

© П. О. Киричок, д-р техн. наук, проф., М. В. Коробка, аспірант, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

### **АЛГОРИТМ КОМБІНОВАНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ УТВОРЕННЯ МІКРОНАПРАВЛЯЮЧИХ НА ПОВЕРХНЯХ ПОЛІГРАФІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ**

**Розроблено алгоритм керування технологічним процесом утворення мікрорельєфних направляючих методом тонкого поверхневого пластичного деформування на плоских поверхнях деталей поліграфічного обладнання. Запропонована технологія дозволяє підвищити зносостійкість плоских направляючих і покращити позиціонування поліграфічної продукції при проходженні по поверхні мікронаправляючих поліграфічної продукції.**

**Алгоритм враховує комплекс показників пов'язаних з матеріалом, геометричними і фізико-механічними параметрами поверхні плоскої направляючої, режимами поверхневого пластичного деформування.**

**Ключові слова: поверхнєве пластичне деформування; мікрорельєфні направляючі; геометричні параметри мікрорельєфу; алгоритм керування комбінованим технологічним процесом.**

#### **Постановка проблеми**

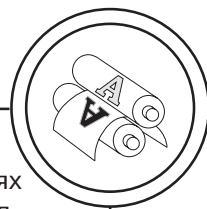
Утворення на плоских поверхнях мікрорельєфу потребує врахувати комплекс заходів, пов'язаних з матеріалом геометричними і фізико-механічними параметрами поверхні та поверхневого шару. Також треба врахувати спосіб і режими пластичного деформування поверхні, вплив мікрорельєфу на експлуатаційні властивості направляючих, і як наслідок — на якість позиціонування поліграфічної продукції.

У зв'язку з цим, актуальною є розробка алгоритмічної послідовності виконання комбінованого технологічного процесу. Алго-

ритм і, в подальшому, створення програмного забезпечення дозволить автоматично розрахувати послідовність утворення оптимальних параметрів мікронаправляючих на плоских поверхнях деталей поліграфічного обладнання.

#### **Мета роботи**

Розробка алгоритму комбінованого технологічного процесу утворення мікронаправляючих на плоских поверхнях направляючих для підвищення їх експлуатаційних властивостей, а також покращення позиціонування паперової і картонної продукції.



### **Аналіз попередніх досліджень**

У роботі [1, 2] розроблено технологічний процес і алгоритм для його реалізації згідно логічної схеми моделювання технологічного забезпечення експлуатаційних властивостей деталей поліграфічного обладнання. При реалізації вказаного технологічного процесу на шліфовану поверхню циліндра накатується повністю регулярний мікрорельєф і після цього на неї монтується полістєрова плівка на клейкій основі. Така технологія і алгоритм для її реалізації не дозволяє запровадити їх для плоских деталей.

Відомі дослідження [3] утворення кільцевого і синусоїдального розташування нерівностей з подальшим утворенням повністю регулярного мікрорельєфу на циліндричних поверхнях накатування за дві технологічні операції. Такі технології і алгоритм їх виконання не застосовуються для плоских деталей.

У дослідженнях [4, 5] запропоновано утворення частково-регулярного мікрорельєфу циклоїдного і чотирикутного типу на плоских деталях.

Алгоритм виконання плоских деталей виключає з технології трудомістку операцію шабріння і використовується для підвищення зносостійкості і зменшення їх собівартості. В той же час вона не може бути застосована для покращення плавності руху і позиціонування паперу при виготовленні поліграфічної продукції.

Таким чином, актуальним з наукової і технічної точки зору є розробка алгоритму технологічного процесу утворення мікронаправ-

ляючих на плоских поверхнях деталей поліграфічного обладнання.

### **Результати проведених досліджень**

У зв'язку зі зростанням якості друкованої продукції підвищується і технічний рівень поліграфічного устаткування. Удосконалюються механізми та вузли обладнання. Застосовуються сучасні технології обробки поверхонь деталей.

Особливі вимоги ставляться до геометричних і фізико-механічних характеристик поверхонь і приповерхневих шарів деталей.

Для покращення експлуатаційних властивостей застосовують різноманітні технології. При цьому значну роль мають кінцеві технології обробки поверхонь. На завершальних технологічних операціях необхідно отримати оптимальний рельєф поверхні з точки зору найкращих показників експлуатаційних характеристик і показників якості друкованої продукції.

Нами запропоновано новий технологічний процес утворення регулярних мікронаправляючих методом тонкого пластичного деформування з використанням як інструмента алмазного індентора. За призначенням регулярні мікрорельєфи поділяються на частково-регулярні мікрорельєфи (ЧРМР), повністю регулярні мікрорельєфи (ПРМР), з кільцевим і шаховим розташуванням заглибин, а також з мікрорельєфом, утвореним комбінованими технологічними процесами [6–8].

