

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Навчально-науковий видавничо-поліграфічний інститут

Кафедра машин та агрегатів поліграфічного виробництва

«На правах рукопису»
УДК 681.625.3

До захисту допущено:
В.о. завідувача кафедри
_____ Микола ЗЕНКІН
«__» _____ 2024 р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра
за освітньо-професійною програмою
«Комп'ютеризовані поліграфічні системи»
зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
на тему: «Дослідження друкарського модулю трафаретної машини»

Виконав:

студент II курсу, групи ВМ-31мп
Приверт Богдан Гурбанович _____

Науковий керівник:

Доц, к.т.н., доц.

Гриценко Дмитро Сергійович _____

Консультант з розробки стартап проєкту:

Доцент, к.т.н.

Макатьора Дмитро Анатолійович _____

Рецензент:

Доцент каф. ТПВ, к.т.н., доцент

Золотухіна К. І. _____

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.
Студент _____

Київ – 2024

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий видавничо-поліграфічний інститут
Кафедра машин та агрегатів поліграфічного виробництва

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані поліграфічні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ Микола ЗЕНКІН

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Приверт Богдан Гурбанович

1. Тема дисертації «Дослідження друкарського модулю трафаретної машини», науковий керівник дисертації Гриценко Дмитро Сергійович, к.т.н., доцент, затверджені наказом по університету від «05» листопада 2024 р. № 4971-с
2. Термін подання студентом дисертації 09 грудня 2024 року
3. Об'єкт дослідження: вдосконалення друкарського модуля трафаретної машини.
4. Вихідні дані завдання: до дипломного проекту, технічна документація, програмне забезпечення
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: 1. Провести огляд сучасного стану трафаретного обладнання представленого на вітчизняному та закордонному ринку, огляд патентів, та нових розробок представлених у літературних джерелах. 2. Провести дослідження з метою визначення параметрів механізму приводу друкарського модуля, з метою виявлення мінімальних крутних моментів. 3. Провести розрахунки пристрою із запропонованою модернізацією. 4. Розробити плакати із результатами проведеного дослідження.
6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: Вступний плакат, Наукова новизна, опубліковані досягнення, Огляд трафаретного обладнання (з напіваавтоматичними друкарськими модулями), Огляд механізмів, які використовуються для приводу друкувальних ланок, Запропонований кулачковий механізм, схема, циклограма, Методика розрахунку кулачка та кривошипно-повзунного механізму, Методика проведення досліджень навантажень в механізмі приводу, Результати проведених досліджень, Висновки.
7. Орієнтовний перелік публікацій підготувати патент на корисну модель.

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ з розробки стартап проекту	Макатьора Д.А., к.т.н., доцент кафедри МАПВ		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Огляд літературних, патентних та інформаційних джерел за темою дисертації	Лютий 2024 р.	
2.	Дослідження параметрів обладнання трафаретного друку	Березень 2024 р.	
3.	Опис досліджуваного обладнання та створення кінематичної схеми запропонованого механізму	Квітень 2024 р.	
4.	Розрахунок навантаження в друкарському модулі	Травень 2024 р.	
5.	Інженерний синтез механізму	Вересень 2024 р.	
6.	Розділ з розробки стартап проекту	Листопад 2024 р.	
7.	Оформлення магістерської дисертації і графічного матеріалу, надання роботи на рецензування	Грудень 2024 р.	

Студент

Богдан ПРИВЕРТ

Науковий керівник

Дмитро ГРИЦЕНКО

РЕФЕРАТ

Приверт Б. Г. Дослідження друкарського модулю трафаретної машини.
НТУУ "КПІ", кафедра МАПВ, 2024.

96 стор., 25 рис., 19 табл., бібліогр.: 41 назв.

Розглянуто сучасний стан та перспективи розвитку технологій друкарських модулів у трафаретному друці. Наведено класифікацію обладнання для трафаретного друку та виконано огляд продукції провідних вітчизняних і зарубіжних виробників. Зроблений аналіз механізмів приводу ракаля.

У роботі представлено принцип модернізації пристрою для автоматизації процесу нанесення фарбового зображення на виріб, який декорується. Він полягає у вдосконаленні друкувального механізму, щоб забезпечити автоматичне нанесення фарби задаруковуваний виріб. Виконані дослідження підтверджують ефективність запропонованої конструкції модуля трафаретного друку.

Ключові слова: трафаретний друк, трафаретна машина, ракель, друкувальний ракель, фарбонаосний ракель, кулачок, важіль, планка, кривошипно-повзунний механізм.

Pryvert B. H. Research of the printing module of a screen printing machine.
NTUU "KPI", Department of MAPV, 2024.

86 p., 15 fig., 19 table., bibliography: 40 name.

This work examines the current state and prospects for the development of printing module technologies in screen printing. It presents a classification of screen printing equipment and provides an overview of products from leading domestic and international manufacturers. An analysis of the mechanisms driving the squeegee was conducted.

The study introduces a principle for modernizing the device to automate the process of applying ink images to decorated products. The proposed improvements focus on enhancing the printing mechanism to enable automatic ink application to

printed materials. Research confirms the efficiency of the proposed screen printing module design.

Keywords: screen printing, screen printing machine, squeegee, printing squeegee, paint applicator squeegee, cam, lever, bar, crank-sliding mechanism.

Зміст

РЕФЕРАТ	3
Вступ.....	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ МЕХАНІЗМІВ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ПРИВОДУ РАКЕЛЯ ТРАФАРЕТНИХ МАШИН	9
1.1. Загальна характеристика трафаретного друку	9
1.2. Огляд трафаретного обладнання з автоматичними друкарськими модулями.....	11
1.3. Аналіз механізмів, які використовуються для приводу ракеля трафаретних машин	21
1.3.1. Крокові двигуни	22
1.3.2. Сервоприводи.....	23
1.3.3. Актуатори	24
1.3.4. Ремінні передачі	26
1.3.5. Ланцюгові передачі	27
1.3.6. Пневматичні циліндри.....	29
1.3.7. Храпові механізми	30
1.3.8. Важільні механізми.....	32
1.3.9. Кулачкові механізми.....	33
1.3.10. Неповнозубі колеса.....	35
1.4. Допоміжні пристрої обладнання трафаретного друку	36
1.5. Висновки до розділу	36
РОЗДІЛ 2 ОПИС ЗАПРОПОНОВАНОГО ДРУКАРСЬКОГО МОДЛЮЮ ТА АНАЛІЗ ЙОГО ПАРАМЕТРІВ.....	39
2.1. Опис запропонованого нового друкарського пристрою трафаретної машини	39
2.2. Кінематичну схема друкарського модуля	41
2.3. Розробка циклограми роботи друкарського модуля	43
2.4. Вибір розмірів ланок друкарського модуля	44
2.5. Висновки до розділу	46
РОЗДІЛ 3 ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ПРИВОДУ ДРУКАРСЬКОГО МОДУЛЯ	47
3.1. Методика розрахунку навантажень в друкарському модулі.....	47
3.2. Розрахунок навантажень на головному валу привода	50

3.3. Методика розрахунку кулачкового механізму	61
3.4. Методику розрахунку кривошипно-повзунного механізму	67
3.5. Дослідження крутного моменту на головному валу приводу при роботі друкарського модуля	72
3.6 Висновки до розділу	74
РОЗДІЛ 4 СТАРТАП-ПРОЕКТ.....	76
Висновки до розділу	85
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	86
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	88
ДОДАТКИ.....	93

Вступ

Актуальність теми. Дослідження друкарського модуля трафаретної машини є важливим етапом у вдосконаленні технологій трафаретного друку. Універсальність цього способу друку, що базується на перенесенні фарби через друкуючі елементи трафаретної форми, дозволяє отримувати високоякісні зображення на різноманітних матеріалах та поверхнях. Проте ефективність трафаретного друку значною мірою залежить від технічного стану друкарського модуля, його точності та надійності.

Переваги трафаретного друку, такі як можливість нанесення товстого шару фарби для досягнення насиченості кольорів та рельєфності, роблять його незамінним для малих і середніх тиражів. Водночас удосконалення друкарського модуля сприяє підвищенню продуктивності, якості відбитків та зниженню виробничих витрат. Сучасний розвиток технологій створює нові можливості для автоматизації та оптимізації роботи друкарських модулів, що є актуальним завданням у сучасному конкурентному середовищі.

Дослідження друкарського модуля дозволяє не лише вирішити проблеми, пов'язані з експлуатацією обладнання, а й сприяє розширенню можливостей трафаретного друку в сучасному виробництві.

Мета і задачі дослідження. Основною метою роботи є аналіз та вдосконалення конструкції друкарського модуля трафаретної машини для підвищення ефективності його роботи та забезпечення стабільної якості друку. Для досягнення цієї мети було поставлено такі **задачі дослідження**:

- провести аналіз існуючих конструкцій друкарських модулів трафаретних машин;
- систематизувати технічні вимоги до друкарського модуля для забезпечення оптимальної продуктивності;
- запропонувати оригінальну конструкцію друкарського модуля;
- розробити пропозиції щодо зменшення навантаження на головному валу механізму приводу друкарського модуля.

Об'єктом дослідження є модуль автоматичного друкарську трафаретної машини.

Предметом досліджень є механізм приводу друкарського модуля, який забезпечує переміщення елементів друкарської системи.

Методи дослідження. У даному дослідженні будуть використовані комбіновані методи, включаючи аналіз літературних джерел та комп'ютерне моделювання. Ці методи дозволять отримати повні та точні дані про роботу механізмів приводу та їх взаємодію з іншими компонентами друкарської машини. Аналітичні розрахунки виконано в системі математичного моделювання MathCAD.

Наукова новизна отриманих результатів.

1. Проведений аналіз побудов трафаретних машин дав можливість запропонувати новий автоматизований друкарський модуль для машини трафаретного друку.

2. Вперше створено методику синтезу механізму приводу модуля який створює автоматизований друк на трафаретній машині.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Виконані дослідження тісно пов'язані з науковими розробками, які ведуться на кафедрі машин та агрегатів поліграфічного виробництва Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Особистий внесок здобувача. Основні результати наукових досліджень отримано здобувачем самостійно.

Публікації. Створено 1 патент на корисну модель [1].

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків, переліку використаної літератури та додатків. Робота містить 96 сторінок, в тому числі 25 рисунка і 19 таблиці, список літератури включає 41 найменування.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ МЕХАНІЗМІВ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ПРИВОДУ РАКЕЛЯ ТРАФАРЕТНИХ МАШИН

1.1. Загальна характеристика трафаретного друку

Трафаретний друк — це метод нанесення фарби через сітчастий трафарет на поверхню, що друкується. Зображення створюється завдяки перенесенню фарби через відкриття у трафаретній сітці, яка не закрита емульсією. Цей метод використовується для друку на різних матеріалах, включаючи тканини, папір, пластик, метал, скло та дерево.

Переваги трафаретного друку

1. Універсальність :

- Підходить для різних матеріалів і форм (плоскі, вигнуті, циліндричні).
- Можливість друку на тканині, склі, металі, дереві, кераміці тощо.

2. Насиченість кольорів :

- Здатність створювати яскраві, насичені зображення за допомогою товстих шарів фарби.

3. Довговічність :

- Стійкість зображення до механічного впливу, вологи, температурних коливань та ультрафіолету.

4. Можливість друку великих форматів :

- Підходить для великих площ, наприклад, плакатів, рекламних банерів, текстилю.

5. Гнучкість у використанні фарби :

- Можна використовувати фарби на водній основі, пластизольні, сольвентні та УФ-фарби.

6. Доступність при великих накладках :

- Висока економічна ефективність для друку великої партійної продукції.

Недоліки трафаретного друку

1. Складність підготовки :

- Потребує тривалого процесу підготовки трафаретної форми та налаштування обладнання.

2. Обмеження в деталізації :

- Складно передати надто дрібні деталі або градієнти, особливо у високих роздільних здатностях.

3. Неефективність при малих накладках :

- Високі витрати на підготовку роблять цей метод нерентабельним для малих тиражів.

4. Вимоги до робочого простору :

- Обладнання займає багато місць, особливо для великих форматів друку.

5. Екологічні аспекти :

- Використання хімічних речовин для очищення трафаретів може мати негативний вплив на довкілля.

Застосування трафаретного друку

1. **Текстиль** : Виробництво футболок, сумок, штор, банерів.

2. **Реклама** : Банери, вивіски, плакати, наклейки.

3. **Упаковка** : Коробки, пакети, етикетки.

4. **Сувеніри та декор** : Друк на чашках, тарілках, сувенірних виробках.
5. **Електроніка** : Друк на платах, клавіатурах, панелях управління.

1.2. Огляд трафаретного обладнання з автоматичними друкарськими модулями

Обладнання фірми THIEME, Німеччина



Рис 1.1. Автоматична машина для трафаретного друку THIEME series 500

Напівавтоматно, друкарська машина екрану clamshell використовується для різних застосувань

- Компактні форми
- Підйом голівки низькопрофільного друку.
- Споживач – співдружня діяльність
- Швидкі швидкості продукції
- Коротші часи встановлення належні до легко-досяганої системи встановлення екран-рамки

- Головна робота призводить до використання запатентований блок сквіджіа THIEME високотехнологічний
- Гнучка діяльність за допомогою регульованих систем драйв
- Наймодніше, запатентоване обладнання безпеки, яке ні візування, ні діяльність удару.
- Повна реконструкція машини для того, щоб зустріти майже все вимагає в планшетній поліграфічній промисловості екрану

Автоматична машина для трафаретного друку



Рис 1.2. THIEME 3000 GS

- 3/4- або повністю автоматична планшетна друкарська машина екрану для друкування на склі та інших твердих матеріалах.
- Висока врожайність
- Малі часи встановлення
- Зберігання параметрів машини
- Programmable розміри панелі через панель діяльності
- Зберігання параметрів повного замовлення
- Модульна конструкція, що відповідає multicolor зачаттям
- Чудова якість друку та максимальна preciseness

Обладнання фірми SPS, Німеччина



Рис. 1.3. SPS VTS XP57/p Повністю автоматична циліндрична трафаретна друкарська машина STOP (підйомний тип екрану з нахилом, клас люкс Primeline), підключена до пристрою подачі.

Заснований на найкращій німецькій класичній лінійці SPS підйомного типу відкидного трафарету XP: «Оригінальний принцип SPS STOP Cylinder Principle» (переваги: найвища швидкість роботи, якість друку, зручність оператора та комфорт, які будь-коли бачили на ринку), XP57/p є ще більшим доданих функцій, оптимізованих для класу люкс Primeline (/p), для використання у високоточних процесах промислового трафаретного друку.

Технічні характеристики

- для розміру листа: 550x750 мм (22"x30") ~ 250x300 мм (10"x12")
- товщина: 0,075~0,8 мм (0,003"~0,03")
- розмір екрана (фіксований, виберіть один): 960x960 мм (38"x38"), 880x880 мм (34,5"x34,5")
- Розмір машини (стандартна машина): 2150x1860x1890 мм (7' 1" x 6' 1" x 6' 2")

Обладнання фірми M&R KRUZER, США

Ручної трафаретної машини 6 кольорів/4 столу



Рис 1.4. M&R KRUZER

Обладнання шовкотрафаретного друку M&R KRUZER 6 кольорів/4 столу — спроектована і виготовлена в кращих традиціях компанії виробника. Дана ручна карусель здатна встановлювати новий стандарт в текстильному виробництві. Пристрій сумісний абсолютно з усіма автоматичними приладами фірми M&R, які призначені для цифрового друку по готовим виробам і трикотажному кроєм.

Технічні характеристики

- Тип Товар
- Категорія Обладнання шовкотрафаретного друку
- Кількість столів 4
- Можливість розширення столів Немає
- Наявність В наявності
- Найменування M&R KRUZER
- Кількість кольорів 6

Трафаретна автоматична карусельна друкарська машина



Рис. 1.5. Трафаретна автоматична карусельна друкарська машина за футболками та трикотажному кроєм M&R SPORTSMAN EX5070

Технічні характеристики

- Моделі 8, 10 і 12 кольорів
- Максимальна площа зображення до 50x70 см (20" x 26")
- Стандартні розміри друкованих столів 55 x 76 см (22" x 30")
- Стандартна ширина алюмінієвого ракеледержателя і фор-ракеля 55 см (22")

Автоматичний трафаретний станок карусельного типу для друку по текстилю Vector.



Рис. 1.6. Автоматичний трафаретний станок Vector

Формат друку: 38x40см, 40x45см, 50x50см, 50x71см, 76x101см, 101x124см

Кількість друкарських голів: 2 - 21 шт.

Кількість друкарських столів: 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 шт.

Сервопривод обертання і підйому / опускання столів

Електропривод ходу ракелів / контрракелей

Пневмопривод тиску ракелів / контрракелей

Обладнання фірми MAN, Польща

Ручний трафаретний станок карусельного типу для друку по текстилю



Рис. 1.7. Ручний трафаретний станок MAN

Трафаретний верстат MAN являє собою останнє покоління високоточних ручних систем, що гарантує стабільність друку, як при відтворенні високолінійних повно-кольорових робіт, так і при друку плашок.

Серед особливостей даної машини можна виділити наступні:

- Фарбовість - 4, 6, 8, 10, 12 кольорів.
- Мікроприводка по трьох осях.
- Бокове завантаження друкарських форм.
- Механічне регулювання технологічного зазору.
- Система швидкої зміни друкарських столів.
- Просте регулювання друкарських форм і столів.
- Пневматична фіксація друкарських форм (опціонально).
- Оснащення вакуумною системою (опціонально).

Обладнання фірми МНМ, Китай

Трафаретна автоматична карусельна друкарська машина



Рис 1.8. МНМ: Synchroprint 5000

Технічні характеристики

- Кількість піддонів 8
- Макс. кількість станцій друку 6
- Макс. площа друку (см / дюйм) 50 x 70 см / 19,7 x 27,6"
- Макс. діаметр (см / дюйм) 505 см / 198,8"
- Висота машини (см / дюйм) 185 см / 72,8"
- Вага машини (кг / фунти) 2100 / 4630
- Витрата повітря (л/хв) 190 (6,7 кубічних футів/хв)
- Рес. продуктивність подачі повітря (л/хв) 500
- Тиск повітря (мінімальний) 8 бар / 116 фунтів на кв.
- Система приводу Індиксатор/електричний привід ракеля AC-Servo
- Електропостачання 3 ph~210 / 400 V, 50 / 60 Hz (+/-5%)
- Електричні вимоги (індексатор) 2,5 кВт
- Вимоги до електроенергії (на станцію друку) 0,4 кВт / 0,6 кВт (ручна / автоматична)
- Точність реєстрації (мм / дюйм) +/- 0,02 мм / +/-0,00079"
- Рес. профіль рами (см / дюйм) 4 x 4 см / 1,57 x 1,57"
- Макс. розмір рами (см / дюйм) 75 x 112 см / 29,5 x 44,1"

Макс. виробнича потужність (шт./год) 900 - 1400 (в залежності від моделі)

Обладнання фірми SAKURAI, Японія



Рис 1.9. Трафаретна друкарська машина SAKURAI MS-80A II

Застосування:

- листова продукція, що вимагає високої точності сполучення, ексклюзивна упаковка;
- друк штрихових і растрових зображень, вибіркове лакування, в тому числі елементів малої площі, виготовлення плівкових компонентів для електронної промисловості, мембранних вимикачів, складних деколей

Особливості:

- машина стоп-циліндрового типу з односпрямованим обертанням друкарського циліндра;
- друк з точністю суміщення 0,015 мм при швидкості 800 л. / год і 0,05 мм при швидкості 3300 л. / год .;
- єдиний пульт управління і діагностики з сенсорним дисплеєм;
- широкі можливості точного регулювання і попереднього встановлення різних параметрів роботи;
- широкий набір датчиків і унікальні конструктивні особливості для високоякісного друку;
- два режими самонаклада (послідовна або каскадна подача);
- міцна і надійна конструкція

Технічні характеристики

Мін / макс. формат аркуша - 350x270 / 800x550 мм

Макс. формат друку - 720x500 мм

Товщина запечатування - 0,05-0,8 мм

Зовнішній розмір друкарської форми - 880x880 мм

Висота стопи самонаклада - 680 мм

Поле захоплення клапанів - 6-8 мм

Можливість мікрометричного регулювання клапанів по XY - 15 мм

Швидкість роботи - 800-3600 лист / год

Трафаретне обладнання представлене на ринку Франції

Автоматична лінія для трафаретного друку «з рулону в рулон» із реєстрацією біотестових смужок CCD ATMALINE_RR5060/C



Рис. 1.10. Повністю автоматична лінія для трафаретного друку «з рулону в рулон» із реєстрацією біотестових смужок CCD ATMALINE_RR5060/C

Особливості обладнання:

- Під час друку екран автоматично реєструється на підкладці, час від початкового друку до масового виробництва становить ≤ 5 хвилин, початковий друк має право заощадити відходи та підвищити високу ефективність виробництва, висока точність друку та висока продуктивність можуть бути досягнуті синхронно .
- Швидка візуальна реєстрація екрана

- Навіть новачок може швидко завершити реєстрацію, час реєстрації екрана ≤ 2 хв
- Автоматична компенсація витягування матеріалу
- Візуальна автоматична корекція витягування матеріалу, проблеми з накопиченням довжини витягування матеріалу не існує.
- Відмінний підсушуючий ефект
- Спеціальна довжина хвилі ІЧ-випромінювання використовується для координації з сушінням гарячим повітрям, значно скорочує час сушіння в 5-20 разів для економії енергії та площі підлоги.

1.3. Аналіз механізмів, які використовуються для приводу ракеля трафаретних машин

У трафаретних машинах автоматичний процес друкування здійснюється за допомогою різних пристроїв, які автоматизують процес друку та забезпечують точність та продуктивність. Це можуть бути пристрої зі зворотним зв'язком так і механічні. До таких пристроїв відносять:

- Крокові двигуни
- Сервоприводи
- Актuatorи
- Ремінні передачі
- Ланцюгові передачі
- Пневматичні циліндри
- Храпові механізми
- Важільні механізми
- Кулачкові механізми
- Неповнозубі колеса

1.3.1. Крокові двигуни

Є поширеним типом електричних двигунів, які застосовуються в трафаретних машинах для керування рухом різних елементів, включаючи переміщення ракеля, трафаретної рамки та інших компонентів. Особливістю крокових двигунів є їх здатність робити кроки або крокування, що дозволяє точно контролювати їх рух і положення.(рис.1.11.)



Рис 1.11. Кроковий двигун

Основна конструкція крокового двигуна включає статор, ротор та вал. Статор складається з набору магнітних полюсів, які розташовані навколо ротора. Ротор має набір зубців, що взаємодіють з магнітним полем статора. Коли струм подається на різні обмотки статора, виникає магнітне поле, яке притягує ротор і змушує його рухатись.

