

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

Розробка конструкції бавовнопрядильної машини для текстильної промисловості

Назва теми

Галузь знань 13 «Механіка інженерія»

Шифр, назва

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Шифр, назва

Освітня програма «Машини і апарати легкої промисловості»

Шифр МРМА 23.00.00.000 ПЗ

Виконав студент 2 курсу
група МБм-22-1


Підпис

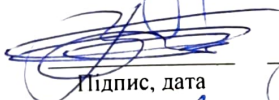
Гопало Д.О.
Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

доц. Майдан П.С.
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер


Підпис, дата

доц. Тимошук О.Т.
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри МАЕЕС


Підпис, дата

проф. Поліщук О.С.
Ініціали, прізвище

22 12 2023 р.

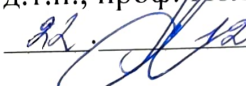
Хмельницький 2023

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту і архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем
Освітній рівень магістр
Галузь знань 13 «Механіка інженерія»
Шифр і назва
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
Шифр і назва
Освітня програма «Машини і апарати легкої промисловості»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС
д.т.н., проф. Цюлішук О.С.

 2023р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Гопало Дмитро Олегович
Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Розробка конструкції бавовнопрядильної машини для текстильної промисловості

керівник роботи к.т.н., доц. Майдан П.С.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 15 08 2023 р. № 30

2. Строк подання студентом роботи на кафедру _____

3. Вихідні дані до роботи механічні характеристики обладнання та матеріалів.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Огляд та аналіз існуючих технологічних та технічних рішень з тематики магістерської роботи. 2. Моделювання конструкції бавовнопрядильної машини для текстильної промисловості. 3. Проектування конструкції бавовнопрядильної машини для текстильної промисловості. 4. Висновки. Перелік джерел посилання.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) Аркуші 1 та 2. Конструкції бавовнопрядильних машин. Документ оглядовий (A1). Аркуш 3. Технологічний процес виконання скручування нитки. Документ технологічний (A1). Аркуш 4. Моделювання конструкції бавовнопрядильної машини. Документ дослідницький (A1). Аркуш 5. Проект конструкції бавовнопрядильної машини. Документ ілюстраційний (A1). Аркуш 6. Проектування прядильної частини БПМ. Документ ілюстраційний (A1). Аркуш 7. Проектування системи натягу нитки БПМ. Документ ілюстраційний. (A1). Аркуш 8. Приклад розташування БПМ. Документ ілюстраційний. (A1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Огляд та аналіз існуючих технічних та технологічних рішень з тематики магістерської роботи	до 30.10.22р.	
2. Моделювання конструкції бавовнопрядильної машини для текстильної промисловості	до 10.11.22р.	
3. Проектування конструкції бавовнопрядильної машини для текстильної промисловості	до 20.11.22р.	
4. Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу	до 12.12.22р.	

Студент



Підпис

Д.О. Гопало

Ініціали, прізвище

Керівник роботи



Підпис

П.С. Майдан

Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

до магістерської роботи студента
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування».

1. Прізвище, ім'я та по батькові

Гонало Дмитро Олегович

2. Тема магістерської роботи Розробка конструкції бавовнопрядильної машини для текстильної промисловості

3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента Видіровська О.М.
к.т.н., доцент кафедри ТХСШВ

4. Об'єм магістерської роботи: креслень 8 арк., сторінок записки 87

5. Кваліфікаційна робота зосереджена на проєктуванні бавовнопрядильної машини. Крім цього у кваліфікаційній роботі розглядаються теоретичні основи та розвиток прядіння; вивчаються різні характеристики пряжі та пояснюються системи прядіння з їх економічними діапазонами. На етапі планування конструкції порівнюються і підбираються необхідні механізми та компоненти належним чином. На основі такого вибору вибирається конструкція прядильної машини, яка може прясти бавовну в пряжу, подібну до пряжі ручного прядіння. Мета кваліфікаційної роботи - розробка інноваційної бавовнопрядильної машини з моторним приводом для малих та середніх підприємств текстильної промисловості. Конструкція БПМ повинна включати в себе передачу потужності, систему прядіння, систему витягування стрічкової бавовни та опорні конструкції. В першому розділі описано проблематику технологічного процесу прядіння та існуючі конструкції і методи прядіння, виконано постановка завдання на кваліфікаційну роботу. В другому розділі виконано моделювання конструкції бавовнопрядильної машини для текстильної промисловості/ Проведено проєктування конструкції та проєктування концепції конструкції бавовнопрядильної машини для текстильної промисловості. В третьому розділі розроблено архітектуру конструкції бавовнопрядильної машини, визначено необхідні розміри, виконано аналітичні розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції бавовнопрядильної машини.

Підпис студента

"22" 12 2023 р.

РІШЕННЯ ЕК:

Протокол 1 від "26" 12 2023 р.

Оцінка проєкту ЕК добре 4,0/5

Рекомендації ЕК _____



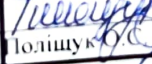


Особливі відмітки _____

Технічний секретар

"26" 12 2023 р.

ЗМІСТ

	с.
Вступ	5
1 Огляд та аналіз існуючих технічних та технологічних рішень	6
1.1 Проблематика технологічного процесу прядіння	6
1.2 Огляд та аналіз літературних джерел	9
1.3 Постановка завдання на кваліфікаційну роботу	19
Висновки до розділу	19
2 Моделювання конструкції бавовнопрядильної машини для текстильної промисловості	20
2.1 Технологічні характеристики пряжі	21
2.2 Вибір системи прядіння для проекту бавовнопрядильної машини	23
2.3 Моделювання конструкції бавовнопрядильної машини для текстильної промисловості	41
2.4 Моделювання концепції конструкції бавовнопрядильної машини	43
Висновки до розділу	57
3 Проектування конструкції бавовнопрядильної машини для текстильної промисловості	58
3.1 Розроблення архітектури конструкції бавовнопрядильної машини	58
3.2 Розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції	69
Висновки до розділу	82
Загальні висновки	83
Перелік джерел посилань	84
Додатки	87

МРМА 23.00.00.000 ПЗ					
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	
Виконав		Гопало Д.			
Перевір.		Майдан П.С.			
Н.контр.					
Затвер.		Поліщук С.С.			
Розробка конструкції бавовнопрядильної машини для текстильної промисловості			Літера	Аркуш	Аркушів
			М	4	87
			ХНУ гр. МБм-22-1		

ВСТУП

Мікро- та малі підприємства (ММП) широко впроваджуються та розвиваються в усіх галузях нашої країни. Відомо, що одним з основних секторів, в якому задіяні ММП, є текстильний сектор, в якому досить широко застосовуються бавовнопрядильні машини, більшість з яких є дерев'яними верстатами для прядіння бавовни. Так верстати прядуть лише на одному приймальному валу із запасу бавовни і споживають велику кількість людино-годин, щоб отримати необхідну кількість пряжі. Але прядіння бавовни є однією з основних операцій з виробництва одягу ММП. Тому важливо вдосконалити систему прядіння, яка може бути використана на малих та середніх промислових підприємствах країни [1-4].

Базуючись на цьому, дана кваліфікаційна робота зосереджена на проектуванні бавовнопрядильної машини. Крім цього у кваліфікаційній роботі розглядаються теоретичні основи та розвиток прядіння; вивчаються різні характеристики пряжі та пояснюються системи прядіння з їх економічними діапазонами. На етапі планування конструкції порівнюються і правильно підбираються необхідні механізми та компоненти належним чином. На основі такого вибору вибирається конструкція прядильної машини, яка може прясти бавовну в пряжу, подібну до пряжі ручного прядіння. Машина буде працювати за допомогою електродвигуна; бобіни будуть подаватись до машини вручну.

Результати розробки були представлені та високо оцінені на науковій студентській конференції кафедри машин та апаратів, електромеханічних та енергетичних систем у 2023 році. На основі них було підготовлено тези у Збірник наукових праць «Технічна творчість» №7, 2023р. (див. додаток А).

