

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ  
СІКОРСЬКОГО»**

**Навчально-науковий видавничо-поліграфічний інститут  
Кафедра машин та агрегатів поліграфічного виробництва**

До захисту допущено:  
В.о. Завідувача кафедри  
Микола ЗЕНКІН  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ  
На здобуття ступеня бакалавра  
За освітньо-професійною програмою «Комп'ютеризовані поліграфічні  
системи»  
Спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»**

**На тему: «Трафаретна друкарська машина ракельного типу»**

Виконала студентка IV курсу,  
групи СМ-11  
Семеніщева Анастасія Дмитрівна \_\_\_\_\_

Керівник  
доцент кафедри МАПВ, к.т.н., доцент  
Кохановський Василь Олександрович \_\_\_\_\_

Рецензент  
Доцент кафедри ТПВ, к.т.н., доцент  
Клименко Тетяна Євгенівна \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає  
запозичень з праць інших авторів без відповідних  
посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2025 року

## ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

| № з/п | Формат | Позначення         | Найменування                           | Кількість листів | Примітка |
|-------|--------|--------------------|----------------------------------------|------------------|----------|
| 1     | A4     |                    | Завдання на дипломний проєкт           | 2                |          |
| 2     | A4     | ДП СМ11. 00.009 ПЗ | Пояснювальна записка                   | 90               |          |
| 3     | A3     | ДП СМ11. 01.009 ТК | Ручна трафаретна машина                | 1                |          |
| 4     | A3     | ДП СМ11. 02.009 ТК | Напівавтоматична трафаретна машина     | 1                |          |
| 5     | A3     | ДП СМ11. 03.009 ТК | Автоматична трафаретна машина          | 1                |          |
| 6     | A1     | ДП СМ11. 04.009 ТК | Sakurai Maestro 72A.<br>Вид зверху     | 1                |          |
| 7     | A1     | ДП СМ11. 05.009 ТК | Sakurai Maestro 72A.<br>Вид збоку      | 1                |          |
| 8     | A3     | ДП СМ11. 06.009 ТК | Друкарський циліндр із захоплювачами   | 1                |          |
| 9     | A3     | ДП СМ11. 07.009 ТК | Тримач для ракеля                      | 1                |          |
| 10    | A3     | ДП СМ11. 08.009 ТК | Зубчасте колесо                        | 1                |          |
| 11    | A3     | ДП СМ11. 09.009 ТК | Регулятор положення та притиску ракеля | 1                |          |
|       |        |                    |                                        |                  |          |

|           |                   |       |       |                              |                                                  |        |
|-----------|-------------------|-------|-------|------------------------------|--------------------------------------------------|--------|
|           |                   |       |       | ДП СМ11 00.009.00            |                                                  |        |
|           | ПІБ               | Підп. | Дата  |                              |                                                  |        |
| Розробн.  | Семеніщева А.Д.   |       | 05.25 | Відомість дипломного проєкту | Лист                                             | Листів |
| Керівн.   | Кохановський В.О. |       | 05.25 |                              | 1                                                | 1      |
| Консульт. |                   |       |       |                              | КПІ ім. Ігоря Сікорського<br>Каф. МАПВ Гр. СМ-11 |        |
| Н/контр.  |                   |       |       |                              |                                                  |        |
| Зав.каф.  | Зенкін М.А.       |       |       |                              |                                                  |        |

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Навчально-науковий видавничо-поліграфічний інститут  
Кафедра машин та агрегатів поліграфічного виробництва

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 133 - Галузеве машинобудування

Освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані поліграфічні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. зав. кафедри МАПВ

\_\_\_\_\_ Микола ЗЕНКІН

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проєкт студентці**  
**Семеніщевій Анастасії Дмитрівні**

1. Тема проєкту: «Трафаретна друкарська машина ракельного типу», керівник проєкту Кохановський Василь Олександрович, доцент, кандидат технічних наук, затверджені наказом № 1753-с від 26.05.2025 р.
2. Термін подання студентом проєкту: 10 червня 2025 року.
3. Вихідні дані до проєкту: літературні дані, дані з переддипломної практики.
4. Зміст пояснювальної записки: Вступ; Аналіз літературних джерел та особливостей побудови сучасних трафаретних машин, їх класифікація, актуальність та сфери застосування; Принцип роботи та будова трафаретної друкарської машини ракельного типу Sakurai Maestro 72A; Пропозиції що до вдосконалення роботи трафаретних машин, огляд сучасних інновацій та пропозиції що до вдосконалення роботи машини Sakurai Maestro 72A.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): Складальне креслення ручної трафаретної машини (А3); Складальне креслення напівавтоматичної трафаретної машини (А3); Складальне креслення автоматичної трафаретної машини (А3); Складальне креслення трафаретної машини Sakurai Maestro 72A (А1); Деталювання до креслення трафаретної машини Sakurai Maestro 72A (А1).
6. Дата видачі завдання: 01 березня 2025 року .

#### Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання дипломного проєкту                                       | Термін виконання етапів проєкту | Примітка |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------|
| 1.    | Формування вступу                                                               | 10.03.2025                      | виконано |
| 2.    | Огляд і аналіз технічних матеріалів та літературних джерел за темою дослідження | 20.03.2025                      | виконано |
| 3.    | Опис принципу роботи трафаретних машин. Аналіз їх конструкції                   | 27.03.2025                      | виконано |
| 4.    | Вивчення сучасних інновацій в трафаретному друці                                | 10.04.2025                      | виконано |
| 5.    | Проведення розрахунків та досліджень для покращення роботи трафаретної машини   | 24.04.2025                      | виконано |
| 6.    | Проектування технічних креслень                                                 | 22.05.2025                      | виконано |
| 7.    | Написання загальних висновків                                                   | 29.05.2025                      | виконано |
| 11.   | Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу                        | 05.06.2025                      | виконано |
| 12.   | Здача дипломного проєкту на кафедру                                             | 10.06.2025                      | виконано |

Студентка \_\_\_\_\_ А. Д. Семеніщева

Керівник проєкту \_\_\_\_\_ В. О. Кохановський

## Реферат

**Семеніщева Анастасія Дмитрівна** Трафаретна друкарська машина ракельного типу. Національний технічний університет України "КПІ ім. Ігоря Сікорського", кафедра МАПВ, 2025

90 стор., 39 рис, 5 табл., 4 діаграм., бібл.: 32 назв., додатки - 14 стор. табл.

Проведено технічний аналіз конструкції та принципу дії трафаретних друкарських машин, зокрема Sakurai Maestro 72A, на основі чого сформульовано пропозиції щодо її вдосконалення для підвищення ефективності роботи та продуктивності.

Показано, що впровадження інтелектуальної системи керування, автоматичного дозування та подачі фарби, а також екологічно оптимізованих рішень дозволяє зменшити участь оператора, підвищити продуктивність друку, забезпечити стабільну якість відбитків і зменшити втрати матеріалів.

Виконано інженерні розрахунки, що демонструють зростання продуктивності після модернізації: обчислено відсоток приросту продуктивності, підібрано параметри та складові для системи подачі та дозування фарби.

Розроблено графічні схеми, що ілюструють інтеграцію системи автоматичної подачі фарби, ракельний тримач з регулятором куту нахилу, а також креслення друкарського циліндру із захоплювачами. Подано рекомендації щодо вибору матеріалів для окремих елементів з урахуванням вимог до міцності, зносостійкості та шорсткості поверхні.

Запропоновано конкретні шляхи покращення технологічного процесу трафаретного друку з орієнтацією на сучасні інновації: автоматизацію, екологізацію та цифровізацію управління процесом друку.

Ключові слова: трафаретний друк, Sakurai Maestro 72A, модернізація, ракель, автоматична подача фарби, продуктивність, екологізація, інтелектуальна система керування.

## **Abstract**

**Semenishcheva Anastasiia** Squeegee type screen printing machine. National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Department of Machines and Aggregates for Printing Production, 2025.

90 pages, 39 figures, 5 tables, 4 diagrams, bibliography: 32 sources, appendices – 14 pages of tables.

A technical analysis of the design and principle of operation of screen printing machines, in particular Sakurai Maestro 72A, was carried out, on the basis of which proposals were formulated for its improvement to increase work efficiency and productivity.

It was shown that the implementation of an intelligent control system, automatic dosing and supply of ink, as well as environmentally optimized solutions allows to significantly reduce operator participation, increase printing productivity, ensure stable print quality and reduce material losses.

Engineering calculations were performed, demonstrating the increase in productivity after modernization: the percentage of productivity increase was calculated, parameters and components for the ink supply and dosing system were selected.

Graphic diagrams were developed, illustrating the integration of the automatic ink supply system, a doctor blade holder with a tilt angle regulator, as well as a drawing of the printing cylinder with grippers. Recommendations are given for the selection of materials for individual elements, taking into account the requirements for strength, wear resistance and surface roughness.

Specific ways of improving the technological process of screen printing are proposed with an orientation towards modern innovations: automation, environmental protection and digitalization of printing process management.

**Keywords:** screen printing, Sakurai Maestro 72A, modernization, squeegee, automatic ink supply, productivity, environmental protection, intelligent control system.

## Зміст

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Вступ.....                                                                                    | 8  |
| РОЗДІЛ 1. Аналіз літературних джерел та особливостей побудови сучасних трафаретних машин..... | 9  |
| 1.1 Загальний принцип роботи трафаретних друкарських машин .....                              | 9  |
| 1.1.1 Сітка для трафаретного друку .....                                                      | 11 |
| 1.1.2 Рама для трафаретного друку .....                                                       | 14 |
| 1.1.3 Ракель для трафаретного друку .....                                                     | 16 |
| 1.2 Класифікація трафаретних машин та пристроїв .....                                         | 19 |
| 1.2.1 Ручні трафаретні машини.....                                                            | 19 |
| 1.2.2 Напівавтоматичні трафаретні машини .....                                                | 22 |
| 1.2.3 Автоматичні трафаретні машини .....                                                     | 26 |
| 1.2.4 Класифікація за іншими показниками .....                                                | 30 |
| 1.3 Актуальність та сфери застосування трафаретного друку .....                               | 32 |
| РОЗДІЛ 2. Машина трафаретного друку Sakurai Maestro 72A.....                                  | 35 |
| 2.1 Принцип роботи машини Sakurai Maestro 72A .....                                           | 35 |
| 2.2 Будова Sakurai Maestro 72A .....                                                          | 41 |
| РОЗДІЛ 3. Пропозиції що до вдосконалення роботи трафаретних машин.....                        | 51 |
| 3.1 Сучасні інновації в трафаретних машинах.....                                              | 51 |
| 3.1.1 Інтелектуальні системи керування в трафаретних машинах .....                            | 54 |
| 3.1.2 Екологічні рішення в сучасному трафаретному друці.....                                  | 56 |
| 3.2 Пропозиції що до вдосконалення роботи машини Sakurai Maestro 72A...                       | 58 |
| 3.2.1 Встановлення інтелектуальної системи керування .....                                    | 58 |
| 3.2.2 Екологізація процесу .....                                                              | 61 |
| 3.2.3 Система автоматичної подачі фарби.....                                                  | 62 |
| 3.3 Розрахунок продуктивності .....                                                           | 69 |
| Висновок .....                                                                                | 71 |
| Використані джерела .....                                                                     | 73 |
| Додатки.....                                                                                  | 76 |

## Вступ

Трафаретний друк залишається актуальним, хоча він може бути менш поширеним порівняно з іншими методами, такими як офсетний або цифровий друк. Цей метод є досі популярним завдяки високій точності, довговічності та можливості роботи з різноманітними матеріалами — від паперу до текстилю, скла й електроніки. Він представляє з себе метод друку, при якому фарба продавлюється через трафаретну сітку на задруковуваний матеріал у місцях, де сітка не перекрита емульсією.. Завдяки цим перевагам він залишається унікальним, універсальним та одним з найефективніших, особливо у випадках, коли потрібно забезпечити насичене покриття фарбою або друкувати на нестандартних поверхнях.

У першому розділі розглянуто загальні принципи роботи трафаретних друкарських машин, як трафаретний метод друку був адаптований для різних галузей, зміну технології з часом, а також проаналізовано будову сучасних трафаретних машин. Також, виокремлені наявні переваги та недоліки даного виду друку.

У другому розділі роботи детально розглянуто конструкцію та принцип роботи трафаретної друкарської машини Sakurai Maestro 72A, як сучасне рішення для аркушевого трафаретного друку. Особливу увагу приділено основним вузлам, експлуатаційним характеристикам і технічним параметрам машини.

Третій розділ присвячено аналізу можливостей вдосконалення роботи трафаретних машин загалом, а також подано пропозиції щодо модернізації окремих елементів і процесів саме на прикладі машини Sakurai Maestro 72A. Крім того, у цьому розділі розглянуто сучасні інновації в галузі трафаретного друку, які можуть бути корисними для підвищення продуктивності, якості та автоматизації.

## РОЗДІЛ 1. Аналіз літературних джерел та особливостей побудови сучасних трафаретних машин

### 1.1 Загальний принцип роботи трафаретних друкарських машин

Трафаретний друк - це метод нанесення зображення або тексту на різні поверхні (тканину, папір, пластик, метал, скло) шляхом продавлювання фарби через трафарет. Цей метод є одночасно наймолодшим та найдавнішим способом нанесення зображення на матеріал чи готовий виріб.

Процес друкування, тобто одержання відбитка трафаретним способом відбувається завдяки продавлюванню фарби 3 через відкриті осередки сітки 2 (друкувальні елементи) форми на задруковуваний матеріал 6 у процесі руху фарбонаносного ракеля 5 по формній рамі 1. [ 2, 22 ]

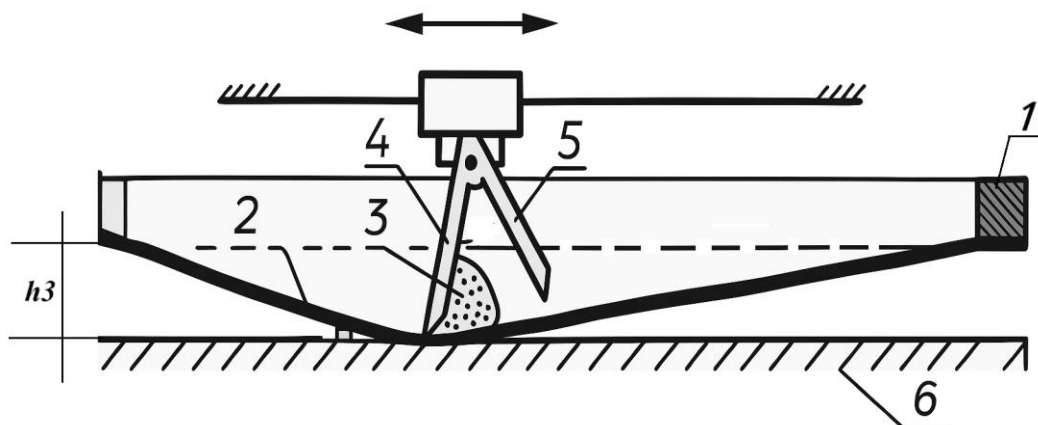


Рисунок 1.1 - Схема отримання відбитка трафаретним способом

Першим етапом формування зображення є притискання трафаретної сітки до задрукованого матеріалу з технічним зазором  $h_3$ . Потім відбувається заповнення форми фарбою. Ракель переміщується по формі, продавлюючи фарбу через відкриті ділянки сітки на матеріл. Фарба проходить через клітинки сітки, заповнюючи форму. Цей процес супроводжується переміщенням фарби та її заповненням в місцях, де нитки сітки не перешкоджають проходженню. Третій етап – видалення форми. Після проходження ракеля, надлишок фарби зрізається, залишаючи лише фарбовий елемент зображення на задрукованому матеріалі. Нитки сітки піднімаються разом з частиною фарби, що прилипла до них. Залишається лише дочекатися остаточного затвердіння фарби. Після затвердіння,

фарба яка розтіклася в межах елемента зображення, формує чіткий і рівний відбиток.

Сітка має друкувальні (відкриті для фарби) та пробільні (закриті) ділянки. Під час руху ракеля фарба заповнює відкриті діляки у сітці. Фарба проходить завдяки комплексу тисків (гідродинамічний тиск, власна маса фарби, капілярний тиск, тиск ракеля), які створює ракель при натисканні на нього. Кількість фарби повинна строго відповідати об'єму комірок сітки, щоб уникнути дефектів на відбитку. [ 2 ]

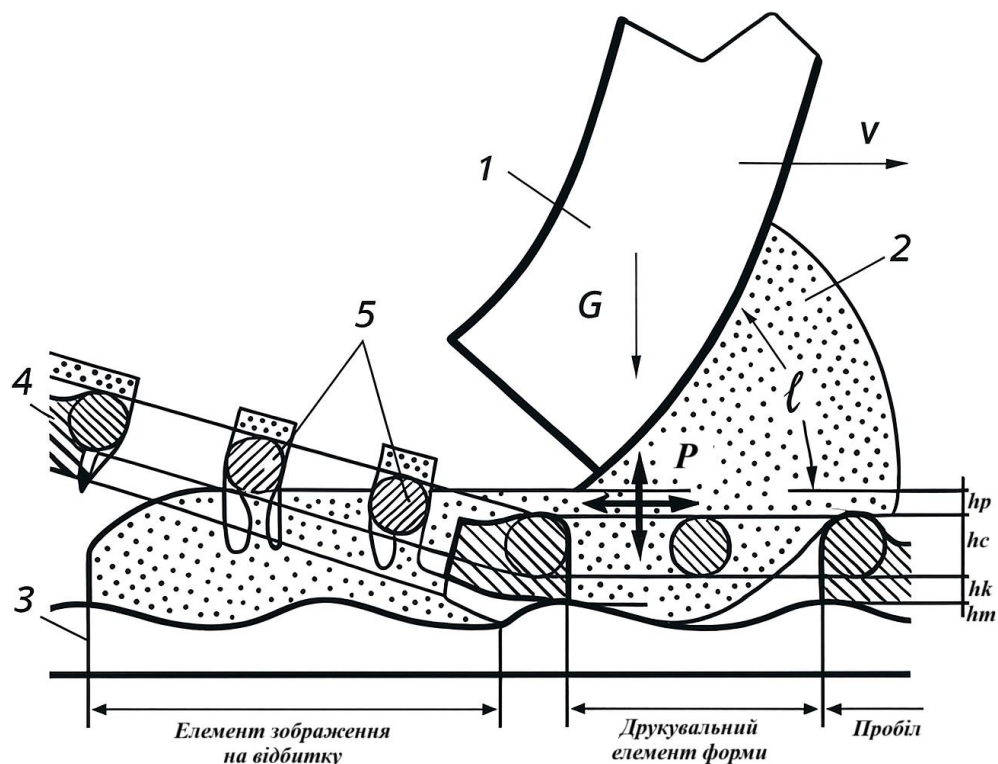


Рисунок 1.2 - Схема формування об'ємного фарбового елемента зображення на відбитку. 1 - ракель; 2 - фарба; 3 - задруковуваний матеріал; 4 - друкарська форма; 5 - нитки сітки

Гідродинамічний тиск є основним, він змушує фарбу протікати через сітку та виникає при переміщенні ракеля по формі. Також важливим є кут нахилу форми та швидкість руху ракеля.

Тиск, що потрібен для здійснення процесу друку, дає змогу знизити вимоги до жорсткості конструкції друкарських машин, що, в свою чергу, дозволяє виготовляти машини для друкування великоформатної продукції (до 3x5 м). Але

тиск на ракель є малим, тому дає змогу друку на крихких виробках (скляних, керамічних чи фарфорових).

Щоб якісно надрукувати зображення методом трафаретного друку, дуже важливо правильно виготовити трафарет. Потрібно вибрати правильну сітку — з потрібним розміром отворів (для дрібних деталей — дрібна сітка, для великих заливок — крупна). Емульсія, якою покривають сітку, має бути якісною та відповідати матеріалу і типу фарби. Також важливо рівномірно нанести емульсію та правильно засвітити трафарет. Весь процес повинен бути стабільним і контрольованим. [ 22 ]

### **1.1.1 Сітка для трафаретного друку**

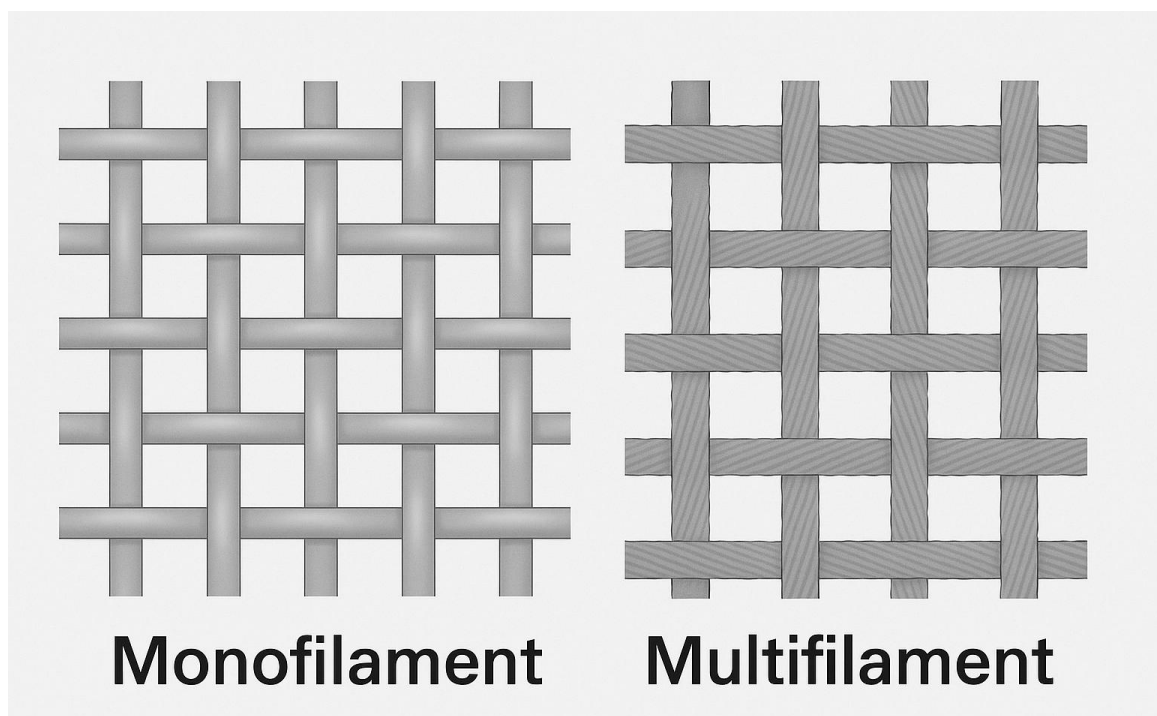
Трафаретна сітка – це тонка тканина, виготовлена з натурального шовку, пластику або металевих волокон/ниток.

На сьогоднішній день використовують зазвичай такі матеріали як бавовна, шовк, нейлон, багатофіламентний поліестер або метал. Також щільність тканини є не менш важливим параметром. Найчастіше використовуються тканини з щільність від 40 до 120 ниток/см. Крім того, якість тканини також визначається товщиною використаної нитки. Кількість тканини визначає ширину сітки, а отже, площу відкритого екрана в нитках/см, а також товщину нитки в мікрометрах.

У сучасному трафаретному друці для виготовлення сіток найчастіше використовується поліестер, оскільки це найпоширеніший варіант завдяки своїй міцності, довговічності, високій еластичності та стабільності розміру. Поліестер добре тримає натяг і є стійким до вологи, хімічних речовин та фарб. Рідше застосовується нейлон, який має більшу еластичність, але менш стабільний у роботі, може розтягуватися під тиском ракеля, тому більше підходить для друку на нерівних або об'ємних поверхнях. Для дуже дрібного та точного друку використовують металеву сітку з нержавіючої сталі. Вона забезпечує високу точність, проте складна в роботі та є значно дорожчою. Такі сітки часто використовуються в електроніці, наприклад, для друку друкованих плат. [ 1, 23 ]

Найміцнішими натуральними волокнами є шовкові волокна. Однак, шовкові нитки можуть відрізнятися за шириною, що призводить до нерівномірних отворів сітки та може спотворювати друковане зображення. Шовк підходить для процесу друку, де не потрібні дрібні деталі, а також хороша реєстрація. Шовк був замінений багатонитковим поліестером, головним чином через складність очищення. Ці труднощі є наслідком шорсткої структури поверхні шовку, яка призводить до затримки частинок фарби в скручених нитках.