Крокові двигуни працюють за принципом виконання послідовних кроків або кроків, які залежать від кількості полюсів та зубців в статорі та роторі. Кроковий рух забезпечує точну позиційну точність, адже кожен крок відповідає фіксованому куту обертання.

Крокові двигуни в трафаретних машинах зазвичай керуються електронними контролерами, які відправляють послідовні сигнали до двигуна

для виконання певної кількості кроків у певному напрямку. Контролери можуть також забезпечувати різні швидкості руху, прискорення та сповільнення, що дозволяє керувати точністю та швидкістю руху різних компонентів трафаретної машини.

Крокові двигуни мають кілька переваг, таких як висока точність, можливість керування із високою роздільною здатністю, компактні розміри та низька вартість. Однак, вони також мають певні обмеження, такі як обмежені швидкісні характеристики та можливість вібрацій при високих швидкостях.

У трафаретних машинах крокові двигуни використовуються для керування ракелем, що дозволяє точно контролювати його рух та прикладання тиску до трафарета і поверхні друку.

1.3.2. Сервоприводи

Є важливою технологічною складовою в сучасних трафаретних друкарських машинах, оскільки вони забезпечують високу точність і повторюваність руху в режимі реального часу. Сервоприводи використовуються для керування рухом різних елементів трафаретної машини, таких як ракель, трафаретна рамка або столик з виробами.(рис. 1.12.)



Рис 1.12. Сервопривод

Основні переваги використання сервоприводів в трафаретному друці включають:

- **Висока точність:** Сервоприводи забезпечують високу точність і повторюваність позиціонування, що є критичним для отримання якісного трафаретного друку. Вони здатні керувати рухом з мікрометровою точністю, що дозволяє досягти високої роздільної здатності і деталізації друку.
- **Швидкий реакційний час:** Сервоприводи мають високу швидкість реакції і здатні швидко змінювати швидкість та напрямок руху. Це дозволяє ефективно керувати процесом друку та забезпечує високу продуктивність машини.
- **Гнучкість:** Сервоприводи забезпечують гнучкість в налаштуванні руху. Їх параметри можна легко налаштувати, включаючи швидкість, прискорення, деякі кількісні значення і профілі руху. Це дозволяє оптимізувати процес друку для різних типів матеріалів та вимог друку.
- **Можливість компенсації похибок:** Сервоприводи можуть виявляти похибки в руху і компенсувати їх шляхом коригування шляху руху. Це дозволяє досягти високої точності і забезпечити однорідний друк на всій поверхні.

Загалом, використання сервоприводів у трафаретному друці дозволяє підвищити якість друку, продуктивність та автоматизувати процес. Вони допомагають забезпечити точність, швидкість та стабільність руху елементів машини, що є важливими факторами для досягнення високоякісного трафаретного друку.

1.3.3. Актуатори

Є важливими компонентами трафаретних друкарських машин і відіграють ключову роль у керуванні рухом та діяльністю різних елементів

системи. Основна функція актуаторів полягає в перетворенні електричної або іншої форми енергії в механічний рух.(рис. 1.13.)

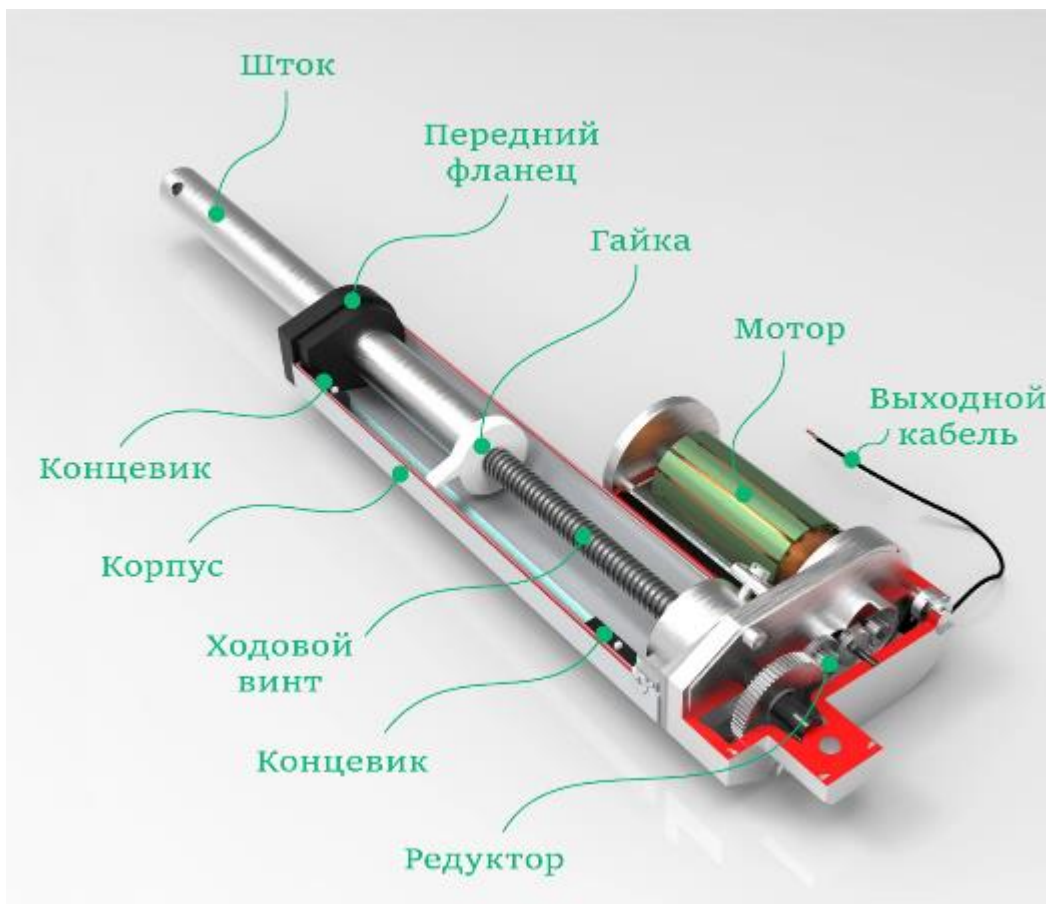


Рис 1.13. Актуатори

У трафаретному друці актуатори використовуються для керування рухом таких елементів, як трафаретна рамка, ракель та столик з виробами. Вони забезпечують точне і контрольоване переміщення цих елементів з метою нанесення фарби на поверхню друку. Основні типи актуаторів, які застосовуються в трафаретному друці, включають:

- Електричні актуатори: Електричні актуатори, такі як крокові двигуни або сервомотори, використовуються для керування рухом елементів машини. Вони забезпечують високу точність, швидкість та контроль над рухом. Електричні актуатори також можуть бути легко програмовані та налаштовані для різних режимів друку.
- Пневматичні актуатори: Пневматичні актуатори використовують стиснений повітря для створення руху. Вони ефективні у

використанні, швидкі та забезпечують високу силу дії. Пневматичні актуатори часто використовуються для керування ракелем та трафаретною рамкою.

- Гідравлічні актуатори: Гідравлічні актуатори використовують рідину під високим тиском для створення руху. Вони мають велику силу дії та високу надійність. Гідравлічні актуатори можуть бути використані для керування важкими елементами трафаретної машини.

Кожен тип актуатора має свої переваги та обмеження, і вибір конкретного типу залежить від вимог друку, швидкості, точності та інших факторів. Важливо ретельно проаналізувати потреби та вимоги друку, щоб вибрати найбільш підходящий актуатор для трафаретного друку.

1.3.4. Ремінні передачі

Є одним із типів механічних передач, які використовуються у трафаретних друкарських машинах для передачі руху та керування рухом різних елементів системи. Ремінні передачі використовують гумові або синтетичні ремені для передачі руху між валами, що забезпечує механічне з'єднання та переміщення елементів машини. (рис. 1.14.)

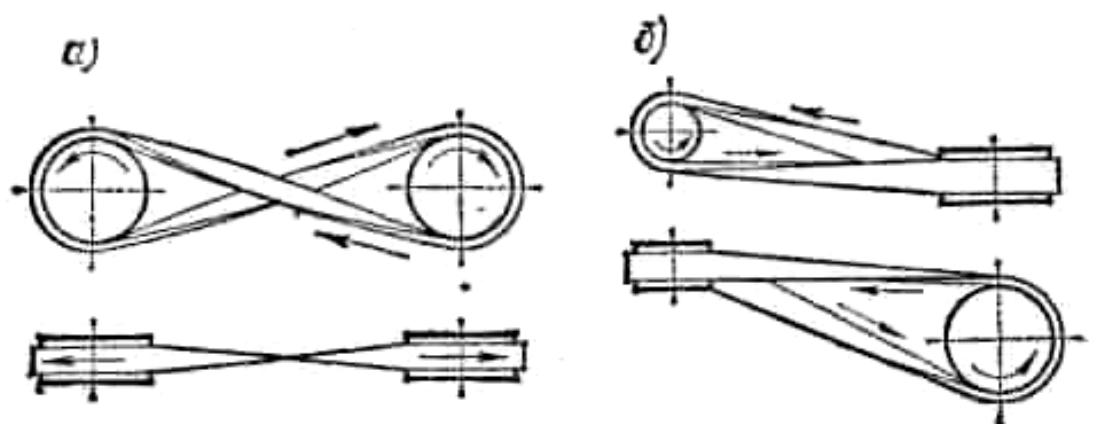


Рис 1.14. Ремінні передачі

Основні переваги використання ремінних передач в трафаретному друці включають:

- Гнучкість та регульованість: Ремінні передачі дозволяють легко налаштовувати відношення швидкості між рухомими елементами. Це дозволяє регулювати швидкість трафаретного друку та адаптувати його до різних вимог та матеріалів.
- Плавний рух: Ремінні передачі забезпечують плавний та рівномірний рух елементів машини, що дозволяє отримувати якісний трафаретний друк. Вони допомагають уникнути вібрацій та нестабільності руху, що може негативно вплинути на якість друку.
- Ефективність передачі руху: Ремінні передачі мають високий коефіцієнт передачі руху, що означає, що велика частина енергії передається без втрат між валами. Це сприяє ефективності роботи трафаретної машини та знижує витрати енергії.
- Менше шуму та підтримка чистоти: Ремінні передачі зазвичай мають менший рівень шуму порівняно з іншими типами механічних передач. Вони також допомагають уникнути забруднення та зносу елементів, оскільки передача руху відбувається через ремінну поверхню, а не безпосередньо між металевими деталями.

Однак, важливо враховувати певні обмеження ремінних передач, такі як можливість зсуву ремня, обмеження на величину передавального моменту та необхідність періодичної підтяжки ременів для підтримання їхньої напруги.

Загалом, ремінні передачі є важливими компонентами трафаретного друку, які забезпечують ефективне та контрольоване переміщення елементів машини для досягнення високоякісного друку.

1.3.5. Ланцюгові передачі

Є одним з типів механічних передач, які використовуються в трафаретних друкарських машинах для передачі руху та керування рухом різних елементів системи. Ланцюгова передача базується на використанні

ланцюга, що складається з взаємопов'язаних ланок та зубчастих коліс, які переносять рух від одного вала до іншого. (рис. 1.15.)

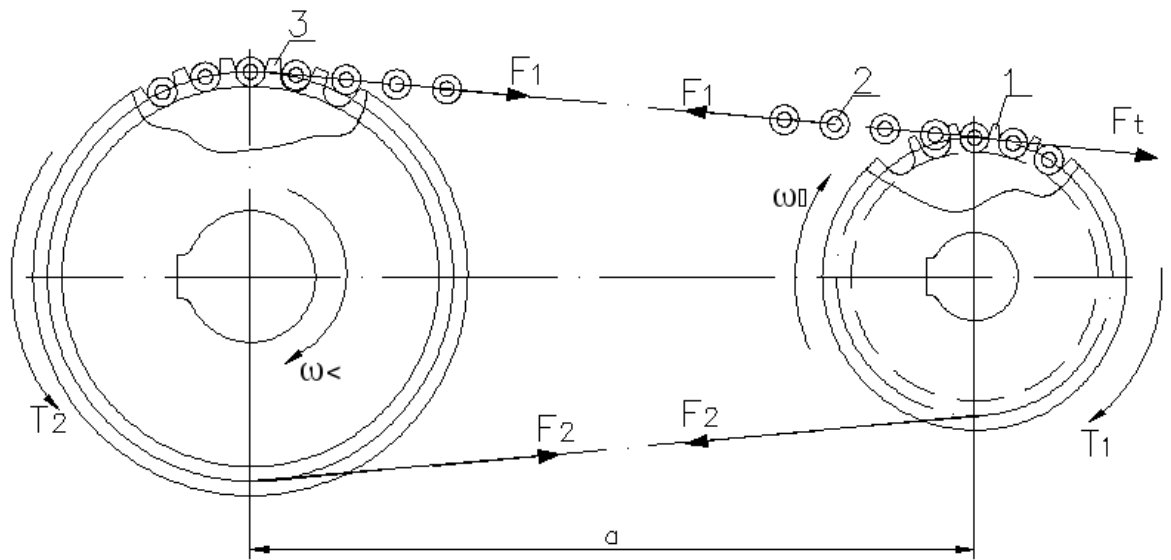


Рис 1.15. Ланцюгові передачі

Основні переваги використання ланцюгових передач в трафаретному друці включають:

- Висока надійність: Ланцюгові передачі відомі своєю високою надійністю і довговічністю. Вони здатні передавати значні моменти, що дозволяє їм працювати надійно та ефективно протягом тривалого часу.
- Гнучкість: Ланцюгові передачі дозволяють гнучко налаштовувати передавальне відношення між валами шляхом вибору різних зубчастих коліс або встановлення додаткових ланок. Це робить їх відмінним варіантом для адаптації до різних вимог і умов друку.
- Висока ефективність: Ланцюгові передачі мають високий коефіцієнт передачі руху, що означає, що велика частина енергії передається без втрат між валами. Це сприяє ефективності роботи трафаретної машини і знижує витрати енергії.
- Можливість передачі руху на великі відстані: Ланцюгові передачі дозволяють передавати рух на великі відстані між валами, що є важливим фактором у великих трафаретних друкарських

машинах, де елементи можуть бути розташовані на значній відстані один від одного.

- Можливість працювати в умовах високого навантаження та вібрацій: Ланцюгові передачі мають добру стійкість до високих навантажень і вібрацій, що дозволяє їм працювати надійно навіть в умовах інтенсивного використання.

Проте, важливо враховувати деякі обмеження ланцюгових передач, такі як необхідність регулярного змащення ланцюга, можливість розтягування ланки під час роботи та необхідність додаткових заходів безпеки для запобігання травмуванням.

1.3.6. Пневматичні циліндри

Є важливими компонентами трафаретних друкарських машин, які використовуються для виконання різних рухів та дій. Вони базуються на принципі використання стиснутого повітря для переміщення поршня усередині циліндра, що дозволяє забезпечити контрольований та прецизійний рух. (рис.1.16.)

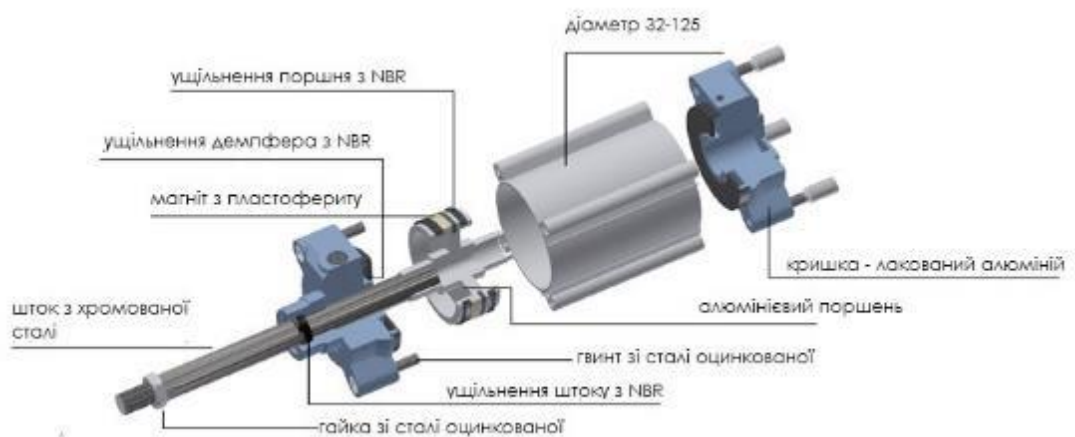


Рис 1.16. Пневматичні циліндри

Основні переваги використання пневматичних циліндрів в трафаретному друці включають:

- Швидкість та точність: Пневматичні циліндри дозволяють швидко переміщатися з високою точністю, що є важливим для

забезпечення швидкого та точного друку. Їхні рухи можуть бути контрольовані та програмовані для досягнення потрібних параметрів друку.

- Простота використання та керування: Пневматичні циліндри мають просту конструкцію та легкість використання. Вони можуть бути легко інтегровані в систему трафаретної машини та керовані за допомогою пневматичних клапанів та контролерів. Керування рухами циліндра може бути автоматизовано та програмовано для оптимального процесу друку.
- Надійність та довговічність: Пневматичні циліндри відомі своєю високою надійністю та довговічністю. Вони можуть працювати в різних умовах, включаючи вологе середовище та високі температури. Крім того, вони мають низьку потребу в обслуговуванні та мінімальну зносостійкість.
- Можливість регулювання сили: Пневматичні циліндри дозволяють регулювати силу, з якою вони виконують рух. Це особливо корисно при друку на різних матеріалах з різною твердістю або при необхідності контролювати глибину нанесення фарби на поверхню.
- Економічність: Пневматичні системи в цілому вважаються економічними, оскільки вони використовують повітря як робочий ресурс, який зазвичай є доступним та відносно недорогим. Пневматичні циліндри також відзначаються низькими енергетичними витратами та екологічною безпекою.

•

1.3.7. Храпові механізми

Є важливими компонентами трафаретних друкарських машин, які забезпечують періодичний рух та точне позиціонування елементів в процесі друку. Вони базуються на принципі роботи храпового механізму, який

використовує спеціальну шестерню (храп) для забезпечення одностороннього переміщення вала (рис. 1.17.).

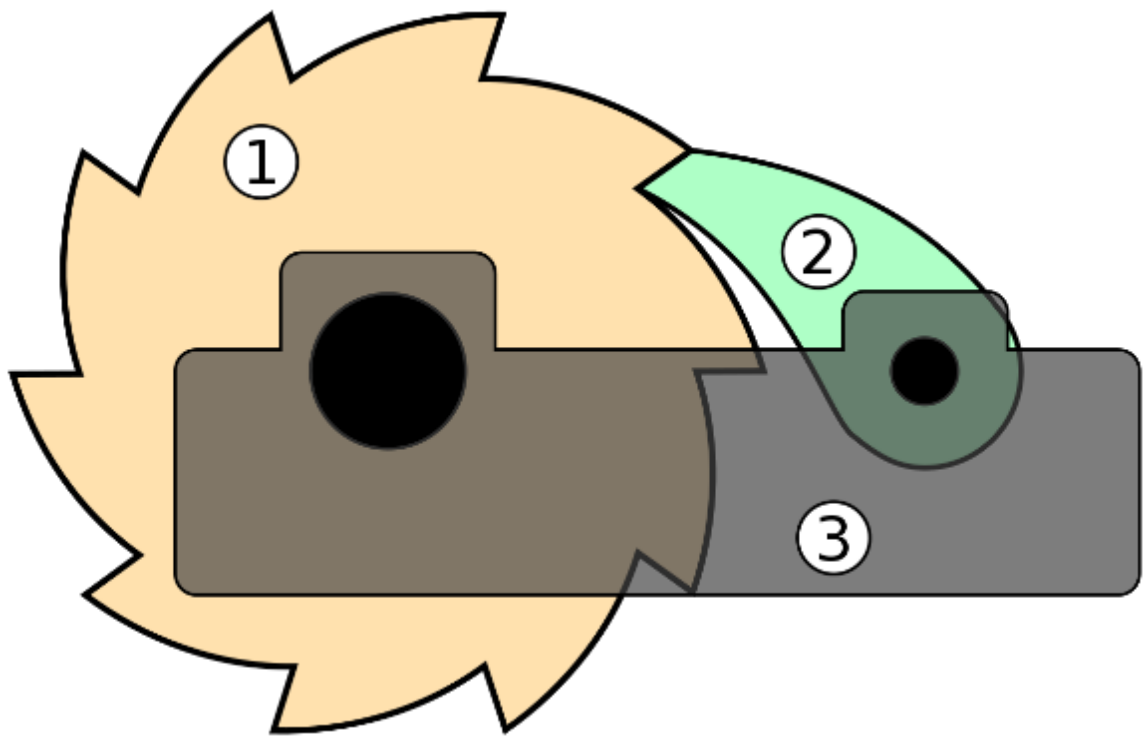


Рис 1.17. Храповий механізм

Основні переваги використання храпових механізмів в трафаретному друці включають:

- Односторонній рух: Храповий механізм дозволяє забезпечити односторонній рух елементів машини, що є важливим для точного позиціонування трафарету та інших компонентів під час друку. Храповий механізм дозволяє валу обертатися тільки в одному напрямку, уникнувши випадкового руху у зворотному напрямку.
- Точне позиціонування: Храпові механізми дозволяють досягти високої точності позиціонування елементів машини. Завдяки своїй конструкції, вони можуть забезпечити точний і повторюваний рух вала з мінімальною відхиленням.
- Простота використання: Храпові механізми мають просту конструкцію та легкість використання. Вони можуть бути легко

встановлені та інтегровані в трафаретну машину, а також легко налаштовані для досягнення потрібної швидкості та руху.

- **Надійність:** Храпові механізми відомі своєю надійністю та довговічністю. Вони можуть працювати в різних умовах, включаючи високі навантаження та вібрації, забезпечуючи стабільну та надійну роботу трафаретної машини.
- **Економічність:** Використання храпових механізмів є економічно вигідним, оскільки вони не вимагають складних електричних або гідравлічних систем. Вони працюють на основі механічних принципів, що дозволяє знизити витрати на обслуговування та ремонт.

Узагальнюючи, храпові механізми в трафаретних друкарських машинах відіграють важливу роль у забезпеченні точного руху та позиціонування елементів. Вони дозволяють досягнути високої точності, надійності та ефективності процесу друку.

1.3.8. Важільні механізми

Важільні механізми в трафаретному друці використовуються для керування рухом та давання необхідної сили під час процесу друку. Вони є важливою частиною механізму підйому трафарету та використовуються для контролю глибини нанесення фарби та ракелювання на друковану поверхню.

Основні переваги використання важільних механізмів в трафаретному друці включають:

- **Контрольований рух:** Важільні механізми дозволяють забезпечити контрольований рух трафарету під час процесу друку. Вони дозволяють змінювати швидкість підйому та опускання трафарету, а також регулювати його кут нахилу. Це важливо для досягнення оптимальної якості друку та забезпечення рівномірного нанесення фарби.