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ

1.1 Проблематика технологічного процесу прядіння

В сучасних умовах країна живе із можливими відключеннями світла з'явилась ідея розробити просту ручну/моторну намотувальну машину, яка може бути використуватись на ММП, особливо в текстильному секторі. Функція даної намотувальної машини буде полягати в намотуванні волокна із більшою швидкістю та кількістю, беручи до уваги певні конструктивні особливості, щоб задовольнити попит клієнтів.

Загально відомо, що галузі промисловості класифікуються на мікро- та малі, середні та високотехнологічні, виходячи з їхнього капіталу, виробничих потужностей та технологій [5, 6].

Відомо, що ММП - підприємства, які перебувають у приватній власності та управляються приватними особами, з невеликою кількістю працівників (від 6 до 30) та відносно низьким обсягом продажу. Малі підприємства, як правило, є приватними корпораціями, партнерствами або одноосібними власниками. Кількість ММП переходить до рівня середніх, включаючи текстильні галузі.

Промисловість середнього масштабу - як правило, з кількістю працівників від 10 до 100 осіб. У них працює більше людей, ніж у великих компаніях, і вони, як правило, мають менш формальну структуру [5, 6].

З точки зору продуктивності, високі врожаї бавовни отримують в районах, що знаходяться на висоті до 1000 метрів над рівнем моря. Деякі країни мають величезний потенціал для виробництва бавовни, наприклад, Ефіопія наразі виробляє лише близько 77 - 84 тис. т. бавовни-сирцю/насіння щорічно із загальною площею до 42 тис. га. Бавовна та продукти її переробки зараз є основними товарними культурами в Ефіопії.

Тому існують значні можливості для працевлаштування на фермах, на

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

текстильних фабриках і в прядильних цехах. Але все ж таки вигода, яку отримують від бавовни та продуктів її переробки, є найменшою; потрібно більше працювати над виробництвом бавовни та розвитком текстильної промисловості від ММП до більш високих рівнів [1-4].

Розвиток ММП у всіх секторах є важливим для зростання країн, що розвиваються. Так як ми відносимось до однієї з країн, що розвиваються, необхідно приділяти належну увагу розвитку ММП, оскільки вони роблять значний внесок у розвиток країни в основному забезпечуючи можливість працевлаштування для всіх, хто займається цією справою, отримуючи потужну підтримку з боку урядових та неурядових організацій. Зараз ММП відіграють значну роль у зниженні рівня безробіття від як у міських, так і в сільських районах.

Відомо, що одним з основних секторів, в якому задіяні ММП, є текстильний сектор і відомо, що найбільш широко використовувани бавовнопрядильні машини, які використовуються для перетворення бавовни на пряжу, яка в подальшому буде використовуватись ткачами та в побуті, зроблена із дерева. Технологічний процес прядіння відбувається лише на одному приймальному валу з бавовни і споживає велику кількість людино-годин, щоб отримати достатню кількість пряжі.

Також, якщо розглянути існуючі конструкції звичайних мотальних машин, що використовуються ткачами, то побачимо, що вони зроблені з дерева. Розуміючи це, постало завдання в розробці конструкції мотальної машини для намотування пряжі, яка може виконувати процес намотування до сотні веретен одночасно.

Як правило, у процесі виробництва текстилю присутні багато етапів, і обов'язки людини-оператору залежать від виду продукції та типу використовуваного обладнання. Технологічний процес починається з підготовки синтетичних або натуральних волокон до прядіння. Волокна очищаються і вирівнюються за допомогою процесів, які називаються кардочесання та

									Арк.
									7
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	МРМА 23.00.00.000 ПЗ				

гребенечесання. Щоб виконати підготовку волокон до технологічного процесу прядіння, дуже короткі волокна та сторонні домішки видаляються, і волокна втягуються в речовину, яка називається стрічка. Під час виконання даного процесу різні типи волокон можуть комбінуватися, щоб надати виробам бажаної текстури, міцності або інших необхідних характеристик. На цьому етапі людина-оператор постійно контролює обладнання, перевіряючи рух волокна, знімаючи і замінюючи тази із стрічкою, усуваючи розриви стрічки та виконують дрібний ремонт обладнання. Потім повні тази стрічки потрапляють на прядильну дільницю, де їх витягують та скручують на бобіни для виробництва пряжі, вироблена пряжа, в свою чергу, буде намотуватись на веретено.

Готову пряжу, намотану на веретено, приймають для ткацтва, в'язання, ворсування або склеювання за допомогою тепла або хімічних речовин. Кожен з цих процесів створює різний тип текстильного продукту і вимагає різного типу обладнання. Ткані тканини виготовляються за допомогою ткацьких верстатів, які переплітають пряжу [1-4].

Трикотажні вироби, наприклад, шкарпетки чи жіночі панчішно-шкарпеткові вироби, виготовляються шляхом переплетення петель пряжі. Килимові покриття виготовляються шляхом ворсування, в якому петлі пряжі проштовхуються через матеріал основи. Хоча дані процеси зараз високо автоматизовані, такі концепції використовувалися протягом багатьох століть для виробництва текстильних виробів. Після того, як пряжа була сплетена, в'язана або тафтингована, отримана тканина готова до фарбування та оздоблення.

Постановка проблеми

Бавовняне та текстильне виробництво є однією з базисних основ розвитку країн, що розвиваються. Наша країна має великий потенціал для виробництва бавовни, що може створити багато робочих місць. Щоб досягти максимальної вигоди від виробництва бавовни та текстилю, очевидно, що необхідно розширювати та збільшувати кількість та якість бавовняної та текстильної продукції. Щоб збільшити і розширити такі продукти, ми повинні мати

					<i>MPMA 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		8

можливість переміщувати та використовувати необхідну кількість робочої сили за технологічної підтримки чи, навіть, впровадження відповідних технологій шляхом створення ММП та середніх підприємств, особливо в тих регіонах, де є велика кількість робочої сили. Зрозуміло, що для цього потрібні відповідні технологічні машини. Дві основні операції текстильного виробництва є прядіння бавовни та намотування пряжі [1-4].

Якщо розглядати різні машини і механізми, включаючи прядильну фазу, в різних текстильних секторах ММП, навіть тих, що розвинулися до середнього рівня, вони є трудомісткими та менш продуктивними.

З цього випливає важливість розробки конструкції ефективної прядильної машини середнього масштабу в експлуатації, продуктивності, якості продукції та економії робочої сили.

Для того, щоб виконати роботу та вирішити поставлені завдання необхідно дослідити технологічні параметри механізмів і матеріалів, що пов'язані з прядильними та мотальними машинами. Потім настане етап проектування, виробництва та випробування розробленої конструкції.

1.2 Огляд та аналіз літературних джерел

Загально відомо, що термін «текстиль» - це латинське слово, яке походить від слова «texere», що означає «ткати». Спочатку текстилем називали ткану тканину, але згодом термін «текстиль», а також множині «текстиль» означає волокна, нитки та пряжу [4, 7, 8].

Термін «текстильні машини» відносять до всіх машин, що використовуються на різних етапах виготовлення текстильних виробів у текстильній промисловості. Текстильні машини мають досить широкий спектр використання на різних етапах виробництва готової продукції.

Історія розвитку текстильного машинобудування

Текстильна промисловість, її розвиток та прогрес є невід'ємною частиною

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

історії самого текстильного машинобудування. З моменту зародження цивілізації одяг був однією з першочергових потреб людини. Це призвело до прядіння волокон у пряжу та ткацтва тканин, що в свою чергу призвело до розитку нових технологій для текстильної промисловості. Першою текстильною машиною, що використовувалася, було прядильне колесо. Вперше вона з'явилася в Індії, а потім у 14 столітті потрапила до Європи [4, 7, 8].