Моноволокну (одинарна нитка) та Мультіфіламент (багатожильна нитка) — це дві основні категорії тканин, які зазвичай використовуються в трафаретному друці. Моноволокну використовується найчастіше — дає чіткі краї зображення та добре очищається. Мультіфіламент використовується рідше, бо менше підходить для точного друку (дає розмиті краї). [ 1, 23 ]



*Рисунок 1.3 – Приклад ниток, що найчастіше використовуються в трафаретному друці*

Мононитові тканини — це поліестер, нейлон, металевий дріт та металізований поліестер. Нейлон (мононитка) має конструктивні характеристики, подібні до монониточного поліестеру, за винятком стабільності. Це дуже еластичне волокно. Нейлон — правильний вибір для друку на поверхнях неправильної форми

або контурів. Однак еластичність є небажаною характеристикою там, де критичне суміщення є необхідним.

Дротяна сітка зазвичай використовується для надзвичайної чіткості, коли потрібні товсті шари фарби, а також для друку друкованих плат. Дротяна сітка надзвичайно стабільна, і її можна використовувати багато разів.

Металізована сітка – це відносно новий тип тканини. Очищення сітки з металевим покриттям легше, ніж очищення синтетичної сітки. Металізована сітка має чудову розмірну стабільність і може використовуватися для великих пробігів, де необхідні точні допуски та суміщення.

Правильний натяг сітки є ключовим фактором для забезпечення високої якості друку. Важливо, щоб під час друку не виникало спотворення зображення через зміщення, що створюється ракелем, але одночасно натяг не повинен бути таким сильним, щоб перевищувати межу матеріалу сітки, інакше це може призвести до пошкодження.

Рівень натягу залежить від типу матеріалу, щільності та якості тканини. Зазвичай, натяг може становити від 0 до 25 Н/см. Однак згодом воно зменшується. Це пов'язано з властивостями самої сітки та впливом навантажень під час друку. Наприклад у синтетичних тканинах натяг може знизитися до 50% вже за два дні, залежно від методу закріплення трафарету. Крім того, якщо використовують гнучку раму, це може призвести до нерівномірного натягу сітки, що, у свою чергу, призведе до викривлення зображення. [ 1, 23 ]

### 1.1.2 Рама для трафаретного друку

Основне призначення друкарської рами полягає в тому, щоб забезпечити постійний натяг сітки під час виготовлення трафарету, а також під час процесу друку. Щоб забезпечити постійний натяг під час друку, рама повинна мати певну жорсткість.

Рамки для трафаретного друку зазвичай виготовляються з дерев'яних брусів або металевих труб. Кожен матеріал має свої переваги та недоліки.

Дерев'яні рамки зазвичай використовуються для трафаретних друкарських форм через їх низьку ціну, легку вагу та простоту виготовлення. Однак вони також мають багато недоліків: вони не дуже стійкі, тому зазвичай використовуються для одноколірного друку відносно невеликого формату, не більше 50 см з кожного боку. Щоб забезпечити стійкість, дерев'яні елементи, з яких складається рама, необхідно склеювати, прибивати цвяхами або болтами.

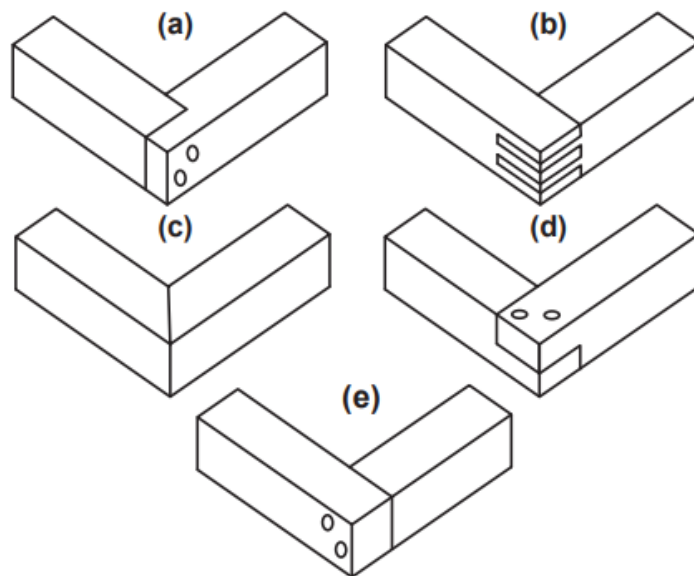


Рисунок 1.4 – Приклади кутових з'єднань рами: *a* - фальцеве з'єднання, *b* - шипне з'єднання, *c* - скошене з'єднання, *d* - торцеве з'єднання, *e* - стикове з'єднання

Клеї повинні бути стійкими до води та розчинників. Якщо використовуються цвяхи або болти, вони повинні бути стійкими до іржі. Сталеві кронштейни можна використовувати для додаткового посилення кутів для більшої стійкості. [ 1 ]

Металеві рамки для трафаретного друку мають набагато більшу стійкість, що дуже важливо при великому форматі та багатокольоровому друці. Зазвичай використовують сталь та алюміній. Для створення таких рамок металеві труби зварюють. Сталеві рами більш жорсткі, стабільні та довговічні, мають стійкість до змін температури, легше зварюються та дешевші за алюмінієві. Але при перевагах цих рам вони не дуже підходять для великого формату, оскільки сталь має більшу густину (7850 кг/м<sup>3</sup>, алюміній - 2650 кг/м<sup>3</sup>) то такі рами у 3 рази важчі за алюмінієві.

Сталь схильна до корозії, тоді як алюмінієві рами більш стійкі до корозії, але вони не стійкі до кислотних та основних хімічних речовин, якими часто є знежирювальні засоби, і їх необхідно належним чином захищати, якщо такі хімічні речовини використовуються в процесі.

Проте дерев'яні та металеві рамки самі по собі мають свій недолік у тому, що після фіксації сітки їх не можна підтягувати. Тому були розроблені нові допоміжні конструкції для розтягування чи регулювання сітки на рамі. [ 2 ]

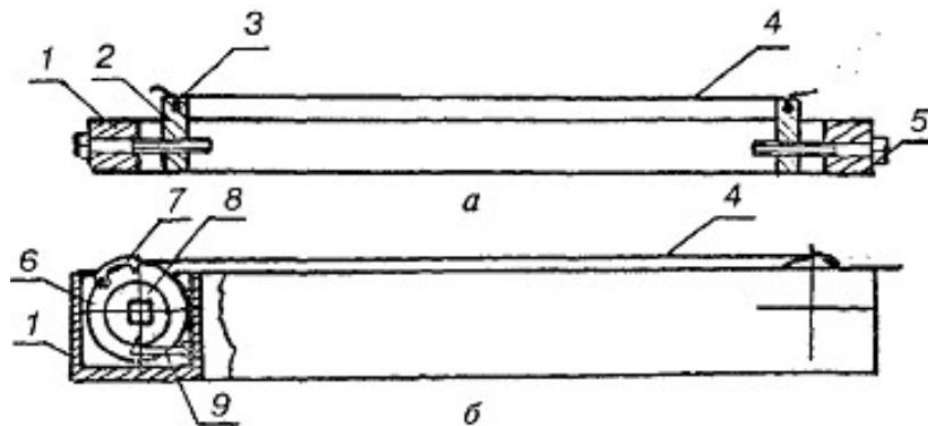
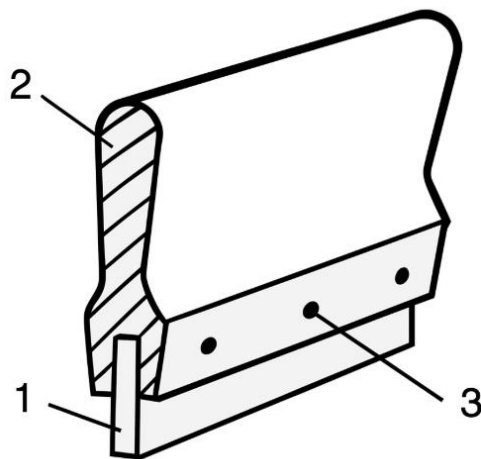


Рисунок 1.5 – Рами з механізмом підтягування сітки: 1 — основна рама; 2 — допоміжна планка; 3 — шпилька; 4 — сітка; 5 — гвинт; 6 — барабан; 7 — зажим сітки; 8 — храповик; 9 — засувка храповика

### 1.1.3 Ракель для трафаретного друку

Друкарський ракель виконує кілька важливих функцій у процесі друку: він притискає друкарську форму до матеріалу, що підлягає друку, вирівнює його, рівномірно розподіляє фарбу, пропускає її через дрібні отвори друкуючих елементів і видаляє надлишок фарби. У зв'язку з цим його роль у створенні якісного зображення є надзвичайно важливою.

Конструкція друкарського ракеля включає основу, до якої прикріплена еластична пластина. Залежно від призначення ракеля його форма та матеріали можуть значно відрізнятися. При ручному друку основа ракеля зазвичай виготовляється з легких, але міцних матеріалів, найчастіше з деревини сосни чи бука. Її конструкція спроектована таким чином, щоб забезпечити зручне утримання руками. [ 2 ]



*Рисунок 1.6 - Друкарський ракель: 1 — еластична пластина; 2— основа; 3— шуруп кріплення*

Для друкарських машин ракелі мають металеві основи, зазвичай виготовлені зі сплавів алюмінію. Вони повинні бути легкими для зручного демонтажу, міцними, щоб витримувати високі навантаження, і простими у встановленні.

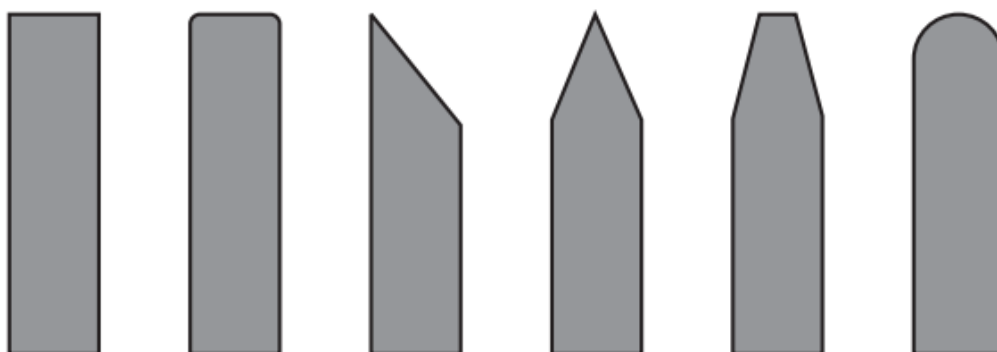
Пластина ракеля повинна мати необхідні характеристики для якісного друку. Вона має бути еластичною та пружною, щоб плавно огортати дрібні нерівності поверхні та швидко повертатися до своєї первісної форми після кожного

циклу. При цьому її твердість має бути достатньою, щоб уникнути надмірного вигину та забезпечити щільний притиск форми до матеріалу. Важливо, щоб пластина не реагувала на розчинники, що містяться у фарбах.

Як матеріал для виготовлення пластини використовують спеціальну гуму, стійку до мастил та бензину, або поліуретани товщиною 8—10 мм. Поверхня пластини має бути рівною та гладкою з обох боків, щоб забезпечувати чітку крайку.

Залежно від цілі використання ракелі сортують за формою їх краю

1. квадратний край для друку плоских об'єктів
2. квадратний із заокругленими кутами для великих об'ємів фарби
3. односторонній скошений край для друку на склі
4. двосторонній скошений край або ножовий край для прямого друку на заокруглених поверхнях
5. заокруглений та подвійний скошений край для друку на текстилі



*Рисунок 1.7 – Різновиди форм друкарських ракелів*

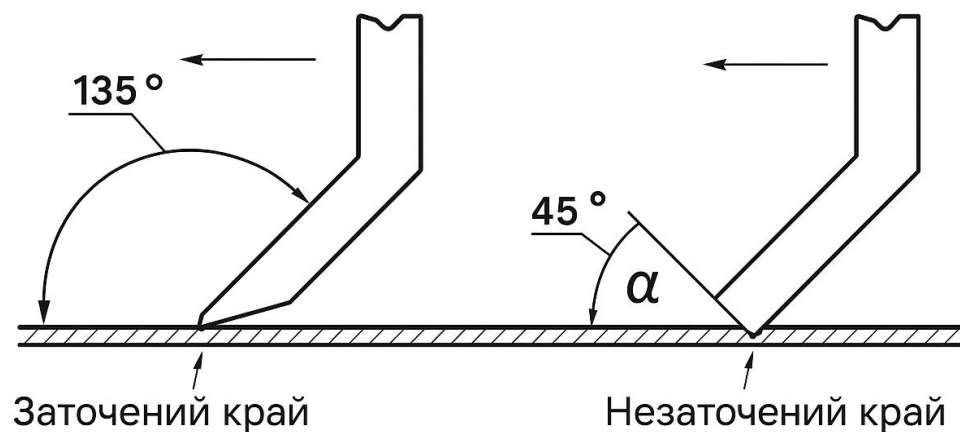
Також, ракелі можна сортувати за їх твердістю, яка вимірюється у одиницях Shore A. Це шкала для вимірювання твердості гуми та еластомерів. Чим вище число, тим твердіше ракель.

Надм'які (екстра м'які) — 45–50 Shore A. М'які (м'які) — 50–60 Shore A використовуються для друку низької роздільної здатності, нанесення великої кількості фарби, друку по текстилю та шорстких поверхнях. Середньої твердості (середньої твердості) — 60–70 Shore A – найбільш універсальні. Тверді (твердий) — 70–80 Shore A. Дуже тверді (екстра тверді) — до 95 Shore A – застосовуються

для гладких поверхонь, таких як скло наприклад, та забезпечує високу роздільну здатність друку. [ 1 ]

Після роботи ракеля, фарбу треба повернути у початкове положення. Це можна зробити різними методами. На ручних верстатах використовують друкарський ракель, а у напівавтоматичних та автоматичних машинах встановлюється спеціальний шкребок – зрошувальний ракель. Він перміщує та рівномірно розподіляє фарбу назад. Зазвичай такий шкребок виготовляють з металу та встановлюють під певним кутом. Найменше спотворення зображення відбувається тоді, коли зрошувальний ракель встановлений на великий кут нахилу (приблизно  $135^\circ$  -  $170^\circ$ ) його робочої частини до форми.

Щоб забезпечити правильне встановлення ракеля, необхідно, щоб його робоча площа була нахилена під кутом  $135^\circ$  до форми, а край — добре загостреним і при цьому закругленим, щоб не пошкодити сітку. Якщо ж край ракеля не буде заточеним, утворюється так званий гідродинамічний клин, що призводить до надлишкового проштовхування фарби та викривлення елементів зображення. [ 2 ]



*Рисунок 1.8 – Приклад положення зрошувального ракеля (зліва правильне положення, зправа не правильне, що може призвести до травмування форми)*

## 1.2 Класифікація трафаретних машин та пристроїв

Існує три основних типи машин для трафаретного друку які класифікують за ступенем автоматизації: ручні, напівавтоматичні та автоматичні.

### 1.2.1 Ручні трафаретні машини

Ручний спосіб друку передбачає собою ручне перенесення фарби на підкладку за допомогою ракеля. Цей спосіб, як і інші має свої переваги та недоліки, і обираючи спосіб необхідно відштовхуватись від потреб. Великою перевагою ручного способу є малі інвестиції. Ручні машини не потребують великих фінансових вкладень, тому стають доступними для невеликих підприємств. Також простота та гнучкість їх використання дає можливість швидко навчитися процесу друку новачкам та створити особливий дизайн без значних витрат часу та грошей. Компактність приладу робить його мобільним та легким для транспортування та підходящим для невеликих замовлень, де не вимагається велика потужність. Також всі ці фактори можуть бути і обмеженнями даного способу. Через ручний процес робота стає менш продуктивною та більш трудомісткою порівняно з автоматичними машинами, які підійдуть для масового виробництва та великих тиражів. Людський фактор також впливає на точність друку, що може вплинути на стабільність відбитків. [ 7, 19, 20, 21 ]



*Рисунок 1.9 – Ручна трафаретна машина «Riley Hopkins 150 1 Color 1 Station Screen Printing Press»*

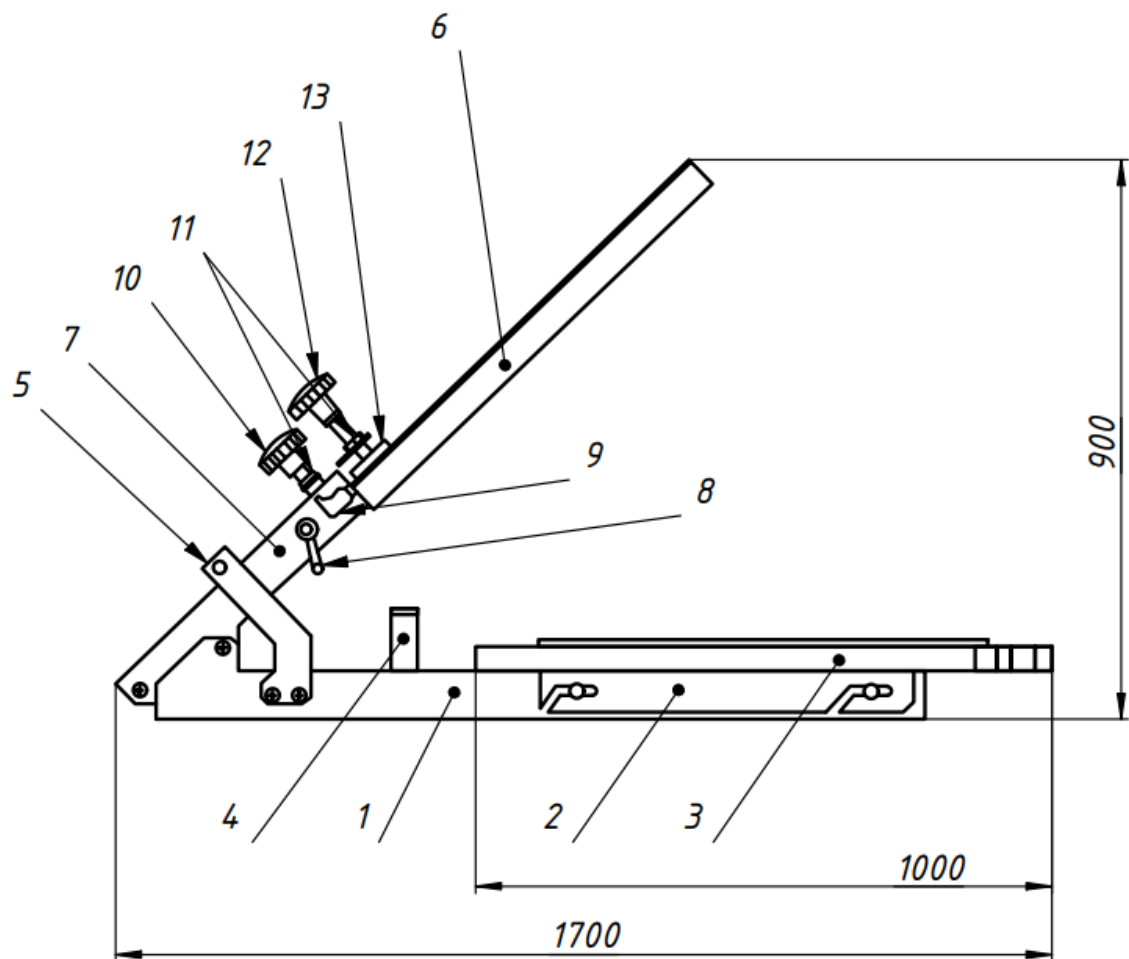


Рисунок 1.10 – Схема ручної трафаретної машини (вид збоку)

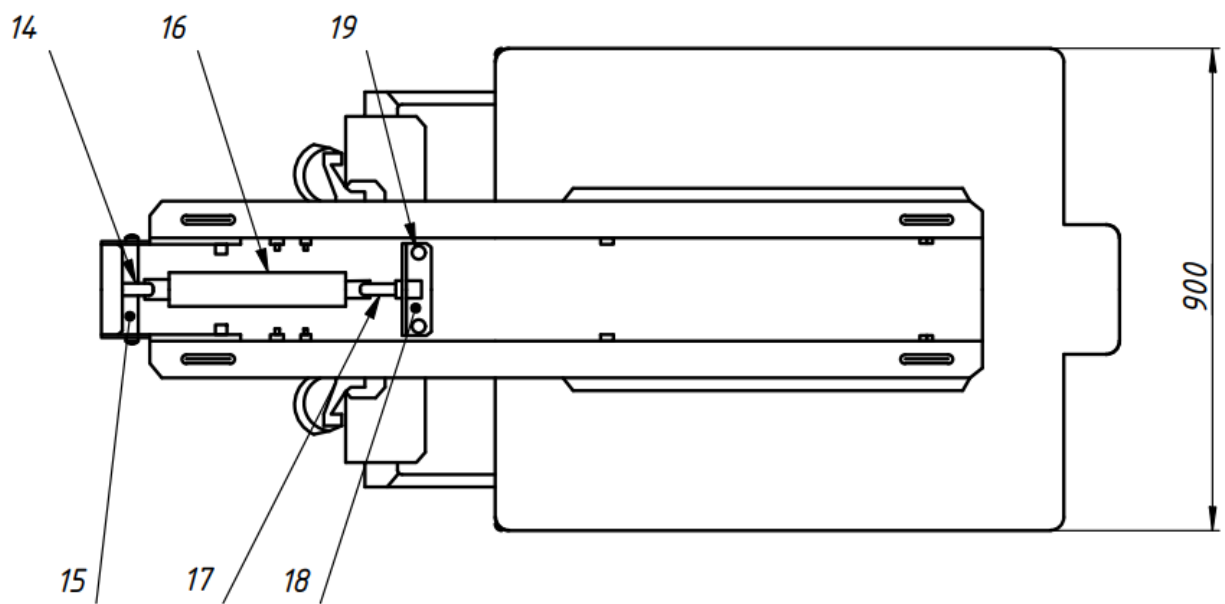


Рисунок 1.11 - Схема ручної трафаретної машини (вид зверху)

1. Станина
2. Тримачі
3. Друкарська поверхня
4. Обмежувач нижнього положення
5. Фіксатор верхнього положення
6. Друкарська форма
7. Поворотний кронштейн
8. Рукоятка для фіксації вздовж
9. Рукоятка для фіксації поперек
10. Гвинт з рукояттю для регулювання
11. Приварена гайка
12. Рукоятка притиску
13. Притискач
14. Шарнірна ланка
15. Вісь шарнірної ланки
16. Пружина розтягну
17. Стопорні кільця
18. Кутовий кронштейн
19. Гвинт та гайка для кріплення кронштейна

### **1.2.2 Напівавтоматичні трафаретні машини**

Напівавтоматичні трафаретні машини поєднують у собі ручну подачу або позиціонування матеріалу з автоматичним або механічним процесом нанесення зображення. Напівавтоматичні машини для трафаретного друку поєднують ефективність автоматизації з гнучкістю ручного керування, що робить їх популярним вибором для багатьох підприємств.

Напівавтоматичні машини розроблені для оптимізації процесу трафаретного друку, що робить його доступним навіть для операторів з обмеженим досвідом. Ці машини зазвичай мають зручні інтерфейси та інтуїтивно зрозумілі елементи керування, що дозволяє операторам легко налаштовувати та керувати обладнанням.

Машини дозволяють регулювати швидкість друку, довжину ходу та тиск ракеля, дозволяючи операторам точно налаштувати процес відповідно до конкретного дизайну та вимог до основи. Після того, як машина налаштована, вона може друкувати кілька копій одного дизайну одночасно, значно скорочуючи час виробництва. Автоматизація, що забезпечується напівавтоматичними машинами, забезпечує швидкий і послідовний друк.

Хоча напівавтоматичні машини все ще потребують операторів, вони значно зменшують трудомісткість ручного трафаретного друку. Автоматизація, яку забезпечують ці машини, мінімізує потребу в надмірній ручній праці.

