматі;
- г) пристрій не дає змоги застосувати сучасні інформаційні технології для дослідження процесу просторового деформування.

Прототипом винаходу служить апарат для комплексного дослідження процесу формування заготовки верху взуття методом шнурової затяжки[4]. Апарат включає основу та розташовану на ній установчу призму для прикріплення опорної площини взуттєвої колодки з натягнутим на останню верхом взуття, по периметру якого введений гнучкий силовий елемент, обладнаний устаткуванням для визначення градації навантажень на затяжну кромку заготовки та вимірювання її поперечної деформації, виконаним у вигляді закріплених на основі 2-х вертикальних стійок з динамометрами, розташованими в поперечному напрямі до колодки, і пересувної стійки з цифровим фотоапаратом та/або вимірювальним мікроскопом і облаштований пристроєм для рівномірного розподілу деформації у носковій і задній частинах заготовки, виконаного у вигляді 2-х пневмотрубопроводів з фрикційними обтискувальними рамками, розташованими у вертикальному та повздовжньому напрямках до колодки. який відрізняється тим, що додатково оснащений ультразвуковим засобом, типу ТАУ 410, для вимірювання зміни товщини матеріалу в процесі формування в різних ділянках заготовки, представленого у вигляді електронно-вимірювального блоку, що кріпиться на поперечну нижню стійку рами за допомогою універсального утримувача для мобільних телефонів та п'єзоперетворювачами з кабельними подовжувачами.

Недоліками цього апарату є:

- а) відсутність механічного приводу для задання навантаження;
- б) апарат не дає змоги дискретно змінювати навантаження;
- в) пристрій в зміні навантаження задіює мускульну силу людини;
- г) пристрій не дає змоги автоматизувати процес навантаження на шнур.

Метою дослідження є розробка принципів і конструктивно-технологічних схем автоматизованого високоточного обладнання для якісного формування на основі методу фрикційної шнурової затяжки.

Виклад основного матеріалу. З урахуванням сказаного запропонована конструкція машини-напіваавтомату для фрикційної шнурової затяжки заготовок верху взуття із різноманітних матеріалів, яку тут будемо називати МФШЗ-1 (Рис. 1).

Принцип роботи машини МФШЗ-1 полягає в наступному. Заготовка одягається на колодку, верхньою площадкою закріплену під необхідним кутом до силових затяжних органів машини на штупері 4 нижньої опори.

При першому натисканні на педаль орієнтується в просторі і починає переміщуватися по відношенню до носково-пучкової частини заготовки фрикційна рамка 6. Ці дії виконуються за допомогою поршнів 25, 26. Після візуального контролю положення колодки з заготовкою здійснюється друге натискання на педаль вмикання. При цьому нижня опора переміщує колодку із заготовкою в робочу зону. Слід колодки встановлюється по висоті на рівні фрикційної рамки 17, а п'яткова частина обтискається діафрагмою.

Паралельно з цими діями в роботу включається електронно-цифровий апарат 5. Він отримує переміщення від гідроциліндру 14 через важіль 15.

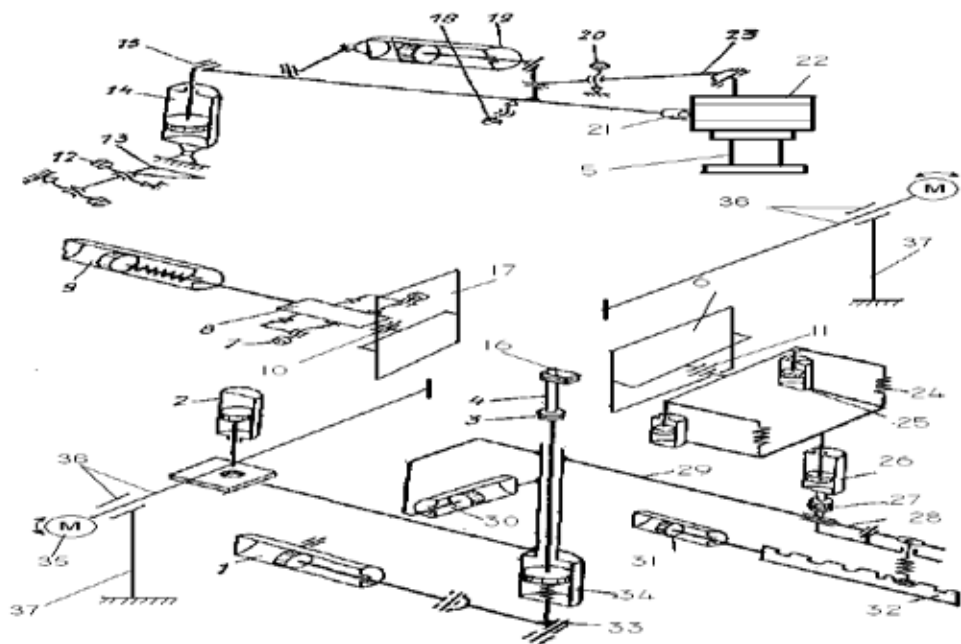


Рис. 1. Конструктивна схема машини для шнурової затяжки заготовки з фрикційною обтяжкою МФШЗ-1