До 17 століття виготовлення готових товарів здійснювалося в обмежених масштабах окремими працівниками. Зазвичай це відбувалося у власних приміщеннях (наприклад, у котеджах ткачів). На початку 18 століття ремісники почали винаходити способи підвищення продуктивності. Шовк, вовна, фустіан були витіснені бавовною, яка ставала найважливішим текстильним матеріалом. Це все заклало підґрунтя для змін. Історики сходяться на думці, що промислова революція була однією з найважливіших подій в історії [4, 7, 8].

В свою чергу, промислова революція змінила природу праці та всього суспільства. Думки щодо точної дати різняться, але вважається, що Перша промислова революція відбулася між 1750 та 1850 рр, а друга фаза або Друга промислова революція - між 1860 та 1900 рр. Трьома ключовими рушійними силами цих змін були текстильне виробництво, виплавка чавуну та створення парова енергетика.

Текстильна промисловість має декілька базових використань для намотувальних машин. Найпоширенішим є намотування ниток, яке може включати в себе намотування нитки на кардочесальну машину, бобіну або катушку [4, 8]. Інші матеріали, що використовуються, потребують намотувальних машин, наприклад, стрічки, пряжа та шнури. Іноді компанії поєднують намотувальну машину з іншою машиною, наприклад, твістером, щоб намотувати на катушку такий готовий продукт, як мотузка [4, 7, 8].

Ручне прядіння

Прядіння - це стародавнє текстильне мистецтво, в якому рослинні, тваринні або синтетичні волокна скручуються разом, утворюючи пряжу.

									Арк.
									10
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

МРМА 23.00.00.000 ПЗ

Тисячоліттями волокно прядли вручну за допомогою простих інструментів - веретена та дстафа. Лише у Високому Середньовіччі прядильне колесо збільшило продуктивність індивідуальних прядильниць, а масове виробництво було створене тільки у 18 столітті з початком промислової революції. Ручне прядіння залишається досить популярним ремеслом [4, 7, 8].

У найпримітивнішому виді прядіння частини шерсті тварин або рослинного волокна скочуються вниз стегном за допомогою руки, і за потреби додаються додаткові пучки, поки не буде досягнута бажана довжина пряденого волокна. Потім волокно закріплюють на камені, який крутять по колу, доки пряжа не буде достатньо скручена, після чого її намотують на камінь, і технологічний процес повторюється знову і знову.

Наступний спосіб скручування пряжі - за допомогою використання веретена, або прямої палиці довжиною від 8 до 12 дюймів завдовжки, на яку виконується процес намотування нитки після скручування. Спочатку палиця мала щілину або розщеплення у своїй верхній частині, в якому закріплювалася нитка. Пізніше до верхнього кінця палиці був доданий кістяний гачок. Пучок вовни або рослинних волокон тримають у лівій руці. Правою рукою волокна витягують назовні на кілька сантиметрів, а кінець надійно закріплювали в прорізі або гачку на верхівці палиці веретена. А тоді веретено обертається на стегні або будь-якій іншій зручній частині тіла. Потім веретено опускається, закручуючи пряжу, яка намотується на верхню частину веретена.

Витягується ще один пучок волокон, веретено знову крутиться, і пряжа намотується на веретено, і так далі [4, 7, 8].

Веретено, що містить певну кількість пряжі, обертається легше, стабільніше та довше ніж порожнє; отже, наступним удосконаленням було додавання вантажу, який називався шпинделем на нижній частині веретена. Такі конструкції веретена - це диски з дерева, каменю, глини або металу з отвором у центрі, які утримували веретено в стійкому положенні та сприяли його обертанню (рис. 1.1).

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		11



Рисунок 1.1 - Сучасні шпинделі з верхньою спіральною муфтою

У середньовічні часи бідні сім'ї мали таку потребу в домотканій пряжі для виготовлення власної тканини та одягу, що всі дівчата та незаміжні жінки були зайняті прядінням, а пряля стала синонімом незаміжньої жінки. Подальші вдосконалення веретена, а потім і механічні методи обробки пряжі робили ручне прядіння все більш економічно не вигідним, але навіть у минулому столітті ручне прядіння залишалося широко розповсюдженим у бідних країнах [4, 7, 8].

Прядильне колесо - це пристрій для прядіння ниток або пряжі із натуральних або синтетичних волокон [4, 7, 8]. Прядильні колеса були створені в Азії, ймовірно, в 11 столітті, поступово витіснили ручне прядіння на веретено та дистаф.

Прядильне колесо прийшло на зміну попередньому методу ручного прядіння за допомогою використання веретена. Першим етапом механізації такого процесу було встановлення веретена горизонтально, щоб його можна було обертати за допомогою шнура, що оточував велике колесо з ручним приводом. Велике колесо є прикладом такого типу, де волокно тримають у лівій руці, а правою повільно обертають колесо. Тримаючи волокно під невеликим кутом до веретена, створювалося необхідне скручування нитки. Потім пряжу

намотували на веретено, переміщуючи її так, щоб вона утворювала з веретеном кут в 90°. Такий тип прядильного колеса, хоча відомий у Європі ще в 14 столітті, не був широко розповсюджений до пізніших часів. Зрештою, його використовували для прядіння різноманітної пряжі аж до початку 19 століття і механізації процесу прядіння [4, 7, 8].

Загалом, технологія прядіння була відома задовго до того, як була прийнята більшістю людей, що ускладнює встановлення точних дат удосконалень. Вважається, що у 1533 році житель Брауншвейга додав каретку, за допомогою якого прядильниця могла обертати веретено однією ногою, а дві руки залишалися вільним.

Існують різні типи ручних прядильних колес із ручним приводом. Ручні прядильні колеса із ручним приводом приводяться в дію, коли прядильниця обертає кривошип маховика рукою, а не натискає на педалі або використовує механічний механізм руху.

Наприклад, чарха, або невелике портативне колесо з ручним приводом, ідеально підходить для прядіння бавовни та інших тонких, короткоштапельних волокон, хоча її можна використовувати і для прядіння інших волокон [4, 7, 8].

Так зване «Велике колесо» було одним із раних прототипів прядильного колеса. Волокно тримали лівою рукою, а правою повільно обертали прядильне колесо. Таким чином, таке колесо добре підходить для використання техніки довгого прядіння, яка вимагає лише однієї активної руки більшу частину часу, звільняючи другу руку для обертання колеса.

«Велике колесо» зазвичай використовується для прядіння вовни, і його можна використовувати тільки із волокнистою сировиною, придатною для прядіння з довгою витяжкою [4, 7, 8].

Наступний етап розвитку, колесо із педаллю - такий тип колеса приводиться в рух ногою прядильника, а не рукою або двигуном. Прядильниця сидить і натискає на педаль, яка обертає привідне колесо через колінчастий вал і шатун [4, 7, 8].

					<i>MPMA 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		13

Це залишає обидві руки вільними для витягування волокон, що необхідно при короткому витяганні, тобто техніці прядіння, яка часто використовується на даному типі веретен. Старомодний загострений дистафетний шпindel не є поширеною особливістю пневмомеханічних веретен. Натомість, більшість сучасних коліс використовують система маховик зі шпулею, яка одночасно скручує пряжу та виконує намотування на бобіну. Такі колеса можуть бути одно- або двопрофільними, що є питанням уподобань і не впливає на загальну роботу прядильного колеса.

Колесо із подвійним приводом названо так завдяки приводній стрічці, яка двічі обертається навколо прядильного колеса (рис. 1.2). Привідна стрічка обертає флайер, який являє собою дерев'яний шматок у формі підкови що оточує шпульку, а також саму шпульку. Таким чином, і маховик, і веретено обертаються, щоб скрутити і намотати пряжу на шпульку [7].



Рисунок 1.2 – Загальний вигляд подвійного ведучого колеса

Одинарне привідне колесо має одну привідну стрічку, яка обертається навколо маховика і шпульки. Більшість приводних стрічок для однопривідних коліс виготовлялись зі синтетичного шнура, який еластичний і не проковзує по колесу.