Розроблено технологічний процес утворення мікронаправляючих методом поверхневого



пластичного деформування з метою підвищення зносостійкості направляючих поліграфічного обладнання, а також покращення позиціонування проходження паперу та картону по мікронаправляючих. Для зменшення часу підготовчо-завершувальних робіт на сучасному автоматизованому обладнанні, а також цілеспрямованого керування комбінованим технологічним процесом розроблено алгоритм (рис.). При цьому було враховано праці та алгоритми технологічних процесів утворення регулярних мікрорельєфів [9–12].

1. Першим кроком алгоритму є введення таких даних як призначення направляючої поліграфічного обладнання, визначення матеріалу з якого її виготовлено, геометричні характеристики (її довжина ( $L$ ), та ширина ( $B$ ) в мм), а також середнє арифметичне відхилення профілю ( $Ra$ ). Після цього до комірки «вибір форми мікронаправляючої» обираємо форму мікронаправляючої: вигнуту, або опуклу.

2. Наступним кроком є вибір обладнання для утворення мікронаправляючої. Для плоских поверхонь таким обладнанням може бути фрезерний, строгальний або свердлильний верстат, на якому монтується відповідний пристрій або державка з інструментом.

3. Важливим кроком є розрахунок площі мікронаправляючої, де залежно від площі направляючої розраховується кількість прямолінійних ( $m$ ) і кругових ( $n$ ) заглибин, урахувавши довжину мікронаправляючої ( $L$ ), ширину мікронаправляючої ( $b = 2d$ ) і радіус кругової заглибини ( $R$ ).

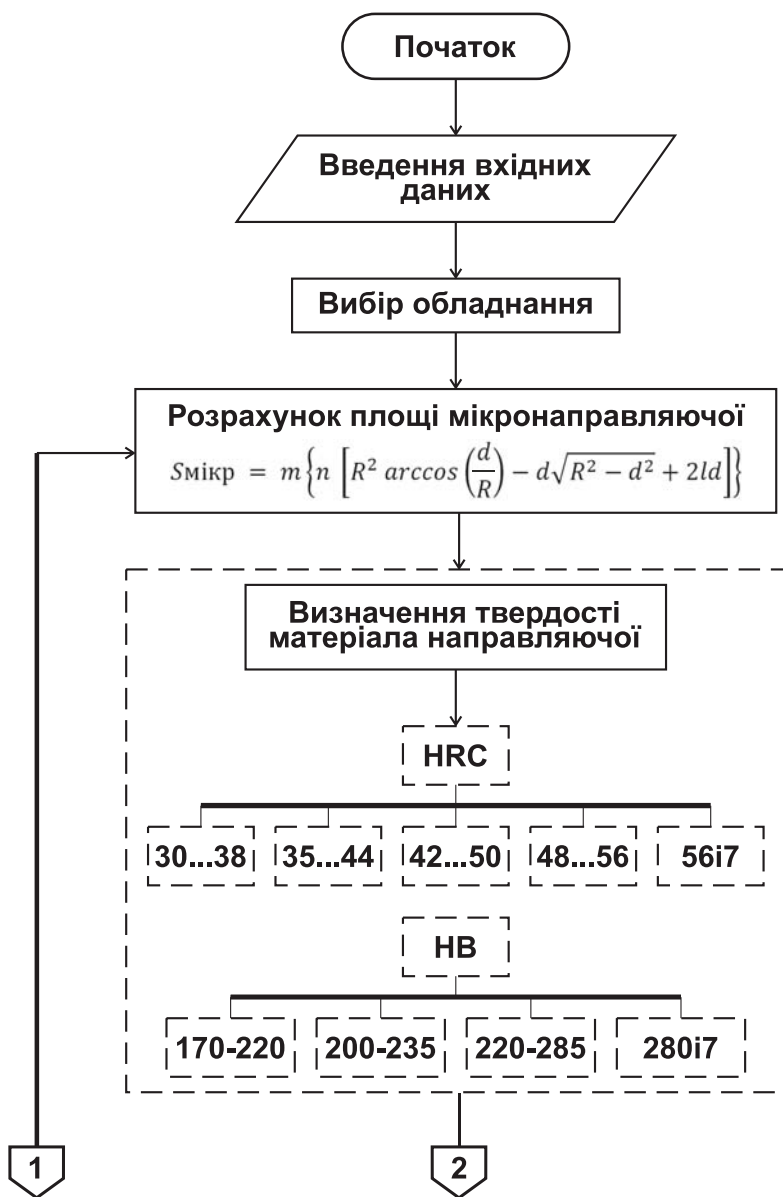
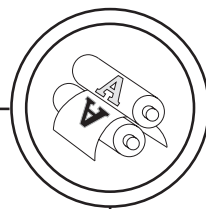
4. Наступним кроком є визначення твердості матеріалу направляючої. Направляючі, залежно від їх функціонального призначення, можуть бути виготовлені із кольорових металів, чавуну та різних сталей. Вони мають різну твердість, яка і визначається технічними умовами виготовлення направляючої.