- **Контрольоване ракелювання:** Важільні механізми дозволяють керувати силою ракелювання, яка впливає на глибину нанесення фарби на друковану поверхню. Завдяки важільним механізмам можна регулювати тиск, який викладається на ракель, забезпечуючи оптимальне покриття поверхні без перенесення зайвої фарби.
- **Простота використання:** Важільні механізми мають просту конструкцію та легкість використання. Вони можуть бути легко налаштовані та керовані оператором для досягнення потрібного руху та сили під час друку.
- **Надійність:** Важільні механізми відомі своєю надійністю та довговічністю. Вони здатні витримувати великі навантаження та постійну роботу без втрати продуктивності.

Узагальнюючи, важільні механізми в трафаретному друці виконують важливу роль у контролі руху трафарету та ракелюванні. Вони дозволяють досягти точного позиціонування та контрольованого нанесення фарби на друковану поверхню, сприяючи якісному та ефективному процесу друку.

1.3.9. Кулачкові механізми

Є одним з основних типів механізмів, які застосовуються в різних технологічних процесах, включаючи трафаретний друк. Використання кулачкових механізмів дозволяє забезпечити точний та періодичний рух трафарету в потрібних напрямках. Ось деякі основні аспекти кулачкових механізмів:

- **Кулачок:** Кулачок - це елемент механізму, який має форму випуклої кривої, схожої на кулак. Кулачок кріпиться до валу або рухомої частини системи. Під час обертання валу кулачок забезпечує періодичний рух. Кулачкові механізми використовуються для керування рухом рамки трафарета. Вони забезпечують рух

трафаретної рамки вгору і вниз, забезпечуючи правильний контакт трафарета з поверхнею друку. (рис.1.18.)

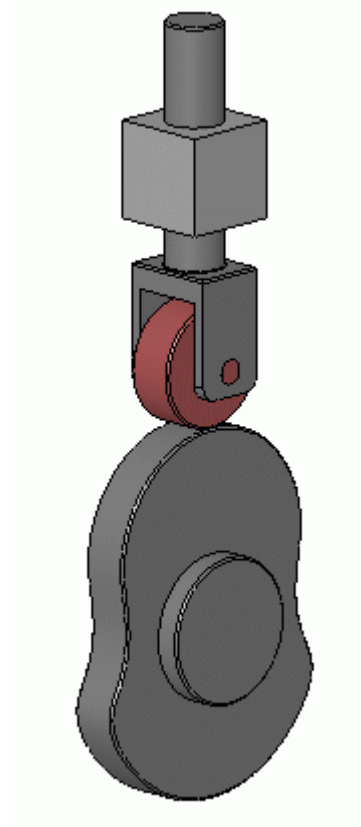


Рис 1.18. Кулачковий механізм

- Кореневі плоскості: Кулачок має кореневі плоскості або пази, які взаємодіють з іншими елементами системи, наприклад, штирями або пальцями. Ці плоскості керують рухом трафарету, забезпечуючи потрібні напрямки та шляхи руху.
- Рухові елементи: Кулачковий механізм може включати рухові елементи, такі як штирі, пальці, тяги тощо, які прив'язані до трафарету. Ці елементи перебувають у контакті з корневими плоскостями кулачка і переносять рух на трафарет, дозволяючи йому рухатись у встановлених шляхах та швидкостях.
- Регулювання руху: Кулачковий механізм може мати можливості регулювання руху, такі як зміна радіуса кулачка або розташування корневих плоскостей. Це дозволяє налаштувати швидкість,

амплітуду та напрямок руху трафарету залежно від конкретних потреб друку.

1.3.10. Неповнозубі колеса

Неповнозубі колеса в трафаретному друці є важливою частиною механізму передачі руху. Вони використовуються для забезпечення точного розміщення трафарету та регулювання його руху під час процесу друку.

Основні характеристики та переваги неповнозубих коліс включають:

- **Диференціальна швидкість:** Неповнозубі колеса дозволяють змінювати швидкість руху трафарету в різних напрямках. Це особливо важливо при друкуванні деталей зі складними геометричними формами, де потрібен різний рух трафарету у різних областях.
- **Точність позиціонування:** Неповнозубі колеса забезпечують точне позиціонування трафарету під час процесу друку. Вони дозволяють змінювати кут нахилу трафарету, його відхилення та розміщення з високою точністю, що дозволяє досягти високої якості друку.
- **Гнучкість і налаштування:** Неповнозубі колеса можуть бути налаштовані для відповідання різним потребам друку. Вони забезпечують гнучкість у виборі швидкості, кута нахилу та розміщення трафарету, що дозволяє адаптувати процес друку до конкретних вимог і друкованих матеріалів.
- **Ефективність і продуктивність:** Використання неповнозубих коліс дозволяє досягти ефективності та продуктивності процесу друку. Вони забезпечують стабільний та контрольований рух трафарету, що сприяє швидкому та якісному нанесенню фарби на друковану поверхню.

Узагальнюючи, використання неповнозубих коліс у трафаретному друці дозволяє досягти точного позиціонування трафарету та контрольованого руху під час процесу друку. Це сприяє високій якості та ефективності друку, що є важливими факторами для досягнення успіху в цій області.

1.4. Допоміжні пристрої обладнання трафаретного друку

Також у трафаретному друці застосовують інші допоміжні пристрої. До таких пристроїв відносять:

- Автоматична подача-зняття виробів: Цей пристрій відповідає за подачу матеріалу, на який виконується друк, до позиції друкування. Він може бути у вигляді конвеєра, роликової системи або іншого механізму, що автоматично переміщує виріб перед трафаретною рамкою.
- Автоматична система нанесення фарби: Ця система контролює подачу фарби на трафарет та розподіл фарби по поверхні друку. Вона може включати механічні насоси або пневматичні системи для точного дозування та нанесення фарби.
- Контрольні системи та сенсори: Для автоматизації процесу друкування використовуються різні контрольні системи та сенсори. Вони можуть вимірювати тиск, швидкість, положення трафарета та інші параметри, а потім автоматично регулювати ці параметри для досягнення оптимального якості та точності друку.

1.5. Висновки до розділу

Була розглянута тема автоматизації трафаретного друку і необхідності його модернізації. Зглядаючи на поточну ситуацію в галузі трафаретного друку, можна визначити декілька ключових аспектів, які потребують модернізації.

По-перше, важливо автоматизувати процеси, пов'язані з позиціонуванням трафарету та нанесенням фарби. Традиційні методи ручного

позиціонування та нанесення фарби можуть бути неефективними, часом спричиняти помилки та втрату продуктивності. Автоматизація цих процесів дозволить досягти вищої точності та швидкості друку, а також зменшить кількість відбракованих виробів.

По-друге, необхідно модернізувати систему контролю якості друку. Точність і якість друку є критичними факторами, особливо при виготовленні складних і високоточних продуктів. Використання автоматизованих систем контролю якості дозволить виявляти та коригувати недоліки друку в режимі реального часу, забезпечуючи високу якість кінцевого продукту.

Наша модернізація трафаретного друку пропонує впровадження передових технологій автоматизації, таких як використання роботизованих систем позиціонування та нанесення фарби, автоматизовані системи контролю якості та моніторингу процесу друку. Ця модернізація принесе кілька переваг.

По-перше, автоматизація допоможе підвищити продуктивність та швидкість друку, знизити витрати робочої сили та зменшити час перенастроювання машини між різними завданнями. Це збільшить загальну ефективність виробництва та скоротить час доставки замовлень.

По-друге, автоматизація сприятиме поліпшенню якості друку. Використання автоматичних систем позиціонування та нанесення фарби дозволить досягти високої точності та однорідності друку, зменшити відхилення та дефекти. Автоматизовані системи контролю якості допоможуть виявляти і виправляти недоліки в режимі реального часу, забезпечуючи високу якість кінцевого продукту.

Таким чином, модернізація трафаретного друку шляхом впровадження автоматизованих систем позиціонування, нанесення фарби та контролю якості є вигідною і перспективною стратегією для підвищення продуктивності, якості та конкурентоспроможності виробництва.

В результаті проведеного аналізу були сформульовані такі задачі досліджень:

- провести аналіз існуючих конструкцій друкарських модулів

трафаретних машин;

- систематизувати технічні вимоги до друкарського модуля для забезпечення оптимальної продуктивності;
- запропонувати оригінальну конструкцію друкарського модуля;
- розробити пропозиції щодо зменшення навантаження на головному валу механізму приводу друкарського модуля.

РОЗДІЛ 2

ОПИС ЗАПРОПОНОВАНОГО ДРУКАРСЬКОГО МОДЛЮЮ ТА АНАЛІЗ ЙОГО ПАРАМЕТРІВ

2.1. Опис запропонованого нового друкарського пристрою трафаретної машини

Корисна модель належить до поліграфічного виробництва, а саме, до трафаретних друкарських машин, і може бути використана для створення автоматичних друкарських машин, автоматизованих ліній, а також для автоматизації ручних трафаретних машин, також може бути застосована в інших галузях, де необхідне нанесення зображення трафаретним друком.

Відомий ручний трафаретний друкарський станок, який містить стіл та змонтований на ньому формоутримувач, який складається з двох шарнірно закріплених на столі важелів і жорстко з'єднаної з ними струбцини, в яку затискають друкарську форму [2].

Недоліком цього пристрою є незручність в обслуговуванні, неможливість здійснення процесу друку в автоматичному режимі, низька якість друку через неможливість забезпечення точності установки рами на столі із заданим зазором між друкарською формою та матеріалом.

Найбільш близьким по сукупності суттєвих ознак до корисної моделі, що пропонується, є ручний трафаретний друкарський пристрій, який містить нерухому раму, на якій закріплено опорну поверхню, та рухому раму із закріпленою на ній друкарською формою та можливістю регулювання технологічно необхідного зазору між ними [3].

Недоліком цього пристрою є незручність в обслуговуванні, низька точність установки трафаретної друкарської форми відносно опорної поверхні через ручне регулювання «на око» і тип фіксації, який послаблюється при постійних циклічних навантаженнях.

В основу корисної моделі поставлена задача створення друкарського пристрою трафаретної машини з метою підвищення продуктивності, зручності обслуговування та налагодження, а також підвищення якості друку за рахунок усунення ручної праці.

Поставлену задачу вирішують тим, що в друкарському пристрої трафаретної машини міститься нерухома рама, на якій закріплено опорну поверхню, та рухому раму із закріпленою на ній друкарською формою та можливістю регулювання технологічно необхідного зазору між ними. Новим є те, що на рухомій рамі встановлено кулачок, що виконаний з можливістю обертання за допомогою двигуна та взаємодіє з роликом, який встановлений з одного боку на чотириланковому механізмі, встановленому на нерухомій рамі, а з іншого боку чотириланкового механізму встановлено опору рухомої рами, причому за допомогою гвинта є можливість регулювати висоту чотириланкового механізму, що призводить до зміни технологічно необхідного зазору між друкарською формою та друкарською поверхнею, а на приводний вал з кулачком також закріплено кривошипно-повзунний механізм, на повзуні якого встановлено кулісний друкарський ракельний пристрій.

Запропонований друкарський пристрій трафаретної машини дає можливість підвищити продуктивність випуску друкованої продукції. Можливість задання необхідного закону періодичного руху на кулачковому механізмі дозволяє зменшити навантаження в приводі під час періодичного руху виконавчих ланок. Покращені конструктивні особливості дають можливість полегшити роботу друкаря під час обслуговування та налагодження трафаретної друкарської машини.

2.2. Кінематичну схема друкарського модуля

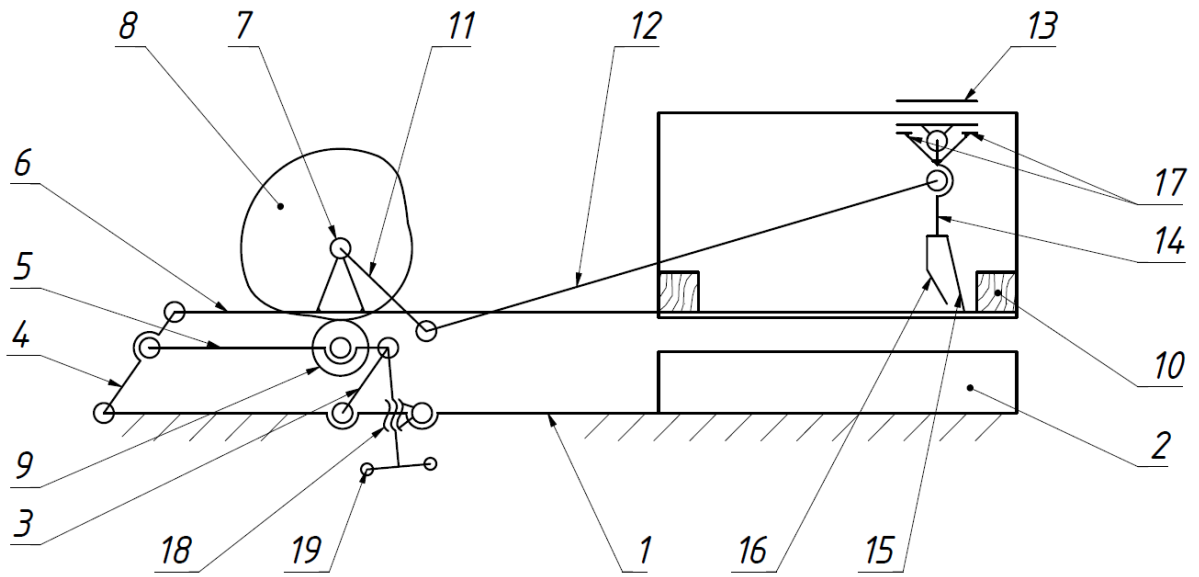


Рис.2.1. Кінематична схема

Схема друкарського модуля складається з таких основних компонентів:

1. Корпус
2. Опорна поверхня
3. Кріплення для рами
4. Рама
5. Трафаретна форма з трафаретною сіткою
6. Вал приводу кулачка
7. Кулачок
8. Ролик
9. Кривошип
10. Шатун
11. Каретка
12. Механізм кріплення ракеля
13. Фарбо наносний ракель
14. Друкувальний ракель
15. Центральна опора

16. Три моці

17. Напрямні

18. Рукоятка

Друкарський пристрій трафаретної машини складається з нерухомої рами 1, на якій закріплено опорну поверхню 2 та чотириланковий механізм з ланками 3, 4, 5, а на ланці 4 встановлено рухому раму 6, на якій встановлено вал 7, на якому закріплено кулачок 8, причому поворот валу 7 здійснюється за допомогою двигуна, кулачок 8 контактує з роликом 9, який закріплений на ланці 5, на рухомій рамі 6 закріплено друкарську форму 10, також на валу 7 закріплено кривошип 11, який поєднано з шатуном 12, а над трафаретною формою 10 закріплено повзун 13, на якому встановлено блок 14 з друкарського ракеля 15 та фарбонаносного ракеля 16, причому цей блок може повертатися на повзуні до упорів 17, а переміщення повзуна 13 здійснюється за допомогою шатуна 12, для регулювання технологічно необхідного зазору використовується гвинтова передача 18 з рукояткою 19, встановлена на нерухомій рамі 1, яка переміщує ланки 3, 4, 5, що дає можливість переміщувати друкарську форму паралельно опорній поверхні.

Друкарський пристрій трафаретної машини працює таким чином: за допомогою рукоятки 19 та гвинта 18 регулюють висоту ланок 3, 4, 5 відносно нерухомої рами 1, що у свою чергу змінює відстань між друкарською формою 10 та опорною поверхнею 2. При роботі двигуна обертається вал 7, на якому закріплено кулачок 8 і який встановлено на рухомій рамі 6, а кулачок 8 взаємодіє з роликом 9, який встановлено на ланці 5, яка розміщується паралельно опорній рамі 1. Поворот кулачка 8 змінює положення рухомої рами 6 та піднімає її, що дає можливість подавати вироби в зону друку. Також на валу 7 закріплено кривошип 11, який за допомогою шатуна 12 зміщує повзун 13 з хитним блоком ракелів 14, причому шатун 12 кріпиться до хитного блоку ракелів 14. Обертання кривошипа 11 зміщує блок ракелів 14, який під час руху упирається в упори 17, причому при русі повзуна 13 в одну сторону

відбувається контакт друкарського ракеля 15 з друкарською формою 10 і здійснюється процес друку, а при русі повзуна 13 в іншу сторону відбувається контакт фарбонаносного ракеля 16 з друкарською формою 10, що забезпечує розподілення фарби по друкарській формі 10.

2.3. Розробка циклограми роботи друкарського модуля

Циклограма - це графічне зображення послідовності робочих операцій або подій, які відбуваються в процесі виконання певної роботи або проекту. Вона використовується для визначення часових і логічних залежностей між різними етапами процесу та покаже послідовність дій, часові інтервали між ними і залежності між окремими етапами.

Використання циклограми в процесі удосконалення друкарського модуля трафаретної машини дало можливість ясно відобразити послідовність робочих операцій, залежності між ними та часові інтервали. Це сприятиме ефективнішому плануванню та контролю процесу, а також ідентифікації можливих напрямків модернізації з метою поліпшення якості та продуктивності трафаретного друку.

Під час роботи запропонованого друкарського модуля взаємодіють між собою такі частини та етапи:

- Друкувальний рапель
- Фарбонаносний рапель
- Каретка
- Траафаретна форма
- Накладання виробу
- Знімання виробу

Циклограма роботи даного друкарського модуля представлена на рис.

2.2.

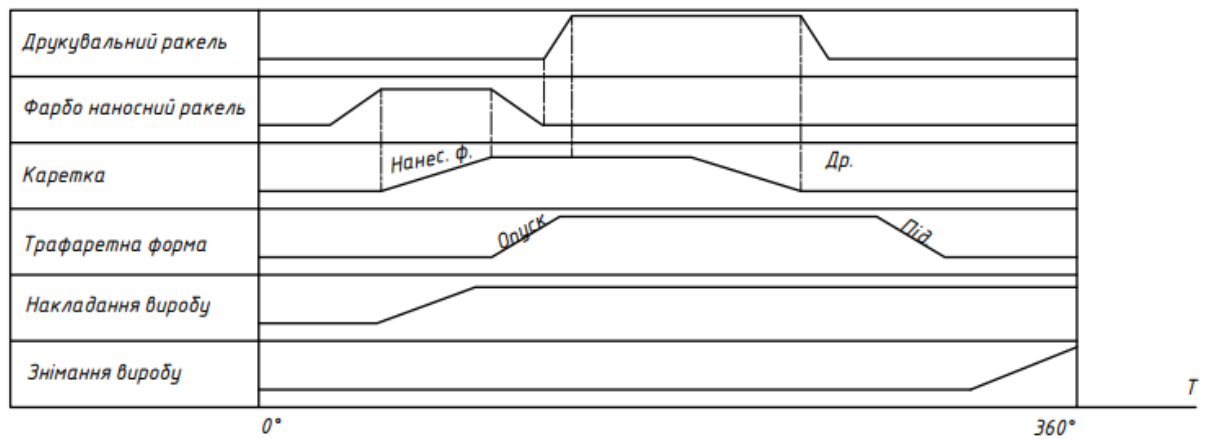


Рис.2.2. Циклограма роботи рухомих частин друкарського модуля

2.4. Вибір розмірів ланок друкарського модуля

Визначаємо розміри кривошипно-повзунного механізму руху ракельного механізму. Схема такого механізму представлена на рис. 2.3.

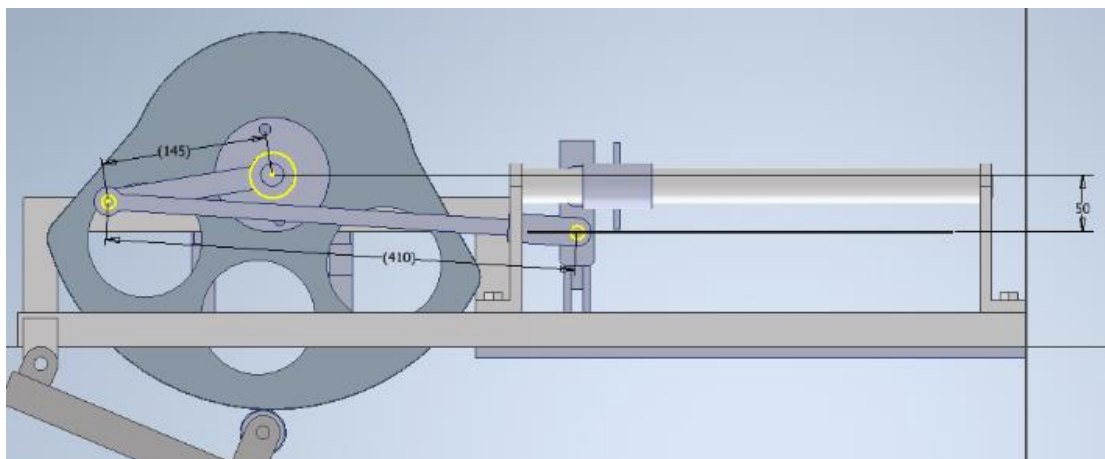


Рис. 2.3. Схема кривошипно-повзунного механізму

Приймаємо такі розміри механізму:

- Ексцентриситет 50 мм
- Кривошип 145 мм
- Шатун 410 мм

Визначаємо розміри кулачкового механізму. Схема кулачкового механізму представлена на рис. 2.4.