Поки прядильне колесо виробляє нову пряжу, веретено і мушля обертаються в унісон, але коли прядильниця хоче намотати пряжу на веретено, шпуля або маховик сповільнюються, і таким чином пряжа намотується далі. Одна частина сповільнюється через гальмівну стрічку, яка намотується на цей

елемент. Чим тугіше зтягнута гальмівна стрічка, тим сильніше натягується пряжа, тому що чим більше тертя доводиться долати веретену, щоб обертатися синхронно з маховиком [4, 7, 8].

«Spinning Jenny» - це багатошпульна спінінгова рама. Вона була створена в 1764 році Джеймсом Харгрівзом у Стенхіллі, Освальдтвістлі та Ланкаширі в Англії. Розроблена конструкція зменшила кількість роботи, необхідної для виробництва пряжі, оскільки працівник міг працювати з вісьмома або більше котушками одночасно. З розвитком технологій кількість котушок зросла до 120.

Прядильна машина «Spinning Jenny» мала успіх тому, що вона вміщувала більше одного клубка пряжі, що дозволяло виробляти більше пряжі за короткий проміжок часу і знижуючи загальні витрати. Прядильна машина «Spinning Jenny» не була б такого успіху, якби не був винайдений і встановлений на текстильних фабриках так званий, літаючий човник. Його успіх був обмежений тим, що він вимагав підготовки ровниці на колесі, а це було обмежено необхідністю чесати вручну [4, 7, 8].

Така конструкція продовжувала широко використовуватися в бавовняній і ткацькій промисловості приблизно до 1810 року, коли на зміну прийшов прядильний мул.

Перша прядильна машина - це винахід промислової революції для механізованого прядіння ниток або пряжі з таких волокон, як вовна або бавовна, механізованим способом. Він був створений у 18 столітті в Англії Джоном Кеєм та Річардом Аркрайтом [4, 7, 8].

Відомо, що у 1760 році в Англії виробництво пряжі з вовни та бавовни все ще було доволі кустарним виробництвом волокна чесали та пряли вручну за допомогою прядильного колеса. По мірі того, як текстильна промисловість розширювала свої ринки збуту і впроваджувала більш швидкохідні машини, постачання пряжі ставало дефіцитом, особливо через інновацій, такі як подвоєння швидкості ткацького верстата після винайдення «літаючого човника». Високий попит на пряжу прискорив розробку та створення «Spinning Jenny» у

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1765 році, за яким відбулась розробка прядильної рами, яка потім перетворилась на водяну раму (запатентовану в 1769 році) [4, 7, 8].

Механізми настільки збільшили обсяги виробництва пряжі, що до 1830 року кустарна прядильна промисловість в Англії вже не могла конкурувати, і все прядіння виконувалось на фабриках.

Річард Аркрайт найняв Джона Кея для виробництва нової прядильної машини, працювали разом з іншим винахідником на ім'я Томас Хайз. За допомогою інших майстрів команда розробила та виготовила спеціальну прядильну раму, яка виробляла міцнішу нитку ніж «Spinning Jenny». На прядильній машині використовувалися спеціальні витяжні валики, створені Льюїсом Полом для розтягування або ослаблення пряжі.

Товсту «нитку» пропускали між трьома наборами валиків, кожен з яких обертвся швидше, ніж попередній. Таким чином вона зменшувалася в товщині і збільшувалася в довжині перед тим, як до неї додавали зміцнюючу скрутку за допомогою використання шпульного механізму [4, 7, 8].

Занадто велика, щоб керувати нею вручну, прядильна машина потребувала нового джерела енергії для приводу. Спочатку розробники експериментували з кіньми, але потім вирішили, що будуть використовувати силу водяного колеса, що дало винаходу назву «водяна прядка».

Деякий час міцнішу пряжу, вироблену на такій прядильній машині, використовували у ткацьких верстатах для поздовжніх ниток основи, які зв'язували тканину докупи, тоді як ручні прядки забезпечували слабшу пряжу для горизонтальних уткових ниток, що слугували наповнювачами. «Spinning Jenny» вимагали наявності навичок, але були недорогими та могли використовуватися в домашніх умовах, прядильні рами ж вимагали значних капіталовкладень, але не вимагали наявності особливих навичок [4, 7, 8].

Текстиль - прядіння бавовни з використанням водяної рами Річарда Аркрайта, «Spinning Jenny» розробника Джеймса Харгрівза та прядильного мула Семюела Кромптона (комбінація конструкцій «Spinning Jenny» та водяної рами)

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		16

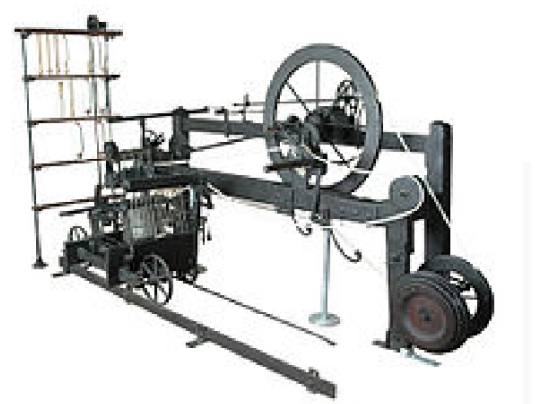
(рис. 1.3). Вони були запатентовані в 1769 році і вийшли з-під дії патенту в 1783 році. Після закінчення терміну дії патенту швидко з'явилося багато бавовнопрядильних фабрик. Згодом подібна технологія використовувалась для прядіння камвольної пряжі для різних текстильних виробів і льону для одягу [7, 8].



а



б



в

Рисунок 1.3 – Загальний вигляд:

а - «Spinning Jenny»; б – водяна рама; в – прядильний мул

Текстильна промисловість зростає з промислової революції у 18 столітті, коли масове виробництво пряжі та тканин стало базовою галуззю промисловості.

У 1734 році в Бері, Ланкашир, Джон Кей винайшов, так званий, «літаючий човник» - один з перших винаходів, пов'язаних з бавовняною промисловістю. Літаючий човник збільшив ширину бавовняної тканини і швидкість роботи одного ткача за ткацьким верстатом. Опір робітників, які вважали, що це загрожує їхнім робочим місцям, затримав широке впровадження даної технології, навіть незважаючи на те, що вищі темпи виробництва призвели до суттєвого зростання попиту на прядену бавовну [4, 7, 8].

У 1761 році канал герцога Бріджуотера з'єднав місто Манчестер із вугільними родовищами Ворслі, а в 1762 році Метью Боултон відкрив ливарний завод Soho Foundry в Хендсворт, Бірмінгем. Його партнерство з шотландським інженером Джеймсом Ваттом призвело у 1775р, до комерційного виробництва більш ефективної парової машини Ватта, яка використовувала окремий конденсатор.

У 1764 році, Торп Мілл, у Ройтоні, Ланкашир, Англія, був побудований перший у світі бавовнопрядильний завод, що працював на воді. Він використовувався для чесання бавовни. Оскільки процес прядіння та ткацтва відтепер був механізований, бавовняні водяні млини з'явилися по всьому північному заходу Англії [4, 7, 8].

Ткацький верстат Картрайта, прядильний мул і паровий двигун Боултона та Ватта все було готово для створення та розвитку механізованої текстильної промисловості. З цього моменту не було ніяких принципово нових винаходів, а лише постійне вдосконалення технологій, оскільки власники фабрики прагнув зменшити витрати та покращити якість. Розвиток транспортної інфраструктури, тобто каналів, а після 1831 року залізниця сприяли імпорту сировини та експорту готового сукна.

Спочатку використання енергії води в якості приводу для млинів було доповнено водяними насосами із паровим приводом, а потім повністю витіснене паровими двигунами. Наприклад, Семюел Грег приєднався до фірми свого дядька, що торгувала текстильними товарами, і, перебравши компанію в 1782 році, він шукав місце для будівництва подібного млина. Млин Кваррі Бенк був побудований на річці Боллін у місті Стейл в графстві Чешир. Спочатку він приводився в дію водяним колесом, але в 1810 році на ньому встановили парові двигуни. Млин Куорі Бенк у Чешірі досі існує як добре збережений музей, який використовувався з моменту його будівництва у 1784 році до 1959 року. Він також ілюструє, як власники млина експлуатували дитячу працю, забираючи сиріт із сусіднього Манчестера на бавовняні плантації [4, 7, 8].