5. «Вибір матеріалу деформувального інструменту». Найбільш розповсюджені для пластичної обробки твердосплавні шари і алмазні вигладжувачі. Шари, як правило, використовуються для обробки незагартованих сталей, кольорових металів і термооброблених сталей середньої твердості. Алмазні вигладжувачі характеризуються високою твердістю, високою зносостійкістю, низьким коефіцієнтом тертя по металу, високою межею міцності на стиснення, а також теплоємністю і теплопровідністю.

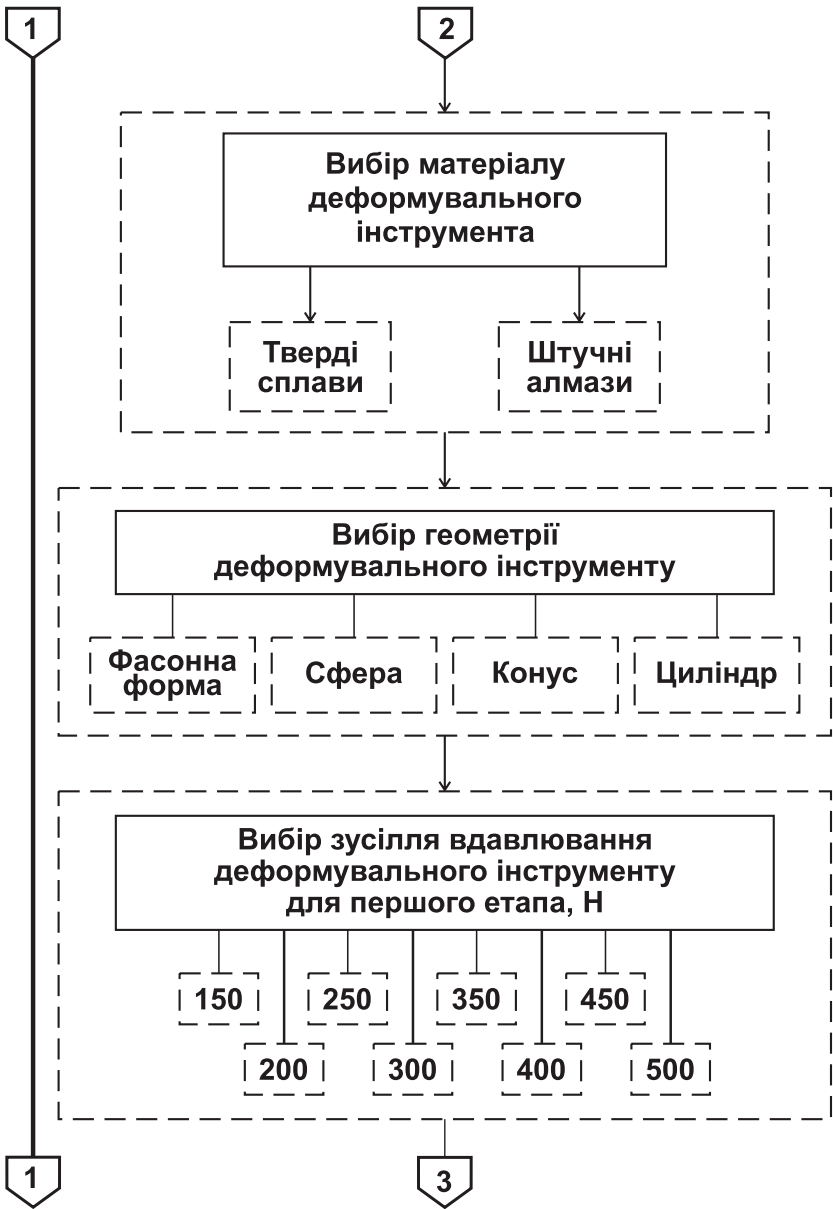
6. «Вибір геометрії деформувального інструмента». Залежно від геометрії направляючої (пласка, циліндрична, фасонна та інші), форми елемента і геометрії мікрорельєфу обирається фасонна, сферична, конусна або циліндрична геометрія інструменту.

7. «Вибір зусилля вдавлювання деформувального інструмента». Для першого етапу технології утворення мікронаправляючої кругового мікрорельєфу враховується твердість матеріалу направляючої або деталі.