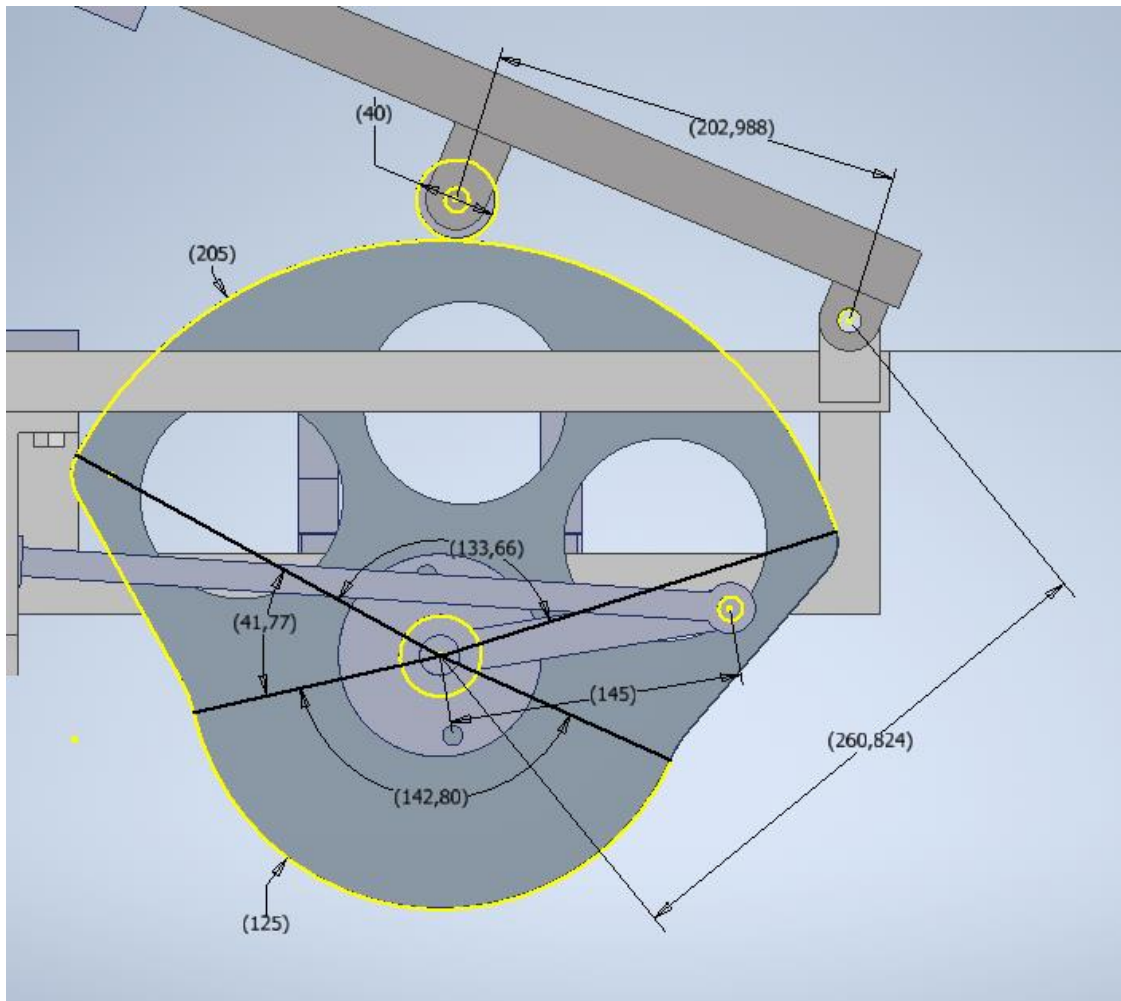


Рис. 2.4. Схема кулачкового механізму

Приймаємо такі розміри механізму:

- Базовідстань 260,824 мм
- Довжина коромисла 202,988 мм
- Кутовий розмах коромисла, гр. $\gamma_e := 22.8 \cdot \text{deg}$
- Циклові кути:
 - Кут віддалення - $\phi_b := 41.77 \cdot \text{deg}$
 - Кут наближення - $\phi_n := 41.77 \cdot \text{deg}$
- Частота обертання головного вала, об/хв : $n := 30$
- Максимальне статичне навантаження, приведенне до штовхача, Н*м
 $M_{st} := 200$
- Приведений момент інерції, кг*м² $J := 1$

- Закон періодичного руху Синусоїдальний
- Діаметр головного вала, мм $D_{gv} := 30$ мм
- Режим роботи середній та механізм захищений від пилу.

Інші геометричні розміри:

- Розмір трафаретної форми: 480x400 мм
- Розмір поверхні задруковування виробів: 480x480 мм
- Розмір основи 880x480 мм

2.5. Висновки до розділу

У цьому розділі було проведено комплексний аналіз і розробку нового друкарського пристрою для трафаретної машини, що спрямований на автоматизацію друкарських процесів і покращення їхньої ефективності. В описі конструктивних особливостей модуля зосереджено увагу на забезпеченні роботоздатності друкарського модуля та адаптації до сучасних вимог поліграфічного виробництва.

Розроблена кінематична схема друкарського модуля відображає принципи взаємодії його елементів, включаючи ракель, вал і друкарську форму, що забезпечує точність і стабільність роботи.

Циклограма роботи модуля деталізує послідовність дій кожного елемента під час робочого циклу, що дозволяє досягти синхронізації та ефективності роботи механізму.

При виборі розмірів ланок було проведено оптимізацію їхніх параметрів, враховуючи робочі навантаження, продуктивність та довговічність системи.

Усі ці рішення сприяють покращенню конструктивної організації друкарського модуля, його експлуатаційних характеристик і технологічної надійності. Проведені розрахунки та аналіз підтверджують ефективність запропонованих змін і перспективність їхнього впровадження в практичне виробництво.

РОЗДІЛ 3

ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ПРИВОДУ ДРУКАРСЬКОГО МОДУЛЯ

3.1. Методика розрахунку навантажень в друкарському модулі

Важливу роль в отриманні якісного відбитка відіграє сила притиску ракеля до друкарської форми. Вона залежить від величини технологічного зазору між друкарською формою та задруковуваним матеріалом, форми і структури задруковуваного матеріалу (короблення матеріалу, яке необхідно вирівняти в процесі друку та мікронерівності поверхні в які необхідно забезпечити проникнення ракеля з формою) та характеру друкарської форми (співвідношення друкарських і прогалин між елементами). Величина цього тиску становить 1,5...9,0 Н/см. Остання цифра рекомендована при розрахунку друкарського ракеля для універсальної машини, призначеної для друкування на різних матеріалах.

Однією з необхідних умов одержання відливної форми елемента зображення високої якості, як викладено вище, є створення щільного контакту між складовими її елементами — друкарською формою та задруковуваним матеріалом. Цей контакт досягається за допомогою тиску ракеля.

Розглянемо детальніше роль тиску ракеля в процесі друку. Ракель, опускаючись, продавлює форму на величину технологічного зазора між нею та матеріалом з якимось зусиллям G_1

Покороблені з різних причин матеріали не лежать у площині столу. Тому для їх вирівнювання й щільного притискання до столу необхідно докласти додаткове зусилля G_2

Задруковувані матеріали мають значну нерівність поверхні. Тому для повного продрукування поверхні, тобто утворення суцільного фарбового шару, необхідно забезпечити проникнення ракеля з формою в ці нерівності, для чого до ракеля необхідно докласти зусилля G_3

Продавлювання фарби крізь друкарську форму, як відомо, забезпечується, в основному, за рахунок ГДТ, який виникає у вузькій клиновій

порожнині між ракелем та формою. Величина цього тиску залежно від умов змінюється від 0,5 до 4,6 Н/см . Вертикальна складова ГДТ, діючи на ракель, підійматиме його над формою, яка під дією пружних сил відходитиме від матеріалу. Таким чином, порушиться щільний контакт форми і матеріалу. Щоб запобігти цьому, з метою протидії підйомному зусиллю ГДТ до ракеля необхідно докласти певне зусилля G_4 , яке дорівнює за величиною тиску ГДТ.

Таким чином, у загальному випадку для одержання якісного відбитка (повне покриття зображення фарбою, мінімальні графічні спотворення), необхідно забезпечити навантаження на ракель:

$$G_{\text{заг}} = G_1 + G_2 + G_3 + G_4$$

Зусилля G_1 , необхідне для продавлювання сітки на величину технологічного зазора, залежно від ступеня розтягнення сітки, модуля пружності матеріалу сітки, формату форми, величини технологічного зазора та довжини ракеля визначено.

Зусилля G_2 , необхідне для вирівнювання задрукованого матеріалу, можна визначити за допомогою пристрою УТЗ-2. Поступово навантажуючи щуп, за індикатором у даному разі фіксується положення стрілки при повному вирівнюванні задрукованого матеріалу, тобто коли стрілка перестає рухатись.

Як видно з наведених нижче значень, величина зусилля G_2 для різних матеріалів значно відрізняється і досягає більших значень при друкуванні на жорстких матеріалах.

Матеріал	C_2 , Н/см
Папір різних видів та плівки	0,05
Картон різних видів	0,05 — 0,10
Палітурні кришки (свіжі)	0,5 — 0,8
Палітурні кришки через 7 діб після виготовлення	0,8 — 1,1
Жерсть завтовшки 0,4 мм	0,9 — 1,0
Фольгований текстолит завтовшки, мм	

0,15	0,2
2,0	2,5—3,0

На рис. 2.5. показано схему контакту ракеля, сітки № 76 та лідерину, викреслені в масштабі 100:1. Як видно з поданої схеми, є явні передумови для проникнення форми в мікронерівності задрукованого матеріалу.

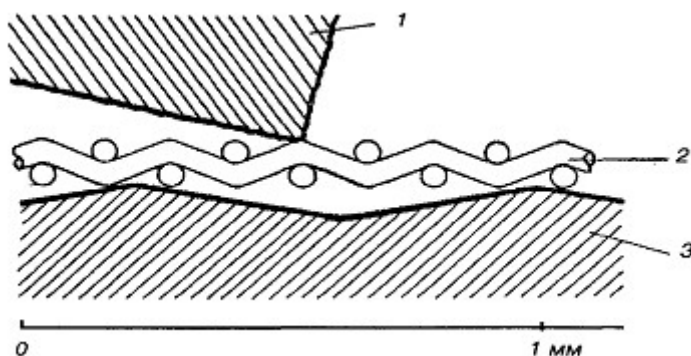


Рис. 2.5. Схема початку контакту ракеля (1), сітки № 76 (2) та лідерину (3) (Профіль лідерину викопіювано з профілограми)

Експериментально встановлено, що глибина вдавлювання форми в мікронерівності задрукованого матеріалу пропорційна ширині нерівностей (западин) і навантаженню на ракель. Однак при друкуванні на матеріалах з порівняно великою глибиною мікронерівностей форма не продавлюється на всю їх глибину. Для цього потрібно було б надто велике зусилля. Та й цього не треба. Для досягнення оптимальної якості відбитка (повне продруковування та мінімальна деформація елементів зображення) навантаження на ракель G_3 має збільшуватись пропорційно глибині мікронерівностей. Вона досягає максимуму — 6 Н/см (див. для полотна, глибина мікронерівностей якого становить 200—250 мкм (рис. 2.6.)).

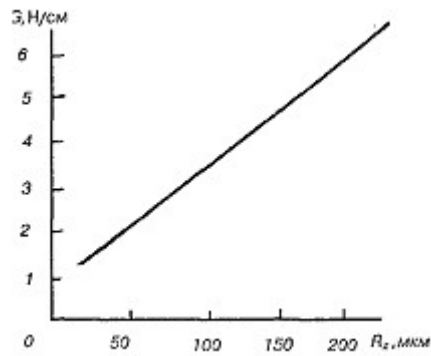


Рис. 2.6. Залежність оптимального погонного навантаження на ракель G від глибини мікронерівностей задрукованого матеріалу R_z

Зусилля з G_4 а величиною дорівнює зусиллю ГДТ. Погонна величина ГДТ для умов трафаретного друку залежно від кута нахилу ракеля, швидкості його руху та в'язкості фарби подана на рис. 2.7.

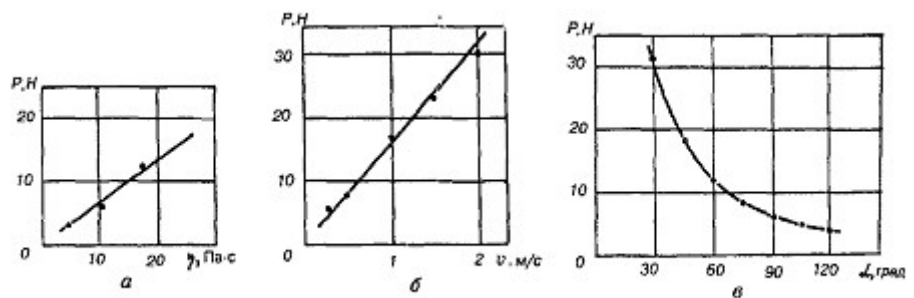


Рис. 2.7. Залежність сумарної сили ГДТ від параметрів друкування:

а — в'язкість фарби η ; б — швидкість руху ракеля v ; в — кут гідродинамічного клину α

3.2. Розрахунок навантажень на головному валу привода

Розрахунок динамічних навантажень при роботі друкарського модуля трафаретної машини

Порахуємо крутний момент від статичних сил

Опір руху рами в даному друкарському модулі створюють тертя кочення в підшипниках опори рами, опір в підшипнику ролика, який контактує з кулачком та сила тертя кочення ролика по кулачку та в підшипниках в яких встановлено головний вал приводу, а також сили тертя в з'єднанні кривошипу

з шатуном та шатуну з ракемем. Також опір руху створює сила тертя ракелю по формі.

Момент від сил тертя поверхонь опори рами

Діаметр осі опори рами $D_{pid_kar} := 0.012$ м

Сила тертя в підшипнику $f_{pid} := 0.1$

Вага рами з формою та фарбою, які діють на підшипник:

$m_{ram} := 31.243$ кг - маса рами з формою та фарбою

$n_{form} := 1$ шт - кількість форм встановлених на рамі

$g := 9.807$ м /с²

Кількість підшипників $n_{pid} := 2$

+

Сила дії на ось від ваги рами з формами:

$N_{kar} := f_{pid} \cdot m_{ram} \cdot g \cdot n_{pid} = 61.28$ Н

Тоді, момент від сил тертя на осі рами буде:

$M1 := N_{kar} \cdot \frac{D_{pid_kar}}{2} = 0.368$ Н·м

Момент від сил тертя кочення ролика по кулачку

Коеф. тертя кочення сталі по сталі $f_k := 0.005$ м

Діаметр ролика - зовнішній діаметр підшипника $d_{rol} := 0.04$ м

Маса, яка притисканє ролик до поверхні кулачка $m_{prit} := 40$ кг

Кількість роликів, які взаємодіють з кулачком $N_{rol} := 1$

Врахуємо, що в роликах встановлені підшипники, введемо коефіцієнт кількості підшипників

$k_{pid} := 1.1$

$$M2 := f_k \cdot m_{prit} \cdot g \cdot N_{rol} \cdot k_{pid} \cdot \frac{d_{rol}}{2} = 0.043 \quad \text{Н} \cdot \text{м}$$

Момент від сил тертя кочення підшипників в яких встановлено головний вал приводу

Діаметр підшипника на валу $D_{pid_kar} := 0.02$ м

Сила тертя в підшипнику $f_{pid} := 0.005$

Вага рами з формою та фарбою, які діють на підшипник:

Кількість підшипників $n_{pid} := 2$

Сила дії на ось від ваги рами з формами:

$$N_{kar} := f_{pid} \cdot m_{ram} \cdot g \cdot n_{pid} = 3.064 \quad \text{Н}$$

Тоді, момент від сил тертя на осі рами буде:

$$M3 := N_{kar} \cdot \frac{D_{pid_kar}}{2} = 0.031 \quad \text{Н} \cdot \text{м}$$

Момент від сил тертя кривошипу та шатуну та шатуну з ракем

Так як поверхні тертя однакові, то врахуємо два контакти.

Коеф. тертя сталі по сталі $f_k := 0.005$ м

Діаметр осі - зовнішній діаметр підшипника $d_{rol} := 0.012$ м

Маса, яка притисканє ролик до поверхні кулачка $m_{prit} := 0.4$ кг

Кількість контактів $N_{rol} := 2$

$$M4 := f_k \cdot m_{prit} \cdot g \cdot N_{rol} \cdot \frac{d_{rol}}{2} = 0.00024 \quad \text{Н} \cdot \text{м}$$

Порахуємо силу тертя ракелю по формі

Спочатку необхідно порахувати силу притиску ракеля до друкарської форми. Ця сила складається з:

$G1 := 8 \text{ Н/см}$ Зусилля $G1$, необхідне для продавлення сітки на величину технологічного захору

$G2 := 0.05 \text{ Н/см}$ Зусилля $G2$, необхідне для вирівнювання задрукованого матеріалу

$G3 := 5 \text{ Н/см}$ Зусилля $G3$, необхідне для проникнення ракеля з формою в нерівності друкованого матеріалу

$G4 := 3.6 \text{ Н/см}$ Зусилля $G4$, необхідне для продавлення фарби крізь друкарську форму

Для одержання якісного відбитка необхідно забезпечити навантаження на ракель:

$$G := (G1 + G2 + G3 + G4) \cdot 100 = 1665 \text{ Н/м}$$

Довжина ракеля становить $l_{rak} := 0.32 \text{ м}$

Тоді нормальне зусилля буде: $F_{rak} := G \cdot l_{rak} = 532.8 \text{ Н}$

Далі порахуємо момент від сили тертя ракеля по формі. Відповідно коефіцієнт тертя гуми по поліамідній сітці буде

$$f_{rak} := 0.3$$

Момент від сили тертя ракелю по формі враховує довжину кривошипу та довжину від тримача ракелю

$$l_{kriv} := 0.145 \text{ м}$$

$$l_{trim} := 0.108 \text{ м}$$

$$M5 := f_{rak} \cdot F_{rak} \cdot (l_{kriv} + l_{trim}) = 40.44 \text{ Н·м}$$

Крутний момент від статичних сил на ведучому валі визначається:

$$M_{ст} := M1 + M2 = 0.411 \quad \text{Н м}$$

Крутний момент від статичних сил на ділянках висою кулачка

$$M_{стV} := M2 + M3 + M4 + M5 = 40.514 \quad \text{Н м}$$

Розглянемо динамічні навантаження від дії динамічних сил

Нехай швидкість обертання головного валу становить (швидкість друку):

$$f := 30 \quad \text{об/хв}$$

$$\gamma\Sigma := 23\text{deg} \quad \text{град} \quad - \text{розмах веденої ланки кулачкового механізму}$$

Проведемо розрахунок для фазового кута повороту підйому рами:

$$\phi := 41.77\text{deg} \quad \text{град} \quad - \text{фазовий кут повороту головного валу за час } T$$

Кутова швидкість ведучого головного валу:

$$\omega_{гв}(f) := \frac{\pi \cdot f}{30} \quad \omega_{гв}(f) = 3.142 \quad \text{с}^{-1}$$

$$T(f, \phi) := \frac{\phi}{\omega_{гв}(f)} \quad \text{с} \quad - \text{час повороту головного валу на фазовому куті} \quad T(f, \phi) = 0.232 \quad \text{с}$$

Кутова швидкість рами друкувального модуля під час підйому:

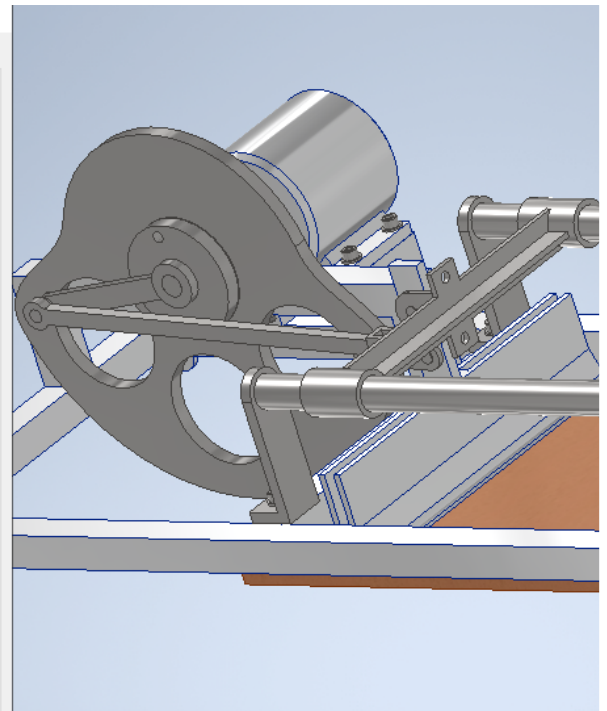
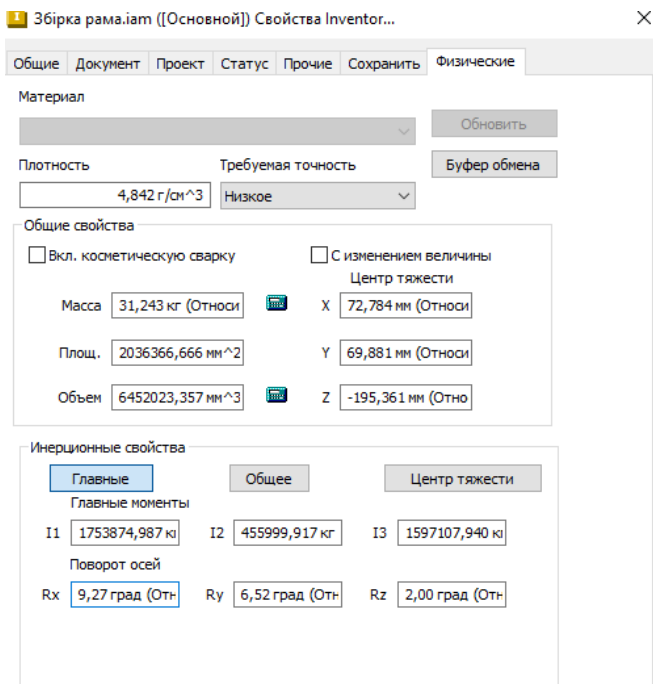
$$\omega_{зп}(k, f, n, \phi) := B_k(k, n) \frac{\gamma\Sigma}{T(f, \phi)} \quad \text{с}^{-1}$$

Кутове прискорення рами друкарського модуля під час підйому для різних ЗПР:

$$\varepsilon_{зп}(k, f, n, \phi) := C_k(k, n) \frac{\gamma\Sigma}{T(f, \phi)^2} \quad \text{с}^{-2}$$

Визначимо момент інерції рами з формою

Момент інерції беремо з програми проєктування Autodesk Inventor:



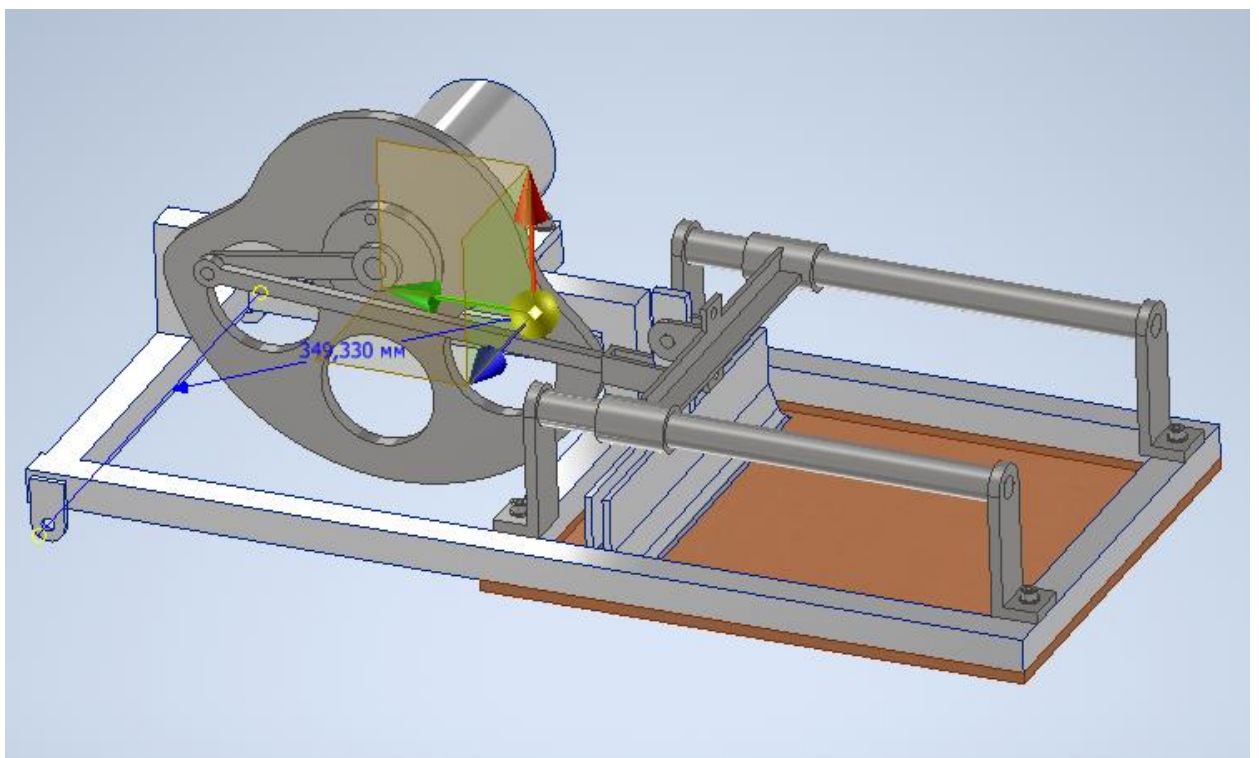
Момент інерції відносно відносно осі Z через центр мас:

$$I_{ram} = 1.597 \quad \text{кг/м}^2$$

+

$$\text{Масса рами} \quad m_{ram} = 31.243 \quad \text{кг}$$

Відстань від осі Z центру мас до осі обертання рами буде:



$$l_{ram} := 0.349 \text{ м}$$

Момент інерції рами відносно осі обертання порахуємо згідно теореми Гюйгенса-Штейнера:

$$I_{ramOsi} := I_{ram} + m_{ram} \cdot l_{ram}^2 = 5.402 \text{ кг м}^2$$

Крутний момент від дії сил інерції можна визначити:

$$M_{in}(k, f, n, \phi) := I_{ramOsi} \cdot \varepsilon_{ip}(k, f, n, \phi) \text{ Н м}$$

При використуванні для приводу рами кулачкового механізму, розрахуємо моменти на головному валу механізму привода.