Зрозуміло, що промислова революція змінила природу праці та суспільства. Трьома ключовими рушіями цих змін були текстильне виробництво, виплавка чавуну та парова енергетика. Текстильне виробництво в Англії досягло свого піку в 1926 році, і коли млини були виведені з експлуатації, багато з утилізованих мулів і ткацьких верстатів було викуплено і відновлено в Індії. Демографічні зміни зробили трудомістку промисловість нерентабельною в

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк. 18
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Англиї, але в Індії, а згодом і в Китаї, вона розвивались [7].

1.3 Постановка завдання на кваліфікаційну роботу

Основною метою даного кваліфікаційного проєкту є розробка конструкції високопродуктивної прядильної машини із приводом від електродвигуна та легким керуванням. Розроблена конструкція повинна бути придатна для використання операторами, без серйозної підготовки, на промисловому рівні.

Конкретними завданнями проєкту є:

- вивчення різних способів, механізмів і типів прядильних машин;
- вивчення впливу параметрів прядіння та намотування, таких як швидкість, довжина бобіни, натяг волокон, натяг пряжі тощо, на кінцеву якість пряжі;
- підбір необхідних матеріалів для конструкції бавовнопрядильної машини (БПМ);
- спроектувати конструкцію БПМ, здатну прядсти на декількох бобінах, з низькою собівартістю і легку в експлуатації.

Отже, підсумовуючи, метою даної кваліфікаційної роботи є розробка інноваційної бавовнопрядильної машини з моторним приводом для малих та середніх підприємств текстильної промисловості. Конструкція БПМ повинна включати в себе передачу потужності, систему прядіння, систему витягування стрічкової бавовни та опорні конструкції.

Висновки до розділу

В першому розділі виконано огляд та аналіз існуючих технічних та технологічних рішень, а саме описано проблематика технологічного процесу прядіння та існуючі конструкції і методи прядіння, виконано постановка завдання на кваліфікаційну роботу.

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

2 МОДЕЛЮВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ БАВОВНОПРЯДИЛЬНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ТЕКСТИЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

2.1 Технологічні характеристики пряжі

Пряжа займає проміжне положення у виробництві тканини із сировини. Показники пряжі є дуже важливими як для оцінювання якості сировини, так і для контролю якості виготовленої тканини. Важливими характеристиками пряжі є наступні [4, 9-11]:

- товщина пряжі - товщина пряжі зазвичай виражається в термінах її лінійної щільності або номера. Існує цілий ряд систем та одиниць для вираження товщини пряжі.

Для визначення лінійної густини пряжі необхідно визначити масу відомої довжини пряжі. Для зняття відрізків пряжі відомої довжини використовується бобіна. Довжина пряжі, що знімається з бобіни, залежить від використовуваної системи підрахунку – пряма та непряма системи. Однією з найважливіших вимог до прядильної машини - підтримувати середню кількість ниток [4, 9-11];

- коливання лінійної густини пряжі - термін «різниця кількості ниток» зазвичай використовується для вираження коливання ваги леа (одиниці довжини нитки або пряжі) і виражається в відсотках. Кількість зразків і довжина, що розглядається для перевірки підрахунку, впливають на даний показник. Оцінюючи різницю кількості ниток, дуже важливо протестувати достатню кількість мотків. Після намотування відповідної довжини пряжу витримують у стандартній атмосфері для тестування перед визначенням її ваги [4, 9-11];

- Кручення пряжі - визначається як спіральне розташування компонентів пряжі, яке зазвичай виражається як кількість витків на одиницю довжини пряжі, наприклад, витків на метр.

Зі збільшенням величини крутки міцність пряжі спочатку зростає, досягає максимуму, а потім спадає. Напрямок скручування виражається як «S»-кручення

					<i>MPMA 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		20

крутіння або ткацтво, пряжа використовується як однопниткова, а не у вигляді мотка, за винятком випадків, коли пряжа піддається калібруванню, вибілюванню, мерсеризація або фарбування виконується в мотках.

По-друге, в методі, що використовується для випробування міцності мотків, розрив одного пасма пряжі в слабкому місці впливає на результат в цілому. Крім того, такий метод випробування не дає уявлення про розтяжності та еластичні властивостей пряжі, які відіграють важливу роль під час ткацтва.

Однак, оскільки при випробуванні мотка використовується зразок більшого розміру, ніж при випробуванні однієї нитки, похибка вибірки є нижчою. Моток, що використовується для випробування на міцність, може бути також використаний для визначення лінійної густини пряжі [4, 9-11]. Тобто після визначення міцності мотка, розірвані мотки також зважують для визначення лінійної щільності;

- Рівномірність пряжі – у пряжі існує нерівномірність різноманітних властивостей. Може бути різною величина крутки, міцність, об'ємна маса, подовження, твощина тощо. Рівномірність пряжі має справу з варіаціями товщини пряжі. Це властивість, яка зазвичай вимірюється як різниця маси на одиницю довжини вздовж пряжі, є базовою та важливою, оскільки вона може впливати на багато інших властивостей пряжі і тканини виготовленої з неї. Такі варіації неминучі, оскільки вони випливають з фундаментальної природи текстильних волокон і їхнього кінцевого розташування. Відповідно, існують обмеження щодо досяжної рівності пряжі [4, 9-11].

- Нерівномірність/нерегулярність - різниця маси на одиницю довжини через варіації в збірці волокон зазвичай відома як «нормальність» або «нерівномірність». Це правда, що графічна залежність може представляти справжнє відображення різниці ваги або маси на одиницю довжини в збірці волокон. Для повного аналізу якості, однієї графічної залежності недостатньо. Необхідно також мати числове значення, яке представляє різницю маси. Математична статистика пропонує два методи для визначення:

- нерівномірність $U\%$ - відхилення в відсотках маси одиниці довжини матеріалу і є викликане нерівномірним розподілом волокон по загальній довжині пасма;

- коефіцієнт варіації або $K.V.\%$.

Пряжа, виткана з основних волокон, містить певні недоліки, або їх також називають дефектами пряжі, що часто зустрічаються. Такі дефекти можливо розділити на три групи:

- потоншення;

- потовщення;

- непси.

Причини таких різних типів дефектів пов'язані з сировиною або неправильною підготовкою технологічного процесу. Виконаний аналіз даних дефектів дасть повну інформацію про якість сировини, що використовується [4].

- Ворсистість пряжі - це міра кількості волокон, що виступають зі структури пряжі. Загалом, пряжа з бавовни володіє досить високим рівнем ворсистості, що пояснюється декількома наступними причинами [4, 9-11]:

- низький коефіцієнт однорідності;

- високий вміст коротких волокон у змішуванні;

- високі швидкості обертання шпулі.

2.2 Вибір системи прядіння для проєкту бавовнопрядильної машини

Існує досить широкий спектр різних систем прядіння, не всі з яких знаходяться в широкому комерційному використанні; багато з них все ще експериментальні або, досягнувши комерційної стадії, були зняті з ринку. Класифікація найбільш відомих систем прядіння представлена в таблиці 2.1, її в якій різні технології згруповані за п'ятьма основними методами. Ми розглянемо основні принципи кільце прядильних систем наступним чином [1, 2, 11-13].