Нижнє положення апарату регулюється гвинтом 18. Рух електронно-цифрового апарату 5 вперед-назад здійснюється від гідроциліндру 19. Кут його нахилу регулюється ходом важеля 23, крайнє положення якого встановлюється і далі змінюється гвинтом 20.

Після орієнтування в просторі і попередньої обтяжки заготовки, вільні кінці затяжного шнура кріпляться до гвинтової пари 36 силового блоку, який дістає рух від реверсних двигунів 35 і розміщений на стійках 37.

Машина МФШЗ-1 має такі конструкції виконавчих механізмів. Нижня опора складається із стійки і кронштейну 29. Поворот опори на осі 33 на необхідний кут здійснюється гідроциліндром 1. Коли опора переміщується до п'яткової фрикційної рамки 17, то вона у цьому положенні фіксується циліндром 2, шток якого входить в отвір кронштейну, закріпленого на опорі. Підйом опори доверху здійснюється гідроциліндром 34. Положення штупера 4 і носково-пучкової рамки по висоті регулюється гайками 3 і 27, а у поздовжньому напрямі фіксується на рейці собачкою 32. Повздовжній рух рамки 6 здійснюється гідроциліндром 30, а поперечний – за допомогою гідроциліндру 26. Положення рамок поперек сліду регулюється сережками 10 і 11. При подачі мастила в безштокову порожнину гідроциліндру 9 переміщується повзун 8 і з ним п'яткова фрикційна рамка – до дотику з колодкою. Ширину обтискування регулюють гвинтами 7. П'яткова рамка змінна і встановлюється в залежності від виду взуття.

В зв'язку з тим, що машина односекційна і на ній права та ліва півпари заготовок обробляються поперемінно, кронштейн 28 з фрикційною рамкою 6 за допомогою циліндра 30 здійснює поворот то в одну, то в другу сторону.

Розрахункова продуктивність машини МФШЗ-1 сягає 185 пар/год. заготовок легкого безпідкладкового взуття при сумарній потужності двох електродвигунів 0,70 кВт.

Порівняння техніко-економічних показників запропонованого та типового формоутворюючого обладнання. З метою визначення техніко-економічних показників обладнання для шнурової з'яжки заготовки з фрикційною обтяжкою було проведене дослідне з'ягування 5-и заготовок з натуральної шкіри (бичини) 24,0 розміру за допомогою удосконаленої експериментальної установки з точним вимірюванням часу (хронометражем) виконання всіх елементів операцій.

Знаючи розміри L_3 (мм) заготовки, зусилля з'яжки Q_3 (Н), час τ (с) виконання операцій, залежності $L_3 = f(\tau)$, $Q_3 = f(\tau)$, можна знайти інші технічні характеристики обладнання і технологічного процесу з'ягування, зокрема: корисну роботу A_k , тобто роботу, яка витрачається лише на з'ягування одної заготовки; роботу рухомих сил A_{pc} , тобто сил, що забезпечують рух механізмів машини.

Коефіцієнт корисної дії обладнання з рухомими силовими органами визначається за формулою [5]:

$$\eta_m = \frac{A_k}{A_{pc}} 100\%. \quad (1)$$

В свою чергу корисна робота A_k , затрачена при виконанні операції з'ягування, визначається за формулою [53]:

$$A_k = \frac{1}{2} \cdot Q_3 \cdot \tau. \quad (2)$$

Енергія, що споживається обладнанням для з'яжки від джерела живлення за один цикл, визначається величиною площі, яка обмежена кривою потужності P , яка споживається, та віссю, що співпадає геодезичною лінією L [3]:

$$A_p = \int_{L_2}^{L_1} PL \cdot \cos(P, dL) dL. \quad (3)$$

Визначення корисної та витраченої робіт дало змогу знайти коефіцієнт корисної дії η удосконаленої дослідної установки в умовах, близьких до виробничих. Як показали розрахунки, він складає 23,5 %.