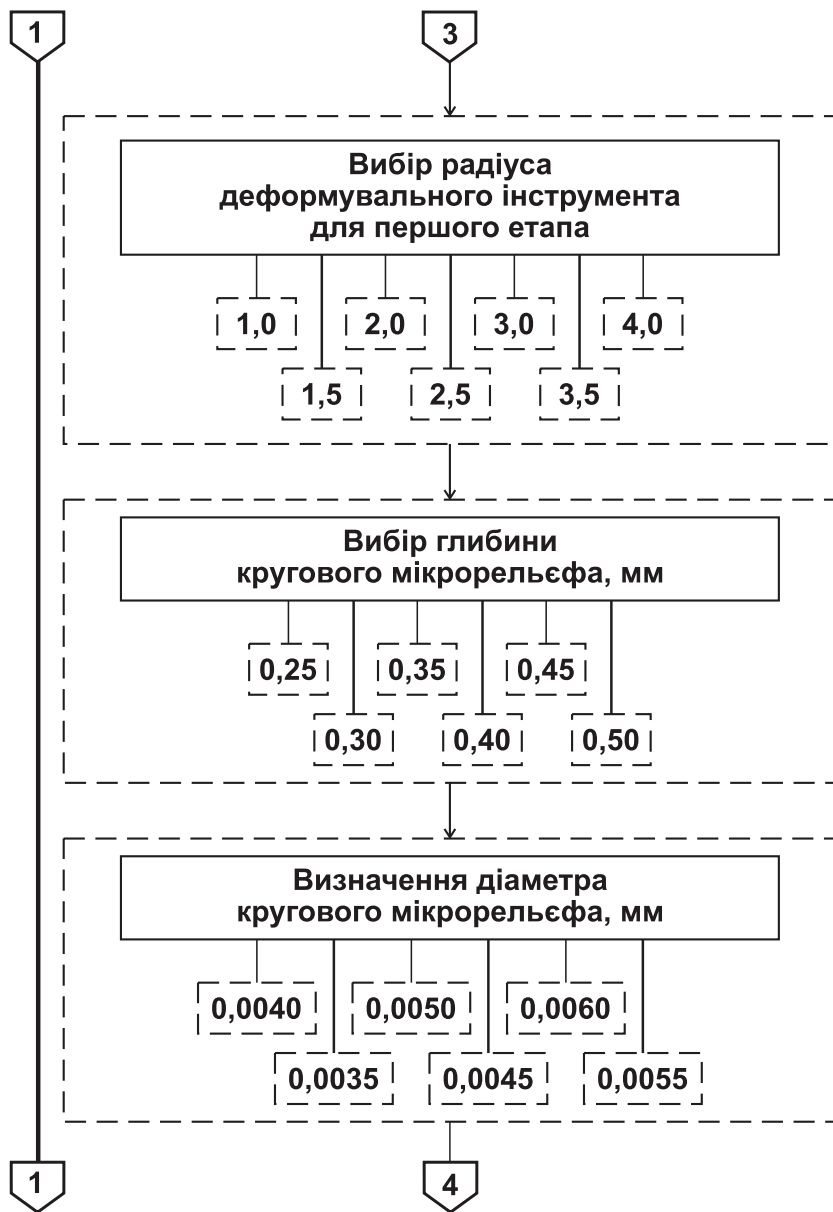
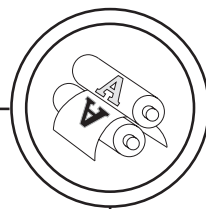
8. «Вибір радіуса деформувального інструмента». Для першого етапу технологічного процесу вибирається радіус деформувального інструмента залежно від твердості матеріалу направляючої.



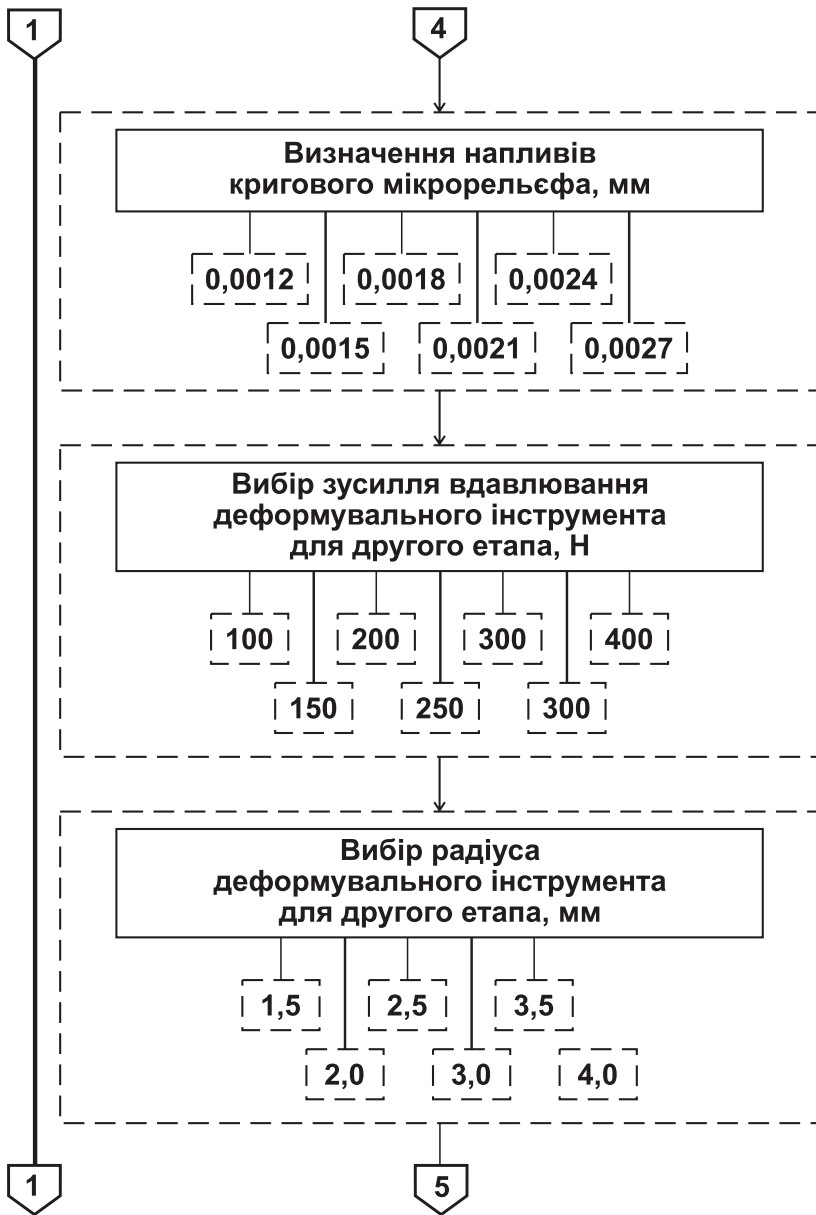
Алгоритм керування комбінованим технологічним процесом утворення мікронаправляючих на плоских поверхнях направляючих поліграфічного обладнання. Початок