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Класифікація систем прядіння [1, 2, 11-13]

Метод прядіння	Загальні риси	Технологія	Тип скручування під час прядіння	Тип структури пряжі, виробленої для консолідації волокон	Торгові марки
кільцеве плетіння	Кільце і човник	однопрядне скручування	справжнє	скручування: S або Z	різні
		двошарове скручування	справжнє	скручування: S або Z	Sirospun/Duospum
оє плетіння	Перерва в потоці волоконної маси до зони введення скрутки	обертове скручування	справжнє	Скручений: Z + загорнутий	різні
		Фрикційне скручування	справжнє	Скручений: Z + загорнутий	Dreff II
само-скручувальне плетіння	Альтернативне S- і Z-скручування	Хибне скручування двох волокнистих пасом, розташованих для самонакладання	фальшиве	S і Z скручування	Repco
обгорткове плетіння	Обгортання волокнистого сердечника або:	Чергування S і Z плюс намотування нитки	фальшиве	S і Z + обмотка ниткою	Selfil
	- філаментною пряжею	обмотування порожнистого шпинделя	фальшиве	обгортання	Parafil
	- штапельними волокнами	Повітряно-струменеве фасонне обмотування	фальшиве	загорнуті + скручені	Dref III, MJS, Plyfil
без викручувань	Когерентність складових пряжі досягається за допомогою клейового з'єднання або повсті	клей на водній основі	фальшиве	зв'язані	Twilo
		на основі смоли	фальшиве	зв'язані	Bobtex
		рідке валяння	нульове	повстяні	Periloc

Традиційний кільцеве прядильний метод прядіння наразі є найбільш поширеним, на нього припадає близько 90% світового ринку прядильних машин. Решта систем, представлених у таблиці 2.1, часто називають нетрадиційними процесами прядіння, і з них найбільшу частку ринку займає пневмомеханічне прядіння.

Важливими аспектами будь-якої системи прядіння є типи волокон, які можна прясти, діапазон лінійної густини, економічність процесу і - що дуже важливо - придатність структури отриманої пряжі для широкого спектру кінцевого використання. За винятком методу безкрученого валяння, всі системи,

представлені в таблиці 2.1, прядуть штучні волокна, але через технологічні труднощі та/або вплив економічних факторів, промислове прядіння 100% бавовняної пряжі в основному виконується або на кільцевому або на пневмомеханічному прядінні. Що стосується економіки процесу, то кількість етапів, необхідних для підготовки сировини до технологічного процесу прядіння, швидкість виробництва, розмір пакування та ступінь автоматизації є ключовими факторами у визначенні собівартості кілограма пряжі, тобто собівартості одиниці продукції [1, 2, 11-13].

З рисунків 2.1 та 2.2 видно, що, хоча кільцевий метод прядіння має найширший асортимент використання, але має порівняно дуже низьку швидкість виробництва і тому, навіть за умови автоматизації, не завжди забезпечує економічну доцільність процесу. Ключем до його домінування на світових ринках є придатність структури та властивостей пряжі кільцевого прядіння для широкого спектру кінцевого використання тканин.

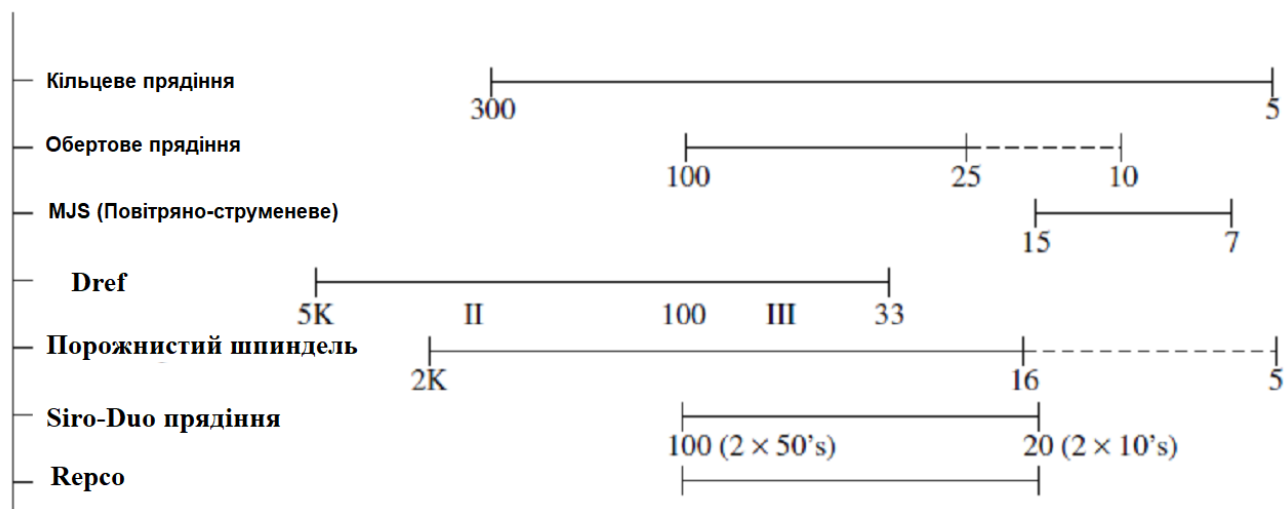


Рисунок 2.1 - Заявлений економічний діапазон підрахунку

Перш ніж пояснити головні принципи роботи перелічених прядильних систем, корисно розглянути технологічні рівняння, що застосовуються до всіх систем. Всі прядильні системи мають три основні дії, представлені на рисунку 2.3, для виробництва штапельної пряжі [1, 2, 11-13].

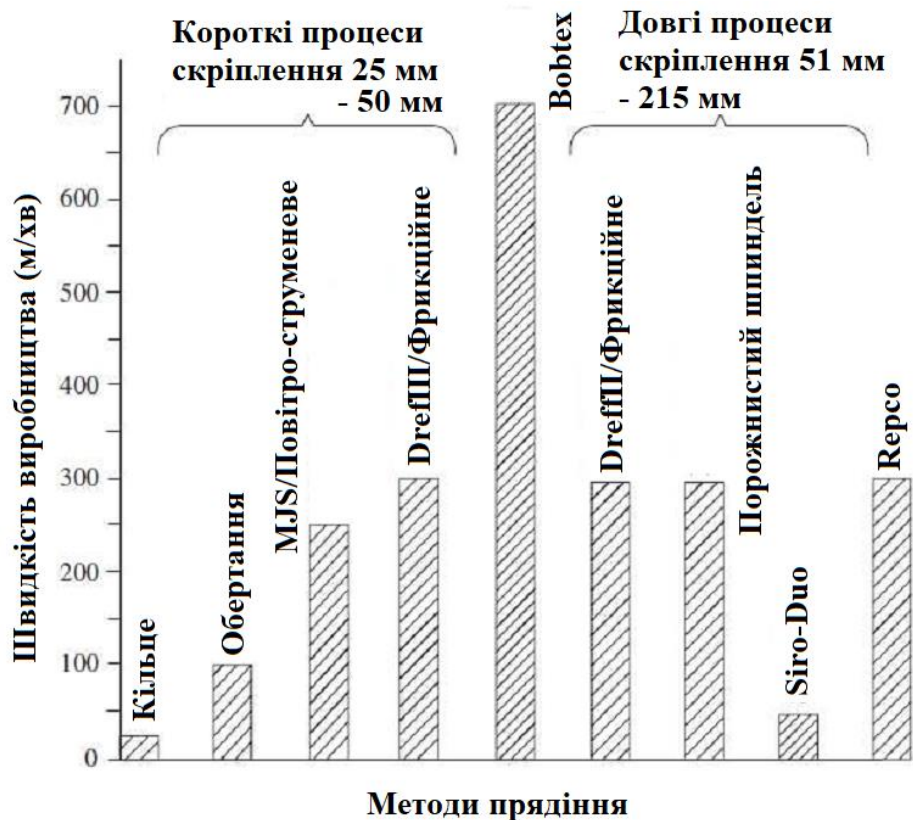


Рисунок 2.2 – Графічні залежності виробничих швидкостей прядильних систем

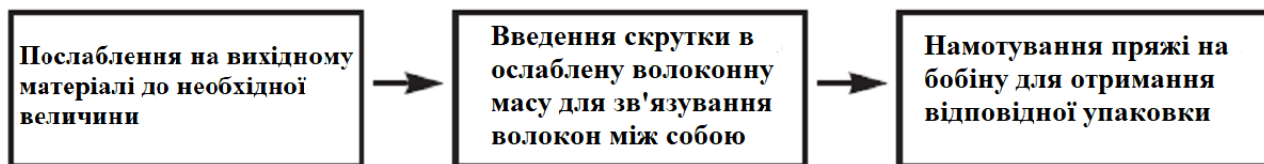


Рисунок 2.3 - Основні дії при прядінні пряжі

Для прядіння пряжі з певного типу волокна необхідні певні характеристики, такі як номер пряжі та, зокрема, рівень крутки. Дані параметри є ключовими змінними в технологічних рівняннях, які дають нам продуктивність будь-якої прядильної системи.