Для різних законів періодичного руху можна розрахувати моменти на головному валу привода від статичних сил і сил інерції.

Використовуючи попередньо вираховані значення моментів від дії статичних і динамічних сил на ведучому валу поворотного стола, можна визначити величини сумарних крутних моментів на головному валу привода.

Коефіцієнт корисної дії приймаємо рівний:

$$\eta := 0.90$$

Сумарний момент інерції ведених мас постійний при різних законах періодичного руху та при різних швидкостях роботи модуля, визначимо його:

$$I_{\Sigma} := \frac{M_{in}(1, 10, 1, 1) \cdot T(10, 1)^2}{C_k(1, 1) \cdot \gamma_{\Sigma}} = 5.402 \text{ кг м}^2$$

Розраховуємо Число Ньютона при різних швидкостях:

$$p_k(f, \phi) := \frac{M_{ст}}{I_{\Sigma} \cdot \gamma_{\Sigma} \cdot T(f, \phi)^{-2}}$$

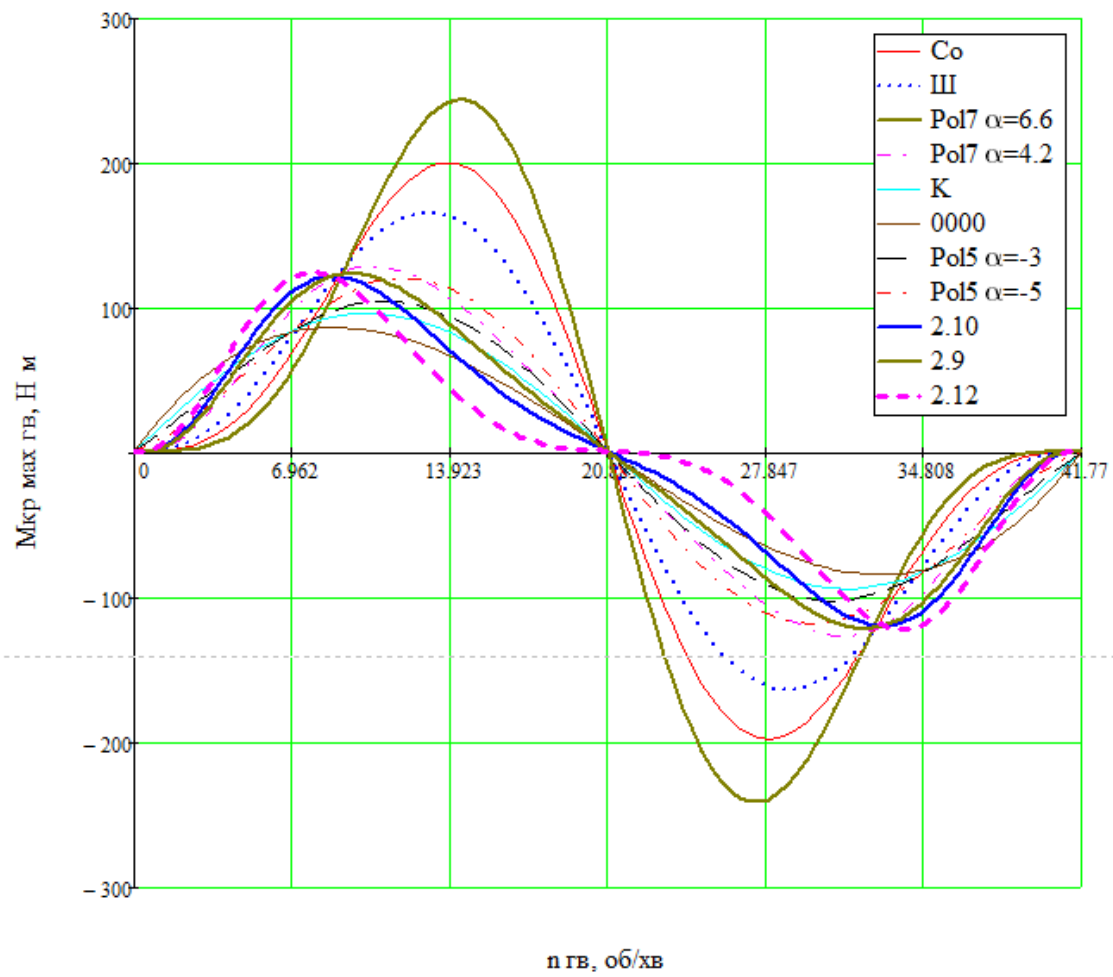
Сумарний крутний момент інерції на головному валу привода:

$$M(k, f, n, \phi) := (p_k(f, \phi) + C_k(k, n)) \cdot B_k(k, n) \cdot \frac{I_{\Sigma} \cdot \gamma_{\Sigma}^2}{\phi \cdot T(f, \phi)^2 \cdot \eta} + 1.2 \text{ Н м}$$

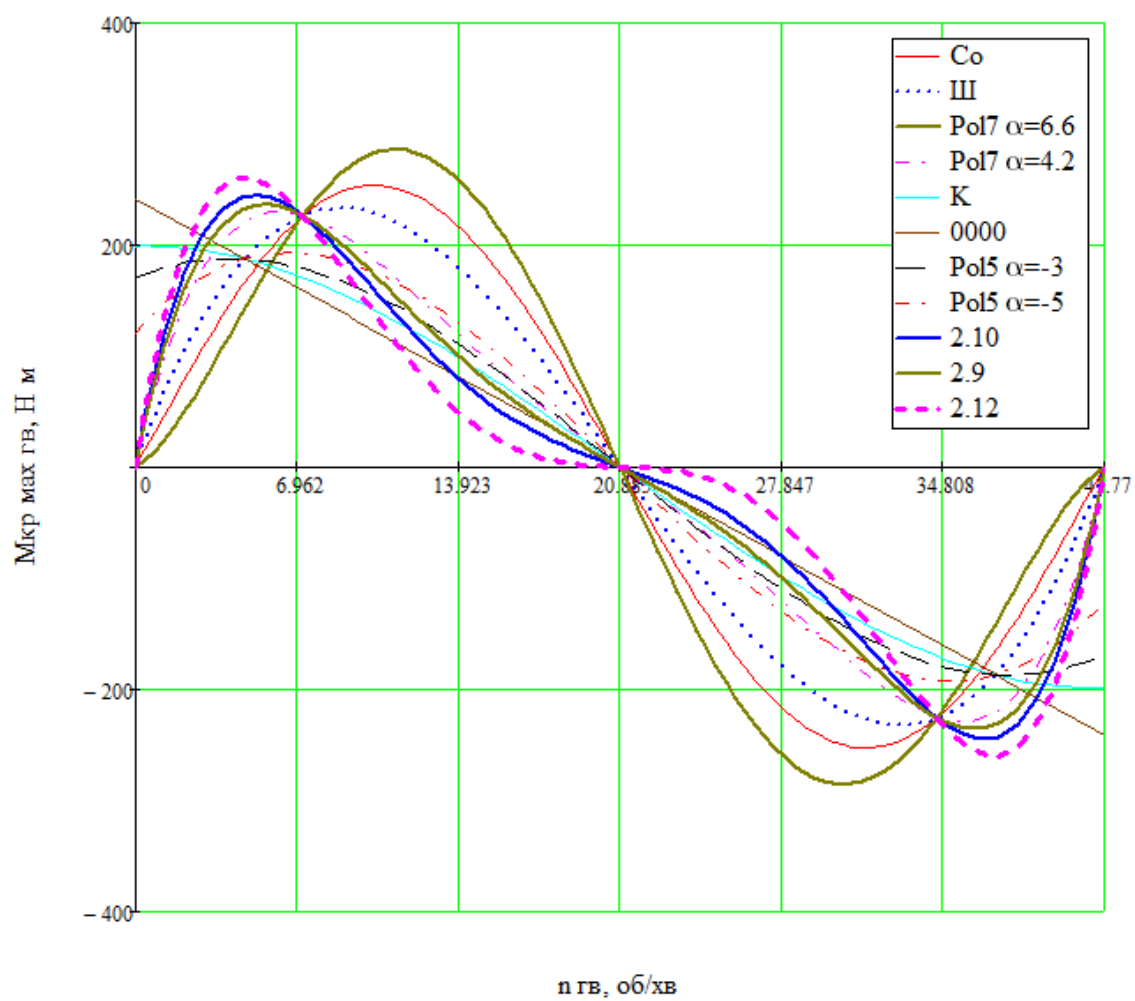
Розрахуємо крутний момент від дії статичних та динамічних сил на осі повороту рами. Він складається з крутного моменту від дії статичної сили та крутного моменту від дії динамічної сили.

$$M_{vv}(k, f, n, \phi) := M_{in}(k, f, n, \phi) + M_{ст}$$

Моменти які виникають на головному валу кулачкового механізму приводу для вибраних законів періодичного руху при фазовому куті $\phi = 41.77 \cdot \text{deg}$
 при швидкості повороту головного валу $f = 30$ об/хв



Моменти які виникають на осі повороту рами для вибраних законів періодичного руху



Визначимо ЗПР з найменшим максимальним крутним моментом у якого інваріант прискорення починається з нуля, тобто з плавним розгоном:

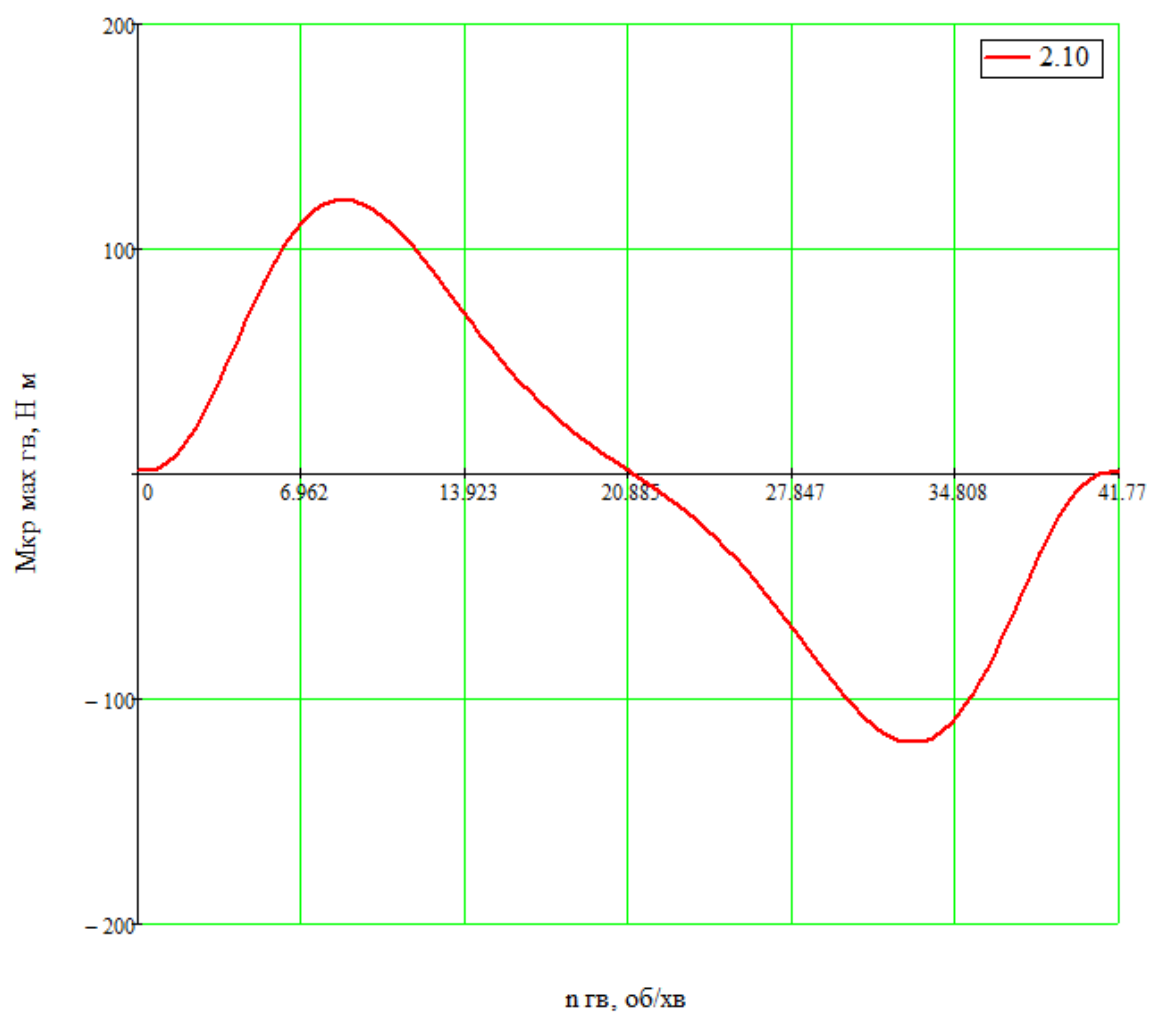
```

OptZPR_Ck0 := | MaxM ← 0
                j ← 1
                for n ∈ 1..11
                    if C_k(0,n) < 0.1
                        tempM ← 0
                        for k ∈ 0,001..0.5
                            tempM ← M(k,f,n,φ) if tempM < M(k,f,n,φ)
                            MaxM_j ← tempM
                        j ← j + 1
                    otherwise
                        MaxM_j ← 0
                        j ← j + 1
                OptZPR ← 1
                for n ∈ 1..j - 1
                    OptZPR ← n if MaxM_OptZPR > MaxM_n ∧ MaxM_n ≠ 0
                return zpr(OptZPR)

```

OptZPR_Ck0 = "2.10"

Крутящий момент на головном валу привода рами при ЗПР 2.10:



3.3. Методика розрахунку кулачкового механізму

ПЛОСКИЙ КУЛАЧКОВИЙ МЕХАНІЗМ З КОРОМИСЛОМ

РОЗРАХУНОК КІНЕМАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Ввести вхідні дані:

кутовий розмах коромисла, гр. $\gamma_e := 22.8 \cdot \text{deg}$ $\gamma_e = 0.398$

циклові кути:

кут віддалення $\phi_b := 41.77 \cdot \text{deg}$ $\phi_b = 0.729$

кут наближення $\phi_n := 41.77 \cdot \text{deg}$ $\phi_n = 0.729$

кут верхньої паузи $\phi_{vp} := 133.66 \cdot \text{deg}$ $\phi_b = 0.729$

кут нижньої паузи $\phi_{np} := 2 \cdot \pi - \phi_b - \phi_n - \phi_{vp}$ $\phi_{np} = 142.8 \cdot \text{deg}$ $\phi_{np} = 2.492$

частота обертання головного вала, об/хв : $n := 30$

Кутова швидкість головного вала, 1/с : $\omega_1 := \frac{\pi \cdot n}{30}$ $\omega_1 = 3.142$

Періоди кінематичних циклів, сек :

період віддалення $T_b := \frac{\phi_b}{\omega_1}$ період наближення $T_n := \frac{\phi_n}{\omega_1}$
 $T_b = 0.232$ $T_n = 0.232$

Максимальне статичне навантаження, приведенне до штовхача, Н*м $M_{st} := 200$

Приведений момент інерції, кг*м² $J := 1$

База механізму, мм : $Baza := 260.824$

Приведений модуль пружності Сталь+Чавун: $E_{pr} := 180000$ +

Число Ньютона $p := \frac{M_{st} \cdot T_b^2}{J \cdot \gamma_e}$ $p = 27.1$

Обираємо закон періодичного руху $i_z := 1$

Закон періодичного руху: $Zakon := "2.10"$

$k := 0, 0.01 \dots 1$

Коефіцієнти дорівнюють: $A2 = 0$ $A3 := 20$ $A4 := -65$ $A5 := 96$ $A6 := -70$ $A7 := 20$

$$Ak(k) := A2 \cdot k^2 + A3 \cdot k^3 + A4 \cdot k^4 + A5 \cdot k^5 + A6 \cdot k^6 + A7 \cdot k^7$$

$$Bk(k) := \frac{d}{dk} Ak(k) \rightarrow 140 \cdot k^6 - 420 \cdot k^5 + 480 \cdot k^4 - 260 \cdot k^3 + 60 \cdot k^2$$

$$Ck(k) := \frac{d^2}{dk^2} Ak(k) \rightarrow 840 \cdot k^5 - 2100 \cdot k^4 + 1920 \cdot k^3 - 780 \cdot k^2 + 120 \cdot k$$

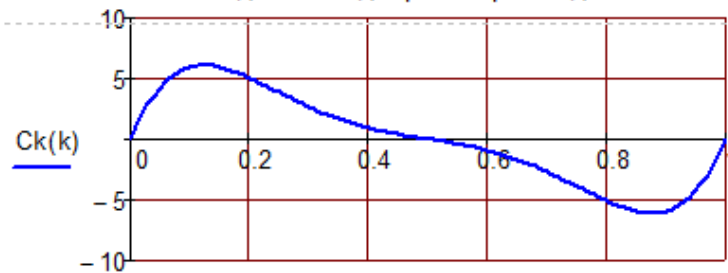
"Одинична" діаграма пришвидчень

Константи :

$$B = 2$$

$$C = 6.283$$

$$D = 8.612$$



k

Біжучі значення переміщень коромисла на куті віддалення:

$$\phi(k) := \phi b \cdot k$$

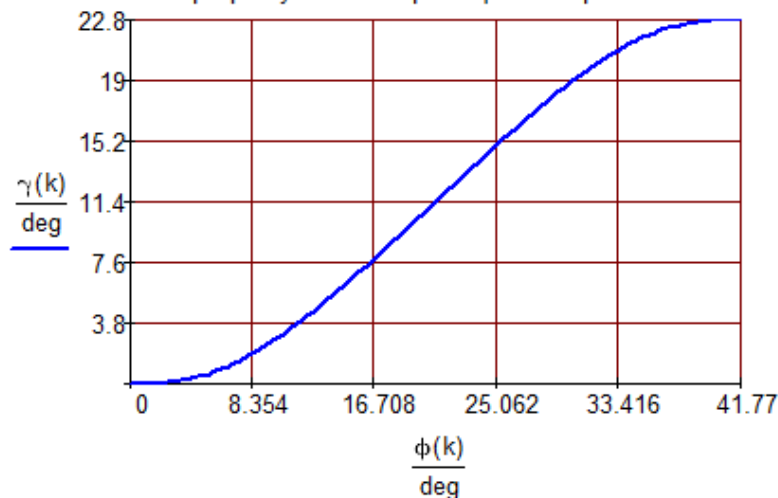
$$\gamma(k) := Ak(k) \cdot \gamma e$$

Будуємо графік біжучих переміщень.

$$\gamma(k) =$$

0
$4.414 \cdot 10^{-4}$
$3.418 \cdot 10^{-3}$
0.011
0.026
0.048
0.081
0.124
0.18
0.247
...

Графік кутового переміщення коромисла

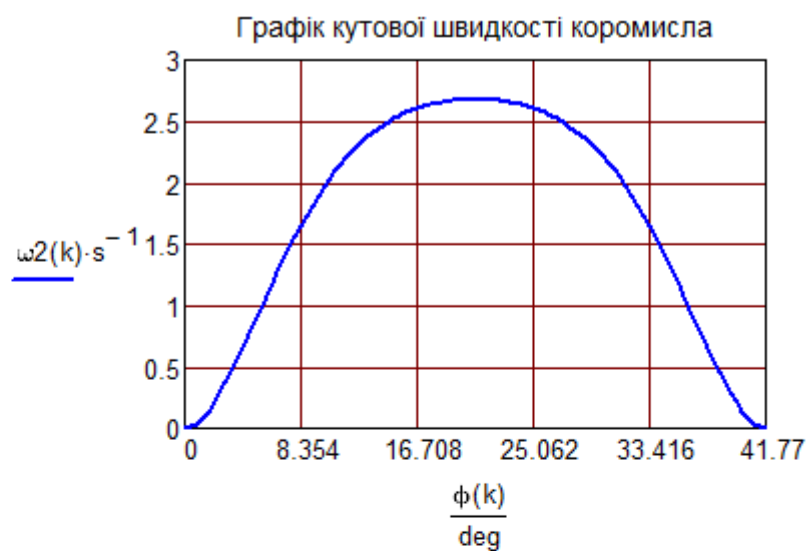


Біжучі значення кутової швидкості коромисла:

$$\omega 2(k) := \frac{\gamma e}{Tb} \cdot Bk(k)$$

$\omega_2(k) =$

0
$9.851 \cdot 10^{-3}$
0.038
0.081
0.138
0.206
0.284
0.37
0.462
0.558
0.658
0.761
0.865
...