Напівавтоматичні машини пропонують універсальність, дозволяючи підприємствам друкувати на широкому спектрі матеріалів, включаючи текстиль, папір, пластик тощо. Вони можуть мати різні розміри та форми, що робить їх придатними для виробництва різноманітної продукції, як-от футболки, етикетки, вивіски та рекламні матеріали.

Хоча напівавтомати мають численні переваги, вони також мають деякі обмеження. Порівняно з налаштуваннями друку вручну, напівавтоматичні машини вимагають більш значних початкових інвестицій. Ці машини мають розширені функції та автоматизацію, що призводить до вищої початкової вартості. Меншим

підприємствам з обмеженим бюджетом може бути важко дозволити собі напівавтомати.

Незважаючи на те, що напівавтоматичні машини розроблені таким чином, щоб бути зручними для користувача, вони все ще потребують навчання, особливо для операторів, які тільки починають працювати з трафаретним друком. Розуміння функцій машини та оптимізація налаштувань може вимагати початкового навчання та практики для постійного досягнення бажаних результатів. [ 10, 24 ]

Напівавтоматичні машини містять складні механічні та електронні компоненти, які час від часу потребують технічного обслуговування або ремонту. Важливо встановити план технічного обслуговування та мати навчений персонал або надійну технічну підтримку для оперативного вирішення будь-яких проблем.



*Рисунок 1.12 - Напівавтоматична трафаретна друкарська машина TX-4060  
Screen Printing Machine for Phone*

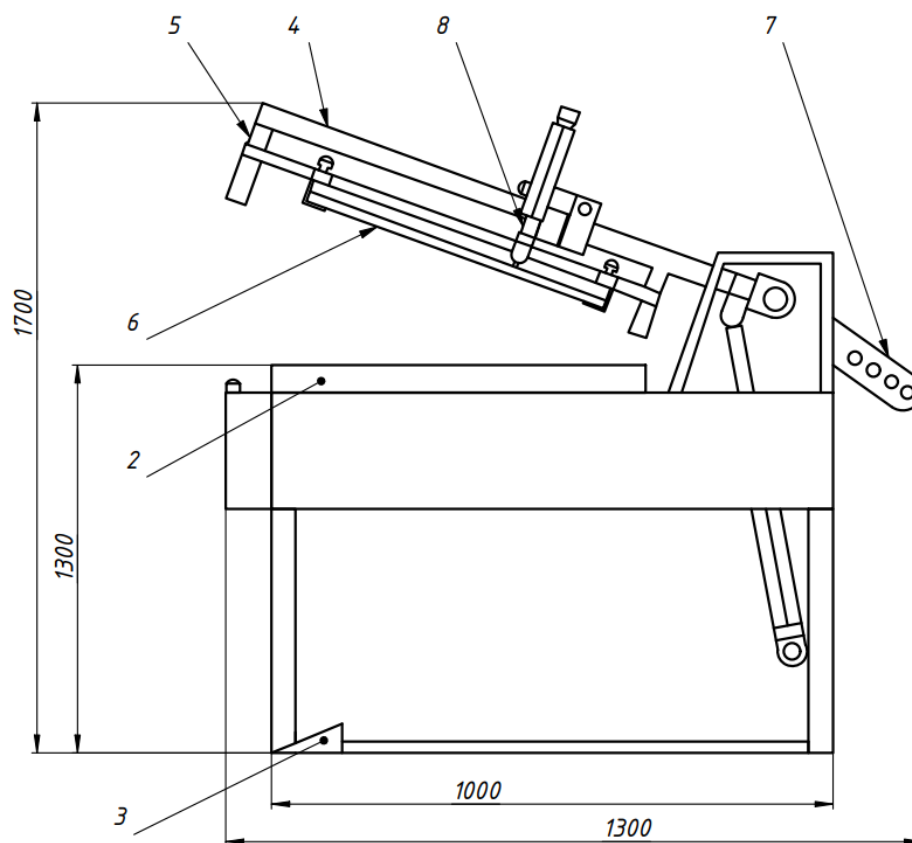


Рисунок 1.13 – Схема напівавтоматичної друкарської машини (вид збоку)

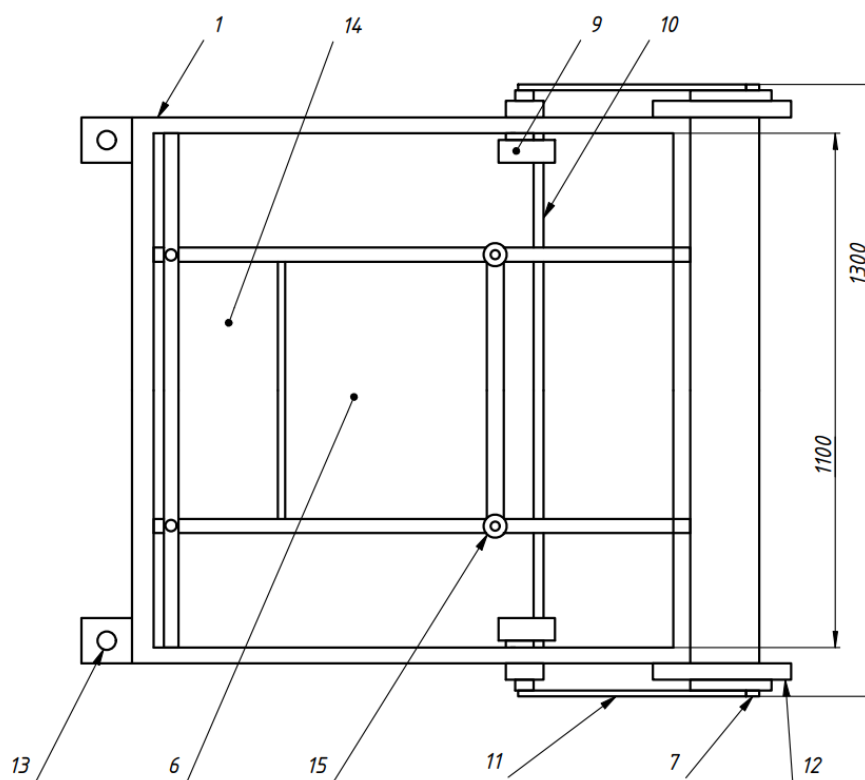


Рисунок 1.14 – Схема напівавтоматичної друкарської машини (вид зверху)

1. Рама
2. Робоча платформа
3. Ножна педаль
4. Поворотна рама
5. Поворотний вузол
6. Трафарет
7. Перший важіль
8. Монтажна основа ракеля
9. Друкарський модуль
10. Направляюча штанга
11. Приводний механізм
12. Другий важіль
13. Демпфер
14. Поглиблення для фіксації матеріалу
15. Підіймальний механізм

Отже, основними перевагами напівавтоматичних трафаретних машин є вища продуктивність та стабільність якості, порівняно з ручними, бо процес друку відбувається автоматично. Завдяки меншому навантаженню на оператора машини можливе точне повторення відбитків. Такі машини добре підходять для малих та середніх тиражів. Підійдуть для друку на футболках, упаковці, канцелярії, листових матеріалах, коспетиці, сувенірах та ін.

Актуальні розробки серед напівавтоматів за останні 5 років включають в себе інтелектуальні пульти керування з сенсорами позиціонування ракеля, демпери для зменшення шуму та вібрації, інтеграцію з вакуумними або УФ-сушками та покращену безпеку (наприклад, автоматичне блокування рами при несправності).

### **1.2.3 Автоматичні трафаретні машини**

В автоматичному трафаретному друці основний процес автоматизований, що значно знижує ручну працю та покращує точність, швидкість і ефективність виробництва. Автоматичні трафаретні машини мають високий рівень контролю над процесом друку, що дозволяє досягти високої точності та продуктивності.

Автоматичний трафаретний друк працює автоматично на більшості етапів. Він не потребує додаткової фізичної роботи персоналу. На відміну від ручних трафаретних друкарських машин, автоматичний трафаретний друк дозволяє виконувати великі проекти лише з одним або двома робітниками. Однак, ручний трафаретний друк надає вам унікальні підходи до налаштування. Ця перевага відсутня в автоматичному трафаретному друкарському варіанті. З автоматичним трафаретним друком, після введення налаштувань для певної партії, кожен елемент у списку виходить однаковим. Це добре для великих замовлень. Це може бути недоліком, якщо вам потрібен більш індивідуальний підхід.

Основною перевагою автоматичного трафаретного друкарського верстату над ручним може бути фактор часу. Автоматичний трафаретний друк набагато швидший у всіх відношеннях. Легше підтримувати стабільну якість друку з автоматичною трафаретною друкарською машиною, ніж з ручною. Машина автоматизована. Вона дотримується початкових налаштувань для кожного елемента в конкретній партії. [ 16,19 ]

Однією з найпомітніших новинок є оновлена версія німецької плоскої машини THIEME 3000 GS 2024 року. Вона відрізняється високою продуктивністю та простотою налаштування. Також зберігає раніше введені параметри керування та має зручну модульну конструкцію , що підходить для багатокольорових концепцій. Машина здатна здійснювати друк із точністю позиціювання аркуша до 0.01 мм, що робить її ідеальною для високотехнологічних галузей, таких як електроніка чи пакування преміум-класу. Завдяки вбудованим сенсорам, системі самодіагностики та можливості контролю онлайн, ця модель дозволяє не лише підтримувати стабільну якість, але й суттєво скорочує участь оператора. [ 25 ]

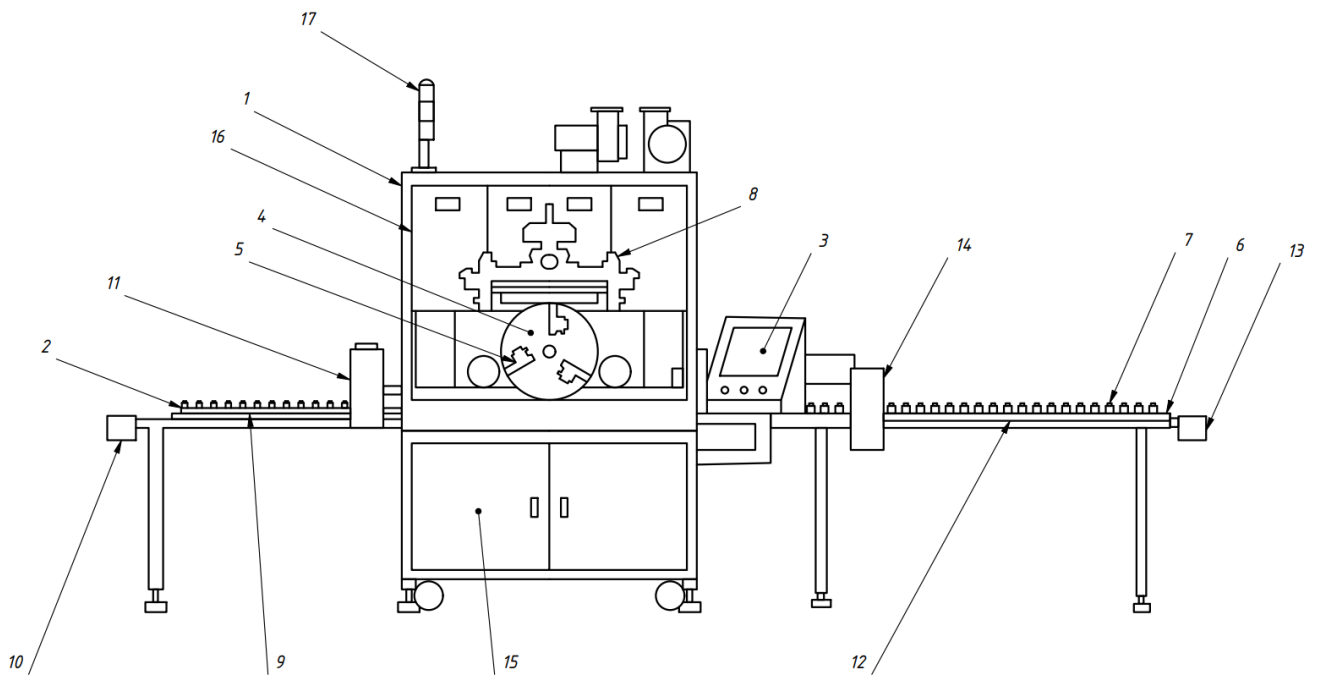


*Рисунок 1.15 – Повністю автоматична трафаретна машина THIEME 3000 GS*

Актуальною та розповсюдженою залишається автоматична трафаретна машина 2021 року розробки CNC101. Це сучасна автоматична машина для друку, яка працює з пляшками, флаконами, тюбиками та іншими виробами, які мають округлу або овальну форму. Вона виконує друк за допомогою трафарету або тампона. Машина має захисні двері, а всередині — електронна головка та затискний механізм, який тримає виріб під час друку. З боків є транспортери, які автоматично подають і забирають деталі, тому працівнику не потрібно вручну класти кожну пляшку. Машина управляється через сенсорний екран, де можна задати параметри. Зверху встановлено сигнальний ліхтар, який показує, чи все працює. [ 11, 26 ]



*Рисунок 1.16 - Автоматична трафаретна машина CNC101 для скляних пляшок*



*Рисунок 1.17 – Сема автоматичної трафаретної машини*

1. Стійка
2. Подавальний стіл
3. Панель керування
4. Поворотний стіл
5. Регулятори положення стола
6. Вивідний стіл
7. Задруковуваний матеріал (пляшка)
8. Друкарський блок
9. Подавальний конвеєр
10. Двигун для подавального стола
11. Пиловідсмоктувальна машина
12. Вивідний конвеєр
13. Двигун для вивідного стола
14. Сушильна УФ-лампа
15. Елементи живлення
16. Скляна захисна кришка
17. Сигнальний ліхтар

*Таблиця 1.1 - Класифікація трафаретних друкарських машин за ступенем автоматизації*

| <b>Тип машини</b>                         | <b>Принцип роботи</b>                                                       | <b>Основні характеристики</b>                                         | <b>Приклади використання</b>                                                       |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ручні трафаретні машини</b>            | Друк здійснюється вручну за допомогою трафарету та фарби                    | Простота використання, низька вартість, підходить для малих тиражів   | Друк на футболках, плакатах, сувенірах                                             |
| <b>Напівавтоматичні трафаретні машини</b> | Частково автоматизований процес друку, де деякі операції виконуються вручну | Вища продуктивність порівняно з ручними машинами, середня вартість    | Друк на текстилі, папері, пластику                                                 |
| <b>Автоматичні трафаретні машини</b>      | Повністю автоматизований процес друку, керований комп'ютером                | Висока продуктивність, висока вартість, підходить для великих тиражів | Промисловий друк на різних матеріалах, включаючи метал, скло, пластик              |
| <b>Цифрові трафаретні машини</b>          | Використовують цифрові технології для створення трафаретів та друку         | Висока точність, можливість друку складних зображень, висока вартість | Друк на електронних компонентах, високоточний друк на текстилі та інших матеріалах |

#### **1.2.4 Класифікація за іншими показниками**

Також, за типом руху друкарського циліндра або стола друкарські трафаретні пристрої можна поділити на циліндрично-плоскі (наприклад, Sakurai Maestro 72A), плоскі та ротаційні (циліндричні). У циліндро-плоских машинах аркуш фіксується на циліндрі, а друк здійснюється через плоску сітку. Перевагою таких машин є висока точність при великих швидкостях.

У плоских машинах і трафарет і матеріал розташовані горизонтально. Така проста конструкція використовується загалом в ручних трафаретних верстатах. Матеріал лежить на плоскому або вакуумному столі, а ракель рухається по сітці та проштовхує фарбу через відкриті ділянки. Сітка та матеріал при такому друці залишаються на місці.

У ротаційних (циліндричних) машинах трафарет має форму циліндра, що обертається навколо спеціального ракеля та наносить фарбу на рулонний матеріал, що рухається під час друку. Ракель притискає фарбу через відкриті ділянки сітки на рухомий матеріал. Такий вид друку підходить для рулонів до 3000 м довжиною, тоді як плоский друк лише до 30 м. Такі машини використовуються зазвичай для безперервного руху на рулонних матеріалах, таких як текстиль, шпалери чи пакування.

Трафаретні машини також можна класифікувати за призначенням: для текстилю, для друку по склу, пластику, дереву чи металу. Є спеціальне обладнання для друку електроніки для друкування плат. Різні функції можуть виконувати універсальні машини, що підходять для різних типів поверхонь.

Додатково класифікувати трафаретні пристрої можна і за іншими критеріями. Такими як кількістю фарб, які можуть наноситись за один цикл, видом продукції, яку вони друкують, розміром відбитків, швидкістю, рівнем складності тощо.

Узагальнення цього пункту наведено в таблиці 1.2.

*Таблиця 1.2 – Класифікація трафаретних машин*

| <b>Критерій класифікації</b>   | <b>Різновиди</b>                                                                                        |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Тип матеріалу, що друкується   | Для листових матеріалів<br>Для рулонних матеріалів<br>Для об'ємних виробів                              |
| Тип друкарської форми          | З плоскою формою<br>З циліндричною формою                                                               |
| Тип опорної поверхні           | З плоскою поверхнею<br>З циліндричною поверхнею                                                         |
| Хто рухається: ракель чи форма | Рухомий ракель і нерухома форма<br>Нерухомий ракель і рухома форма                                      |
| Рівень автоматизації           | Ручні<br>Напівавтоматичні<br>Автоматичні                                                                |
| Призначення                    | Спеціалізовані<br>Універсальні                                                                          |
| Кількість фарб                 | Однофарбові<br>Багатофарбові                                                                            |
| Формат відбитків               | Малоформатні (до А3)<br>Середньоформатні (до А2, А1)<br>Великоформатні (плакати, банери, рекламні щити) |

### **1.3 Актуальність та сфери застосування трафаретного друку**

Трафаретний друк залишається досить популярним методом, як в Україні так і у світі. Хоч він і поступається позиціями офсетному та цифровому, але є дуже бюджетним, точним та довговічним методом, особливо при друці малих та середніх тиражів.

Цей метод використовують для виготовлення футболок з принтами, плакатів, упаковки, реклами, а також для друку на електронних компонентах і багато іншого. Трафаретний друк популярний завдяки своїй точності, здатності працювати з різними матеріалами та простоті процесу.

В першу чергу, розглядаючи економічну вигідність, зрозуміло, що цей метод ідеально підходить для невеликих тиражів. Трафаретний друк вигідний при виготовленні невеликих партій, оскільки налаштування машини займає порівняно небагато часу, а витрати на виробництво кожної одиниці товару не сильно збільшуються. Також, для цього виду друку використовуються відносно дешеві матеріали, такі як фарби, сітки та рами для трафаретів. Крім того при експлуатації потрібні мінімальні витрати на обслуговування, особливо при використанні ручних або напівавтоматичних машин.

По-друге трафаретний друк широко застосовується у різноманітних галузях, таких як текстильна та електронна промисловість, пакування, реклама та багато інших. Він залишається актуальним завдяки універсальності та можливості роботи з різними матеріалами, такими як тканина, пластик, дерево, фарфор, метал, ледерин, бумвініл, кераміка чи скло. При чому друк на нестандартних поверхнях не змінює високу якість та точність друку. [ 3 ]

Також, зараз зростає попит на індивідуальну та екологічну продукцію. Трафаретний друк якраз дає можливість швидко і точно виготовляти персоналізовані вироби з різноманітними дизайнами, такі як подарункові предмети чи сувеніри. А можливість використання екологічно чистих матеріалів, наприклад водорозчинних фарб, робить даний метод конкурентоспроможним в умовах підвищених вимог до екологічності виробництва.

Що ж до розповсюдженості, розглядаємий вид друку чудово підходить для бізнесів, що займаються друком на замовлення або невеликими партіями. Але його також застосовують у рекламі, плакатах і навіть банерах, завдяки його здатності працювати з нетиповими матеріалами.

Найчастіше та найвигідніше використовувати трафаретний друк для друкування малотиражної продукції, такої як візитівки, етикетки, сувенірні листівки, посібники. Особливо вигідне поєднання цього способу друку з офсетним та тисненням фольгою.

Можливість нанесення фарби товстим шаром дає можливість робити рельєфні відбитки. Це застосовується для імітації олійного живопису, де потрібна не тільки точність передачі кольорів, а й відтворення рельєфу мазків фарби та фактури тканини. Також для зовнішньої реклами, бо товстий шар фарби більш світлостійкий і дозволяє тривалий час зберігати кольорове зображення. А товстий нанесений шар спеціальної фарби допомагає запобігти прочитанню секретної інформації на важливих документах та лотерейних білетах, як при візуальному огляді, так і при просвічуванні рентгенівськими променями. В багатьох країнах цей метод застосовується для друкування книжок для незрячих, завдяки можливості нанесення великої товщини фарби. [ 1, 3 ]

Способом трафаретного друку можна друкувати не тільки на різноманітних матеріалах, а й спеціальними фарбами та матеріалами, такими як люмінесцентні та «пахучі» фарби чи клей з подальшим набиванням спеціальними пастами. Така можливість значно розширює сфери застосування трафаретного друку на парфумерну промисловість, для друкування етикеток фарбами, що містять запах рекламованої продукції, та на кондитерську, задля друкування кремами різноманітних прикрас на кондитерських виробах.

Трафаретний друк є одним із найпоширеніших методів, що застосовуються в текстильній промисловості для створення якісних і різноманітних зображень на тканині. Тільки за допомогою трафаретного друку можна нанести яскравий малюнок на вироби з цупкою поверхнею, такі як капелюхи, сорочки чи білизна.

Для цього були розроблені спеціальні фарби., які витримують багаторазове прання. Цим способом друку також друкують на сумках, валізах та взутті.

За останні роки розширюється друкування трафаретним способом тари і упаковки. Яскравість надрукованого зображення посилює привабливість виробів.

А завдяки новим досягненням в автоматизації, використанню більш ефективних фарб, вдосконаленням сіткам і механізмам, трафаретний друк продовжує еволюціонувати і пропонувати нові можливості. Точність трафаретного друку активно використовується в електронній та радіотехнічній промисловості, зокрема для нанесення мікросхем та інших дрібних деталей на плати. Зокрема 85-95% їх продукції виробляється як раз трафаретним способом. А завдяки незначній вимогливості до жорсткості конструкції друкарського апарату та простоті процесу можна переносити друкарську форму на виріб а вже на ній друкувати. Завдяки такому данний спосіб друку дає можливість друкувати безпосередньо на автомобілях, літаках, вагонах та на інших великогабаритних об'єктах. [ 15 ]

Отже, можна зробити висновок, що тема трафаретного друку залишається актуальною і може бути перспективною для мого дослідження. Проте, цей метод в Україні має певні обмеження щодо масового виробництва при великих тиражах, адже інші методи, такі як офсетний або цифровий друк, забезпечують вищу швидкість і ефективність при великих обсягах.

## РОЗДІЛ 2. Машина трафаретного друку Sakurai Maestro 72A

### 2.1 Принцип роботи машини Sakurai Maestro 72A

Машини Sakurai Maestro 72A поєднує в собі високу точність та продуктивність друку. Серія машин Maestro японського виробника високотехнологічна та призначена для трафаретного друку на різних поверхнях. Машина має плоский трафарет та автоматичну циліндрову подачу аркуша. Високошвидкісна з мінімальним браком та має можливість сумісності з УФ-фарбами, термофарбами та можливістю підключень до автоматизованих ліній друку. [ 14, 17 ]



*Рисунок 2.1 - Машина трафаретного друку SAKURAI MAESTRO 72A*

Основні технічні характеристики

- Розміри: 2920 мм × 1940 мм × 1287 мм (висота з урахуванням ракеля)
- Вага: 2400 кг
- Максимальний формат аркуша: 720 × 520 мм
- Мінімальний формат аркуша: 350 × 270 мм
- Максимальна зона друку: 720 мм × 500 мм (область нанесення фарби)
- Допутима товщина матеріалу: 0,05 – 0,5 мм (від найтонших плівок до картону)
- Зовнішній розмір рами (трафаретної форми): 880 мм × 880 мм
- Максимальна висота стопи у самонакладі: 700 мм
- Максимальна вага стопи у самонакладі: 600 кг

- Швидкість друку: до 3600 аркушів на годину
- Тип конструкції: Стоп-циліндрова
- Тип подачі: Автоматичний самонаклад з вакуумною головкою
- Тип сушіння: УФ-сушка з двома ртутними лампами потужністю 6 кВт кожна
- Розмір трафаретної форми: 880 × 800 мм
- Необхідна потужність: 415 В, 3 фази, 20 А
- Необхідний тиск повітря: 5–6 бар

#### Споживання електроенергії:

- Головний мотор приводу (основний руховий елемент): 1.5 кВт
- Насос циліндра/подачі (створення вакууму та подача): 1,5 кВт
- Мотор, що підіймає карель: 0,2 кВт
- Вакуум на виводі (забезпечує фіксацію аркуша на виході): 0,4 кВт
- Вентилятор подачі/вакууму (вентиляція самонакладу): 0,4 кВт
- Підйом стола подачі (підіймає стіл з аркушами в самонакладі): 0,4 кВт
- Загальне споживання: 7 кВт, 3 фази, 200 В

Машина універсальна, але при вивченні мною машини, в основному її використовували для нанесення лаку на обкладинки книг.