Що стосується лінійної густини пряжі, то необхідний рівень ослаблення або загальної витяжки системи повинен забезпечувати скорочення крутки.

Для цього на практиці зразок пряжі прядуть до необхідного рівня крутки, визначається збільшення крутки в результаті, і загальна витяжка коригується для

отримання заданої лінійної щільності. Подібно до міркувань щодо витягування, загальна витяжка розраховується як відношення кількості вихідного матеріалу, що подається на прядильну машину, до кількості пряжі. Це значення потім використовується для встановлення відносних швидкостей витяжних компонентів машини [1, 2, 11-13].

$$D_T = \frac{V_d}{V_f}, \quad (2.1)$$

де V_d - швидкість поверхні подаючого ролика; V_f - швидкість поверхні ролика живлення.

$$TF = t \cdot C_y^{1/2}, \quad (2.2)$$

де TF - фактор скручування; t - рівень скручування; C_y - кількість ниток в пряжі.

$$t = \frac{N_l}{V_d}, \quad (2.3)$$

де N_l - швидкість обертання крутильного пристрою, що використовується при прядінні пряжі.

Припустимо, що машина має N_M прядильних місць, які зазвичай називають кількістю шпинделів, а ККД $\eta, \%$, тоді продуктивність на шпиндель, P_s , в кг/год становить:

$$P_s = \frac{60 \cdot V_d \cdot C_y}{10^6}, \quad (2.4)$$

					<i>MPMA 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

тоді продуктивність на машину, P_M складає:

$$P_s = \frac{60 \cdot V_d \cdot C_y \cdot N_M \cdot \eta}{10^8}.$$

Виконаємо підстановку замість V_d :

$$P_s = \frac{60 \cdot N_I \cdot C_y^{3/2} \cdot N_M \cdot \eta}{TF \cdot 10^8}. \quad (2.5)$$

Наведені вище рівняння можна використовувати до будь-якої прядильної системи. Однак, в деяких системах швидкість обертання пряжі не може бути легко визначена. Тоді її можна оцінити за вимірюваннями величини крутки (або іншого подібного параметра, наприклад, кута крутки) та швидкості витягування, використовуючи формулу (2.3).

З усіх систем прядіння ми розглянемо тільки кільцеве прядіння, яке найбільш підходить для поєднання технології з малогабаритними прядильними машинами [1, 2, 11-13].

Кільцеві та направляючі системи прядіння.

Метод кільцевого та направляючого прядіння - це процес, який використовує валкову витяжку для ослаблення маси волокна і рух направляючої, що вільно циркулює навколо кільця для введення крутки і одночасного намотування сформованої пряжі на бобіну. Поєднання кільця і направляючої фактично є механізмом скручування та намотування.

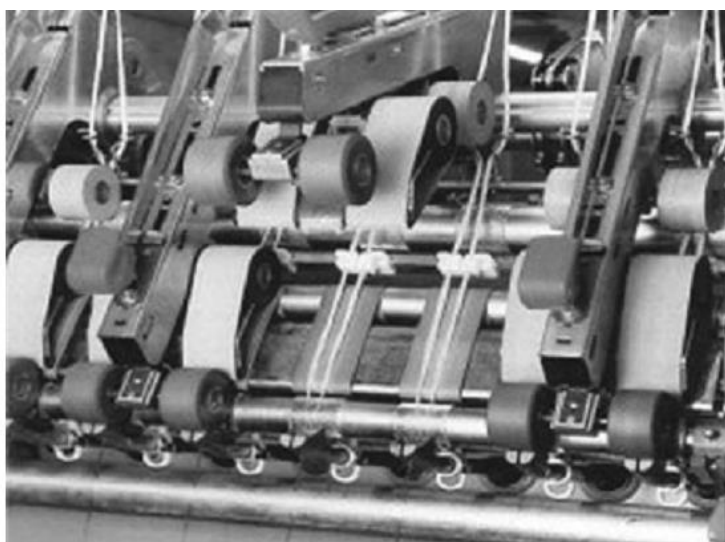
Традиційне кільцеве прядіння

Рисунок 2.4 ілюструє типове розташування системи кільцевого прядіння. Система витягування являє собою витяжний агрегат 3 на 3. Волокнистий матеріал, що підлягає прядінню, подається на витяжний пристрій зазвичай у

вигляді ровниці. Подібно до ровничної машини, витяжка задньої зони невелика, порядку 1,25, а в передній зоні витяжка набагато вища - від 30 до 40. Фартухи використовуються для контролю волокон, коли вони проходять через передню зону до затискача передніх валіків. Необхідно відзначити, що системи витягування фартухів підходять для використання тільки в тих випадках, коли розподіл волокон за довжиною в оброблюваному матеріалі не є широким (тобто, немає значної кількості дуже довгих та дуже коротких волокон). Коли стандартний розподіл вище, матеріал частіше витягають за допомогою використання фальш-крутилки, яка, по суті, замінює витяжний фартух, як показано на представлено на рисунку 2.4. Це характерно для системи кільцевого прядіння для виробництва вовняної пряжі, в якій відходи з вовняної чесальної машини подаються через фальш-крутилку на передні валіки витяжної системи [1, 2, 11-13].



а



б

Рисунок 2.4 – Приклади кільцевої системи прядіння: а - прядильні місця з кільцем керування балоном; б - система витягування

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 23.00.00.000 ПЗ

Арк.
29

Як показано на рисунку 2.5, направляюча нитка, яка носить назву лапка, розташована під передньою парою витяжних валиків. Кільце зі шпинделем, розташованим у його центрі, розташоване під притискним валиком.