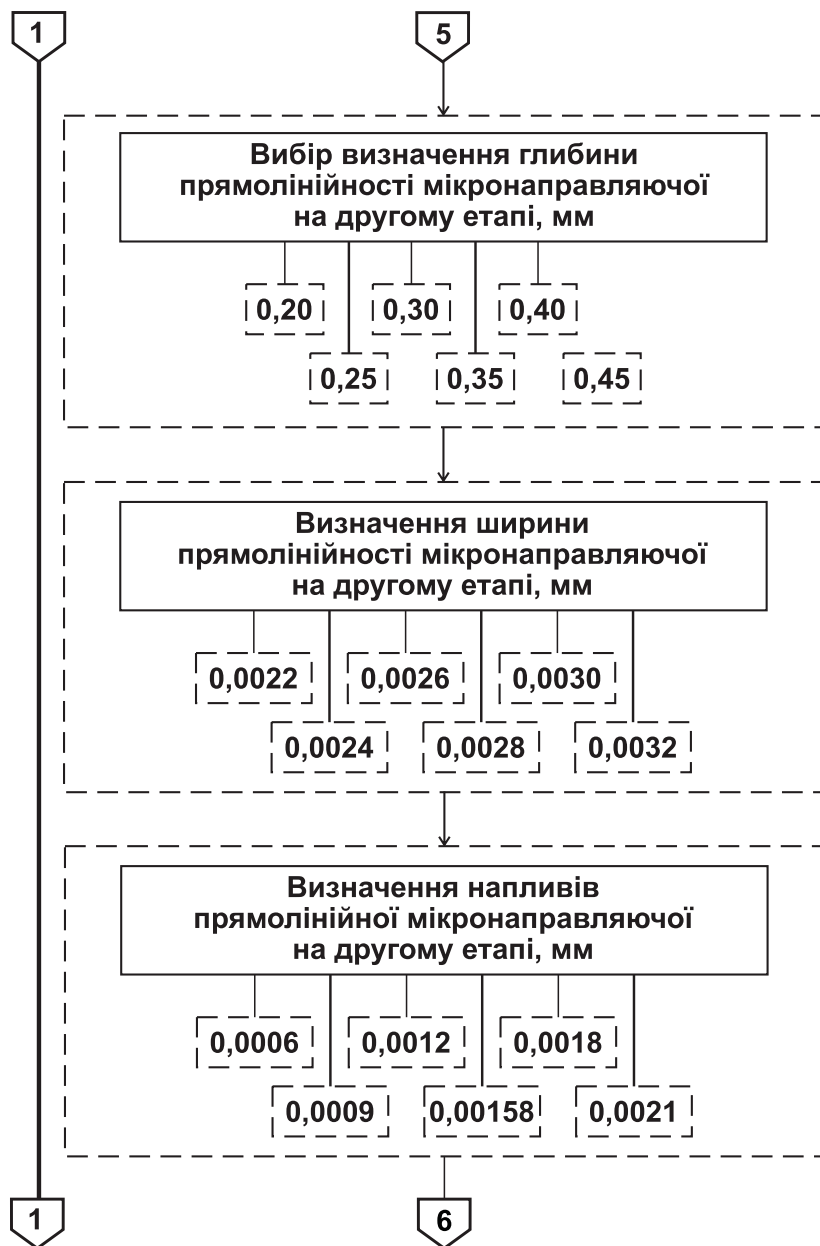
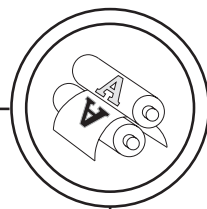
Алгоритм керування комбінованим технологічним процесом утворення мікронаправляючих на плоских поверхнях направляючих поліграфічного обладнання. Продовження