Лаку існує 3 види: глянцевий, об'ємний та фактурний.



а)



б)



в)

Рисунок 2.2 – Приклад а) глянцевого, б) об'ємного, в) фактурного лаків

Процес починається з того, що рамку (сітку) покривають емульсією та дають час на висихання. Цей процес займає біля 2 годин. Потім до рамки прикріплюють прозору плівку трафарет у зеркальному положенні та засвічують у експозиційній камері.



*Рисунок 2.3 - Експозиційна камера для засвічування трафарету*

Камера закривається разом з рамкою та викачується усе повітря щоб утворився вакуум. У данній камері засвіт відбувається за 5 хвилин за допомогою ультрафіолетових ламп. Для більшої стійкості рамки її повторно кладуть у цю ж камеру для задубіння вже на 10 хвилин і без відкачки повітря.

Потім рамку закріплюють у машині, заливають лак та проводять тестовий друк при якому налаштовують положення рамки для точного співпадіння задрукованих частин.

Машина оснащена автоматичним самонакладом. Тому процес друку відбувається таким чином, що вакуумна система подає по одному аркушу. Після цього за допомогою роликів аркуш подається у зону друку. Через сітку лак проходить тільки в тих місцях де зображення відкрите, інші ділянки сітки

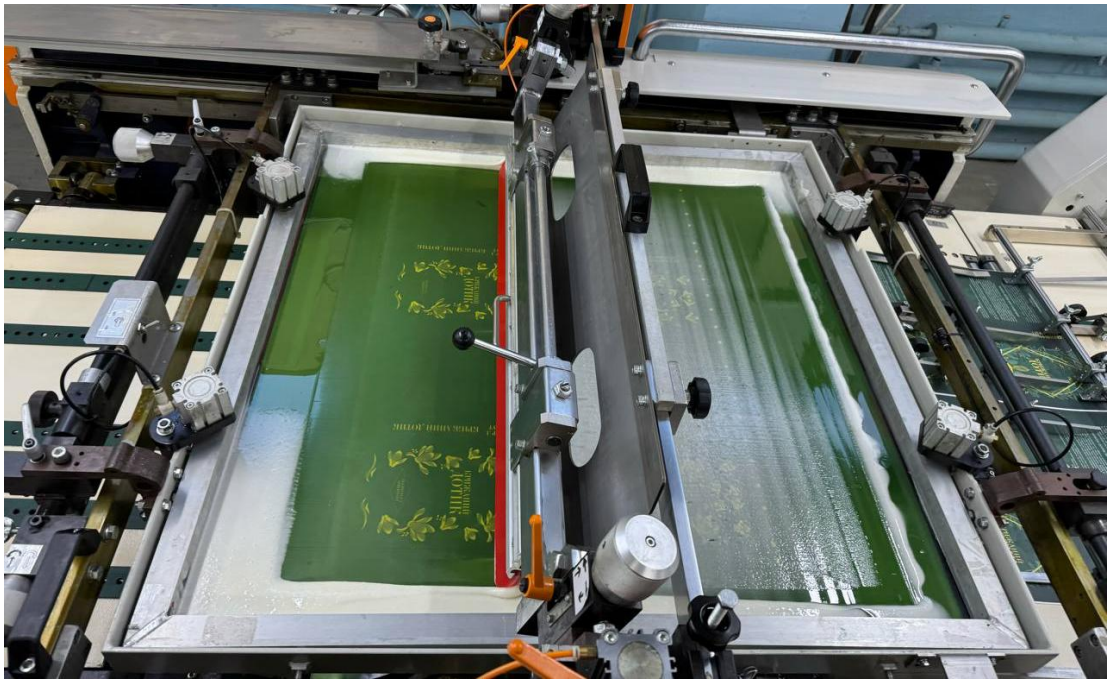
затримують лак. Трафаретна сітка переміщується і лак, завдяки тиску ракеля, рівномірно наноситься на матеріал. Для рівномірного нанесення фарби через сітку використовується ракель. Цей спеціальний інструмент, який рухається по трафарету, заповнює фарбою лише ті місця, де потрібно залишити зображення. Для лаку ракель менш жорсткий ніж для друку фарбами.



*Рисунок 2.4 - Вакуумна система подачі аркушів*



*Рисунок 2.5 - Падаючі ролики*



*Рисунок 2.6 - Процес нанесення лаку*



*Рисунок 2.7 – Ракель для лаку та металевий зрошувальний ракель для розподілу лаку*

Після нанесення лаку задруковуємий матеріал відправляється в УФ-сушку з двома додатковими лампами. Перша з них гріє на 80 градусів, друга на 50. Це оптимальна температура при якій лак встигає висохнути, а папір не деформується.

Після завершення процесу аркуші попадають на приймальний стіл, у данову випадку вібраційний.



*Рисунок 2.8 - УФ-сушка з двома ртутними лампами потужністю 6 кВт кожна*

Перевагами Sakura Maestro 72A є мікрометрична настройка трафаретної форми, вона забезпечує точність до 0,01 мм, що гарантує стабільність друку навіть на високих швидкостях. Дана машина підходить для друку на різноманітних матеріалах, включаючи картон, самоклеючі плівки, металізований папір, декалі та термотрансфери. Автоматичний самонаклад та вакуумний прижим забезпечують точне та швидке завантаження аркушів, зменшуючи час на налаштування та підвищуючи ефективність виробництва. УФ-сушка з двома ртутними лампами потужністю 6 кВт кожна забезпечує ефективне висихання фарб та лаків, що особливо важливо при використанні спеціальних покриттів, таких як різні види лаку у даному випадку. Висока швидкість руху та автоматизовані процеси значно знижують час на налаштування машини та виробництво продукції. Тому, завдяки передовим технологіям та актуальним системам контролю цю машину можна назвати однією з найкращих серед трафаретних машин для плоского друку. [ 14, 17]

## 2.2 Будова Sakurai Maestro 72A

Машина Sakurai Maestro 72A оснащена самонакладом, який призначений для автоматичної подачі аркушів до зони друку. Він забезпечує безперервне і точне введення матеріалу. Основний корпус машини містить основні механізми: друкарську секцію, приводи, циліндри, систему натягу сітки. Приймальний пристрій призначений для акуратного укладання надрукованих аркушів після друку або подальшого переміщення в УФ-сушку. Панель керування – це місце, де оператор задає параметри друку: швидкість, тиск ракеля, положення сітки тощо. Ракель наносить фарбу через сітку на аркуш. Регулятор положення стопу аркушів дає змогу точно позиціонувати стопу аркушів по ширині для рівномірної подачі. Регулятор бічної напрямної дозволяє точно виставити положення аркуша для суміщення з друкарською формою.

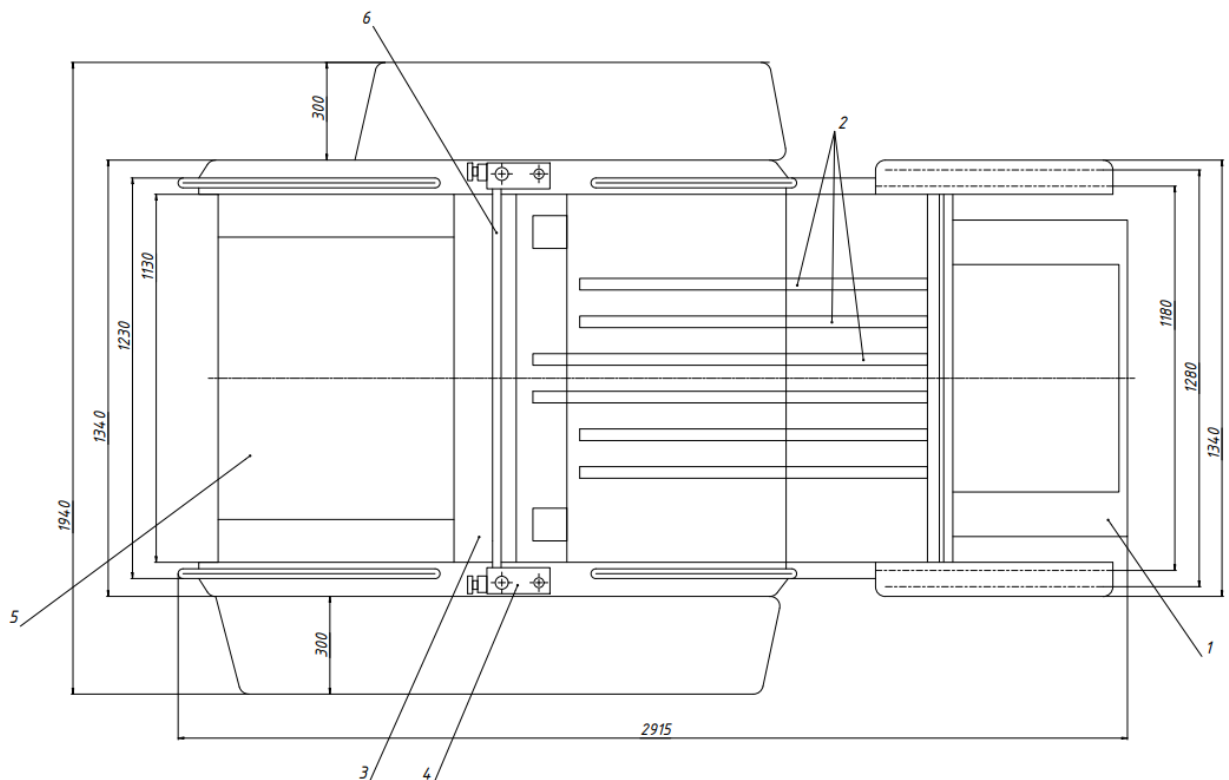


Рисунок 2.9 – Вид зверху машини Sakurai Maestro 72A

- |                            |                     |
|----------------------------|---------------------|
| 1. Подаючий стіл           | 4. Тримач ракеля    |
| 2. Ремені накладного стола | 5. Вивідний притрій |
| 3. Друкарський циліндр     | 6. Ракель           |

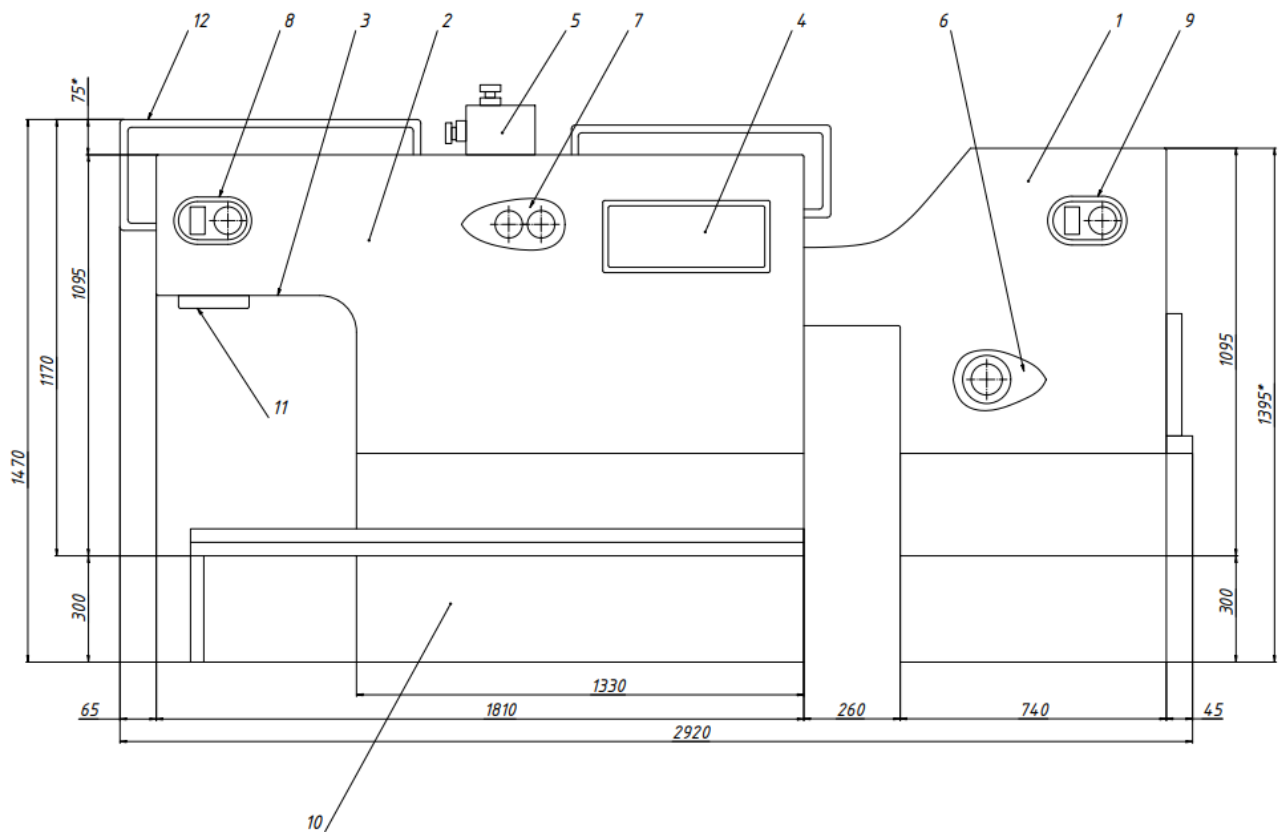


Рисунок 2.10 – Вид збоку машини Sakurai Maestro 72A

- |                                      |                                         |
|--------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1. Самонаклад                        | 8. Кнопка аварійної зупинки машини      |
| 2. Основний корпус машини            | 9. Кнопка аварійної зупинки самонакладу |
| 3. Вивідний пристрій                 | 10. Елементи живлення та вентиляції     |
| 4. Панель керування                  | 11. Допоміжна панель керування          |
| 5. Ракель                            | 12. Захисна огорожа                     |
| 6. Регулятор положення стопу аркушів |                                         |
| 7. Регулятор бічної напрямної        |                                         |

Машина Sakurai Maestro 72A оснащена автоматичним самонакладом з вакуумною головкою для точного захоплення аркушів. Вакуумна головка використовується для стабільного захоплення аркуша, що запобігає їх зміщенню. Ремені накладного стола забезпечують плавне транспортування аркуша до друкарської секції. Вакуумний прижимний механізм утримує аркуш у правильному

положенні перед друком. Вбудована система бокового рівняння – це пристрій тягнучого типу, що вирівнює аркуші перед друком, забезпечуючи точність. Там знаходиться 4 рухомі гумові стрічки шириною 38 мм, які транспортують аркуші вперед. По 4 кулькових ролики з обох боків та по 4 звичайних роликів з обох боків, що забезпечують плавну подачу аркуша до зони друку. Є автоматичне регулювання швидкості подачі залежно від формату та товщини матеріалу.

Подаючий стіл має 2 нерухомі стрічки з отворами для вакууму для фіксації аркуша на столі. Там знаходиться по 6 кулькових роликів з обох сторін та 5 звичайник, а також 1 додатковий ролик з щіткою. Напрямні підтягують аркуш до бічної межі для точного суміщення, а 2 передні та бічні датчики реєстрації регулюють точність подачі та положення аркуша.

Друкарський циліндр, оснащений механізмом фіксації в момент подачі аркуша у захвати (грипери), що забезпечує точність суміщення до 0,015 мм при низьких швидкостях і до 0.05 при високих. Розмір циліндра на який подається аркуш має діаметр 209,8 мм. Вакуумне всмоктування з отворів діаметром 1,2 мм відбувається для фіксації аркуша під час друку для запобігання зсуву. Кожен захват має індивідуальну пружину для регулювання. Вони фіксують аркуш на місці під час його обертання на циліндрі. Циліндр зупиняється під час нанесення фарби чи лаку, а потім продовжує рух. Висока жорсткість циліндра забезпечує точність приводки навіть на великих швидкостях. Автоматичне регулювання притиску відбувається завдяки імпульсному мотору.

Аркуш утримується лише під час зупинки циліндра, не відбувається руху аркуша під час друку. Захоплювачі утримують аркуш у правильному положенні, коли циліндр зупиняється. Потім ракель опускається на трафаретну форму. Ракель опускається вниз і починається друк із верхньої частини циліндра. Рама з сіткою рухається, а вакуумний циліндр обертається. Після того як захоплювачі відпускають аркуш, він подається далі. Циліндр продовжує обертання після видачі аркуша. Рама з сіткою починає рух у зворотному напрямку. Зволожувальний ракель починає опускатися на сітку, коли ракель піднімається. Циліндр продовжує обертання для підготовки до друку наступного аркуша. [ 8, 14 ]

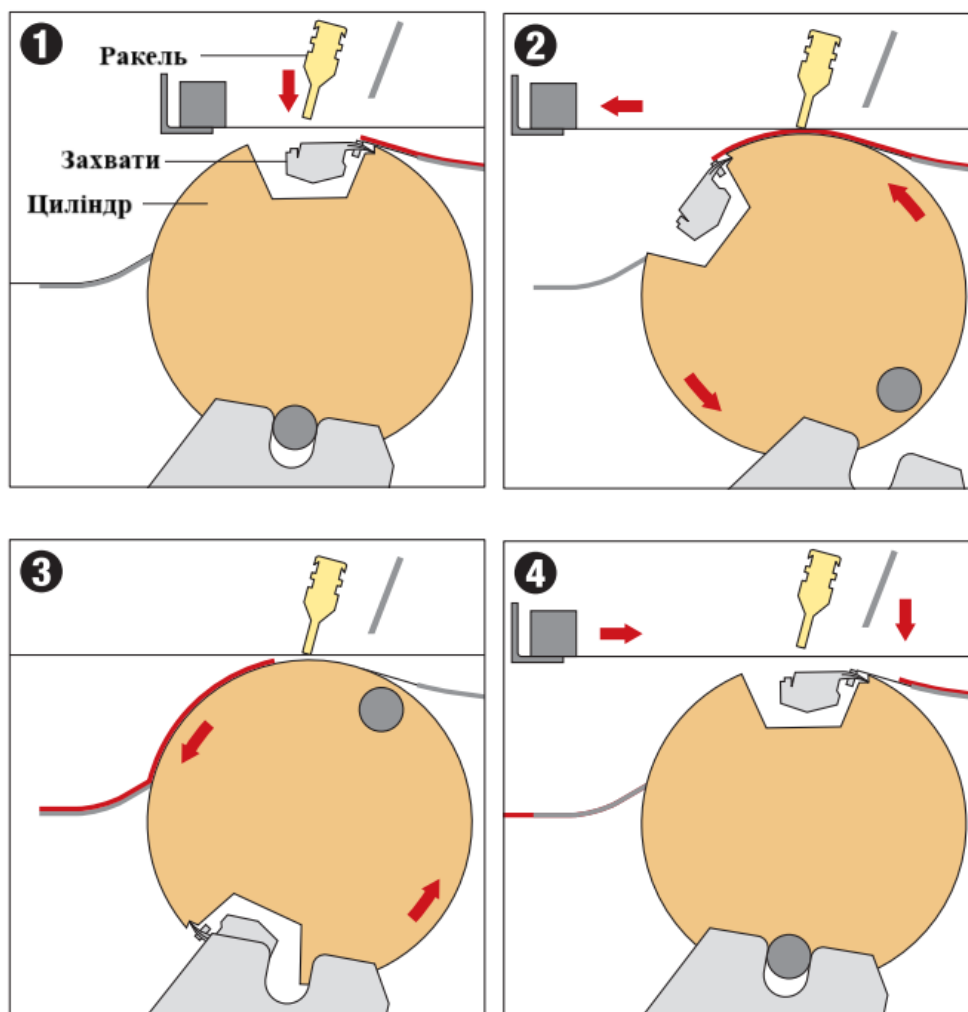


Рисунок 2.11 – Етапи захвату аркуша при друці

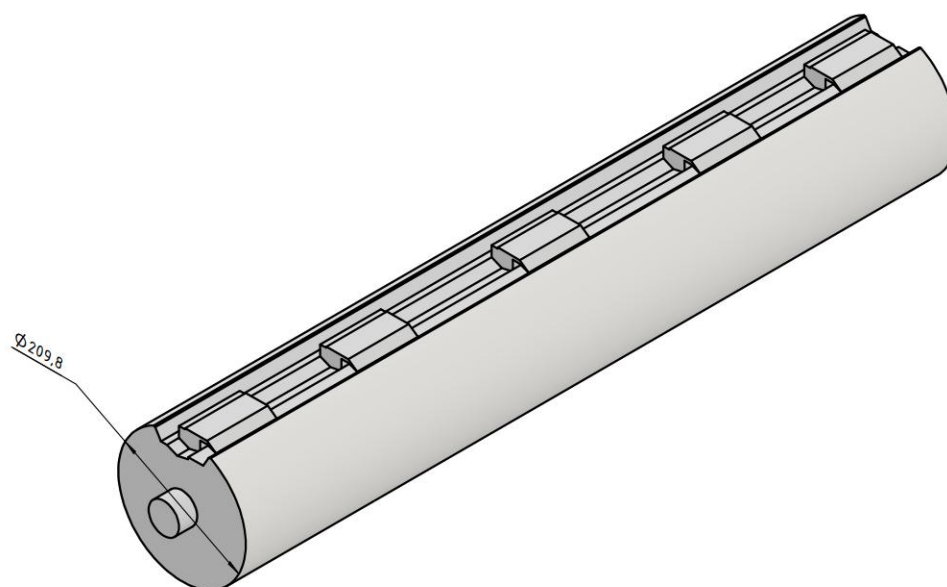


Рисунок 2.12 - Друкарський циліндр із захоплювачами

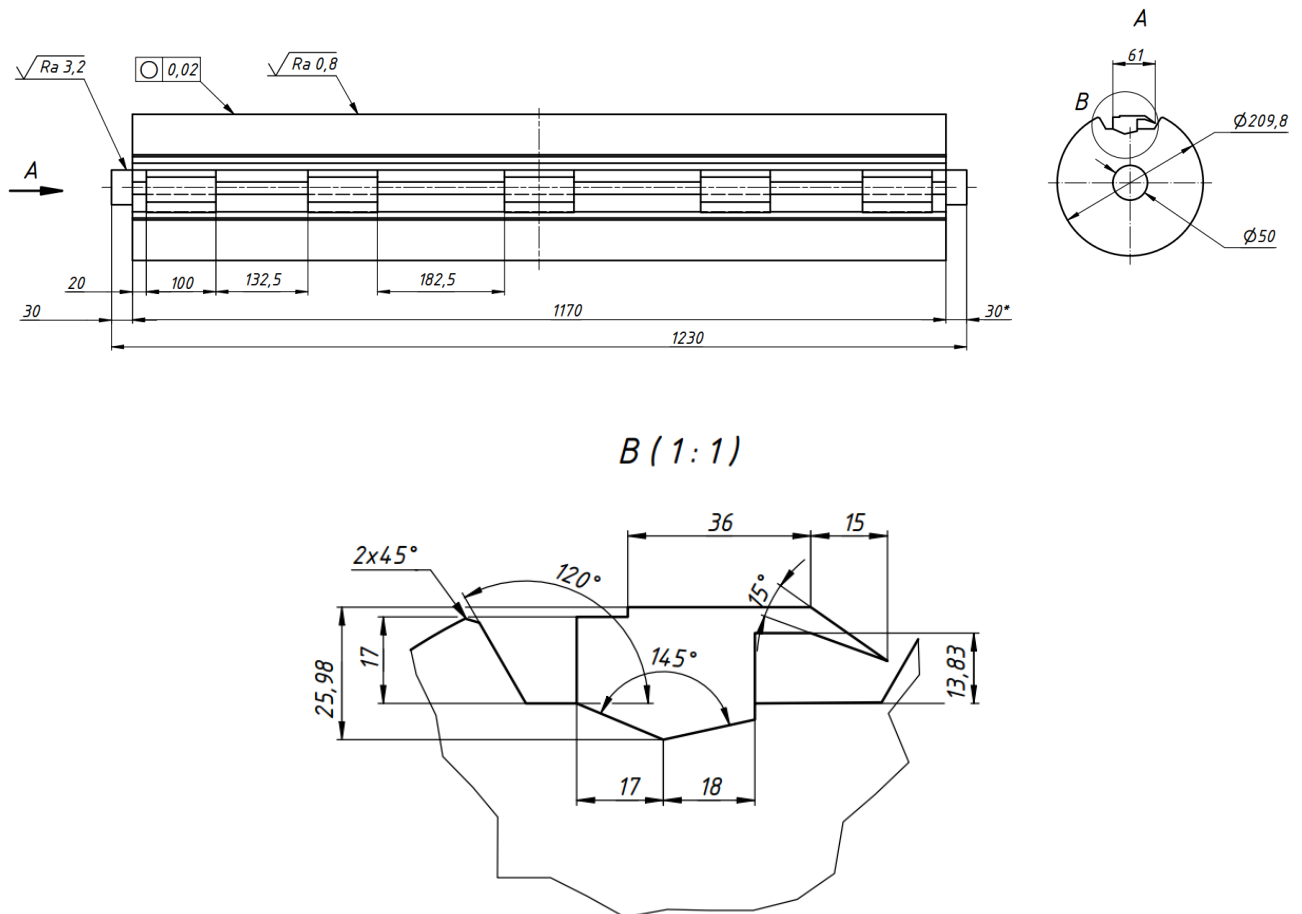


Рисунок 2.13 – Схема друкарського циліндра із захоплювачами

Шорсткість поверхні друкарського валу у машині має вирішальне значення для точності друку, зчеплення з аркушем і стабільної роботи вакууму. Друкарський циліндр має шорсткість  $Ra\ 0,1 - 0,4$  мкм. Дзеркально шліфувана поверхня для зменшення тертя й точного захоплення аркуша. Зона з вакуумними отворами -  $Ra\ 0,4 - 0,8$  мкм. Трохи вища шорсткість для утримання аркуша без ковзання. Неконтактні технічні зони -  $Ra\ 1,0 - 1,6$  мкм. Допускається більша шорсткість (не впливає на друк). Шорсткість  $Ra$  менше  $0,4$  мкм — забезпечує мінімальний знос аркуша та високу точність положення при друці. Висока шорсткість може викликати залипання фарби, забруднення, нестабільний контакт з аркушем. Надто гладка (дзеркальна) поверхня утворює ризик ковзання аркуша. У більшості машин типу Sakurai Maestro 72A, виготовлених для високоточного аркушевого трафаретного друку, заводом встановлюється шліфування до  $Ra \approx 0,2-0,3$  мкм з подальшим хромуванням або нітруванням для зносостійкості.