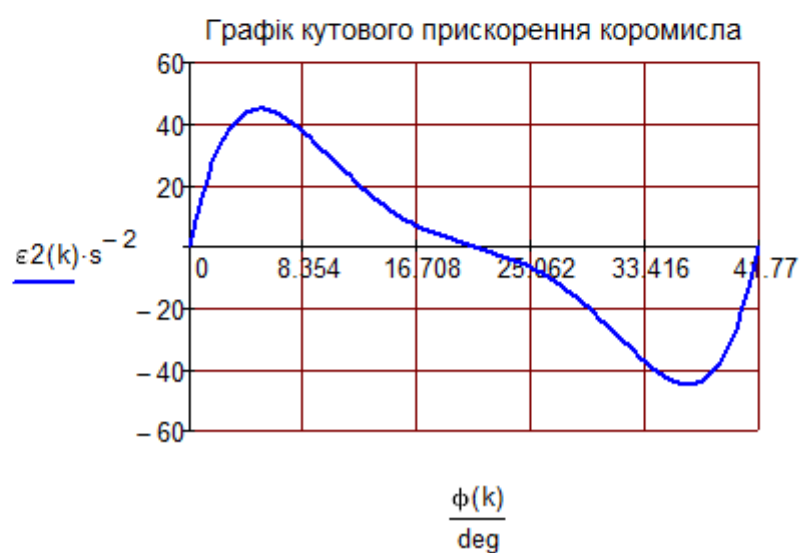


Біжучі значення кутових прискорень коромисла:

$$\varepsilon_2(k) := Ck(k) \cdot \frac{\gamma e}{Tb^2}$$

$\varepsilon_2(k) =$

0
8.305
15.541
21.786
27.117
31.607
35.324
38.335
40.701
42.482
...



Розрахунок основних геометричних розмірів в коромисловому кулачковому механізмі

Вибір допустимих кутів тиску

Regim = 3

kz :=
1.25 if Regim = 1
1.45 if Regim = 2
1.45 if Regim = 3
1.60 if Regim = 4
1.60 if Regim = 5
1.75 if Regim = 6

1. Легкий режим захищений від пилу
2. Легкий режим в умовах пилу
3. Середній режим захищений від пилу
4. Середній режим в умовах пилу
5. Тяжкий режим захищений від пилу
6. Тяжкий режим в умовах пилу

Аварійний кут тиску, град. $\nu_a := 72 \cdot \text{deg}$ kz = 1.45

Максимальний допустимий кут тиску, гр. $\nu := \frac{\nu_a}{kz}$ $\nu = 0.867 \cdot \text{rad}$ $\nu = 49.655 \cdot \text{deg}$

Визначення оптимальної довжини коромисла і мінімального радіусу кулачка по умові віддалення від заклинювання профіля

Оптимальна довжина коромисла при заданому куті тиску $lk_opt(li_kn, \nu) = 200.43$

Довжина коромисла (прийнята конструктивно), мм: $L := 202.988$ $bet := \frac{L}{Baza}$ $bet = 0.778$

Початкове кутове положення коромисла $gm0 := \arccos(bet) - \frac{\gamma_e}{2}$ $gm0 = 27.499 \cdot \text{deg}$

При такій довжині коромисла максимальний кут тиску $U_max = 50.612 \cdot \text{deg}$ менше $\nu = 49.655 \cdot \text{deg}$

Мінімальний радіус кулачка із умови віддалення від заклинювання

$$R01 := \sqrt{L^2 + Baza^2 - 2 \cdot L \cdot Baza \cdot \cos(gm0)}$$

R01 = 123.726 мм

Перевірка по умові віддалення від загострення

Мінімальний радіус кривизни еквідистантного профіля кулачка: $\rho_{min} = 61.62$ мм

Розраховуємо деталі опори ролика

Навантаження в кулачковому механізмі

$$Fi(k) := \left(\frac{Mst + Ck(k) \cdot J \cdot \frac{\gamma_e}{Tb^2}}{\cos(Ud_dv(k)) \cdot L} \right) \cdot 1000$$

Максимальні навантаження, Н : $F := 306.4$

Конструктивний параметр $\delta := 1.2$ Вибираєм з довідкової таблиці $\psi := 1.15$

Питомий тиск $\sigma_{ud} := 12$ МПа Допустиме напруження згину тиск $\sigma_u := 80$ МПа

Діаметр хвостовика, мм $d1 := \sqrt{\frac{F}{\psi \cdot \delta \cdot \sigma_{ud}}}$ $d1 = 4.301$ Вибраний діаметр хвостовика, мм $d1 := 8$

Діаметр пальця, мм $d := d1 \cdot \delta$ $d = 9.6$ Вибраний діаметр пальця, мм $d := 10$

Ширина ролика, мм $Br := \psi \cdot d1$ $Br = 9.2$ Вибрана ширина ролика, мм $Br := 10$

Вибираєм з довідкової таблиці $q := 1.8$

Діаметр ролика, мм $Dr := q \cdot d$ $Dr = 18$ Вибраний діаметр ролика, мм $Dr := 20$ мм

$Navant := 2$

1. Інерційне навантаження
2. Статичне навантаження
3. Інші випадки навантаження

$nz := \begin{cases} 1.35 & \text{if } Navant = 1 \\ 2.00 & \text{if } Navant = 2 \\ 1.75 & \text{if } Navant = 3 \end{cases}$ $nz = 2$

$\frac{Dr}{2} \cdot nz = 18$ **МЕНШЕ** $p_{min} = 61.62$

+

Розрахунок контактних напружень на протязі кута віддалення

Максимальні контактні напруження $Sk_max(1) = 770.687$ МПа < 1000 МПа

Визначаєм мінімальний радіус кулачка з умови посадки на головний вал

Діаметр головного вала, мм $Dgv := 30$ мм

$Matochina := 1$

1. Матеріал маточини - чавун
2. Матеріал маточини - сталь

$Kmat := \begin{cases} 1.0 & \text{if } Matochina = 1 \\ 0.8 & \text{if } Matochina = 2 \end{cases}$ $Kmat = 1$

Радіус маточини, мм : $Rm := Kmat \cdot Dgv$ $Rm = 30$ мм

Радіус ролика, мм : $Rr := \frac{Dr}{2}$ $Rr = 9$ мм

Мінімальний радіус кулачка з умови посадки на головний вал :

$R03 := Rm + Rr + 5$ $R03 = 44$ мм

Розраховані радіуси кулачка : $R01 = 123.726$ мм $R03 = 44$ мм

Вибраний мінімальний радіус кулачка, мм : $R0 := 145$ мм

Початкове кутове положення коромисла	$gm0 = 33.589 \cdot \text{deg}$
Максимальні контактні напруження	$SkMax = 772.046 \quad \text{МПа}$
Мінімальний радіус кривизни еквідистантного профіля кулачка :	$Rkriv_min = 73.137 \quad \text{мм}$

Розрахунок радіус-векторів кулачка і кутових поправок

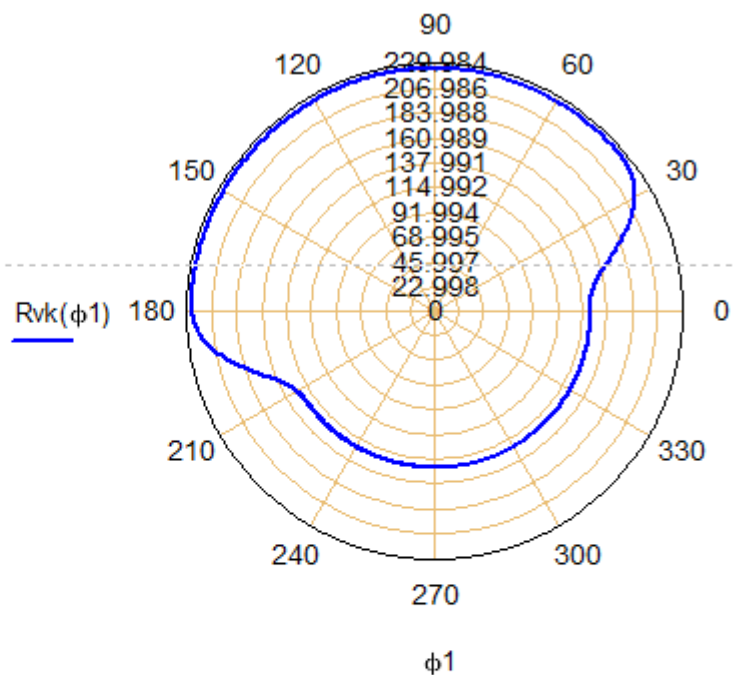
Радіус-вектори кулачка на куті віддалення: $Rb(k) := \sqrt{L^2 + Baza^2 - 2 \cdot L \cdot Baza \cdot \cos(\gamma0 + \gamma(k))}$

Кути біжучого положення радіус-вектора кулачка : $\xi1(k) := \arccos\left(\frac{Rb(k)^2 + Baza^2 - L^2}{2 \cdot Rb(k) \cdot Baza}\right)$

Кутова поправка біжучого положення радіус-вектора кулачка : $\xi(k) := \xi0 - \xi1(k)$

Еквідистантний профіль кулачка

$Rv_max = 224.984 \quad \text{мм}$



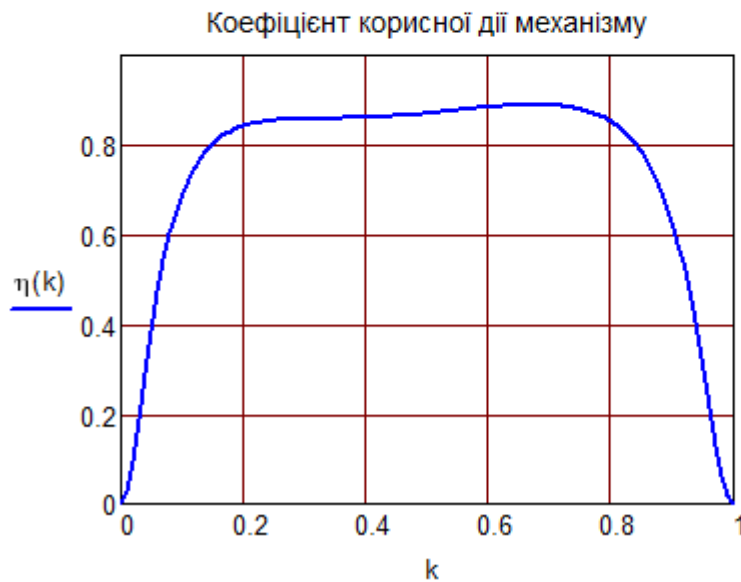
Розрахунок ККД механізму

Коефіцієнт тертя ковзання у парі ролик-палець :	$f_p := 0.1$
Коефіцієнт тертя кочення ролика по кулачку :	$k_tr := 0.005$
Коефіцієнт тертя ковзання в опорах вала :	$f01 := 0.1$
Коефіцієнт тертя ковзання в опорах коромисла:	$f02 := 0.1$

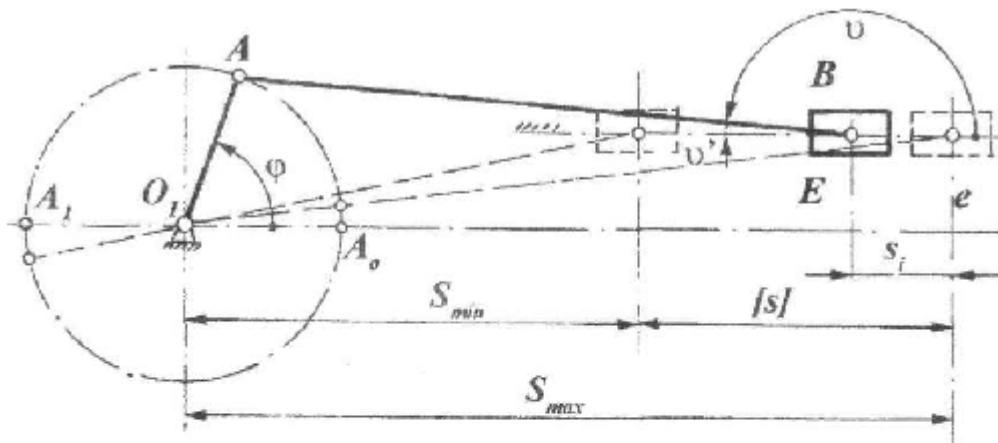
Приведений коефіцієнт тертя у парі ролик - кулачок :

$$f_1 = 0.057$$

$$\eta(k) := \begin{cases} 0 & \text{if } k = 0 \vee k = 1 \\ \frac{1 - f_1 \cdot \tan(Ud_dv(k)) - \frac{f_02 \cdot r_02}{L \cdot \cos(Ud_dv(k))}}{1 + \frac{f_1}{\tan(Ud_nr(k))} + \frac{f_01 \cdot r_01}{R_i(k) \cdot \sin(Ud_nr(k))}} & \text{otherwise} \end{cases}$$



3.4. Методику розрахунку кривошипно-повзунного механізму



Вихідні дані:

+

Частота обертання - $n := f = 30$ об/хв
 Радіус кривошипа - $R_{kr} := 1_{kriv} \cdot 1000 = 145$ мм
 Довжина шатуна - $L_{sh} := 410$ мм
 Ексцентриситет - $e_{kp} := -50$ мм

Материал

Плотность Требуемая точность

4,306 г/см³ Низкое

Обновить

Буфер обмена

Общие свойства

☐ Вкл. косметическую сварку ☐ С изменением величины

Масса 2,227 кг (Относит.) X -43,775 мм (Относ.)

Площ. 200464,182 мм² Y 15,593 мм (Относ.)

Объем 517096,189 мм³ Z -0,000 мм (Относ.)

Инерционные свойства

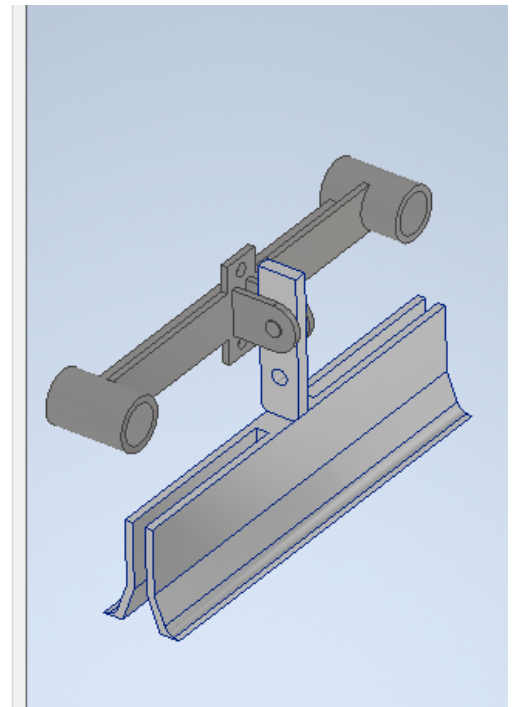
Главные Общее Центр тяжести

Главные моменты

I1 22835,307 кг м I2 29908,974 кг м I3 8100,455 кг м

Поворот осей

Rx 0,00 град (Отн.) Ry 0,00 град (Отн.) Rz 16,17 град (Отн.)



Масса приведена до повзуна - $m_{pr} := 2.227$ кг

В модульній системі [m, w, g] в одиничному механізмі всі геометричні розміри є відносними, і відповідно визначаються:

$$\lambda_1 := \frac{L_{sh}}{R_{kr}} = 2.828 \quad - \text{відносна довжина шатуна}$$

$$\lambda_2 := \frac{e_{kp}}{R_{kr}} = -0.345 \quad - \text{відносна довжина ексцентриситету}$$

Відносне максимальне віддалення центра повзуна B від центра кривошипа:

$$Si_{max} := \sqrt{(\lambda_1 + 1)^2 - \lambda_2^2} = 3.812$$

Відносне мінімальне віддалення:

$$Si_{min} := \sqrt{(\lambda_1 - 1)^2 - \lambda_2^2} = 1.795$$

Кути кривошипа і шатуна у крайніх положеннях повзуна:

$$\psi_1 := \arcsin\left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1 + 1}\right) = -5.169 \cdot \text{deg}$$

$$\psi_2 := \arcsin\left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1 - 1}\right) = -10.876 \cdot \text{deg}$$

Кути повороту кривошипа протягом прямого і зворотного ходів, відповідно:

$$\varphi_{pr} := \pi + (\psi_2 - \psi_1) = 174.293 \cdot \text{deg}$$

$$\varphi_{zv} := 2\pi - \varphi_{pr} = 185.707 \cdot \text{deg}$$

Коефіцієнт середньої швидкості:

$$Ks_{shv} := \frac{\varphi_{pr}}{\varphi_{zv}} = 0.939$$

Величина максимального кута тиску в кривошипно-повзунному механізмі:

$$\nu_{\max} := \arcsin\left(\frac{\lambda_2 + 1}{\lambda_1}\right) = 13.398 \text{ deg}$$

Так як $\nu_{\max} \leq 60^\circ$, то умова незаклинювання виконується.

З рівняння проекції замкнутого векторного контура O_1ABE на горизонтальну вісь визначається позиційний інваріант переміщення повзуна B :

$$\nu(\varphi) := \arcsin\left(\frac{\sin(\varphi) - \lambda_2}{\lambda_1}\right) \quad - \text{кут, який визначає положення шатуну відносно осі руху повзуна}$$

$$S_{Bi}(\varphi) := S_{i_max} - \cos(\varphi) - \lambda_1 \cdot \cos(\nu(\varphi))$$

Абсолютна величина переміщення повзуна:

$$S_B(\varphi) := S_{Bi}(\varphi) \cdot R_{kr}$$

Кутова швидкість валу кривошипа:

$$\omega_1 := n \cdot \frac{\pi}{30} = 3.142 \text{ c}^{-1}$$

Інваріант кутової швидкості шатуну:

$$\omega_{2i}(\varphi) := \frac{\cos(\varphi)}{\lambda_1 \cdot \cos(\nu(\varphi))}$$

Позиційний інваріант швидкості:

$$V_{Bi}(\varphi) := \sin(\varphi) - \lambda_1 \cdot \omega_{2i}(\varphi) \cdot \sin(\varphi)$$

Інваріант кутового пришвидчення шатуну:

$$\varepsilon_{2i}(\varphi) := \frac{\lambda_1 \cdot \sin(\nu(\varphi)) \cdot \omega_{2i}(\varphi)^2 - \sin(\varphi)}{\lambda_1 \cdot \cos(\nu(\varphi))}$$

Позиційний інваріант прискорення:

$$W_{Bi}(\varphi) := \cos(\varphi) - (\lambda_1 \cdot \cos(\nu(\varphi)) \cdot \omega_{2i}(\varphi) + \lambda_1 \cdot \sin(\nu(\varphi)) \cdot \varepsilon_{2i}(\varphi))$$

Абсолютні значення величин швидкості та прискорення:

$$V_B(\varphi) := V_{Bi}(\varphi) \cdot \omega_1 \cdot R_{kr}$$

$$W_B(\varphi) := W_{Bi}(\varphi) \cdot \omega_1^2 \cdot R_{kr}$$

Сила інерції:

$$P_{in}(\varphi) := m_{pr} \cdot W_{Bi}(\varphi)$$

$$\eta := 0.85 \quad - \text{к.к.д. механізму}$$

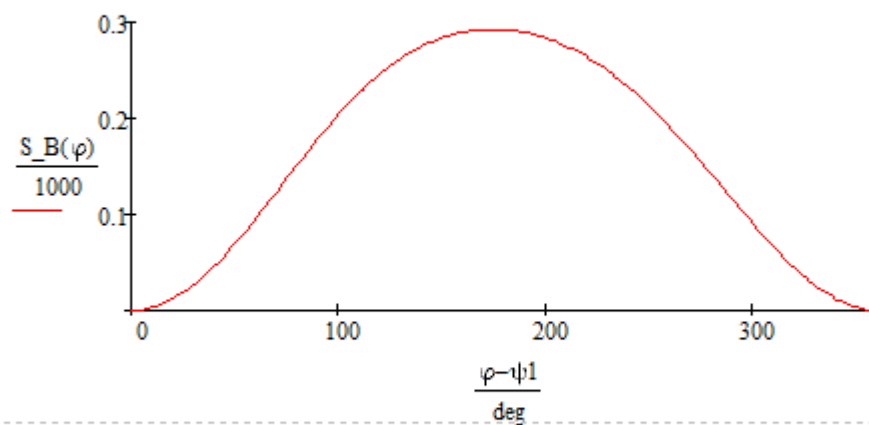
Тоді крутний момент від сил інерції на головному валу механізму:

$$M_{kr}(\varphi) := \frac{P_{in}(\varphi) \cdot V_B(\varphi)}{\eta \cdot \omega_1}$$

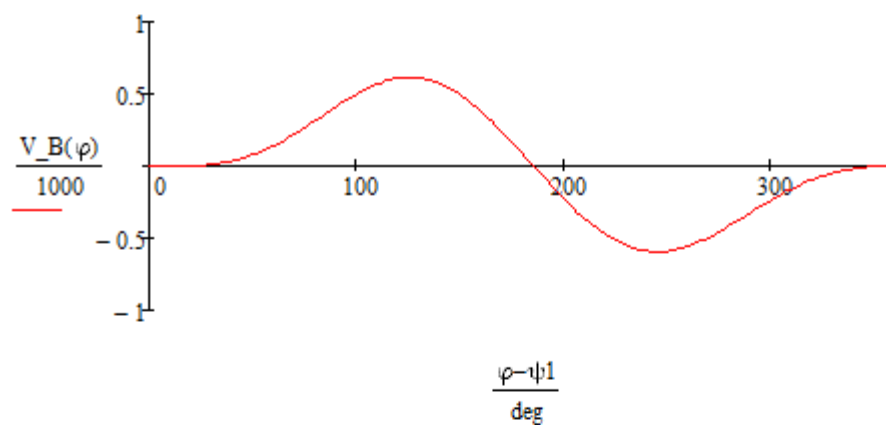
Кут повороту кривошипа:

$$\varphi := \psi_1, \psi_1 + 0.01\pi \dots 2\pi + \psi_1$$

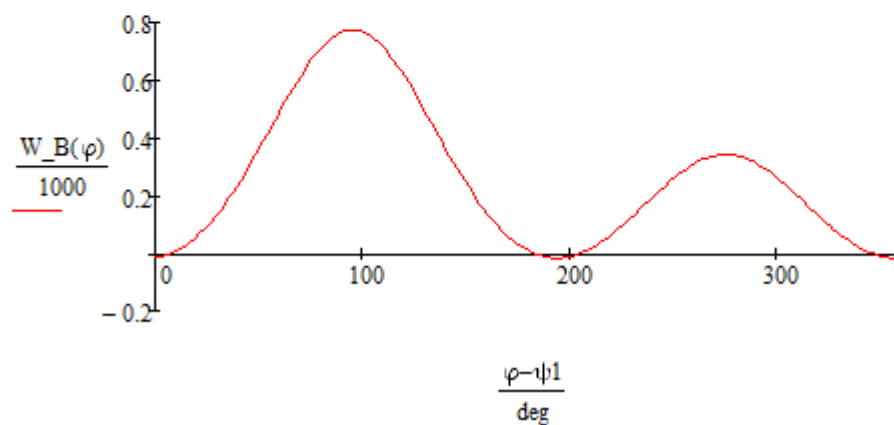
Графік переміщення каретки з ракелем:



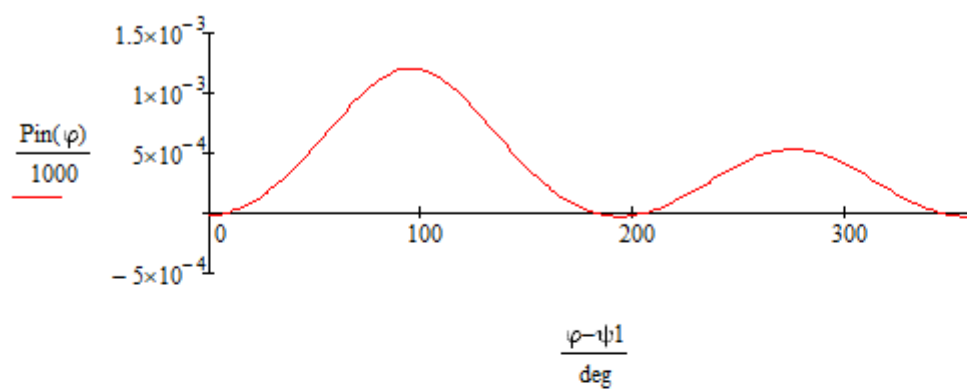
Графік швидкості каретки з ракелем:



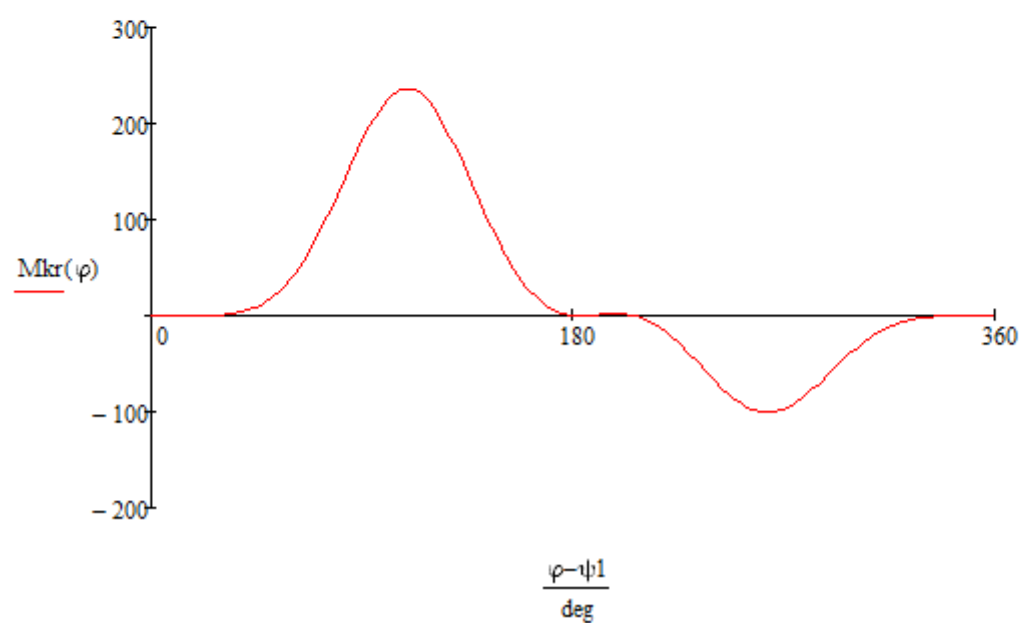
Графік прискорення каретки з ракелем:



Графік зміни сили інерції



Графік крутних моментів на головному валу механізму



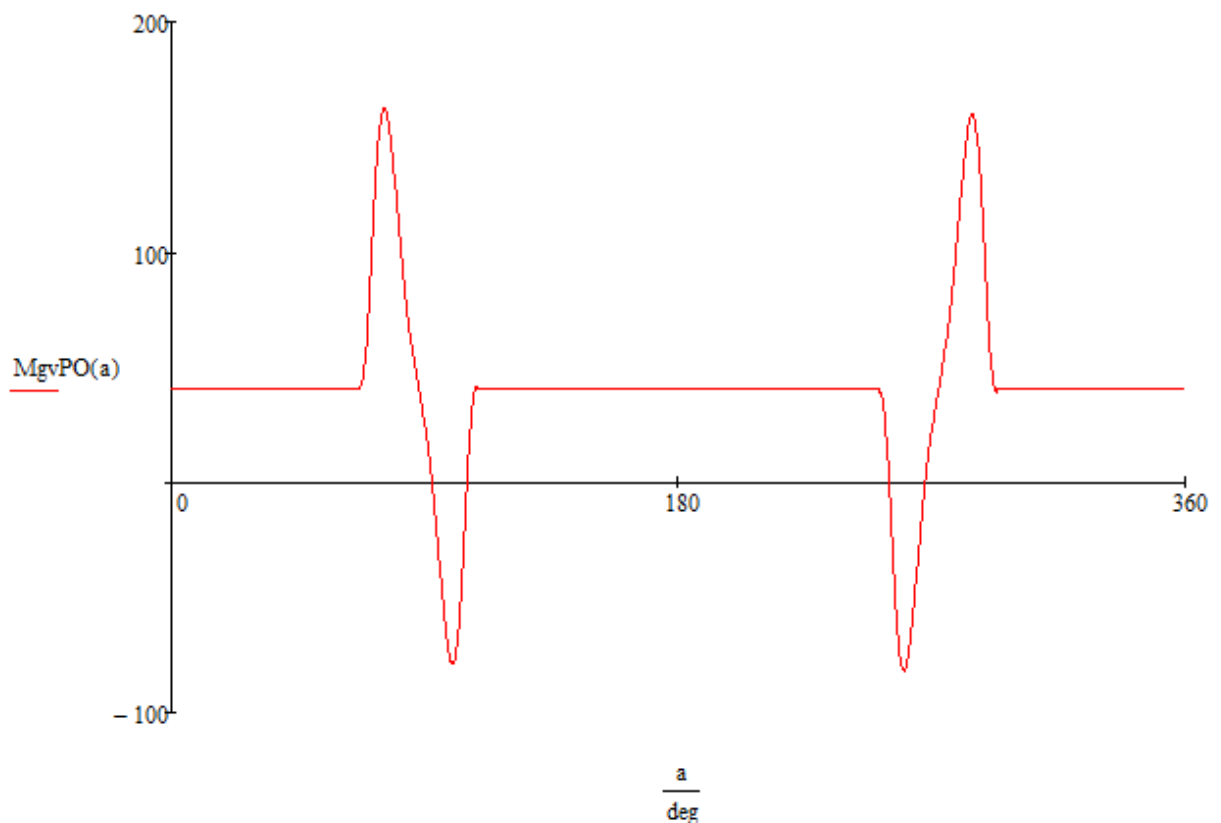
3.5. Дослідження крутного моменту на головному валу приводу при роботі друкарського модуля

кут віддалення	$\phi_b := 41.77 \cdot \text{deg}$	$\phi_b = 0.729$
кут наближення	$\phi_n := 41.77 \cdot \text{deg}$	$\phi_n = 0.729$
кут верхньої паузи	$\phi_{vp} := 133.66 \cdot \text{deg}$	$\phi_b = 0.729$
кут нижньої паузи	$\phi_{np} := 2 \cdot \pi - \phi_b - \phi_n - \phi_{vp}$	$\phi_{np} = 142.8 \cdot \text{deg}$ $\phi_{np} = 2.492$

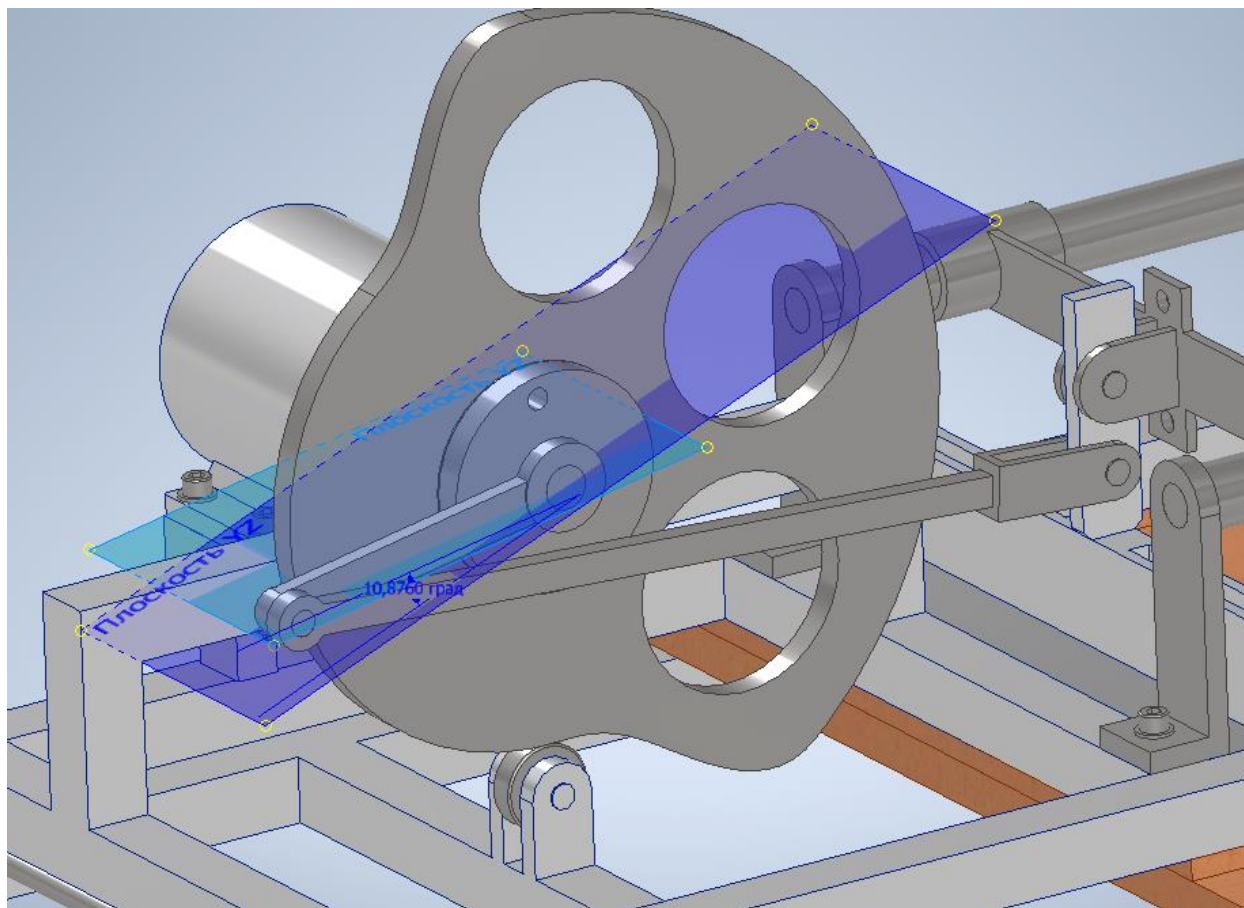
Побудуємо крутний момент на повному оберті головного валу:

$$M_{gvPO}(a) := \begin{cases} MstV & \text{if } 0 \leq a < \frac{\phi_{vp}}{2} \\ M\left(\frac{a - \frac{\phi_{vp}}{2}}{\phi_n}, f, 9, \phi\right) + MstV & \text{if } \frac{\phi_{vp}}{2} \leq a < \frac{\phi_{vp}}{2} + \phi_n \\ MstV & \text{if } \frac{\phi_{vp}}{2} + \phi_n \leq a < \frac{\phi_{vp}}{2} + \phi_n + \phi_{np} \\ -M\left[\frac{\left[a - \left(\frac{\phi_{vp}}{2} + \phi_n + \phi_{np}\right)\right]}{\phi_n}, f, 9, \phi\right] + MstV & \text{if } \frac{\phi_{vp}}{2} + \phi_n + \phi_{np} \leq a < \frac{\phi_{vp}}{2} + \phi_n + \phi_{np} + \phi_b \\ MstV & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$a := 0, 0.001\pi \dots 2\pi$$

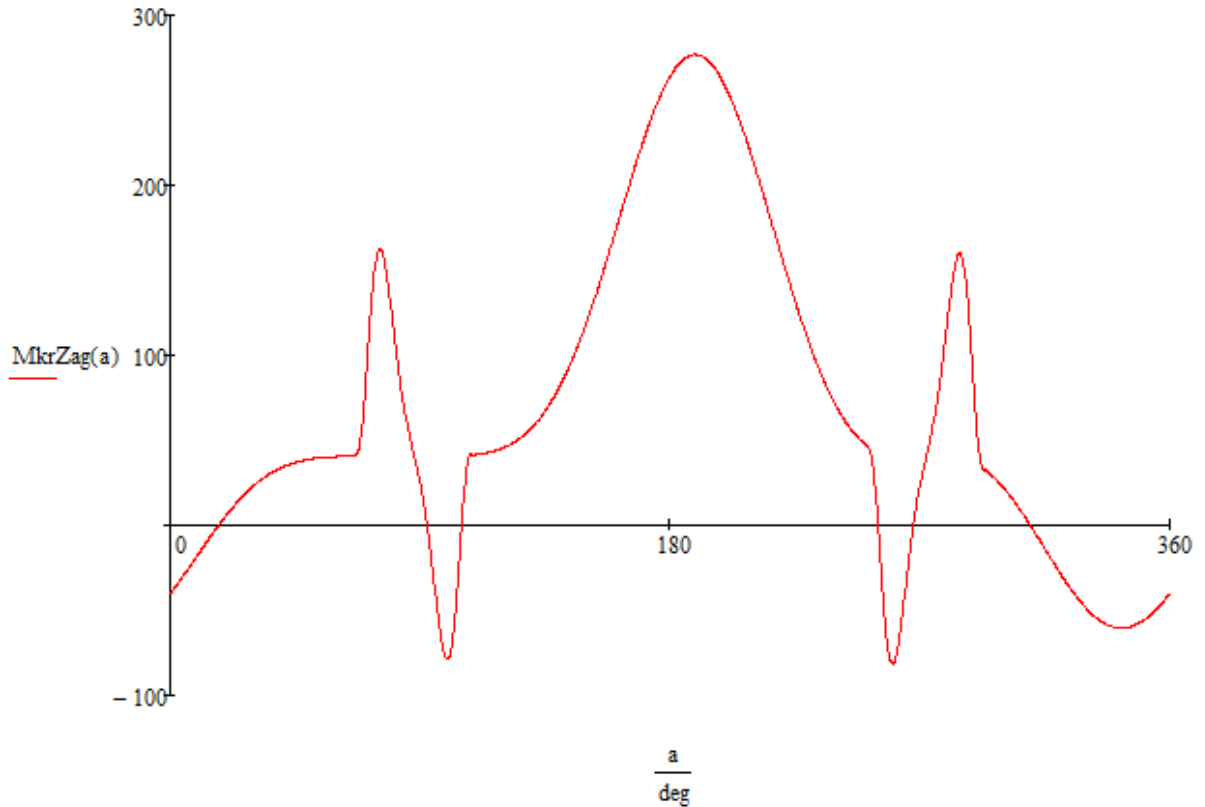


При роботі друкарського модуля одночасно діють крутні моменти від роботи кулачкового механізму та роботи кривошипно-повзунного механізму. Для цього необхідно розмістити кривошип відносно кулачка. Це здійснюється під кутом ψ_2 :



Тоді загальний крутний момент буде:

$$M_{krZag}(a) := M_{gvPO}(a) + M_{kr}\left(a - \psi_1 - \frac{\pi}{2}\right)$$



3.6 Висновки до розділу

У цьому розділі було проведено комплексне дослідження механізму приводу друкарського модуля трафаретної машини. Особлива увага приділялася аналізу навантажень, що виникають під час роботи основних елементів приводу, та розробці ефективних методик їхнього розрахунку. Зокрема, були детально розглянуті навантаження, які діють на головному валу приводу, включаючи зусилля, що виникають під час руху ракеля при розподіленні фарби на форму та при друкуванні, а також під час підйому та опусканні друкарської форми. Ці розрахунки дали змогу оцінити основні впливи на механізм і визначити способи їх мінімізації.

Було запропоновано методику розрахунку параметрів кулачкового механізму, яка дозволяє обґрунтовано вибрати його геометричні та

кінематичні параметри. Це особливо важливо для забезпечення плавності руху друкарського модуля та зниження вібрацій, які можуть впливати на якість друку. Проведено розробку і аналіз кривошипно-повзунного механізму, який також є ключовим елементом системи привода. Результати аналізу дали змогу визначити його ефективність та оптимізувати роботу механізму з точки зору силових впливів.

Дослідження крутного моменту на головному валу приводу продемонструвало його змінність протягом робочого циклу друкарського модуля. Це дозволило створити більш точну модель навантажень і запропонувати шляхи покращення конструкції, спрямовані на рівномірний розподіл зусиль. На основі виконаних розрахунків була обґрунтована доцільність застосування вдосконаленої конструкції, що забезпечує стабільну роботу приводу та мінімізує втрати енергії.

Таким чином, результати досліджень стали основою для вдосконалення друкарського модуля. Оптимізація параметрів механізму приводу сприяє підвищенню ефективності роботи трафаретної машини, знижує енергоспоживання та покращує якість друку. Цей підхід відкриває нові можливості для створення більш продуктивних і надійних друкарських пристроїв, що відповідають сучасним вимогам поліграфічної промисловості.

РОЗДІЛ 4

СТАРТАП-ПРОЕКТ

Перший етап розробки стартап-проекту зосереджений на маркетингових аспектах: виборі ідей, створенні концепції продукту, оцінці потенційних ринкових можливостей та розробці маркетингової стратегії. Виконаємо маркетинговий аналіз стартапу, який передбачає модернізацію та вдосконалення приводу трафаретної друкарської машини для визначення можливості його впровадження на ринок і напрямків його реалізації.

Опис стартап проекту

Зміст ідеї : Методика визначення оптимальних параметрів автоматизації приводу.

Напрямки застосування: Друкарська індустрія.

Вигоди для користувача: Автоматизація друку у трафаретному друкарському пристрої.

У табл 1.1. - Здійснено аналіз можливих техніко-економічних переваг ідеї (в чому вона унікальна порівняно з існуючими аналогами та замінниками) у порівнянні з конкурентними пропозиціями.

Таблиця 1.1 - Аналіз переваг, недоліків та нейтральних аспектів ідеї проекту

№ з/п	Техніко-економічні показники ідеї	Потенційні товари/концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Розрахунки за формулами Хлопенка І.М.	Розрахунки за формулами Кривоконя О.Г.			
1.	Визначення розрахункових формул для практичного використання	Застосування елементарних формул	Застосування численних компонентів у розрахунках	Застосування комплексних формул	-	-	Збільшення швидкості виконання

							розраху нків
2.	Методика визначення оптимальних параметрів системи приводу	Швидке визначення діаметрів та довжин валів, а також прийняття рішень щодо компонування та конструкції елементів приводу	Спосіб прийняття рішень щодо конструкцій елементів приводу	Здатність приймати рішення щодо конструкційних елементів приводу		-	Підвищення швидкості виконання розрахунків із забезпеченням прийнятної точності результатів

Таблиця 1.2. - Технічна реалізованість ідеї проекту

№ з/п	Ідея проекту	Методи та впровадження	Наявні технології	Технології, до яких є легкий доступ
1.	Методика визначення оптимальних параметрів автоматизованої системи приводу	Впровадження методики відбору, що базується на аналізі впливу факторів на роботу автоматизованої системи приводу	Цей привід застосовується в карусельних трафаретних машинах	Доступно
2.	Визначення розрахункових формул для практичного використання	Застосування теорії спрощення розрахунків через зменшення кількості компонентів у формулі	Доступні технології та методи проектування	Необхідно визначити, чи можна практично застосувати ці розрахунки
Вибрана методика для реалізації проектної ідеї: теоретичний аналіз автоматизованих приводів для трафаретних машин				

Таблиця 1.3. - Попередній аналіз можливостей ринку для стартапу

№ з/п	Показники ринкової ситуації (назва)	Характеристика
-------	-------------------------------------	----------------

1.	Число основних учасників, од	20
2.	Загальна кількість проданих одиниць, шт	30 000
3.	Тенденції розвитку ринку (оцінка якості)	Зростає
4.	Існуючі бар'єри для входу (описати природу обмежень)	Немає
5.	Особливі вимоги щодо стандартизації та сертифікації	Немає
6.	Середній показник прибутковості в секторі (або на ринку) %	10 - 15

Таблиця 1.4. - Опис потенційної аудиторії стартапу

№ з/п	Попит, який створює ринок	Цільові клієнтські сегменти ринку	Різниця в поведінці різних сегментів потенційної клієнтської бази	Потреби та очікування споживачів від продукту
1.	Формули для практичного розрахунку компонентів автоматизованих приводів карусельних трафаретних машин	Всі види поліграфічних установ	Здатність зекономити час під час початкових або завершальних розрахунків при проектуванні приводів для карусельних трафаретних машин	Безпека, акуратність, легкість

Таблиця 1.5. - Загрозливі фактори.