З метою визначення ефективності застосування дослідної установки для фрикційної шнурової з'яжки заготовок, було проведено порівняння її технічних показників з аналогічними показниками таких відомих машин: для з'яжки п'яркової частини – ЗПК-4-О, для обтяжки та клеєвої з'яжки носково-пучкової частини заготовки – ЗНК-2М-0, для роликової з'яжки геленкової частини заготовки – ЗКГ-2-О [54]. Порівняння технічних показників обладнання наведене в табл. 1.

Аналіз наведених даних показує, що усі показники удосконаленої дослідної установки перевершують показники типового з'яжального обладнання. Це означає, що вона може достатньо ефективно застосовуватись на взуттєвих підприємствах.

Для оцінки досягнутого технічного рівня дослідної установки, а також порівняння її техніко-економічних показників з існуючим обладнанням для з'яжки, було використано систему загальновідомих об'єктивних критеріїв.

Таблиця 1

**Порівняння технічних показників удосконаленої дослідної установки
та типового зтяжного обладнання**

Показник	Порівнюване обладнання			
	Удосконалена автоматизована дослідна установка	ЗНК-2М-0	ЗКГ-2-О	ЗПК-4-О
Продуктивність, пар/год.	185	130	125	125
Потужність, кВт:				
– електродвигуна	0,45	2,2	2,2	0,75
– нагрівача	–	2,5	1,83	2,5-5
– компресора	0,25	0,75	–	0,75
Тиск, мПа:				
– у гідро-, пневмосистемі	2-3	4,9	4	4-5
– у гідро-, пневмоакумуляторі	2,5-5	1-4	1-2	1-4
Максимальне зусилля зтягування, Н	150	250	300	450
Місткість баку гідроприводу, л	-	12	5	63
Габарити, мм	~ 770× 1003×550	1050× 1550×180	760× 690×1820	640× 1110×1620
Маса, кг	~ 27,5	1050	350	135

1. *Коефіцієнт відносної маси машини κ_m* . Більш ефективним є те обладнання, у якого цей коефіцієнт менший [54–55]. Коефіцієнт відносної маси машини визначається за формулою:

$$\kappa_m = \frac{G_m}{Q_z}, \quad (4)$$

де G_m – загальна маса машини, кг.

Q_z – технологічне зусилля робочого органу, кН.

2. *Коефіцієнт відносної площі*. Більш ефективним є те обладнання, у якого даний коефіцієнт менший [6]. Коефіцієнт $\kappa_{пл}$ визначається за формулою:

$$\kappa_{пл} = \frac{S_o}{Q_z}, \quad (5)$$

де $S_{пл}$ – площа, яку займає обладнання, м².

3. *Коефіцієнт енерговитрат κ_e* . Енергетичні витрати обладнання для зтяжки були визначенні, виходячи з того, скільки споживається електричної енергії на 1 погонний мм заготовки, що формується. Коефіцієнт κ_e визначається за формулою:

$$\kappa_e = \frac{W}{nL}, \quad (6)$$

де W – кількість електричної енергії (кВт), яку споживає обладнання для зтяжки n заготовок;

n – кількість зтягнутих заготовок.

4. *Коефіцієнт екологічності κ_{eko}* розраховувався для оцінки рівноваги обладнання з навколишнім середовищем, ступеню наближення до безвідходних технологій. Коефіцієнт екологічності визначається за формулою:

$$\kappa_{\text{eko}} = \frac{O_6}{A}. \quad (7)$$

де O_6 – кількість відходів виробництва, кг;

B – об'єм випуску продукції (кількість затягнутих заготовок), пар.

Таблиця 2

Техніко-економічні показники обладнання для затяжки заготовки

Показник ефективності обладнання для затяжки	Порівнюване обладнання			
	Удосконалена автоматизована дослідна установка	ЗНК-2М-0	ЗКГ-2-О	ЗПК-4-О
Коефіцієнт відносної маси κ_m , кг/кН	0,18	4,2	1,2	0,31
Коефіцієнт відносної площі $\kappa_{пл}$, м ² /кН	0,003	0,07	0,02	0,05
Коефіцієнт енерговитрат κ_e , Дж/мм	0,22	5,7	4,9	6,5
Коефіцієнт екологічності κ_{eko} , кг/пар	$4 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$

Дані табл. 2 свідчать, що за загальноприйнятими техніко-економічними показниками удосконалена дослідна установка також переважає типове затяжне взуттєве обладнання.

Крім наведених загальноприйнятих об'єктивних критеріїв оцінки техніко-економічної ефективності обладнання доцільно проаналізувати технологічний цикл виконання операцій фрикційної шнурової затяжки та порівняти продуктивність удосконаленої дослідної установки з іншим затяжним обладнанням.