Алгоритм керування комбінованим технологічним процесом утворення мікронаправляючих на плоских поверхнях направляючих поліграфічного обладнання. Продовження

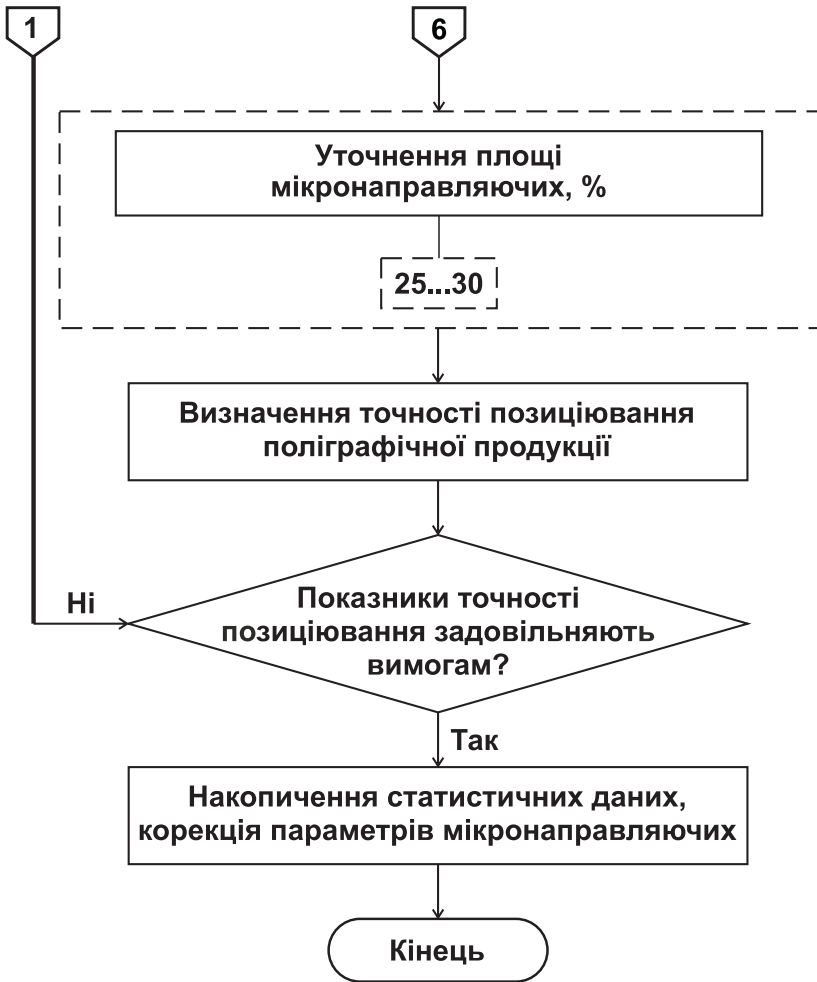
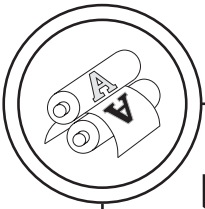


Алгоритм керування комбінованим технологічним процесом утворення мікронаправляючих на плоских поверхнях направляючих поліграфічного обладнання. Продовження



Алгоритм керування комбінованим технологічним процесом утворення мікронаправляючих на плоских поверхнях направляючих поліграфічного обладнання. Продовження





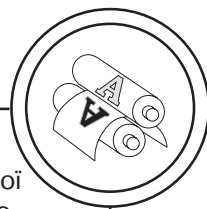
Алгоритм керування комбінованим технологічним процесом утворення мікронаправляючих на плоских поверхнях направляючих поліграфічного обладнання. Закінчення

9. «Визначення глибини кругового мікрорельєфу». Визначення глибини здійснюється розрахунком або отриманими результатами експериментальних досліджень.

10. «Визначення діаметра кругового мікрорельєфу». Діаметр визначається розрахунками або отриманими результатами експериментальних досліджень.

11. «Визначення напливів кругового мікрорельєфу». Діаметр визначається отриманими результатами експериментальних досліджень.

12. «Вибір зусилля вдавлювання деформувального інструмента для другого етапу». На другому етапі утворюються прямолінійна мікронаправляюча і вона проходить через круговий мікрорельєф.



У місцях їх перетину згладжуються напливи. Зусилля вдавлювання зменшуються і враховується твердість матеріалу направляючої і зусилля на першому етапі.

13. «Вибір радіуса деформувального інструмента» визначається залежно від твердості матеріалу направляючої, відповідно до зусилля вдавлювання і з урахуванням радіуса інструмента на першому етапі. Радіус для двох етапів може бути однаковий, а може бути більшим на другому етапі.

14. «Глибина прямолінійної мікронаправляючої». Здійснюється розрахунком або за результатами експериментальних досліджень.

15. «Визначення ширини прямолінійної мікронаправляючої на другому етапі». Здійснюється розрахунком або за результатами експериментальних досліджень.

16. «Визначення напливів прямолінійної мікронаправляючої на другому етапі». Здійснюється за результатами експериментальних досліджень.