У друкарській машині Sakurai Maestro 72A, яка є стоп-циліндровою, друкарський циліндр приводиться в дію жорсткою циліндричною зубчастою передачею. Це найнадійніше й точне рішення для таких машин. Вона допомагає синхронному обертанню циліндрів, коли аркуш закріплено у захоплювачах, зупинці циліндра в момент друку, оскільки машина працює за принципом стоп-циліндра, точного суміщення з сіткою, завдяки прямому контакту зубців і низькій деформації вала при роботі. Привідний електродвигун (1,5 кВт) передає обертання на редуктор з зубчастою передачею. Далі через жорсткий зубчастий механізм обертається друкарський циліндр. У момент друку циліндр зупиняється, аркуш фіксується, ракель рухається по сітці. Потім обертання триває, і аркуш рухається далі.

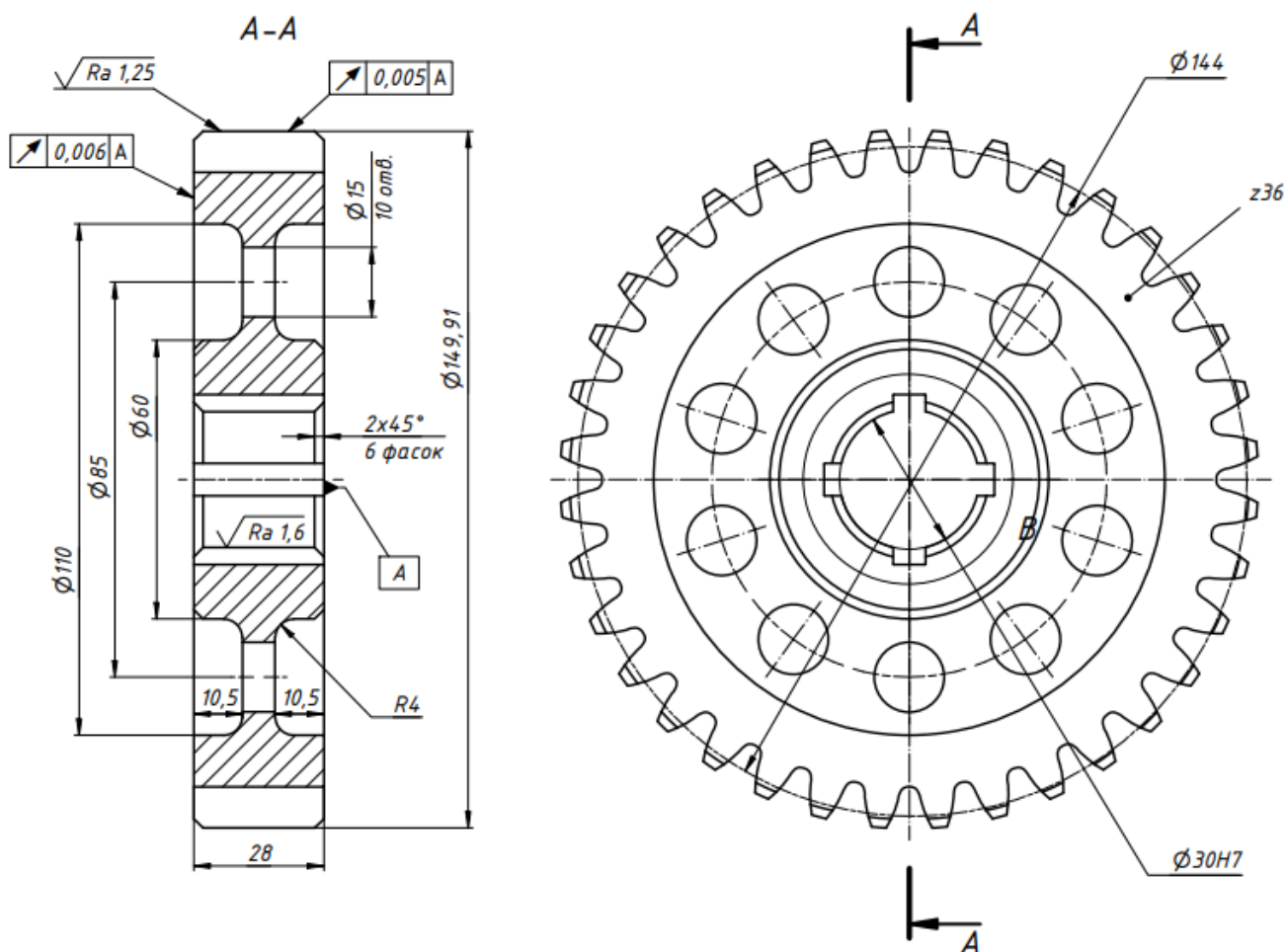


Рисунок 2.14 – Зубчасте колесо, що регулює роботу друкарського циліндра

Трафаретна рама має можливість мікрометричного регулювання по осях Х та Y на  $\pm 10$  мм. Вона має пневматичні затискачі для швидкої та точної фіксації рами, яка рухається на лінійних підшипниках, що забезпечує стабільну роботу та довговічність. Завдяки цьому регулювання машини є зручним та час на переналаштування мінімізується. Металева конструкція виготовлена зі сплаву алюмінію, забезпечує міцність та легкість. Механізм натягу дозволяє регулювати натяг сітки для забезпечення рівномірного нанесення фарби. Спеціальні затискачі дозволяють оперативно змінювати друкарську форму. Також машина може працювати з різними видами трафаретної сітки: поліестерові, металеві чи нейлоні сітки.

У ракеля можна регулювати кут нахилу від  $5^\circ$  до  $30^\circ$  до центра циліндра. Можна змінювати кут тиску ракеля на трафарет для контролю товщини фарби чи лаку. Він переміщується завдяки кулачковій системі, що має 2 етапи опускання. Підняте положення 80-85 мм, робоче положення 260 мм. Тиск ракеля регулюється пневматичним циліндром, що дозволяє точно контролювати нанесення фарби чи лаку. [ 9, 12, 17 ]

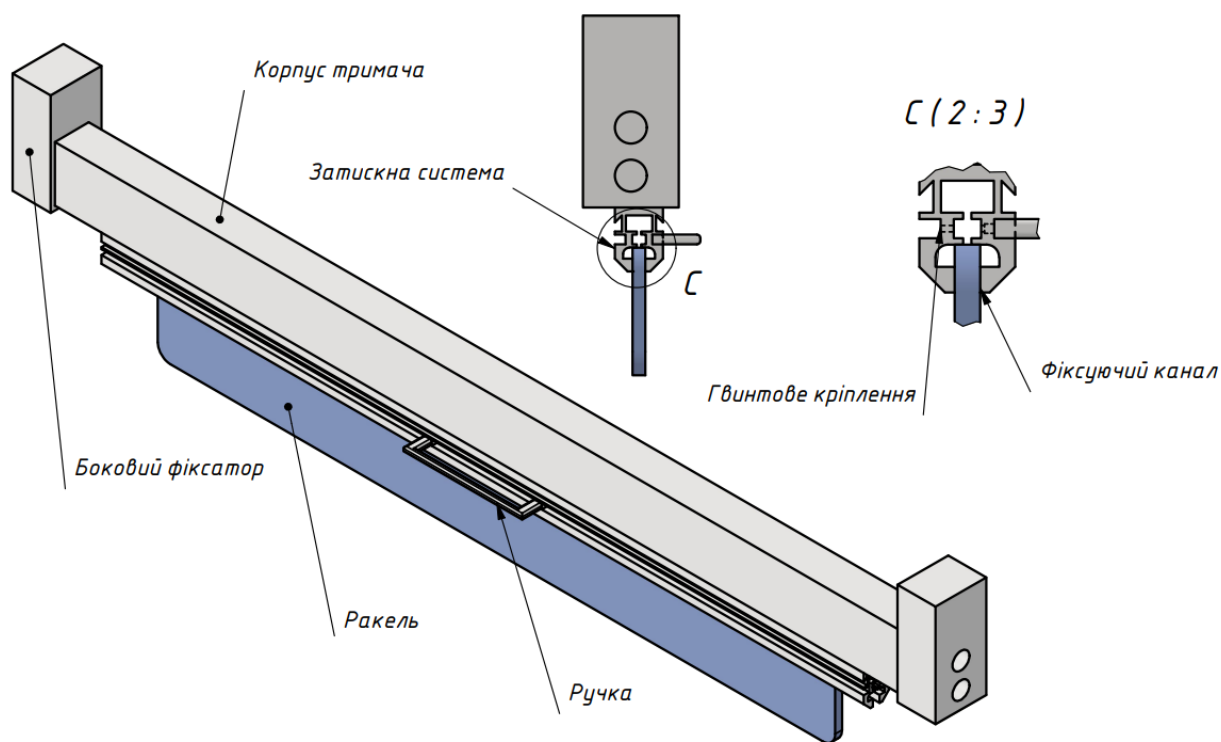


Рисунок 2.15 – Елементи тримача для ракеля

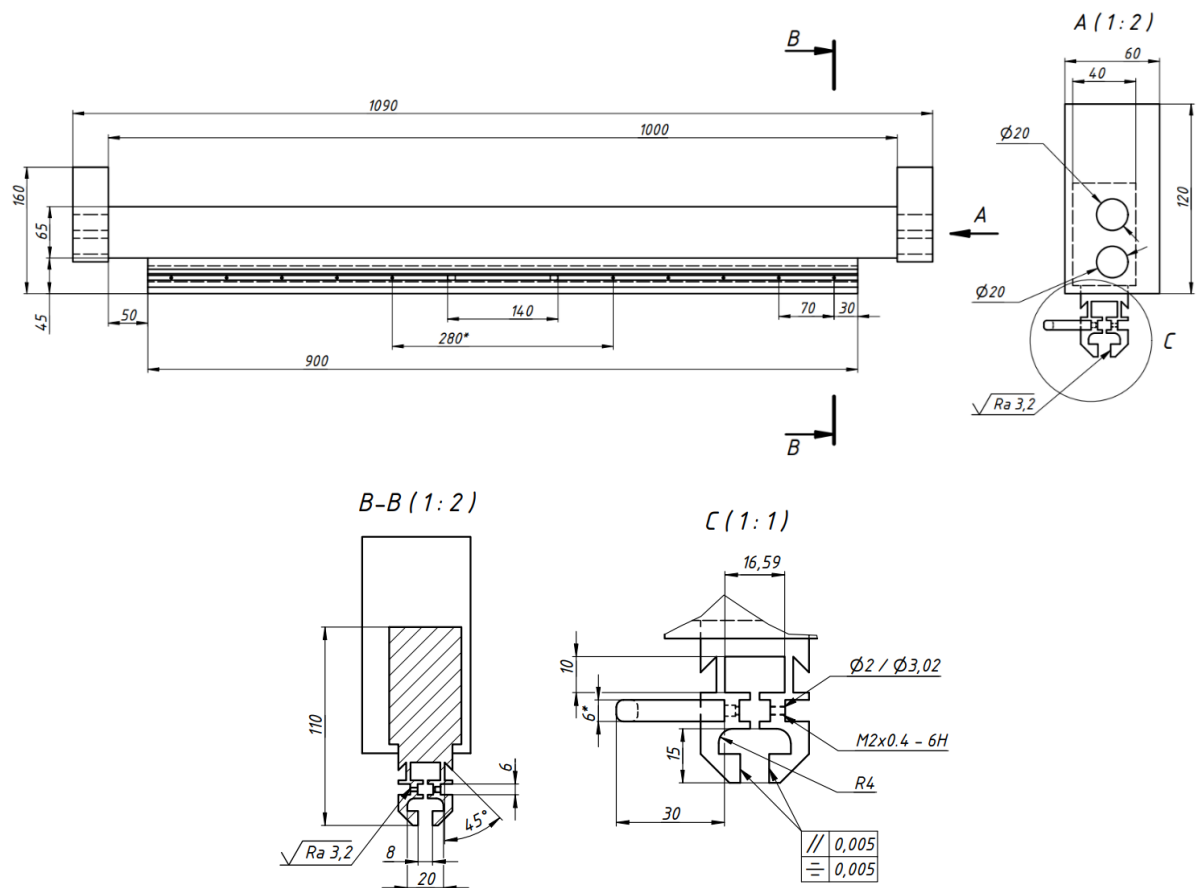


Рисунок 2.16 – Схематичне зображення тримача для ракеля

Регулятор положення та притиску ракеля виконує функцію фіксації, зміни кута та натягу. Він є частиною тримача ракеля у трафаретних машинах (як напівавтоматичних, так і автоматичних). [ 12 ]

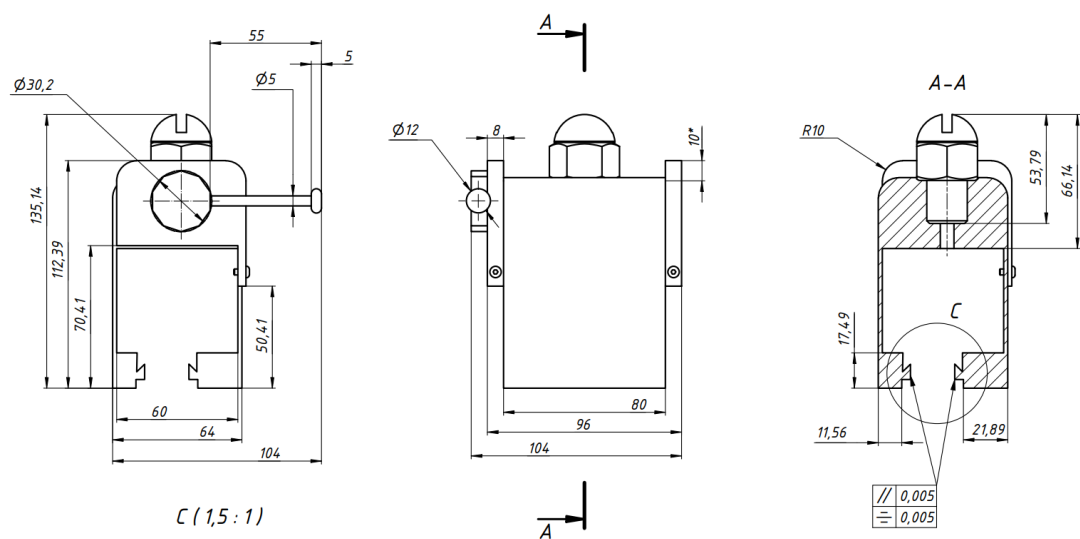
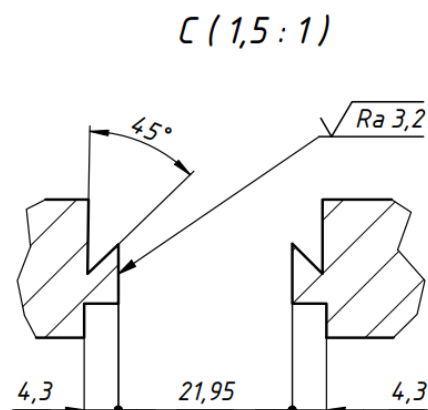
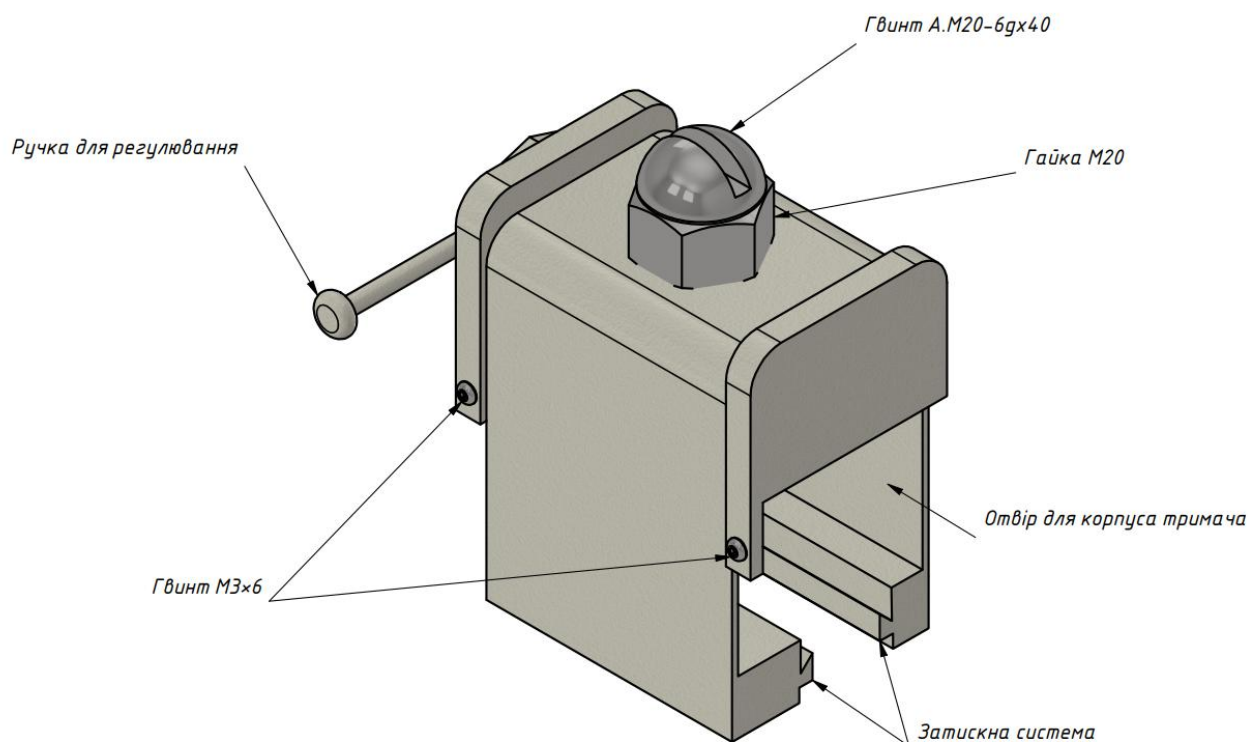


Рисунок 2.17 – Схематичне зображення регулятор положення та притиску ракеля



*Рисунок 2.18 – Затискна частина регулятора*



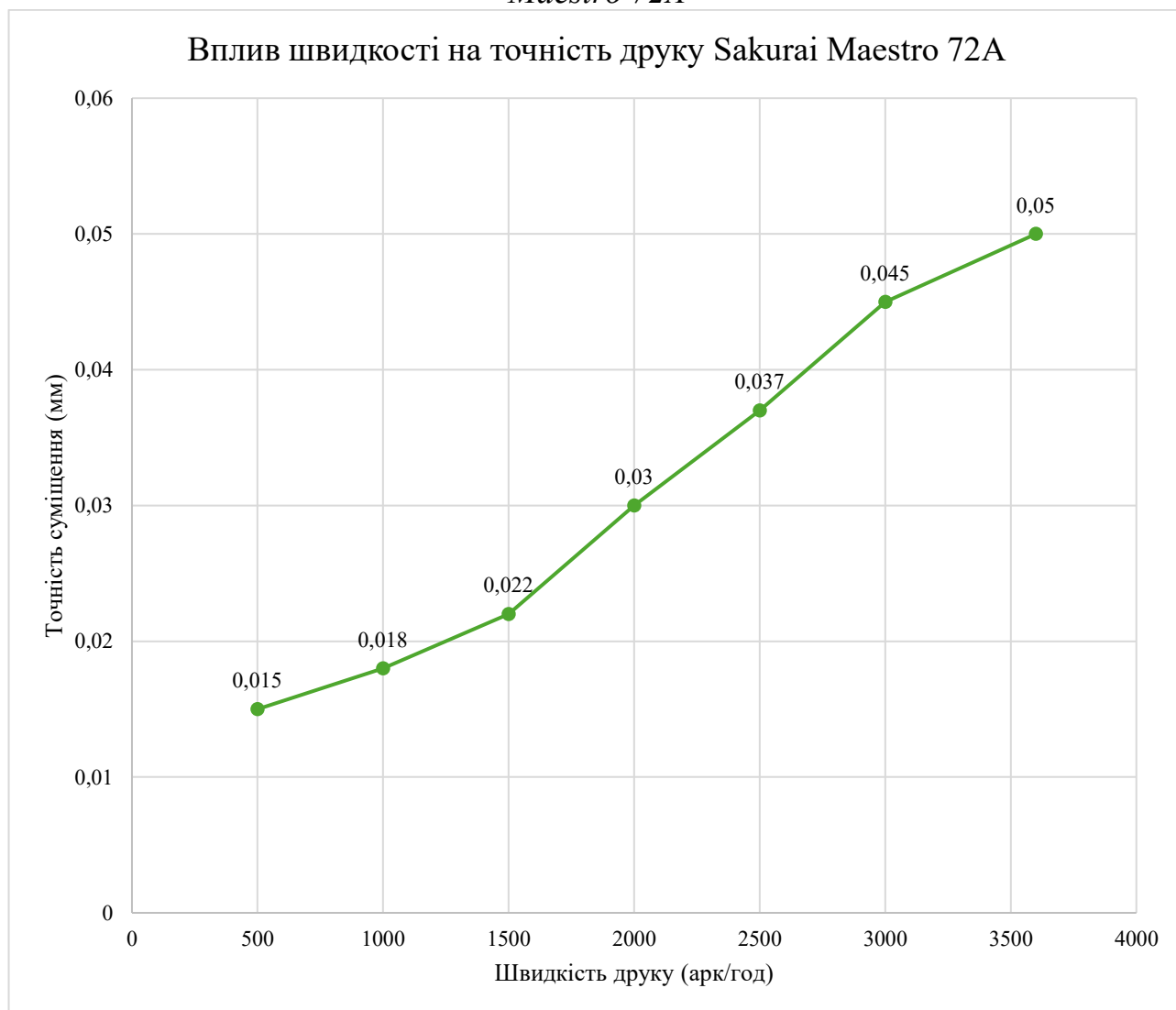
*Рисунок 2.19 – Елементи регулятора положення та притиску ракеля*

Вивідний пристрій відповідає за акуратне транспортування надрукованих аркушів після друку та сушіння. Він забезпечує переміщення надрукованого аркуша до стосу та має 4 перфоровані стрічки шириною 38 мм. Аркуші після друку акуратно складаються на стеккер, ремінна система транспортування забезпечує плавне переміщення аркушів без пошкоджень, а датчики (сенсори контролю) відстежують правильність укладання аркушів.