З цією метою здійснили вимірювання часу (хронометраж) безпосереднього формування одної заготовки на машині ЗПК-4-О та на удосконаленій дослідній установці, а також часу на виконання допоміжних операцій. Дані хронометражу наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Порівняння продуктивності експериментального і типового обладнання

Найменування обладнання	Тривалість технологічного циклу, с	Час, що витрачається на безпосереднє затягування, с	Середня кількість циклів протягом зміни, шт	Підвищення продуктивності, %
ЗПК-4-О	17,5	11,3	1200	16,67
Удосконалена автоматизована дослідна установка	16,2	5,3	1440	

Як бачимо, продуктивність автоматизованої удосконаленої дослідної установки також вища від продуктивності однотипного затяжного обладнання. А, враховуючи те, що формування заготовки за допомогою дослідної установки відбувається по всьому периметру затяжної кромки і не потребує застосування клеїв, то час, який витрачається на формування, буде ще менший ніж для машини ЗПК-4-О.

Висновки. Здійснене переоснащення експериментальної установки, яка у попередніх досліджах використовувалась для дослідження процесу фрикційної шнурової затяжки заготовки, в ефективне автоматизоване технологічне обладнання для якісного формоутворення.

На основі результатів експериментальних досліджень запропонована конструктивна схема машини-напівавтомат з електронно цифровим апаратом для шнурової затяжки заготовки з фрикційною обтяжкою МФШЗ-1. Порівняння техніко-економічних показників розробленого у роботі і типового затяжного обладнання показало, що представлене обладнання може достатньо ефективно застосовуватись на взуттєвих підприємствах.

В подальших дослідженнях передбачається оснащення розглянутого ресурсощадного напівавтомату з електронно цифровим апаратом мікропроцесорним пристроєм при виконанні технологічних операцій формування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Тонковид Л.А. Автоматизація складальних процесів у взуттєвій промисловості. Київ: Техніка, 1984. 247 с.
2. Пристрій для дослідження шнурової затяжки заготовки верху взуття: пат. 75817 Україна: МПК7 A43D15/00, G01L1/04. № 20041008466; заявл. 18.10.04; опубл. 15.05.06, Бюл. № 5.
3. Пристрій для дослідження шнурової затяжки з фрикційною обтяжкою заготовки верху взуття: пат. 86255 Україна, МПК(2009) A43D15/00, G01L1/00. № a20070349; заявл. 26.03.07; опубл. 10.04.09, Бюл. 7.
4. Прилад для повного аналізу формотворення заготовки верху взуття методом шнурової затяжки: пат. 145811 Україна, МПК(2021 01) A43D15/00, G01L 1/00. №u202004176; заявл. 08.07.2020; опубл. 06.01.2021, Бюл. № 1.
5. Оленіч А.В. Розробка ресурсозберігаючої технології формоутворення взуття з верхом із натуральної шкіри: дис. ... канд. техн. наук: 05.19.06. Київ, 2001. 180 с.

REFERENCES:

1. Tonkovyd L.A. (1984) *Avtomatyzatsiia skladalnykh protsesiv u vzuttyevii promyslovosti* [Automation of assembly processes in the construction industry]. Kyiv: Tekhnika [In Ukrainian]
2. Rosul, R. V., Lyba, V. P. (2006) *Prystrii dlia doslidzhennia shnurovoi zatiazhky zahotovky verkhу vzuttia* [Device to test a lace tightening of a half-finished product of an upper] (Patent. Ukraine № 75817) State Department of Intellectual Property of Ministry of Education and Science of Ukraine. <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/388466/>
3. Rosul, R. V. (2009) *Prystrii dlia doslidzhennia shnurovoi zatiazhky z fryktsiinoiu obtiazhkoiu zahotovky verkhу vzuttia* [Device for investigating a lace tightening with frictional pulling-over of an upper] (Patent. Ukraine № 86255) State Department of Intellectual Property of Ministry of Education and Science of Ukraine. <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/421375/>
4. Rosul, R. V., Rosul, O. R., & Varha, V. D. (2021) *Prylad dlia povnoho analizu formotvorennia zahotovky verkhу vzuttia metodom shnurovoi zatiazhky* [Device for complete analysis of the process of forming shoe upper blankets using the lace tightening method] (Patent. Ukraine № 145811) State Department of Intellectual Property of Ministry of Education and Science of Ukraine. <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1471837/>
5. Olenich, A.V. (2001) *Rozrobka resursozberihaiuchoi tekhnolohii formoutvorennia vzuttia z verkhom iz naturalnoi shkiry* [Development of resource-saving technology for the production of shoes with natural leather uppers]. *Kandydats'ka dysertatsiia* [Candidate's dissertation]. Kyiv: KNUTD [In Ukrainian]