17. «Уточнення площі мікронаправляючих після комбінованого технологічного процесу». Здійснюється розрахунком після введення геометричних параметрів мікронаправляючих.

18. «Визначення точності позиціонування поліграфічної продук-

ції». Для конкретної направляючої визначається точність позиціонування паперової або картонної продукції.

19. Перевіряємо умову «показники точності позиціонування задовольняються вимогам». Якщо ні, повертаємось до розрахунку площі мікронаправляючих.

На завершальному етапі алгоритму визначаємо показники позиціонування поліграфічної продукції. Перевіряємо умови: «Відповідає вимогам позиціонування?» Якщо умова відповідає, переходимо до наступного кроку. Накопичуємо статистичні дані, здійснюємо корекцію геометричних параметрів мікронаправляючих.

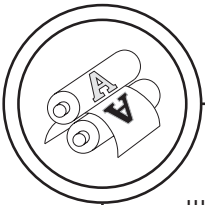
## Висновки

Розроблено алгоритм керування комбінованим технологічним процесом обробки плоских направляючих, що дозволяє цілеспрямовано в автоматизованому режимі утворювати на поверхні мікронаправляючих.

Запропоновано розрахунок площі мікронаправляючих, що дозволяє призначати необхідні режими для їх утворення. Реалізація алгоритму дозволяє підвищити зносостійкість направляючих, прогнозувати покращення позиціонування поліграфічної продукції і, як наслідок, підвищити її якість при друкуванні.

## Список використаної літератури

1. Киричок П. О. Процеси автоматизації управління якістю в поліграфічному обладнанні / П. О. Киричок, Т. М. Несхозієвська, А. В. Несхозієвський // Вісник НДТУ. 2013. № 3(67). С. 154–160.
2. Несхозієвська Т. М. Зміцнення поверхонь деталей аркушепровідних систем офсетних друкарських машин / Т. М. Несхозієвська, П. О. Киричок, О. І. Лотоцька // Наукові записки УАД. 2013. № 4. С. 93–98.
3. Киричок П. О. Комбіновані способи поверхневого пластичного деформування деталей поліграфічного обладнання / П. О. Киричок, О. І. Хмилярчук // Технологія і техніка друкарства. 2006. № 3. С. 74–81.



4. Киричок П. О. Вдосконалення технології обробки пласких поверхонь, що працюють в умовах тертя / П. О. Киричок, Г. Е. Тауріт, М. Я. Босак, О. Я. Войтюк // Технологія і організація виробництва: Респ. наук.-виробн. зб. Київ: УкрНДІНТІ, 1984. № 2. С. 30–31.

5. Тауріт Г. Е. Підвищення зносостійкості пар тертя металорізальних верстатів / Г. Е. Тауріт, П. О. Киричок, М. І. Удовенко, А. М. Васильківський // Технологія і організація виробництва: Респ. наук.-виробн. зб. Київ: УкрНДІНТІ. 1986. № 2. С. 45–46.

6. Шнейдер Ю. Г. Образование регулярных микрорельефов на деталях и их эксплуатационные свойства / Ю. Г. Шнейдер. Л.: Машиностроение, 1972. 241 с.

7. Шнейдер Ю. Г. Эксплуатационные свойства деталей с регулярным микрорельефом / Ю. Г. Шнейдер. Л.: Машиностроение, 1982. 248 с.

8. Киричок П. О. Зміцнення поверхонь металевих деталей: навч. посіб. / П. О. Киричок, В. Г. Олійник, Т. Ю. Киричок. Київ: Преса України, 2004. 240 с.

9. Киричок П. О. Експериментальні дослідження геометричних параметрів циліндричних деталей поліграфічних машин при комплексній обробці / П. О. Киричок, О. І. Лотоцька // Технологія і техніка друкарства. 2011. № 3. С. 4–12. DOI: [https://doi.org/10.20535/2077-7264.3\(33\).2011.52142](https://doi.org/10.20535/2077-7264.3(33).2011.52142).

10. Киричок П. О. Дослідження впливу параметрів микрорельєфу на якість обробки деталей та експлуатаційні характеристики поліграфічного обладнання / П. О. Киричок, А. В. Несхозієвський // Технологічні комплекси. Луцьк: Видавництво Нац. технолог. ун-ту. 2007. № 3–4. С. 74–80.

11. Киричок П. О. Технологічне забезпечення працездатності та надійності елементів та вузлів поліграфічних машин / П. О. Киричок // Технологія і техніка друкарства. 2003. № 1. С. 71–79.

12. Олійник В. Г. Алгоритм керування технологічним процесом оздоблювально-зміцнюючої обробки деталей поліграфічного обладнання / Олійник В. Г. // Технологія і техніка друкарства. 2007. № 1–2. С. 188–195.

### References

1. Kyrychok, P. O. & Neskhoziievskia, T. M. & Neskhoziievskiyi, A. V. (2013). Protsey avtomatyzatsii upravlinnia yakistiu v polihrafichnomu obladnanni. *Journal of Visnyk NDTU*, 3(67), 154–160 [in Ukrainian].