Машина підходить для друку на різних матеріалах, включаючи металізований папір, самоклеючий папір, пластик та інші невідповідні поверхні.

Вона була сконструйована таким чином, щоб ідеально виконувати свої функції друку чи покриття обкладинок лаком, залишаючись при цьому продуктивною, швидкою та точною.

Діаграма 2.1 - Динаміка точності друку в залежності від швидкості Sakurai Maestro 72A



## **РОЗДІЛ 3. Пропозиції що до вдосконалення роботи трафаретних машин**

### **3.1 Сучасні інновації в трафаретних машинах**

Сучасні трафаретні машини дедалі частіше оснащуються повним сервоприводом та CNC-керуванням, мінімізуючи ручне втручання. Це дозволяє швидко підлаштовувати машину під різні тиражі та потреби. Багато нових моделей мають пам'ять для збереження налаштувань під різні завдання. Оператор може швидко підлаштувати машину під товщину нового матеріалу або точно виставити ступінь натискання rakelю, що раніше вимагало тривалого ручного налаштування. Актуальною тенденцією є модульний дизайн машин. На ринку все частіше з'являються машини, які можна модернізувати під різні потреби. Верстати можна дооснастити додатковими секціями чи функціями. Наприклад, встановити додаткову секцію для кольору чи автоматичний сушильний модуль.

Український ринок трафаретного обладнання представлений різними світовими виробниками. Японські циліндричні машини Sakurai, відомі своєю якістю та інноваціями. Постачальник ПроКомпакт представляє в Україні американську марку M&R, яку в галузі називають виробником «найшвидших автоматичних трафаретних машин у світі». M&R та подібні бренди забезпечують високу продуктивність при друці на текстилі: їхні каруселі здатні робити сотні відбитків на годину, а моделі оснащені передовими системами контролю та швидкої зміни рам. [ 15 ]

Виробники етикеток і пакувань в Україні активно застосовують комбіновані друкарські лінії світових брендів, які інтегрують модулі трафаретного друку. Так, у вузькорулонних машинах Gallus, Nilpeter, Mark Andy часто передбачені секції трафаретного друку для нанесення густих фарб або рельєфних лаків. При виробництві самоклеїх етикеток на українських підприємствах використовуються ті самі сита Kocher Beck та фарби Siegwerk, що і в західноєвропейських друкарнях.

Світові тренди істотно впливають на український ринок трафаретного друку. З одного боку, спостерігається зростання вимог до гнучкості виробництва – бренди все частіше замовляють індивідуалізовану упаковку невеликими тиражами,

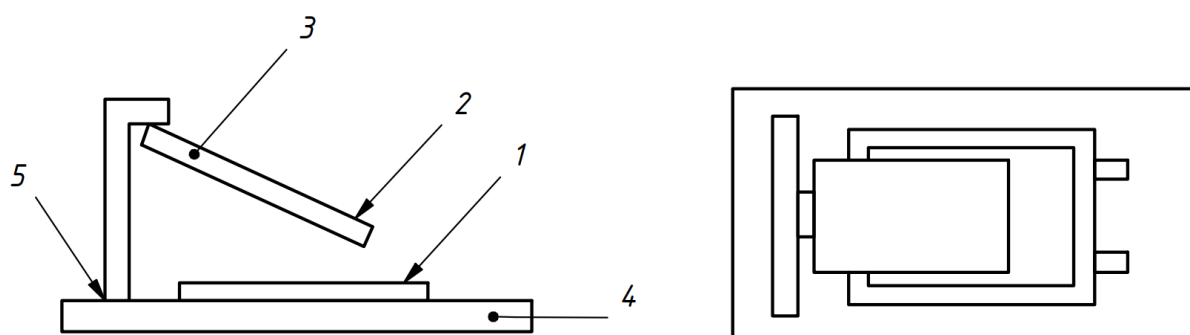
швидко змінюючи дизайн. Це кидає виклик трафаретним технологіям, адже швидка зміна дизайну традиційно була сильною стороною цифрового друку. Виробники трафаретного обладнання впроваджують рішення для прискорення переналадження: системи швидкої зміни рам, автоматичні очищувачі сит та покращені процеси виготовлення друкарських форм. Так трафаретний друк адаптується до коротких тиражів. [ 27, 28, 29 ]

Попри тиск цифрових технологій, трафаретні машини знаходять нові сфери застосування завдяки унікальним можливостям. Головна перевага це товстий шар фарби, пасти чи лаку. Трафаретний друк продовжують використовувати для виготовлення електронних компонентів, таких як: друкована електроніка, антени, сенсори, друк елементів сонячних батарей, тощо. В Україні теж формується попит на такі рішення: компанії з електротехнічної галузі закуповують сучасні SMT-принтери трафаретного друку, які автоматично наносять паяльну пасту на плати за допомогою металевих трафаретів. Наприклад, на ринку доступний такий пристрій як NeoDen YS600 – це настільний автомат із візуальною системою вирівнювання, що дозволяє точно і швидко наносити пасту на друковані плати та підтримує безрамкові трафарети. Такі машини забезпечують високу точність і повторюваність, недсяжні при ручному нанесенні. [ 18 ]

На даний момент український ринок трафаретних машин динамічно розвивається, впроваджуючи провідні світові технології. Автоматизація, цифровий контроль, енергоефективність і модульність стали визначальними рисами сучасного обладнання. Це відбувається під впливом глобальних трендів: від екологічності та гнучкості виробництва до конкуренції з боку цифрового друку. Трафаретні машини все ще користуються великим попитом у тих сферах, де їм немає рівних: у масовому друці текстилю, пакувань з особливими ефектами та промисловому друці.



*Рисунок 3.1 - Машина для виготовлення трафаретів паяльною пастою NeoDen YS600*



*Рисунок 3.2 - Вид збоку та зверху робочої зони нанесення паяльної пасти,  
1- плата для друку, 2- ракель, 3- трафаретна рама, 4- опорна платформа з  
фіксатором, 5- механізм опускання рами*

### **3.1.1 Інтелектуальні системи керування в трафаретних машинах**

У 2020–2025 роках в поліграфічній галузі активно впроваджуються інтелектуальні системи керування, які значно покращують ефективність, точність і адаптивність трафаретного друку. Це одна з найперспективніших інновацій, яка дає змогу зменшити людське втручання, прискорити переналаштування машини та знизити ймовірність браку.

Такі системи дозволяють машині самостійно підлаштовувати основні параметри друку — зокрема, тиск та кут нахилу ракеля, кількість подаваної фарби, швидкість її нанесення. Якщо раніше оператор вручну виконував ці налаштування, орієнтуючись на власний досвід або експериментальним шляхом, то тепер машину можна просто запрограмувати або завантажити збережений шаблон друку, і вона самостійно адаптує свою роботу до нового тиражу.

У процесі друку інтелектуальні системи за допомогою сенсорів стежать за положенням аркуша, станом трафаретної сітки, натиском ракеля і навіть температурними умовами в приміщенні. Якщо виявляється найменше відхилення або потенційна помилка — машина або автоматично виправляє ситуацію, або негайно повідомляє оператора через панель керування. Це значно знижує ймовірність браку та втрат матеріалу.

Сучасні трафаретні машини з інтелектуальним керуванням мають функцію збереження параметрів для кожного виду продукції. Це означає, що при повторному запуску друку тієї ж самої етикетки чи упаковки, оператору не потрібно повторно виставляти всі налаштування — достатньо просто вибрати відповідну програму з пам'яті. Таким чином, час переналагодження скорочується з годин до хвилин, а продуктивність підприємства зростає.

Також такі системи мають можливість самодіагностики — вони постійно аналізують технічний стан вузлів, попереджають про знос деталей або неполадки ще до того, як вони вплинуть на якість друку. Це дає змогу запобігти простою машини, а також планувати технічне обслуговування заздалегідь.

Інтелектуальні функції реалізуються через новітні CNC-контролери, які керують всіма процесами, а також оптичні та тискові датчики, що збирають

інформацію під час друку. У деяких моделях навіть застосовуються алгоритми машинного навчання, які здатні "запам'ятовувати" оптимальні параметри для різних матеріалів та умов друку.

Такі рішення вже реалізовані у найновіших моделях трафаретних машин. Наприклад, американська компанія M&R використовує систему Smart Print Control, яка автоматично коригує друк залежно від зміни товщини текстилю або стану рам. Японська компанія Sakura і впровадила цифрові пульти з інтеграцією в загальну виробничу систему, а тайванська АТМА оснащує свої машини автоматичними регуляторами тиску з сенсорним керуванням.

Окрему увагу заслуговують хмарні сервіси, які починають впроваджуватись у галузі. Деякі виробники пропонують можливість віддаленого моніторингу та керування машинами через інтернет — оператор або інженер технічного обслуговування може бачити стан обладнання, отримувати повідомлення про несправності та навіть оновлювати програмне забезпечення з іншого міста або країни. Це особливо актуально для великих поліграфічних компаній з філіями або сервісним віддаленим обслуговуванням.

Крім того, інтелектуальні системи підтримують інтеграцію з виробничими MES-системами, що дозволяє централізовано керувати розподілом завдань між машинами, вести облік продукції, споживаних матеріалів, витрат часу та ефективності роботи. Такі цифрові платформи стають основою "розумного" виробництва (smart factory), в якому трафаретний друк є частиною автоматизованого й злагодженого виробничого середовища.

Інтелектуальні системи керування значно розширюють можливості трафаретного друку, підвищуючи точність нанесення зображення, зменшуючи кількість браку та спрощуючи роботу оператора. Отже, впровадження таких систем керування не лише підвищує якість і продуктивність трафаретного друку, а й робить виробництво більш стабільним, гнучким та орієнтованим на майбутнє.

### 3.1.2 Екологічні рішення в сучасному трафаретному друці

У світлі глобальних екологічних викликів поліграфічна галузь, зокрема трафаретний друк, також активно адаптується до вимог сталого виробництва. Екологічні рішення поступово стають не просто модним трендом, а необхідністю — як з боку державного регулювання, так і з боку споживачів, які все більше надають перевагу екологічно чистій продукції. Відповідно, виробники трафаретного обладнання й матеріалів впроваджують низку технологій спрямованих на зменшення негативного впливу на довкілля.

Одним із ключових напрямів є перехід на водорозчинні або УФ-закріплювані фарби, що не містять летких органічних розчинників. Традиційні фарби можуть бути токсичними та потребують складної системи вентиляції й утилізації. У свою чергу, водні фарби не тільки менш шкідливі для здоров'я оператора та навколишнього середовища, а й легко очищуються водою, що значно скорочує витрати на хімію для промивання обладнання. УФ-фарби ще більш ефективні з точки зору економії та екології — вони полімеризуються за лічені секунди під дією УФ-випромінювання і майже не випаровуються в атмосферу.

Також з'являються енергоефективні сушильні системи, зокрема LED-UV-сушки, які замінюють традиційні ртутні лампи. LED-світло не містить ртуті, має значно нижче енергоспоживання і практично не створює теплового навантаження на матеріал. Це дозволяє друкувати навіть на чутливих до температури підкладках, таких як плівки або термопластики. До того ж, самі джерела LED-випромінювання мають набагато довший термін служби й не потребують складної утилізації.

Ще один важливий аспект — це зменшення кількості відходів у процесі друку. Сучасні машини з цифровим керуванням і точним позиціонуванням аркушів знижують кількість браку, а отже й витрати матеріалів. Деякі підприємства переходять на переробку та повторне використання трафаретних сіток завдяки застосуванню спеціальних очищувачів, які дозволяють знімати стару емульсію без пошкодження сітки. У результаті зменшується кількість утилізованих рам і текстильних сіток.

У сучасних виробництвах також дедалі частіше використовують безрамкові трафарети або модульні системи, які спрощують переналагодження машини, скорочують кількість витратних матеріалів і знижують споживання ресурсів. Такі рішення актуальні для дрібносерійного друку, де переналагодження займає значну частину часу й може створювати велику кількість залишків.

Дедалі популярнішою стає концепція "зеленого офісу" на друкарських підприємствах, яка передбачає сортування відходів, зменшення споживання енергії та води, а також використання відновлюваних джерел енергії, наприклад, сонячних панелей. Такі ініціативи не тільки знижують екологічне навантаження, а й підвищують репутацію компанії в очах клієнтів і партнерів.

Ще одним перспективним напрямом розвитку є використання біорозкладних матеріалів для друку, зокрема екологічних текстильних підкладок, плівок на основі кукурудзяного крохмалю та фарб з натуральними пігментами. Такі рішення особливо актуальні для упаковки, текстильного дизайну та рекламної продукції, яка має короткий термін використання. Біоматеріали легко розкладаються без утворення токсичних речовин, зменшуючи навантаження на полігони та екосистеми.

Цифровізація процесів на виробництві також відіграє важливу роль. Завдяки системам автоматизованого контролю, ERP-програмам і сенсорному моніторингу, друкарні можуть більш точно розраховувати потреби у матеріалах, планувати тиражі й уникати перевиробництва. Це не лише економить ресурси, а й дозволяє скоротити втрати, пов'язані з людським фактором.

Таким чином, екологізація трафаретного друку охоплює цілий комплекс змін: від використання безпечних фарб і енергоощадного обладнання до впровадження автоматизованих систем керування, сортування відходів та вибору біоматеріалів. Завдяки цим заходам поліграфічні підприємства можуть не тільки зменшити негативний вплив на довкілля, а й підвищити свою конкурентоспроможність на ринку, який дедалі частіше обирає екологічні бренди.

## **3.2 Пропозиції що до вдосконалення роботи машини Sakurai Maestro 72A**

### **3.2.1 Встановлення інтелектуальної системи керування**

Проаналізувавши нові актуальні технології є декілька пропозицій для покращення роботи машини Sakurai Maestro 72A. В першу чергу для покращення ефективності роботи пропонується встановити інтелектуальну систему керування. Це дасть змогу автоматизувати процеси налаштування, діагностики та корекції параметрів під час друку без безпосереднього втручання оператора. Таке втручання значно покращить якість відбитків, зменшить витрату матеріалів та скоротить час на переналагодження між тиражами.

Такі рішення вже використовуються в сучасних друкарських машинах, особливо в офсетному та цифровому друці. В останні роки актуально додавати інтелектуальні системи і в трафаретні машини. Аналогічно до системи яку я пропоную вже є існуючі в офсетних машинах Heidelberg Speedmaster – Prinect Press Center XL та Rapida Koenig & Bauer – ErgoTronic & QualiTronic. Ці системи допомагають виявити зміщення аркушів (Axis Control, Inpress Control), проводять самодіагностику, зберігають профілі друку в системі. Трафаретна машина новішої версії Sakurai Maestro MS-102AX оснащена CCD-камерами для реєстрації аркуша, працює у лінії з автоматичними сушками та UV-контролем. Ця машина ще не має повної інтелектуальної системи, але нові версії вже підтримують сервіси самодіагностики, керування з панелі та часткову автоматизацію. Тому в більш сучасні машини Sakurai Maestro можна буде інтегрувати вже більш розширену інтелектуальну систему. [ 13, 30, 31]

Для роботи такої системи треба встановити цифрові датчики, які будуть у реальному часі зчитувати та передавати інформацію до центрального контролера. Наприклад датчики тиску ракеля для автоматичного регулювання притискної сили залежно від типу задруковуємого матеріалу. Оптичні датчики положення аркуша для виявлення перекосу, подвійної подачі чи зсуву. Датчики температури й вологості в зоні сушіння для стабілізації умов полімеризації фарби. Датчики натягу сітки для контролю зношеності трафарету та стабільності якості відбитку. Ці

елементи можуть бути інтегровані в корпус машини або встановлені як модулі, під'єднані до головного блоку керування.

Контролер керування (CNC-модуль або вбудована система на базі мікроконтролера) зчитує дані з датчиків і адаптує параметри друку. Змінює кут нахилу ракеля та тиск у реальному часі, автоматично підлаштовує швидкість друку залежно від типу фарби та матеріалу, за допомогою сервоприводів змінює висоту сітки над матеріалом та управляє подачею аркушів, зупиняючи друк при виявленні помилки. Це дозволяє мінімізувати втрати при налаштуванні, зменшити брак і покращити повторюваність зображення.

Інтелектуальна система керування повинна мати сенсорну панель з інтуїтивним інтерфейсом, через яку оператор може запускати попередньо збережені профілі друку для різних видів продукції, контролювати поточні параметри в онлайн режимі, отримувати попередження у разі зносу елементів машини або відхилень від норм, переглядати історію друку та помилок. Система може мати власну пам'ять або зберігати профілі на сервері підприємства для доступу з різних пристроїв.

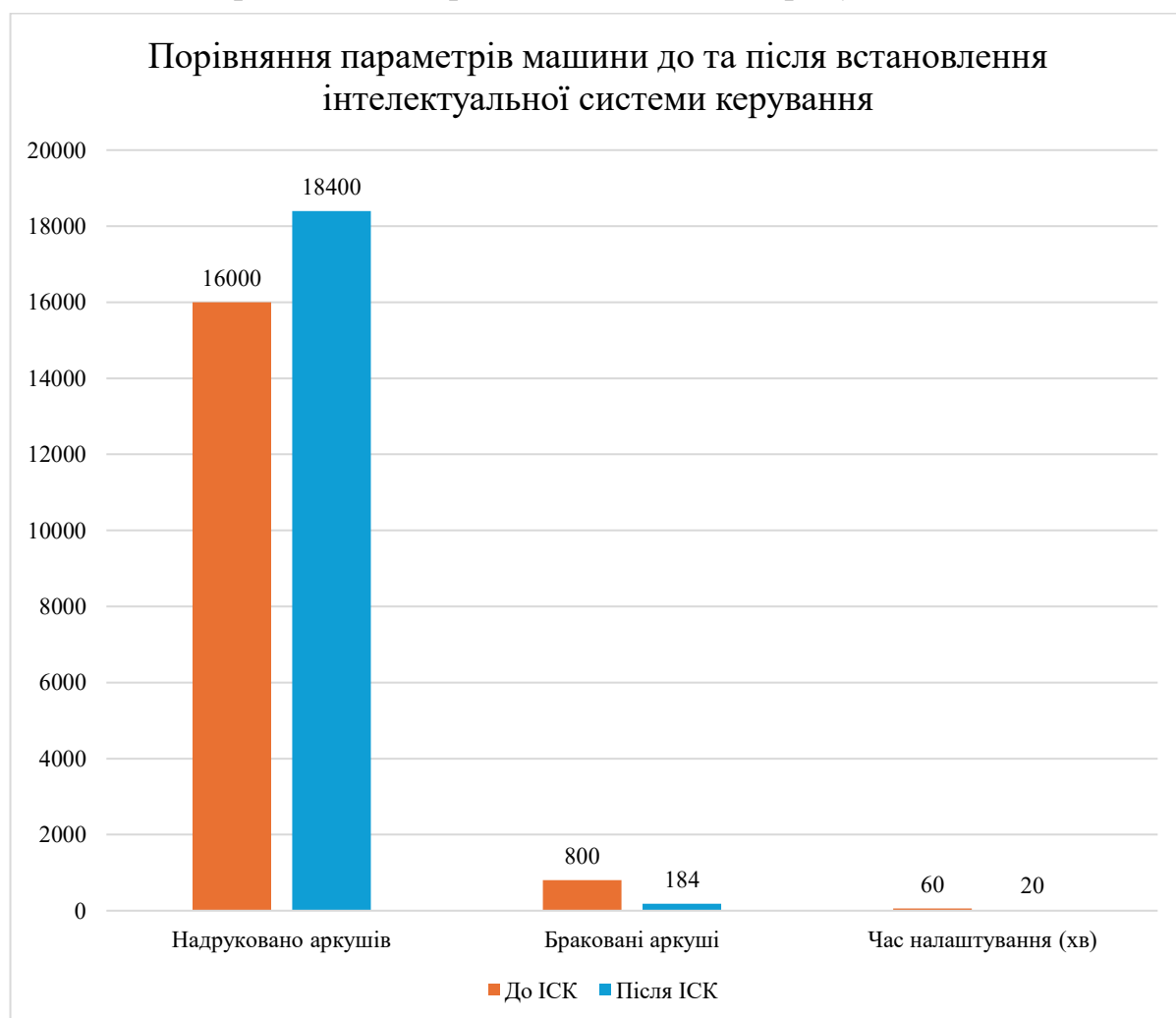
*Таблиця 3.1 – Порівняння параметрів машини до та після встановлення інтелектуальної системи керування*

| Показник                    | До модернізації | Після встановлення ІСК |
|-----------------------------|-----------------|------------------------|
| Швидкість друку             | 2500 арк/год    | 2500 арк/год           |
| Час налаштування 1 тиражу   | 60 хв           | 20 хв                  |
| Час простою внаслідок браку | ~30 хв/змінa    | ~10 хв/змінa           |
| Частка браку                | 5%              | 1%                     |
| Продуктивність за 8 год     | ~16000 аркушів  | ~18400 аркушів         |

Ще однією важливою функцією інтелектуального керування є автоматичне калібрування. Наприклад, при запуску нового друку машина самостійно проводить тестовий прохід, аналізує контакт ракеля, натяг сітки, рівень подачі фарби та калібрує себе під ці умови. Система самодіагностики перевіряє зношення ракеля, залишки фарби чи тиск вакуума. У разі виявлення несправностей вона може повідомити оператора або зупинити машину до усунення проблеми.

Для зручної роботи машина повинна бути оснащена Wi-Fi або Bluetooth для можливості отримувати аналіз роботи, дистанційно запускати друк, керувати машиною через комп'ютер. При встановленні такої інтелектуальної системи в машину Sakurai Maestro 72A буде підвищена стабільність друку, зменшиться час та витрата матеріалів, а також зможе трафаретний друк зможе наблизитись до своїх конкурентів, таких як офсетний чи цифровий види друку.

*Діаграма 3.1 – Порівняння показників продуктивності*



Під час теоретичного порівняння продуктивності машини Sakurai Maestro 72A до та після впровадження інтелектуальної системи керування встановлено, що сумарна кількість надрукованих аркушів за одну зміну зростає приблизно на 15%, а рівень браку зменшується майже в 4,5 рази. Крім того, час на налаштування скорочується втричі, що дозволяє оператору запускати більше тиражів за зміну. Це прямо впливає на підвищення ефективності виробництва.

### **3.2.2 Екологізація процесу**

Також для відповідності сучасних вимог поліграфічного виробництва добре впровадити екологічні рішення, що зменшать негативний вплив на навколишнє середовище та операторів що працюють з машиною.

Традиційні розчинники та фарби мають шкідливий вплив на здоров'я працівників та атмосферу, тому краще буде використовувати фарби на водній основі або ультрафіолетові, які не потребують токсичних розчинників. Перехід на екологічно чисті фарби покращить умови праці та знизить ризики для навколишнього середовища.

Витрата матеріалів на браковані відбитки також є екологічною проблемою, тому встановлення інтелектуальної системи керування дозволить точно контролювати товщину шару фарби, її подачу в залежності від площі заповнення та мінімізує надлишок. У результаті цього знизиться кількість фарбофих залишків і зменшиться потреба в утилізації хімічних речовин.

Також замість одноразового використання трафаретних сіток можна використовувати їх повторно. А використання алюмінієвих рамок також покращує ефективність, бо вони не деформуються та служать довше за дерев'яні.

Ці покращення не тільки відповідають сучасним тенденціям, а й зменшують витрати і сприяють підвищенню продуктивності.