Фактор	Опис загрози	Спосіб, яким компанія може відреагувати
Точність	Отримання неточних або ненадійних результатів	Невикористання запропонованих методів обчислень
Прихильність клієнтів	Застосування користувачами старих традиційних методів розрахунку приводів	Перехід на використання запропонованих нових методів розрахунку

Таблиця 1.6. - Чинники потенційних можливостей

Фактор	Опис потенційних можливостей	Ймовірна відповідь компанії
Прихильність клієнтів	Зростання попиту на продукт	Збільшення виробничої ефективності завдяки пришвидшенню проєктних етапів
Відданість клієнтів	Рекомендована методика (спрощені формули для застосування) є відносно недорогою	Актуалізація обчислювальної платформи та програмного забезпечення
Збільшення доходу	Акумулювання фінансових ресурсів	Виконання експериментів для полегшення інших обчислень

Таблиця 1.7. - Поетапний аналіз ринкової конкуренції

Характерні риси конкурентного оточення	Як проявляється ця ознака	Вплив на роботу фірми (потенційні заходи для підвищення конкурентоздатності)
Зазначити вид конкуренції — досконала	Виробництво обладнання з вищими показниками якості та економічності, ніж у наявних конкурентів	Виявлення нових підходів та інтеграція передових технологій
За ступенем конкурентної боротьби – глобальний	Зусилля щодо впровадження розрахункової бази на глобальному рівні та залучення нових клієнтів	Укріплення світових позицій компанії
За галузевою класифікацією — внутрішньогалузева.	Запровадження рекомендованих розрахункових формул замість складних	Скорочення витрат на обчислення через зменшення витраченого часу
Конкуренція за різними видами продукції - товарна	Виявлення нових методів розрахунку приводів для трафаретних машин	Демонстрація переваг запропонованої методики розрахунку
Згідно з характером конкурентних переваг - нецінова конкуренція	Інтеграція рекомендованих формул у систему обчислень	Прискорення та спрощення розрахунків без втрати точності
За рівнем інтенсивності - небрендова конкуренція	Застосування інноваційного підходу до обчислень	Розробка унікальної системи розрахунків

Таблиця 1.8. - Виклад причин, які сприяють конкурентоспроможності

№ з/п	Елемент, що впливає на конкурентоспроможність	Пояснення (перелік причин, які роблять чинник важливим для порівняння конкурентних проєктів)
1.	Якість	Досягнення точності в обчисленнях
2.	Точність	Високий рівень точності отриманих результатів
3.	Надійність	Мінімізація кількості елементів у розрахункових формулах
4.	Новизна	Використання спрощених формул у загальноприйнятих обчисленнях

Таблиця 1.9. - Аналіз переваг та недоліків проєкту «Модернізація і вдосконалення приводу трафаретної друкарської машини карусельного типу»

№ з/п	Фактор, що визначає конкурентоспроможність	Бали 1-20	Порівняльний рейтинг конкурентних товарів (методик) у співвідношенні з проєктом «Модернізація і вдосконалення приводу трафаретної друкарської машини карусельного типу»						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1.	Якість	0	-	-	+	-	-	-	-
2.	Точність	0	-	-	+	-	-	-	-
3.	Надійність	9	+	-	-	-	-	-	-
4.	Новизна	6	-	-	-	-	+	-	-
5.	Ціна	0	-	+	-	-	-	-	-

Таблиця 1.10. - Аналіз сильних і слабких сторін, можливостей і загроз стартап-проєкту

<u>Сильні сторони:</u>	<u>Слабкі сторони:</u>
------------------------	------------------------

Якість Ціна Новизна	Точність
<u>Можливості:</u> Вартість Заощадження часу на обчислення Збільшення доходу	<u>Загрози:</u> Лояльність клієнтів

Таблиця 1.11. - Варіанти виходу на ринок

№ з/п	Альтернативний план дій для ринкової стратегії	Можливість залучення ресурсів	Терміни виконання
1.	Розширення рекламної кампанії	25%	1-2 місяці
2.	Розробити промоційні кампанії	15%	1-2 місяці
3.	Продовжити період гарантійної підтримки розрахункової програми	25%	2-3 місяці

Таблиця 1.12. - Визначення цільових аудиторій потенційних клієнтів

№ з/п	Характеристика цільової аудиторії потенційних споживачів	Готовність клієнтів прийняти продукт	Приблизний рівень попиту серед цільової аудиторії (сегменту)	Рівень конкурентної напруги в сегменті	Легкість проникнення в сегмент
1.	Усі типи поліграфічних компаній, що спеціалізуються на розрахунках, виробництві та ремонті поліграфічного обладнання	Поліграфічні компанії готові прийняти цей продукт, оскільки він є інноваційною технологією, яка дозволяє економити, не знижуючи якості продукції	Усі поліграфічні компанії	Конкурентам буде цікаво використати запропонований продукт для зниження витрат	Проникнення в сегмент буде простим, адже всі компанії прагнуть знизити витрати та скоротити час на проектування
Обраними цільовими групами є всі види поліграфічних компаній					

Таблиця 1.13. - Формування основної стратегії зростання

№ з/п	Вибраний альтернативний шлях розвитку проєкту	План завоювання ринку	Основні конкурентні переваги згідно з обраною альтернативою	Основна стратегія зростання
1.	Стратегія лідерства по витратах	Селективний розподіл	Застосування запропонованих методик для розрахунків приводу, новаторство розрахункової технології	Стратегія конкуренції з лідером

Таблиця 1.14. - Формулювання основної стратегії конкурентної діяльності

№ з/п	Чи є цей проєкт інноваційним і першим у своєму сегменті ринку	Чи буде компанія фокусуватися на залученні нових клієнтів, або переманювати існуючих клієнтів у конкурентів	Чи буде компанія переймати ключові характеристики продукту конкурента, і які саме	Стратегія дій у конкурентному середовищі
1.	Так	Переманювати клієнтів від існуючих конкурентів	Основні компоненти формули не є запозиченими, а розроблені заново	Агресивна стратегія просування

Таблиця 1.15. - Формулювання стратегії позиціонування

№ з/п	Очікування цільової аудиторії щодо товару	Основна стратегія зростання	Основні конкурентні переваги вашого стартапу	Добір асоціацій для комплексного позиціонування проєкту (три ключових)
-------	---	-----------------------------	--	--

1.	<u>До продукту:</u> <u>Підвищення</u> <u>якості.</u> <u>Зниження</u> <u>вартості.</u> <u>До компанії:</u> <u>Підтримка та</u> <u>обслуговуванн</u> <u>я програми.</u> <u>Надійність.</u>	План розвитку (спочатку стратегія проникнення, далі розширення ринку та прискорене зростання)	Висока якість. Конкурентна ціна	1. Акцент на перевагах технології. 2. Орієнтація на якісні показники. 3. Позиціонування на економії часу під час розрахунків
----	---	---	---------------------------------------	--

Таблиця 1.16. - Окреслення основних переваг концепції потенційного продукту

№ з/п	Потреба	Переваги, які пропонує продукт	Основні переваги у порівнянні з конкурентами (існуючі чи потенційні)
1.	Надійність, висока якість, доступна ціна, легкість у розрахунках	Висока якість, конкурентна ціна, легкість у розрахунках	Висока якість, доступна ціна, легкість у розрахунках

Таблиця 1.17. - Окреслення меж ціноутворення

№ з/п	Вартість замінних товарів	Вартість аналогічних товарів	Фінансовий стан цільової аудиторії	Максимальна та мінімальна межі ціноутворення на продукт/послугу
1.	11 000 – 21 000 гривень	16 000 – 26 000 гривень	4 000 000 гривень на рік	12 000 – 16 000 гривень

Таблиця 1.18. - Розробка мережі дистрибуції

№ з/п	Особливості закупівельної поведінки цільової аудиторії	Обов'язки постачальника в процесі реалізації товару	Протяжність каналу дистрибуції	Найефективніша система дистрибуції
1.	Новатори: менш схильні до ризику та обережні у своїх діях Суперноватори: схильні до ризику та експериментів	Пропонувати продукцію всім поліграфічним компаніям Організовувати рекламні кампанії для товару, включаючи участь у виставках.	Прямий продаж кінцевим покупцям	Розробка індивідуальної стратегії реалізації продукції

Таблиця 1.19. - Розробка стратегії маркетингових комунікацій

№ з/п	Особливості поведінки цільової аудиторії	Комунікаційні канали, які використовує цільова аудиторія	Основні позиції, вибрані для розміщення продукту на ринку	Мета рекламного звернення	Ідея рекламного звернення
1.	Оскільки розрахунки приводів є невід'ємною частиною загальних розрахунків при проектуванні друкарських машин, використання оновлених залежностей, які дозволять зменшити час на розрахунки, повинно	Виставки, спеціалізовані фахові журнали, електронні ресурси, електронні видання, конференції	Висока якість, конкурентна ціна, легкість у розрахунках	Вийти на глобальний ринок зі своїм товаром, пропонувати розрахунки якнайбільшій кількості клієнтів	Втомилися від складних розрахунків? Вибирайте простий метод!

	зацікавити всіх виробників і проектувальників				
--	---	--	--	--	--

Висновки до розділу

У розділі «Стартап-проект» було проведено аналіз першого етапу розробки стартапу, орієнтованого на модернізацію та вдосконалення приводу трафаретної друкарської машини. Основна увага приділялася маркетинговим аспектам, які включають вибір ідей, створення концепції продукту, оцінку потенційних ринкових можливостей та побудову ефективної маркетингової стратегії.

У рамках дослідження було здійснено маркетинговий аналіз стартапу з метою визначення перспектив впровадження модернізованого приводу на ринок. Проаналізовано потреби потенційних споживачів, конкурентне середовище, а також переваги запропонованої технології порівняно з існуючими рішеннями. Було виявлено, що вдосконалена конструкція приводу трафаретної машини має високий потенціал завдяки підвищенню ефективності роботи обладнання, зменшенню енергоспоживання та покращенню якості друку.

Особливу увагу приділено розробці маркетингової стратегії, яка включає позиціонування продукту на ринку, визначення цільової аудиторії та каналів просування. Визначено ключові напрями реалізації проекту, що охоплюють інтеграцію вдосконаленого приводу на підприємства поліграфічної галузі, а також можливість подальшої модернізації обладнання для збільшення конкурентоспроможності.

Таким чином, на основі проведених досліджень було підтверджено доцільність впровадження стартап-проекту, орієнтованого на модернізацію приводу трафаретної друкарської машини. Запропоновані рішення відкривають нові можливості для виходу на ринок інноваційних продуктів, що відповідають сучасним потребам поліграфічної індустрії, та створюють перспективи для розвитку підприємницької діяльності.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі було проведено комплексне дослідження механізмів приводу ракеля трафаретних друкарських машин, запропоновано та проаналізовано нову конструкцію друкарського модуля, а також обґрунтовано можливість його впровадження в рамках стартап-проекту.

Аналіз механізмів, які використовуються для приводу ракеля трафаретних машин, було проведено детальний огляд існуючих технологій і механізмів, що використовуються в трафаретному друці. Визначено основні переваги та недоліки конструкцій приводу ракеля, які застосовуються в сучасних трафаретних машинах. Проведено аналіз їх ефективності, продуктивності та технічного потенціалу для подальшого вдосконалення.

Опис запропонованого друкарського модуля та аналіз його параметрів представлено модернізовану конструкцію друкарського модуля трафаретної машини. Розроблено кінематичну схему модуля та циклограму його роботи, що дозволило оптимізувати процеси друку. Виконано вибір раціональних розмірів ланок механізму з урахуванням навантажень і кінематичних характеристик, що підвищує точність і надійність роботи приводу ракеля.

Проведення дослідження механізму приводу друкарського модуля» розроблено методики розрахунку навантажень у друкарському модулі, а також проведено кінематичний та динамічний аналіз механізмів приводу. Виконано розрахунки навантажень на головному валу привода, а також досліджено роботу кулачкового та кривошипно-повзунного механізмів. Проведено аналіз крутного моменту на головному валу для різних режимів роботи друкарського модуля, що підтвердило ефективність модернізованої конструкції.

У четвертому розділі зосереджено увагу на маркетингових аспектах впровадження запропонованого технічного рішення на ринок. Виконано аналіз потенційних ринкових можливостей, визначено цільову аудиторію та конкурентні переваги запропонованої конструкції. Розроблено стратегію виходу стартапу на ринок із модернізованим приводом трафаретної машини,

що дозволяє підвищити конкурентоспроможність продукту та забезпечити його ефективну комерціалізацію.

Загалом, у ході виконання магістерської дисертації досягнуто основної мети дослідження — модернізовано конструкцію приводу друкарського модуля трафаретної машини, обґрунтовано її переваги на основі розрахунків та досліджень, а також запропоновано напрямки реалізації у вигляді стартап-проекту. Впровадження отриманих результатів дозволить підвищити продуктивність, зменшити енерговитрати та забезпечити високу якість трафаретного друку, що відповідає сучасним вимогам поліграфічної галузі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гриценко Д. С., Приверт Б. Г. Друкарський пристрій трафаретної машини. Патент на корисну модель МПК (2006) F16H 25/00. Заявка u202305913 від 7.12.2023.
2. Машини трафаретного друку: навчальний посібник для спеціальності 0515 «Поліграфічні машини» / А.А. Тюрін, М.Х. Штекельберг, 1977. – 39 с.
3. Пат. 145917 України, МПК В41F 15/02 (2006.01). Ручний трафаретний друкарський пристрій / Б.В. Приберега, С.В. Смутко, М.Є. Скиба. – № u 2020 05533; заявл. 26.08.2020; опубл. 06.01.2021, Бюл. №1. – 4 с.
4. Петрук А.І. Класифікація сучасного тамподрукарського обладнання / А.І. Петрук, Д.С. Гриценко, О.А. Петрук // Друкарство. – К., 2006. – №4. – С. 35-37.
5. Ввід і вивід зображень в комп'ютерних видавничих системах / М. В. Шовгенюк, В. Є. Білорус, І. З. Миклушка, В. О. Дудяк. — Львів: УАД, 1998. — 144 с.
6. Гавенко С. П., Мельников О. С. Оцінка якості поліграфічної продукції: Навч. посібник / Під ред. Е. Т. Лазаренка. — Львів: Афіша, 2000. — 118 с.
7. Жиდეцький Ю. П. Палітурні матеріали / Ін-т педагогіки, психології проф. освіти АПН України. — Львів: РВО “Основа”, 1997. — 65 с.
8. Рак Ю. П. Малі друкарські системи: прогнозування, аналіз, синтез. — К.: Наукова думка, 1999. — 256 с.
9. Сава В. І. Основи техніки творення книги: Навч. посібник. — Л.: Каменяр, 2000. — 136 с.: табл., рис.
10. Тимошик М. С. Видавнича справа та редагування: Курс лекцій. У 2-х частинах. Ч. 1. / Київ. нац. ун-т ім. Тараса Шевченка. — К., 2002.
11. Ткачук М. П. Трафаретний друк. — : Хагар, 2000.
12. Ярема С. М. Флексографія: Обладнання. Технологія: Навч. Посібник. — К.: Либідь, 1998. — 312 с.

13. Майк В. З. Тиснення: технології, матеріали, устаткування / Під ред. д.т.н., проф. Е. Т.Лазаренка. — Львів: “Мета”, 1998. — 174 с.
14. Мельничук С. І., Ярема С. М. Офсетний друк: Навчальний посібник: у 2-х кн. Кн. 1.: Технологія та обладнання додрукарських процесів. — К.: УкрНДІСВД—Ха Гар, 2000. — 467 с.
15. Поліграфічні матеріали. Підручник / Жидецький Ю. Ц., Лазаренко О. В., Лотошинська Н. Д. та ін. / За заг. ред. докт. техн. н., проф. Е. Т. Лазаренка. — Л.: Афіша, 2001. — 328 с.
16. Сайт компанії THIEME [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.thieme-products.com/en-de/printing-systems>
17. Сайт компанії SPS [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.sps-technoscreen.com/>
18. Сайт компанії M&R KRUZER [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.mrprint.com/>
19. Сайт компанії MHM [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.mhmscreenprinting.com/global/>
20. Сайт компанії SAKURAI [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.sakurai.com/>
21. Кірієнко О.А., Гузенко Ю.М. Теорія механізмів і машин. Деталі машин. Розрахунки механічних передач/ Навчальний посібник. — Київ: Київський політехнічний інститут, 2016. — 188 с.: іл.
22. Миронюк Л.В. (уклад.) Навчальний російсько-український словник машинобудівної термінологіки для студентів денної та заочної форм навчання/ Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. — 42 с.
23. Кіницький Я.Т. Теорія механізмів і машин/ Довідник. — вид. 3-тє, випр. і доп. — Хмельницький : Хмельницький національний університет, 2013. — 59 с.
24. Helmut Kipphan Handbook of Print Media: Technologies and Production Methods/ Springer Science & Business Media, 2001

25. Ткаченко В. П., Манаков В. П., Шевчук А. В. Оперативні види друку./ Харків, ХНУРЕ, 2005. – 336 с.
26. Стрелец В.В. Деталі машин і основи конструювання/ Конспект лекцій. — Суми: Сумський державний університет, 2022. — 150 с.
27. Пустюльга С.І., Самостян В.Р. Машинобудівне креслення/ Навчальний посібник. — Луцький НТУ. — Луцьк: Вежа-Друк, 2015. — 275 с.
28. Друкарське устаткування фірми CCD [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.lenstar.com.tw/PCB-print-machine.html>
29. Акимов О. О., Буленок Г. О., Власенко О. В. Дослідження впливу параметрів веретена та намотувального механізму крутильного модулю машини КОЭ - 315 ІКМ на їхні динамічні характеристики : thesis. 2015. URL: <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/39807> (дата звернення: 17.12.2024).
30. Аналіз відповідності фахових видань, що входять до науко-метричних баз даних, предметній області спеціальності 186 Видавництво та поліграфія / Т. Ю. Киричок та ін. *Технологія і техніка друкарства*. 2021. № 1(71). С. 4–26. URL: [https://doi.org/10.20535/2077-7264.1\(71\).2021.239073](https://doi.org/10.20535/2077-7264.1(71).2021.239073) (дата звернення: 17.12.2024).
31. Umerova S. O., Dulina I. O., Rahulia A. V. ТРАФАРЕТНИЙ ДРУК ПАСТ НА ОСНОВІ НАНОПОРОШКУ BaTiO₃. *Кераміка: наука і життя*. 2016. № 2(31). С. 31. URL: <https://doi.org/10.26909/csl.2.2016.3> (дата звернення: 17.12.2024).
32. Vernyhora S. SHPAK V. I. PRINTING INDUSTRY: EDITOR'S BOOK: TEXTBOOK. CONTENT INDEX. *Integrated communications*. 2018. No. 4. URL: <https://doi.org/10.28925/2524-2644.2018.4.12> (date of access: 17.12.2024).
33. Сучасний стан технологій друкування в Україні / К. І. Савченко та ін. *Технологія і техніка друкарства*. 2011. № 2(32). С. 21–27. URL: [https://doi.org/10.20535/2077-7264.2\(32\).2011.52761](https://doi.org/10.20535/2077-7264.2(32).2011.52761) (дата звернення: 17.12.2024).

34. Кушлик Б. Р. Удосконалення технології друкування малотиражної продукції плоским офсетним друком : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Київ, 2014. 20 с.
35. Гавенко С. Ф., Бернацек В. В., Лабецька М. Т. Дослідження впливу технологічних режимів друкування на якість офсетних відбитків. *Технологія і техніка друкарства*. 2020. № 3(69). С. 16–24. URL: [https://doi.org/10.20535/2077-7264.3\(69\).2020.208871](https://doi.org/10.20535/2077-7264.3(69).2020.208871) (дата звернення: 17.12.2024).
36. Бенеш Р. В. Автоматизований аналіз критеріїв якості відбитків для удосконалення технології друкування : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Львів, 2006. 20 с.
37. Коротка В. О. Удосконалення технології трафаретного друкування на пакуваннях з оксо-біорозкладальних плівкових матеріалів : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Львів, 2015. 23 с.
38. A semantic network and a model of factors of book printing process / I. V. Pikh et al. *Scientific Papers (Ukrainian Academy of Printing)*. 2018. Vol. 2, no. 57. P. 36–42. URL: <https://doi.org/10.32403/1998-6912-2018-2-57-36-42> (date of access: 17.12.2024).
39. A UNIVERSAL TECHNOLOGICAL SET OF SMALL-SIZED EQUIPMENT FOR PERFORMING A FULL-FLEDGED 3D PRINTING OF CONSTRUCTION OBJECTS / I. A. Emeljanova et al. *Scientific Bulletin of Civil Engineering*. 2018. Vol. 91, no. 1. P. 233–238. URL: <https://doi.org/10.29295/2311-7257-2018-91-1-233-238> (date of access: 17.12.2024).
40. Research of graduation characteristics of packaging printing for food industry / S. Havenko et al. *Book Qualilogy*. 2019. Vol. 2, no. 36. P. 58–67. URL: <https://doi.org/10.32403/2411-3611-2019-2-36-58-67> (date of access: 17.12.2024).
41. ВПЛИВ ПОДАТЛИВОСТІ ЛАНОК НА ККД МЕХАНІЗМІВ І МАШИН / М. ПОДРИГАЛО та ін. *СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В*

МАШИНОБУДУВАННІ ТА ТРАНСПОРТІ. 2019. Т. 1, № 12. С. 113–120.

URL: <https://doi.org/10.36910/automash.v1i12.57> (дата звернення:
17.12.2024).

ДОДАТКИ

УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 156661

ДРУКАРСЬКИЙ ПРИСТРІЙ ТРАФАРЕТНОЇ МАШИНИ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі України корисних моделей
24.07.2024.

Директор
Державної організації «Український
національний офіс інтелектуальної
власності та інновацій»

О.П. Орлюк



(11) 156661

(19) UA

(51) МПК (2024.01)
B41F 15/00
B41F 15/14 (2006.01)

(21) Номер заявки:	u 2023 05913	(72) Винахідники: Гриценко Дмитро Сергійович, UA, Приверт Богдан Гурбанович, UA
(22) Дата подання заявки:	07.12.2023	
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності:	25.07.2024	
(46) Дата публікації відомостей про державну реєстрацію та номер Бюлетеня:	24.07.2024, Бюл. № 30	(73) Володілець: НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО", просп. Берестейський, 37, м. Київ, 03056, UA

(54) Назва корисної моделі:
ДРУКАРСЬКИЙ ПРИСТРІЙ ТРАФАРЕТНОЇ МАШИНИ

(57) Формула корисної моделі:

Друкарський пристрій трафаретної машини, що містить нерухому раму, на якій закріплено опорну поверхню, та рухому раму із закріпленою на ній друкарською формою, виконані з можливістю регулювання технологічно необхідного зазору між ними, який відрізняється тим, що на рухомій рамі встановлено приводний вал, який виконаний з можливістю обертання за допомогою двигуна, на якому закріплено кулачок, що взаємодіє з роликом, який встановлений з одного боку на чотириланковому механізмі, встановленому на нерухомій рамі, а з іншого боку чотириланкового механізму встановлено опору рухомої рами, причому за допомогою гвинта є можливість регулювати висоту чотириланкового механізму, що приводить до зміни технологічно необхідного зазору між друкарською формою та друкарською поверхнею, а на приводний вал з кулачком також закріплено кривошипно-повзунний механізм, на повзуні якого встановлено кулісний друкарський ракельний пристрій.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
Державна організація
«Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій»
(УКРНОІВІ)

Цей паперовий документ ідентичний за документарною інформацією та реквізитами електронному документу з електронним підписом уповноваженої особи Державної організації «Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій».

Паперовий документ містить 2 арк., які пронумеровані та прошиті металевими люверсами.

Для доступу до електронного примірника цього документа з ідентифікатором 1340240724 необхідно:

1. Перейти за посиланням <https://sis.nipo.gov.ua>.
2. Обрати пункт меню Сервіси – Отримати оригінал документу.
3. Вказати ідентифікатор електронного примірника цього документа та натиснути «Завантажити».

Уповноважена особа УКРНОІВІ



I.E. Матусевич

24.07.2024