2. Neskhoziievskia, T. M. & Kyrychok, P. O. & Lototska, O. I. (2013). Zmitsnennia poverkhon detalei arkusheprovidnykh system ofsetnykh drukarskykh mashyn. *Journal of Naukovi zapysky UAD*, 4, 93–98 [in Ukrainian].

3. Kyrychok, P. O. & Khmyliarchuk, O. I. (2006). Kombinovani sposoby poverkhnevoho plastychnoho deformuvannya detalei polihrafichnoho obladnannya. *Journal of Tekhnolohiia i tekhnika druzarstva*, 3, 74–81 [in Ukrainian].

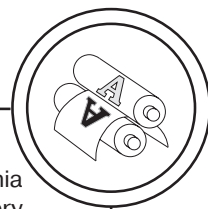
4. Kyrychok, P. O. & Taurit, H. E. & Bosak, M. Ya. & Voitiuk, O. Ya. (1984). Vdoskonalennia tekhnolohii obrobky plasykhykh poverkhon, shcho pratsiuiut v umovakh tertia. *Journal of Tekhnolohiia i orhanizatsiia vyrobnytstva*, 2, 30–31 [in Ukrainian].

5. Taurit, H. E. & Kyrychok, P. O. & Udoenko, M. I. & Vasylykivskiyi, A. M. (1986). Pidvyshchennia znosostiikosti par tertia metalorizalnykh verstativ. *Journal of Tekhnolohiia i orhanizatsiia vyrobnytstva*, 2, 45–46 [in Ukrainian].

6. Shneyder, Yu. G. (1972). *Obrazovanie regulyarnykh mikrorel'efov na detalyakh i ikh ekspluatatsionnye svoystva*. Leningrad: Mashinostroenie, 241 p. [in Russian].

7. Shnejder, Ju. G. (1982). *Jekspluatatsionnye svojstva detalej s reguljarnym mikrorel'efom*. Leningrad: Mashinostroenie, 248 p. [in Russian].

8. Kyrychok, P. O. & Oliinyk, V. H. & Kyrychok, T. Yu. (2004). *Zmitsnennia poverkhon metalevykh detalei*. Kyiv: Presa Ukrainy, 240 p. [in Ukrainian].



9. Kyrychok, P. O. & Lototska, O. I. (2011). Eksperymentalni doslidzhennia heometrychnykh parametriv tsylindrychnykh detalei polihrafichnykh mashyn pry kompleksnii obrobtsi. *Journal of Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva*, 3, 4–1 2. DOI: [https://doi.org/10.20535/2077-7264.3\(33\).2011.52142](https://doi.org/10.20535/2077-7264.3(33).2011.52142) [in Ukrainian].

10. Kyrychok, P. O. & Neskhoziievskiy, A. V. (2007). Doslidzhennia vplyvu parametriv mikroreliefu na yakist obrobky detalei ta ekspluatatsiini kharakterystyky polihrafichnoho obladnannia. *Journal of Tekhnolohichni komplekсы*, 3–4, 74–80 [in Ukrainian].

11. Kyrychok, P. O. (2003). Tekhnolohichne zabezpechennia pratsezdatsnosti ta nadiinosti elementiv ta vuzliv polihrafichnykh mashyn. *Journal of Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva*, 1, 71–79 [in Ukrainian].

12. Oliinyk, V. H. (2007). Alhorytm keruvannia tekhnolohichnym protsesom ozdobljuvalno-zmitsniuichoio obrobky detalei polihrafichnoho obladnannia. *Journal of Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva*, 1–2, 188–195 [in Ukrainian].

**Разработан алгоритм управления комбинированным технологическим процессом создания микронаправляющих на плоских поверхностях методом поверхностного пластического деформирования с целью повышения качества и эксплуатационных свойств деталей полиграфического оборудования и полиграфической продукции.**

**Алгоритм позволяет определить оптимальные параметры технологического процесса, учитывая характеристики, качество и эксплуатационные особенности как микронаправляющих, так и печатной продукции.**

**Ключевые слова: поверхностное пластическое деформирование; микрорельефные направляющие; геометрические параметры микрорельефа; алгоритм управления комбинированным технологическим процессом.**

**An algorithm for controlling the technological process of micro-relief guides formation by the method of thin surface plastic deformation on flat surfaces of printing equipment parts has been developed. The proposed technology allows to increase the wear resistance of flat guides and improve the positioning of printed products when passing on the surface of the micro-guides of printed products.**

**The algorithm takes into account a set of indicators related to the material, geometric and physic-mechanical parameters of the surface of the flat guide, the modes of surface plastic deformation.**

**Keywords: plastic deformation; micro-relief guides; geometrical parameters; process control algorithm.**

Рецензент — О. О. Палюх, канд. техн. наук,  
доц., КПІ ім. Ігоря Сікорського

Надійшла до редакції 24.12.19