### 3.2.3 Система автоматичної подачі фарби

Зараз оператор вручну наливає та розподіляє лак чи фарбу у кориті. Із-за цього є надлишок використовуваного матеріалу. Для запобігання такої проблеми можна встановити автоматичну систему подачі та дозування фарби.

На ринку вже існують такі системи як Ultra Dispense Automatic Ink Dispenser (Systematic Automation). Система обладнана перистальтичним насосом і проксиміті-датчиком для автоматичного дозування фарби прямо в корито для трафаретного друку. Потужний насос здатний перекачувати рідину з в'язкістю до 70 000 сР (сантипуазів). Має можливість реагувати на рівень фарби та дозувати певну кількість після кожного ходу ракеля. [32] Подібні системи вже застосовуються в офсетному, флексодруці та трафаретному, де дозволяють досягти стабільної товщини шару, зменшення браку та зупинок. Зазвичай в них використовуються перистальтичні або діафрагмові насоси з дозованою можливістю реверсу. Вони мають датчики рівня, PLC або HMI-контролери для дозування й автоматичної реакції. Тому така система логічно інтегрується в Sakurai Maestro 72A.

Треба встановити біля машини герметичний резервуар з кришкою на 5 – 10 літрів з фарбоперенощиком з гнучкої стійкої до хімії трубки. Насос дозатор наприклад діафрагмового типу забезпечить контрольовану подачу фарби з резервуару у фарбоприймач. Перевагою такого насосу є можливість реверсу, тобто зворотної прокачки фарби. Датчики рівня фарби постійно моніторять рівень фарби та передають сигнал на контролер, який в свою чергу аналізує дані з датчика, вмикає насос при зниженні рівня фарби нижче допустимого та зупиняє його при досягненні потрібного рівня. [ 13 ]

Після запуску друку фарба в зоні ракеля починає витрачатись. Коли її рівень опускається до заданого мінімального значення, датчик рівня фіксує це та передає сигнал на контролер, який активує насос-дозатор. Той подає потрібну кількість фарби у фарбоприймач. Після досягнення оптимального рівня подача автоматично припиняється. У разі відсутності сигналу або аварійного перевищення рівня контролер блокує подачу фарби.

Усунення людського фактору при роботі такої системи знижує брак та підвищує стабільність процесу друку. Відбувається економія фарби за рахунок точного дозування та зменшуються простой для дозаправки.

Розрахунок витрат фарби:

$$Q = A \times T \times S$$

$Q$  – кількість фарби (мл)

$A$  – площа покриття ( $\text{м}^2$ )

$T$  – товщина шару фарби (мм)

$S$  – коефіцієнт витрат (наприклад 1,15)

Отже, наприклад при  $A = 0,5 \text{ м}^2$ ,  $T = 0,01 \text{ мм}$ ,  $S = 1,15$

$$Q = 0,5 \times 0,01 \times 1,15 = 0,00575 \text{ л} = 5,75 \text{ мл/відбиток}$$

Якщо за зміну буде надруковано 18000 відбитків, то кількість фарби використовуємої за зміну буде

$$Q = 5,75 \times 18000 = 103500 \text{ мл} = 103,5 \text{ л}$$

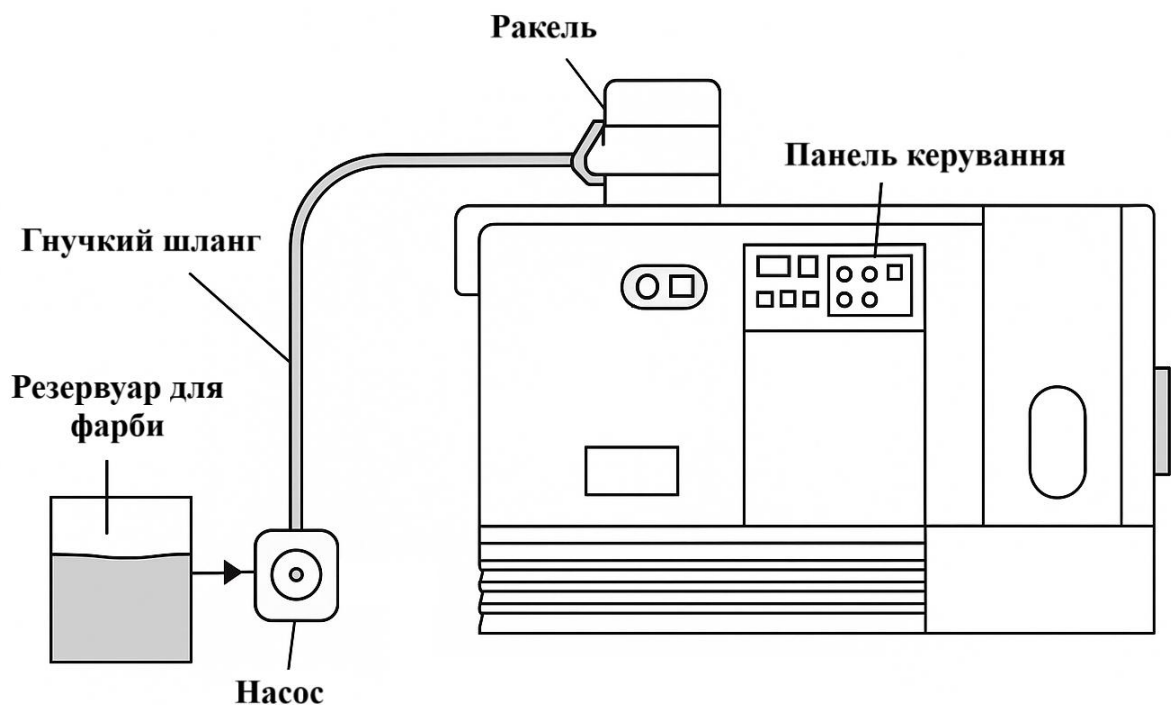


Рисунок 3.3 – Поєднання автоматичної системи подачі та дозування фарби з машиною Sakurai Maestro 72A

До впровадження цієї системи оператор вручну контролює рівень фарби. При падінні рівня зупиняє машину, доливає фарбу та чистить машину. Середня втрата часу — 15 - 30 хв на зміну. Після впровадження датчик і насос самостійно поповнюють фарбу без зупинки друку. Втрати часу 0–2 хв/зміну. За зміну у 8 год це до 5% ефективного друку.

При нерівномірній подачі фарби відповідно буде нерівномірне покриття та дефекти. Середній брак через це приблизно 0.5–1% тиражу (~80–150 аркушів/зміну). Після впровадження системи рівень фарби підтримується стабільним. Ризик знижується до 0.1–0.2%, тобто на 60–100 аркушів менше браку.

Завдяки постійному рівню фарби в зоні ракеля, тиск і товщина шару залишаються однаковими впродовж усього тиражу. Це дозволяє покращити якість відбитків, не проводити додаткових зупинок для корекції та економити фарбу.

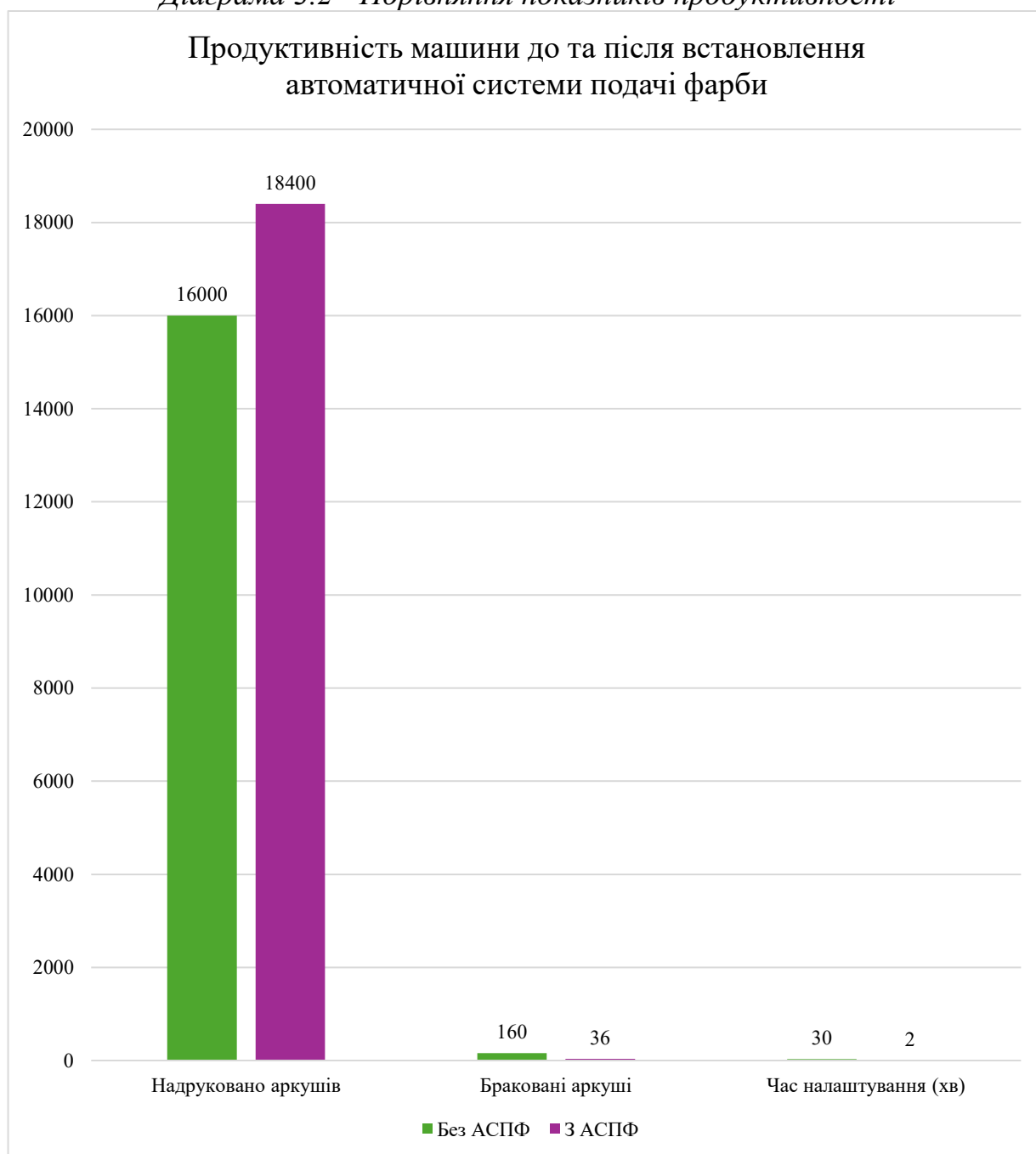
*Таблиця 3.2 – Порівняння параметрів машини до та після встановлення автоматичної системи подачі фарби*

|                              | Без АСПФ    | З АСПФ        | Зміна         |
|------------------------------|-------------|---------------|---------------|
| Надруковано аркушів за зміну | 16000       | 18000 - 18400 | + 12 – 15%    |
| Час простою на заправку      | 15 – 30 хв  | 1 – 2 хв      | -13 – 28 хв   |
| Відсоток браку               | 1%          | 0,2%          | -80% дефектів |
| Витрати фарби                | 105 - 110 л | 103 л         | -2 – 5%       |

Встановлення автоматичної системи подачі фарби дозволяє забезпечити безперервне виробництво без втручання оператора. Це скорочує час простою, зменшує людський фактор і стабілізує друк, що в сумі призводить до збільшення

продуктивності на приблизно 12–15% та зменшення кількості бракованої продукції. Така модернізація також сприяє економії матеріалів.

*Діаграма 3.2 - Порівняння показників продуктивності*



Для вибору підходящого насосу для даної системи треба провести деякі розрахунки.

Витрата фарби через трубку:

$$Q = \frac{V}{t}$$

$Q$  - об'ємна витрата (л/хв)

$V$  – об'єм фарби, який подається (л)

$t$  - час подачі (хв)

Якщо система має подавати 200 мл фарби за 20 сек:

$$Q = \frac{0,2}{\frac{20}{60}} = 0,6 \text{ л/хв}$$

Розрахунок діаметра трубки для потрібної витрати:

$$Q = \frac{\pi \times d^2}{4} \times v$$

$Q$  — об'ємна витрата (м³/с)

$d$  - внутрішній діаметр трубки (м)

$v$  - швидкість фарби в трубці (м/с)

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}$$

$$0,6 \text{ л/хв} = 1,67 \times 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$$

При бажаній швидкості наприклад  $v = 0,1$  м/с:

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 1,67 \times 10^{-5}}{3,14 \times 0,1}} \approx 0,0146 \text{ м} = 14,6 \text{ мм}$$

Отже, рекомендований діаметр шланга близько 15 мм з термостійкого ПВХ або фторопласту

Розрахунок необхідної потужності насоса:

$$P = \frac{Q \times \Delta p}{\eta}$$

$P$  – потужність насоса (Вт)

$Q$  – витрата (м<sup>3</sup>/с)

$\Delta p$  – перепад тиску в системі (Па)

$\eta$  - ККД насоса (0,4 для діафрагмового)

Діафрагмові насоси зазвичай працюють з тиском до 1–2 бар, але для цієї системи достатньо  $\Delta p = 0,2$  бар = 20000 Па.

$$P = \frac{1,67 \times 10^{-5} \times 20000}{0,4} = 0,835 \text{ Вт}$$

Для стабільного використання краще взяти насос потужністю 10-15 Вт.

Розрахунок рівня точності дозування:

Наприклад допустиме коливання фарби  $\pm 5$  мм шару, об'єм у ванночці 0,5 л.

$$\Delta V = A \times \Delta h$$

$A$  – площа дна корита (м<sup>2</sup>)

$\Delta h$  - допустиме відхилення висоти шару (м)

$$\Delta V = 0,03 \cdot 0,005 = 0,00015 \text{ м}^3 = 150 \text{ мл}$$

Система має спрацьовувати не рідше ніж при зміні об'єму на 150 мл, тобто датчик рівня повинен реагувати з точністю до 3–5 мм.

Максимальний час заповнення корита:

$$t = \frac{V}{Q} \times 60$$

При об'ємі 0,5 л та витратах 0,6 л/хв

$$t = \frac{0,5}{0,6} \times 60 = 50 \text{ с}$$

Отже, корито заповниться необхідною кількістю фарби максимум за 50 секунд.

Для підтримки рівня фарби у кориті потрібно  $\approx 0,6$  л/хв. Це обсяг, який дозволяє компенсувати витрати фарби протягом роботи без переливу. Для подачі 0,6 л/хв з швидкістю потоку 0,1 м/с, розрахований внутрішній діаметр трубки — 14,6 мм округлено 15 мм. Такий діаметр гарантує вільну подачу без турбулентності

та засмічень. Підходящий буде діафрагмовий насос. Він забезпечує герметичність, точне дозування та не створює надмірного тиску. Може перекачувати в'язкі фарби, не руйнуючи пігментну структуру, працює без пульсацій, важливо для стабільності фарбового шару, має високу хімічну стійкість та може забезпечити вищий тиск, якщо потрібно подавати фарбу з відстані.

*Таблиця 3.3 – Рекомендації для системи*

|                               |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|
| Витрата фарби                 | 0,6 л/хв                      |
| Робочий тиск                  | 0,2 бар (20000 Па)            |
| Необхідна потужність          | ~0,5 Вт (рекомендовано 10 Вт) |
| Рекомендований діаметр трубки | 15 мм                         |
| Тип шлангу                    | ПВХ                           |

### 3.3 Розрахунок продуктивності

Після впровадження запропонованих вдосконалень значно підвищиться продуктивність.

Чистий випуск продукції (аркушів за зміну):

$$N = P \times \left(1 - \frac{B}{100}\right) \quad [4]$$

$N$  – чиста кількість якісних аркушів

$P$  – кількість надрукованих аркушів за зміну

$B$  - відсоток браку

$$N_{\text{до}} = 16000 \times \left(1 - \frac{5}{100}\right) = 15200 \text{ арк/зміну}$$

$$N_{\text{після}} = 18400 \times \left(1 - \frac{1}{100}\right) = 18216 \text{ арк/зміну}$$

Втрати часу на налаштування (хв за зміну):

$$T_{\text{нал}} = T_{1 \text{ нал}} \times n_{\text{тиражів}} \quad [5]$$

$T_{1 \text{ нал}}$  – час підготовки до одного запуску (до ІСК — 60 хв, після ІСК — 20 хв, до АСПФ – 30 хв, після АСПФ – 2 хв)

$n_{\text{тиражів}}$  - кількість запусків на зміну (наприклад 3)

$$T_{\text{нал. до}} = 60 \times 3 + 30 \times 3 = 270 \text{ хв}$$

$$T_{\text{нал. після}} = 20 \times 3 + 2 \times 3 = 66 \text{ хв}$$

Підвищення продуктивності:

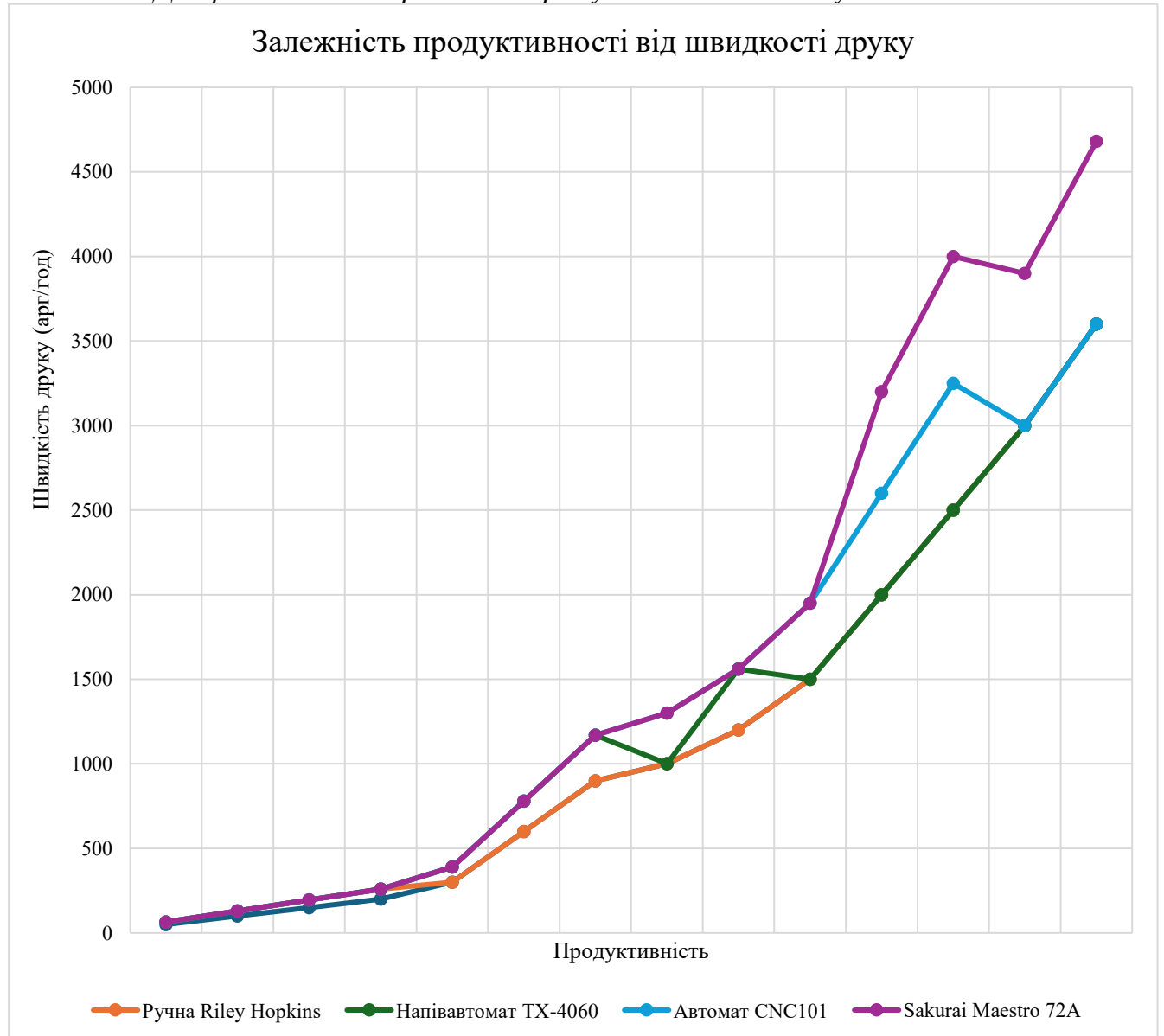
$$\Delta P = \left(\frac{N_{\text{після}} - N_{\text{до}}}{N_{\text{до}}}\right) \times 100\% \quad [6]$$

$$\Delta P = \left(\frac{18216 - 15200}{15200}\right) \times 100\% = 19,84\%$$

Отже, після впровадження комплексу удосконалень продуктивність зростає майже на 20%, а втрати через простой та брак знижуються майже вдвічі. Це значно підвищує рентабельність виробництва та стабільність друку. При цих системах суттєво покращуються виробничі показники. Основні напрями модернізації це

автоматична подача та дозування фарби, інтеграція інтелектуальної системи керування, оптимізація друкарських параметрів та зниження простоїв на обслуговування. Після модернізації машина забезпечує стабільнішу роботу, зменшується вплив людського фактора, автоматизується подача витратних матеріалів та покращується якість нанесення зображення.

Діаграма 3.3 – Порівняння продуктивності оглянутих машин



## **Висновок**

У цій дипломній роботі було проведено аналіз трафаретного друку як актуального методу нанесення зображень на різноманітні матеріали, такі як скло, пластик, метал, картон, плівка та інші. Попри домінування цифрових та офсетних технологій, трафаретний друк залишається незамінним у сферах, де необхідна висока покривна здатність, стійкість до зовнішнього впливу та друк на складних або нестандартних поверхнях.

У першому розділі було розглянуто розвиток та актуальність трафаретного друку, його принцип дії, особливості застосування в поліграфії, текстильній промисловості, електроніці та інших галузях. Було проаналізовано сучасні типи трафаретних машин та їх класифікацію за конструкційними ознаками, ступенем автоматизації, видом матеріалу тощо. Проаналізовано вибір матеріалів та деталей для трафаретного друку: сітки, рами, ракелі, хімічні речовини.

У другому розділі основну увагу приділено детальному вивченню конструкції трафаретної друкарської машини Sakurai Maestro 72A. Було описано принцип її роботи, основні вузли — подаючий пристрій, друкарський циліндр, система ракельного нанесення фарби, система керування, а також технічні характеристики машини. Проаналізовано переваги машини, такі як висока точність друку, циліндрична схема захоплення, зниження зміщення аркуша під час нанесення зображення.

У третьому розділі було запропоновано комплексні удосконалення роботи трафаретної машини Sakurai Maestro 72A, спрямовані на підвищення продуктивності, зниження втрат матеріалів, покращення якості друку та автоматизацію процесів. Основна увага була приділена інтеграції інтелектуальної системи керування параметрами друку в реальному часі, автоматичної системи подачі та дозування фарби, яка дозволяє зменшити простої, уникнути браку, стабілізувати товщину шару фарби. А також розглянуто впровадження екологічних рішень, зокрема переходу на фарби з низьким вмістом хімікатів, впровадження систем повторного очищення та зниження споживання енергії.

Проведені технічні розрахунки підтвердили доцільність модернізації. В теорії, при впровадженні таких змін продуктивність машини могла б зрости до +15%, а кількість бракованих аркушів зменшилась би у 2-3 рази. Додана система автоматичної подачі фарби дозволила би точно дозувати рідину, забезпечувати стабільний друк та знизити втрати фарби на 2-5%.

Запропоновані вдосконалення можуть бути реалізовані на поліграфічному підприємстві за наявності ремонтно-механічного цеху з невеликими витратами. Вони зможуть значно підвищити ефективність і конкурентоспроможність трафаретного друку.

Таким чином, результати моєї дипломної роботи підтверджують, що автоматизація та модернізація окремих елементів трафаретної машини є ефективним шляхом до підвищення конкурентоспроможності даної технології друку на сучасному поліграфічному ринку.

## Використані джерела

1. Ingram, S. T. Screen Printing Primer. – Pittsburgh, PA: Graphic Arts Technical Foundation, 1999. – 120 с.
2. Ткачук М.П. Трафаретний друк / М. П. Ткачук. — К. : ХаГар, 2000. — 265 с.
3. Гавенко С., Лазаренко Е., Мамут Б., Самбульський М., Циманек Я., Якущевич С, Ярема С. – Оздоблення друкованої продукції: технологія, устаткування, матеріали: Навчальний посібник – Київ - Львів: УН-т «Україна», УАД – 2003. – 180 с.
4. Тарасенко С. Г. Економіка підприємства: підручник. — К.: Центр учбової літератури, 2015. — 432 с.
5. Романенко Ф. В. Організація поліграфічного виробництва: навч. посіб. — Київ: НУПП, 2016. — 240 с.
6. Кривов'язюк І. В. Економічна діагностика. 2-ге вид. [текст]: навч. посіб. / І. В. Кривов'язюк. — К.: Центр учбової літератури, 2017. — 456 с.
7. Espacenet № UA 145917 U. Пристрій для трафаретного друку / О. В. Смутко ; заявл. 10.01.2020 ; опубл. 25.11.2020. — Бюл. № 48.
8. Espacenet № US 5671671 A Ota T. Screen printing press and screen frame : пат. США. МПК B41F 15/08 / Т. Ота ; заявл. 19.06.1995 ; опубл. 30.09.1997. — 6 с.
9. Espacenet № US 12083785 B2. Screen printing apparatus with adjustable squeegee holder : пат. US 12083785 B2 США. МПК B41F 15/08 / J. S. Wilson ; заявл. 10.05.2022 ; опубл. 05.03.2024
10. Espacenet № CN 219564455 U. Напівавтоматична трафаретна друкарська машина : Китай / [винахідник не вказаний]. — Опубл. 10.03.2023
11. Espacenet № CN203805465U. Автоматична машина для друку круглих флаконів : Китай; заявлено 9.03.2014 ; опубл. 13.08.2014
12. Espacenet № KR 20230155852 Регульований тримач ракеля для трафаретної друкарської машини / Bando Co., Ltd. — № KR20230155852; заявл. 2022-06-30; опубл. 2023-11-28. — 14 с. — Корейський патент.
13. Діафрагмовий насос [Електронний ресурс] // Вікіпедія. — URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Діафрагмовий\\_насос](https://uk.wikipedia.org/wiki/Діафрагмовий_насос)

14. Marabu. Maestro MS80A–MS102A [Електронний ресурс] // Marabu.dk. – Режим доступу: [https://www.marabu.dk/fileadmin/marabu-druckfarben/Only\\_SE/Products/Screenmachines\\_TDS/Maestro\\_MS80A-MS102A\\_GB.pdf](https://www.marabu.dk/fileadmin/marabu-druckfarben/Only_SE/Products/Screenmachines_TDS/Maestro_MS80A-MS102A_GB.pdf)
15. What is screen printing and what are the future trends? [Електронний ресурс] // TopperPrinting. – Режим доступу: <https://ua.topperprinting.com/info/what-is-screen-printing-and-what-are-the-futu-91356939.html>
16. Автоматичні верстати для трафаретного друку [Електронний ресурс] // PROCstore. – Режим доступу: <https://procstore.com.ua/ua/g41962665-avtomaticheskie-stanki-trafaretnoj>
17. Трафаретні друкарські машини Sakurai [Електронний ресурс] // MacHOUSE. – Режим доступу: <https://machouse.ua/dlya-ofsetnyh-drukaren/drukovane-poligrafichne-obladnannya/trafaretni-drukarski-mashyny-sakurai>
18. NeoDen YS600 – трафаретна машина для паяльної пасти [Електронний ресурс] // NeoDen PNP. – Режим доступу: <https://ua.neodenpnp.com/stencil-printer/neoden-ys600-solder-paste-stencil-machine.html>
19. Автоматичний та ручний трафаретний друк [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://autoprintmachine.com/manual-screen-printing-vs-automatic-screen-printing-which-is-better/>
20. Advantages and Disadvantages of Hand Screen Printing in the Textile Industry [Електронний ресурс] // TESTEX. – URL: <https://www.testertextile.com/uk/advantages-disadvantages-of-hand-screen-printing-in-textile-industry/>
21. Riley Hopkins 150 1 Color 1 Station Screen Printing Press [Електронний ресурс] // Riley Hopkins. – URL: <https://www.rileyhopkins.com/products/riley-hopkins-150-1-color-1-station-screen-printing-press>
22. Screenprint : [Електронний ресурс] // The Metropolitan Museum of Art. – Режим доступу: <https://www.metmuseum.org/about-the-met/collection-areas/drawings-and-prints/materials-and-techniques/printmaking/screenprint>

23. CEPP. Screen printing and its environmental impact : [Електронний ресурс]. – Environmental Protection Administration, Taiwan. – Режим доступу: <https://www.cepp.gov.tw/File/get/7ZRFy1a7lDZY91r>
24. TX-4060 Screen Printing Machine For Flat Surface [Електронний ресурс] // Alibaba. – Режим доступу: [https://www.alibaba.com/product-detail/TX-4060-Screen-Printing-Machine-For\\_1600124800476.html](https://www.alibaba.com/product-detail/TX-4060-Screen-Printing-Machine-For_1600124800476.html)
25. THIEME 3000 GS – автоматизована серія трафаретних машин [Електронний ресурс] // Thieme-Products.com. – Режим доступу: <https://www.thieme-products.com/en-us/printing-systems/printing-series/thieme-3000-gs>
26. APMPRINT. Машина для трафаретного друку на пляшках CNC101 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.apmprinter.com/ru/video/products-detail-1235026>
27. Printed Electronics in 2021: New Applications Emerging [Електронний ресурс] // Screen Printing Magazine. – 2021. – Режим доступу: <https://screenprintingmag.com/printed-electronics-in-2021-new-applications-emerging/>
28. Print Technology: Everything You Need to Know [Електронний ресурс] // Gelato Blog. – Режим доступу: <https://www.gelato.com/connect/blog/print-technology>
29. The Future of Screen Printing [Електронний ресурс] // EXILE Technologies. – Режим доступу: <https://exiletech.com/blog/the-future-of-screen-printing/>
30. Prinect Press Center XL 3 [Електронний ресурс] // Heidelberg – офіційний сайт. – Режим доступу: [https://www.heidelberg.com/global/en/products/offset\\_printing/press\\_control\\_systems/prinect\\_press\\_control\\_xl\\_3/product\\_information\\_36/prinect\\_press\\_center\\_xl\\_3.jsp](https://www.heidelberg.com/global/en/products/offset_printing/press_control_systems/prinect_press_control_xl_3/product_information_36/prinect_press_center_xl_3.jsp)
31. Koenig & Bauer: Products overview [Електронний ресурс] // Koenig & Bauer – офіційний сайт. – Режим доступу: <https://www.koenig-bauer.com/en/products>
32. Automatic Ink Dispenser [Електронний ресурс] // Systematic Automation – офіційний сайт. – Режим доступу: <https://systauto.com/screen-printing-machines/printer-add-ons/automatic-ink-dispenser/>

## **Додатки**

ДП СМ11. 01.009 ТК

Лист заготовки

Лист №

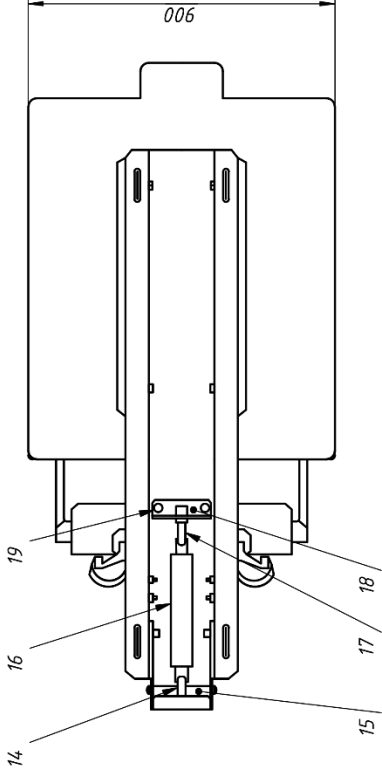
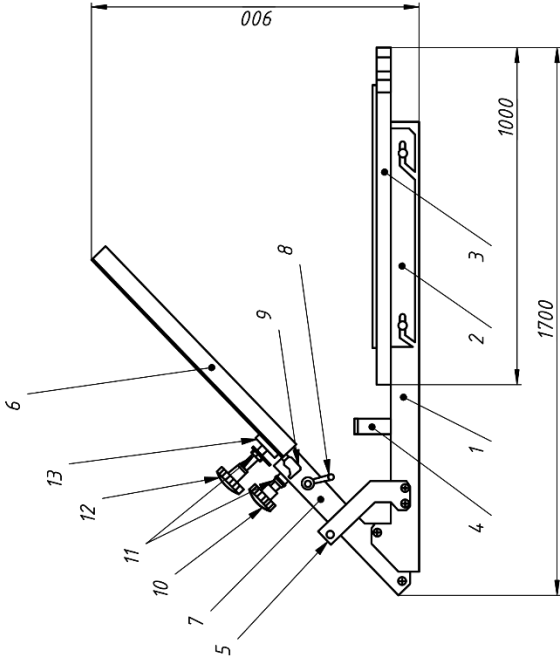
Лист та дата

Лист № змін

Зам. Лист №

Лист та дата

Лист № змін



|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| ДП СМ11. 01.009 ТК |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

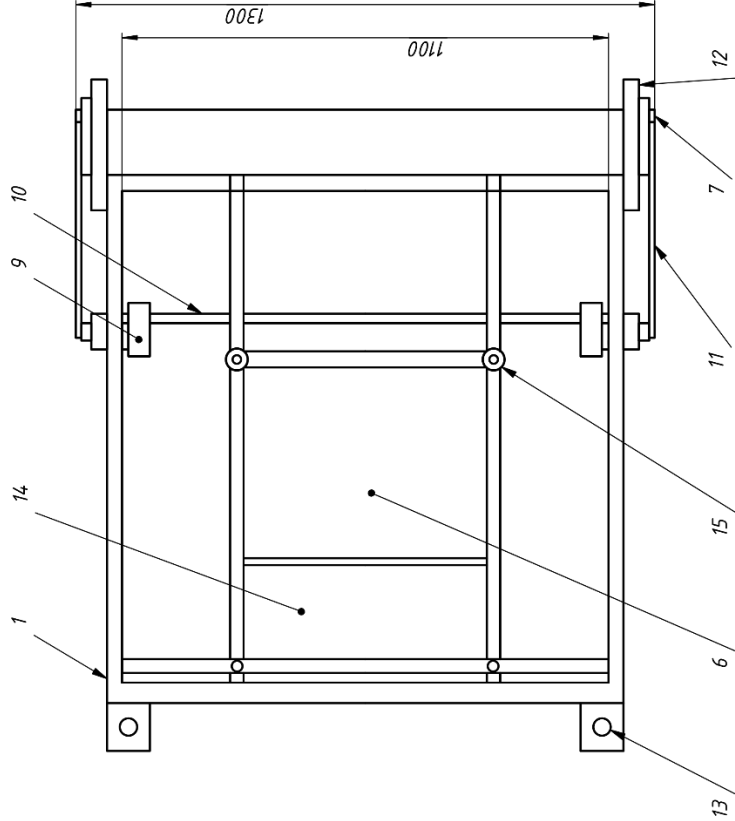
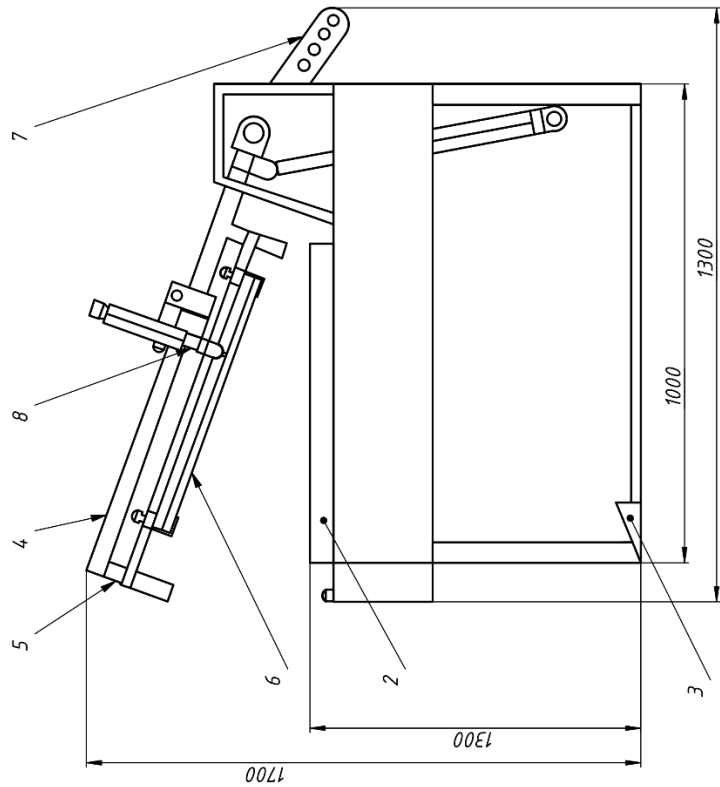
Ім'я файлу: Деталь 1.docx

Копіював

[illegible]

|              |               |             |              |               |          |                 |
|--------------|---------------|-------------|--------------|---------------|----------|-----------------|
| Інв. № опус. | Ілпн. та дата | Зам. інв. № | Інв. № дудн. | Ілпн. та дата | Лобів. № | Лерв. застосув. |
|--------------|---------------|-------------|--------------|---------------|----------|-----------------|

ДП СМ11. 02.009 ТК

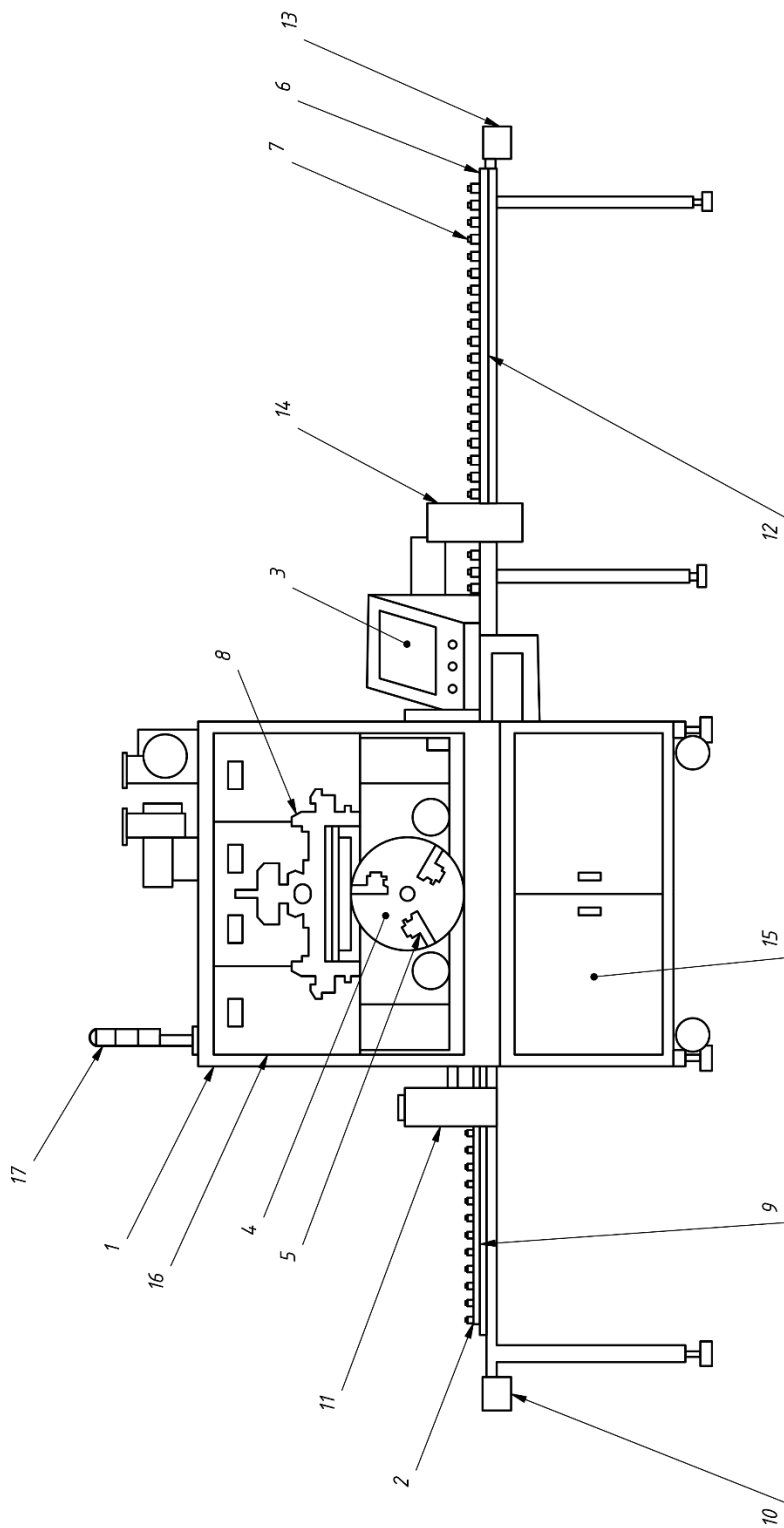


|                                        |      |               |       |            |                                               |        |        |  |  |
|----------------------------------------|------|---------------|-------|------------|-----------------------------------------------|--------|--------|--|--|
| ДП СМ11. 02.009 ТК                     |      |               |       |            |                                               |        |        |  |  |
|                                        |      |               |       |            |                                               |        |        |  |  |
| Напіваавтоматична<br>трафаретна машина |      |               |       |            | Лит.                                          | Маса   | Маштаб |  |  |
|                                        |      |               |       |            |                                               |        | 1 : 1  |  |  |
|                                        |      |               |       |            | Лист                                          | Листів | 1      |  |  |
|                                        |      |               |       |            | КПІ ім.Горія<br>Сікорського, НН ВПШ,<br>СМ-11 |        |        |  |  |
|                                        |      |               |       |            | Формат А3                                     |        |        |  |  |
|                                        |      |               |       |            | Копіював                                      |        |        |  |  |
|                                        |      |               |       |            | Ім'я файлу: сервіс.дуд                        |        |        |  |  |
| Зм.                                    | Лист | № докум.      | Підп. | Дата       |                                               |        |        |  |  |
| Розроб.                                |      | Семчишча А.Д. |       | 06.06.2025 |                                               |        |        |  |  |
| Перев.                                 |      | Охонювський   |       |            |                                               |        |        |  |  |
| Т. конпр.                              |      |               |       |            |                                               |        |        |  |  |
|                                        |      | На ч.б.д.     |       |            |                                               |        |        |  |  |
| Н. конпр.                              |      |               |       |            |                                               |        |        |  |  |
| Затв.                                  |      |               |       |            |                                               |        |        |  |  |

[illegible]

ДП СМ11. 03.009 ТК

|             |               |             |              |               |          |                |
|-------------|---------------|-------------|--------------|---------------|----------|----------------|
| Інв. № орг. | Підп. та дата | Зам. Інв. № | Інв. № дудл. | Підп. та дата | Додат. № | Перв. застосує |
|-------------|---------------|-------------|--------------|---------------|----------|----------------|

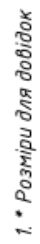


|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|--------------------|--|--|--|--|-------------------------------|--|--|--|--|------|--|------|--|--------|--|
| ДП СМ11. 03.009 ТК |  |  |  |  | Автоматична трафаретна машина |  |  |  |  | Лист |  | Маса |  | Маштаб |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|                    |  |  |  |  |                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |

[illegible]



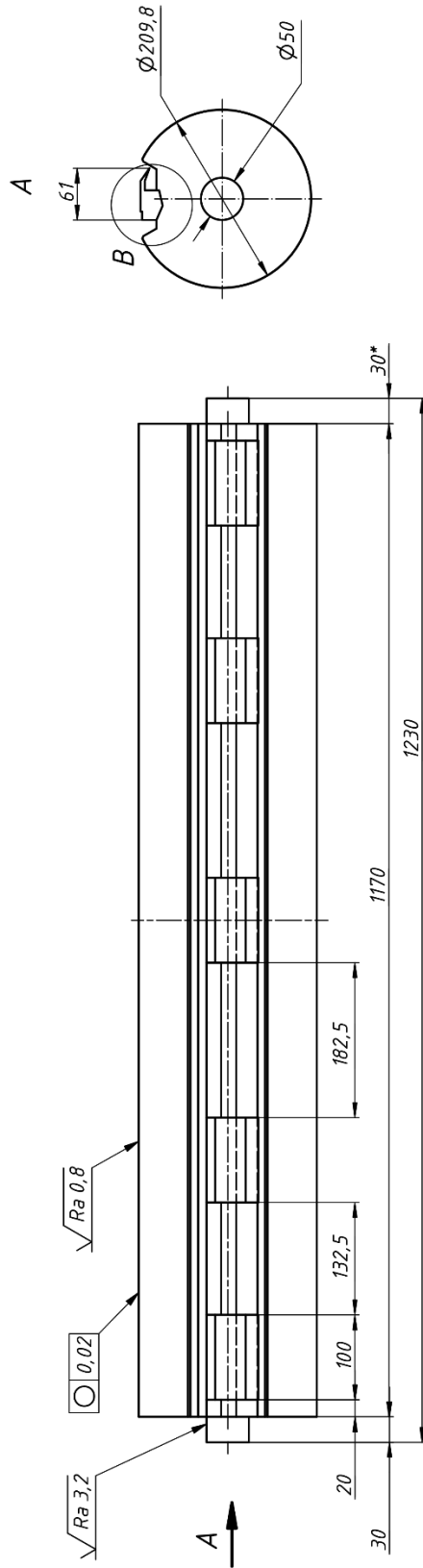


[illegible]

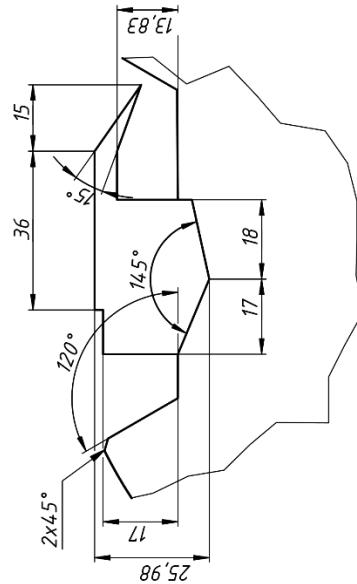


ДП СМ11.06.009 ТК

$\sqrt{Ra\ 1,6\ (\checkmark)}$



B (1:1)



- \* Розміри для довідок.
- Невказані граничні відхилення розмірів  $\pm \frac{IT_{16}}{2}$ .
- Нормалізація 14.3...229 НВ.

|                   |  |                                      |  |             |  |              |  |               |  |                      |  |        |  |           |  |
|-------------------|--|--------------------------------------|--|-------------|--|--------------|--|---------------|--|----------------------|--|--------|--|-----------|--|
| Інв. № опус.      |  | Підп. та дата                        |  | Зам. інв. № |  | Інв. № дубл. |  | Підп. та дата |  | Лист                 |  | Листів |  | Маштаб    |  |
| ДП СМ11.06.009 ТК |  | Друкарський циліндр із захоплювачами |  | 38,5        |  | 1:5          |  | 1             |  | Сікорського, НН ВПІ, |  | СМ-11  |  | Формат А3 |  |
| Інв. № опус.      |  | Підп. та дата                        |  | Зам. інв. № |  | Інв. № дубл. |  | Підп. та дата |  | Лист                 |  | Листів |  | Маштаб    |  |
| ДП СМ11.06.009 ТК |  | Друкарський циліндр із захоплювачами |  | 38,5        |  | 1:5          |  | 1             |  | Сікорського, НН ВПІ, |  | СМ-11  |  | Формат А3 |  |
| Інв. № опус.      |  | Підп. та дата                        |  | Зам. інв. № |  | Інв. № дубл. |  | Підп. та дата |  | Лист                 |  | Листів |  | Маштаб    |  |
| ДП СМ11.06.009 ТК |  | Друкарський циліндр із захоплювачами |  | 38,5        |  | 1:5          |  | 1             |  | Сікорського, НН ВПІ, |  | СМ-11  |  | Формат А3 |  |



89