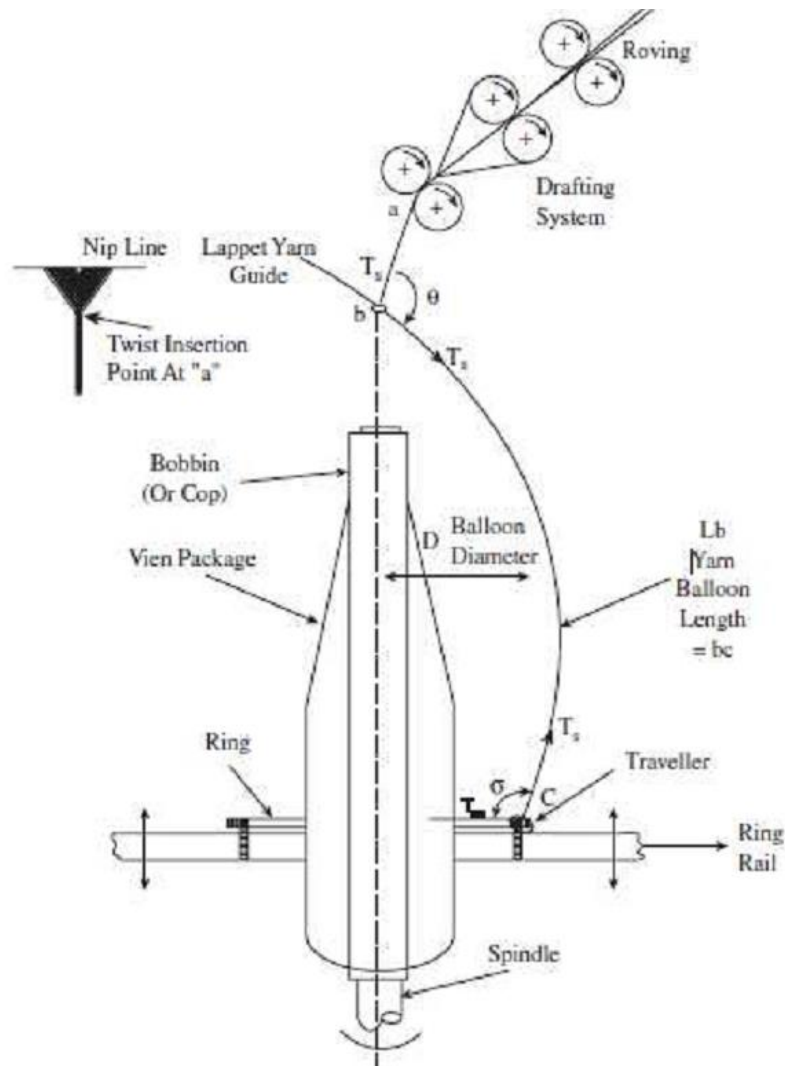


Рисунок 2.5 - Схема кільцевої прядильної системи

Важливо, що притиск, кільце і шпиндель є коаксіальними. Ходовий механізм нагадує С-подібну металеву кліпсу, яка закріплена на кільці. Шпулька трубчастої форми зроблена для того, щоб охоплювати шпиндель та обертатися разом з ним. Кільцева рейка може рухатися вгору і вниз по всій довжині шпинделя; мета роботи - розташувати кільце таким чином, щоб пряжа намотувалася на шпульку послідовними шарами, створюючи таким чином повний пакет, діаметр якого є дещо меншим за діаметр кільця.

Таким чином, шлях пряжі проходить від затискача передніх валиків

					MPMA 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		30

витяжного пристрою, через вушко притискного пристрою і петлю снувального пристрою [1, 2, 11-13].

По суті, система витягування зменшує кількість рівниці або снування до необхідного значення, щоб при скручуванні отримати витягнуту масу пряжі встановленої лінійної густини. Коли передні валики просувають витягнутий матеріал вперед, крутний момент поширюється вгору по всій довжині пряжі (тобто від с до а (рис. 2.5)) і скручує волокна разом, утворюючи нову довжину пряжі. Натяг та крутний момент змушують волокна збиратися разом, утворюючи трикутну форму між лінією притиску передніх витяжних валиків і точкою введення скрутки в точці а - така форма носить назву трикутник прядіння. Різний натяг між волокнами в трикутнику прядіння вважається причиною переплетення волокон під час скручування, яке носить назву міграція. Ступінь міграції сильно впливає на властивості пряжі [1, 2, 11-13].

Напруження прядіння - веретено обертається разом зі шпинделем і, оскільки пряжа проходить через каретку і на веретено, каретка тягнеться по кільцю, а пряжа протягується крізь каретку і намотується на веретено. Коли каретка обертається навколо кільця, він захоплює з собою пряжу довжиною $L_b (=bc)$ (див. рис. 2.5), що простягається від притискного пристрою до бігунка. Поки L_b рухається по кільцю, круговий рух змушує його вигинатися по дузі назовні від шпульки. Повітряний опір та інерція L_b призводять до того, що довжина дуги має невелику спіральність, коли вона циркулює разом з напрямною. Швидкість обертання шпинделя може досягати 25 тис. об/хв. Тривимірне візуальне враження, яке створює круговий рух L_b нагадує надуту повітряну кульку, яку називають прядильною кулькою або кулькою з пряжею.

Отже, L_b називається довжиною кулі, H - висотою кулі (вертикальною відстанню від площини кільця до площини притискача), відповідно D - діаметр кульки. Сили, що створюються рухом бігунка і протягуванням нитки через каретка призводять до виникнення натягу пряжі, який визначає фактичну форму кулі, що прядеться [1, 2, 11-13].

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Напруження, що генеруються в нитці пов'язані між собою відповідно до наступних рівнянь:

$$T_0 = T_s \cdot e^{k \cdot \theta}; \quad (2.6)$$

$$T_w = T_R \cdot e^{P \cdot \alpha}, \quad (2.7)$$

де T_s - величина натягу прядіння; T_0, T_R - натяги відповідно по довжині балона на направляючому притиску, і на кільці та ходовому механізмі; T_w - натяг обмотки; k - коефіцієнт тертя між ниткою та шпулею; θ, α - кути, наведені на схемі; P - коефіцієнт тертя нитка-направляюча.

Звідки

$$T_0 = T_R + m \cdot R^2 \cdot \omega^2, \quad (2.8)$$

де m - маса приведена до одиниці довжини.

Цей натяг важливий для скручування і намотування пряжі на шпулю, а також для припинення обривів під час виконання прядіння.

Розглянемо спочатку процес намотування. Коли каретка обертається навколо кільця, на неї діє відцентрова сила, C , що діє на каретка, призводить до опору тертя, F , який буде рівним:

$$F = \mu \cdot C; \quad (2.9)$$

$$C = M \cdot R_R \cdot \omega^2, \quad (2.10)$$

де M - маса маятника; R_R - радіус кільця; ω - кутова швидкість обертання ($\omega = 2\pi \cdot N_t$).

Пряжа повинна намотуватися на бобіну з тією ж лінійною швидкістю, V_f , що і передні витяжні валики подають волокна для скручування. Це означає, що опір тертя F повинен бути достатнім для того, щоб швидкість обертання каретки відставала від швидкості обертання шпулі. Отже, якщо D_B - це діаметр бобіни, тоді отримаємо:

$$N_s - N_t = \frac{V_f}{\pi \cdot D_B}, \quad (2.11)$$

де N_s - частота обертання шпулі (об/хв); N_t - частота обертання ходового механізму (об/хв).

Таким чином, швидкість намотування - це різниця між частотою обертання шпулі та ходового механізму.

Очевидно, що зі збільшенням діаметра бобіни для намотуванням пряжі збільшується швидкість руху каретки. Швидкість каретки також буде змінюватися з рухом кільцевої рейки для формування послідовних шарів пряжі на бобіні. Найпоширеніший спосіб укладання нитки на бобіну на шпулі відомий як копіювання, при якому кожен шар намотується при пакуванні в конічній формі.

Верхня частина конуса називається носом, а нижня - плечем. На практиці виявляється, що конічна форма забезпечує легке розмотування пряжі без перешкод між шарами, оскільки пряжа витягується з носика через кінець шпульки. Щоб створити копій, кільцева рейка циклічно рухається вгору і вниз по короткій довжині веретена, з повільним рухом вгору і швидким рухом вниз. Це збільшує розмір плеча швидше, ніж носа. Ця циклічна дія кільцевої рейки збільшує довжину веретена поетапно, кожен крок робиться тоді, коли розмір плеча досягає майже діаметра кільця [1, 2, 11-13].

Введення скрутки та намотування веретена

Розглянемо тепер дію вставки скрутки. З визначення зрозуміло, що один

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

оберт каретки навколо кільця вставляє один виток крутки у формуючу нитку.

Однак, для більш повного розуміння процесу введення крутки, ми повинні розглянути, звідки береться крутка, як вона поширюється і як змінюється під дією скрутки, що утворюється при формуванні нитки.

Уявіть дві нитки різних кольорів, пропущені через вушко переднього витяжного валику і протягнуті вздовж нитководу до шпулі. З передніми витяжними валиками і кільцем рейки нерухомими, і тільки веретено було б рухоме, за допомогою високошвидкісної фотографії можливо було б побачити, що протягом перших кількох обертів каретки, скручування двох ниток разом відбувається по довжині повітряної кульки між направляючою притисною пластиною та бігунком. Дія скручування двох ниток разом називається скручуванням або подвоєнням, тому на ділянці між кареткою і шпулею або між направляючою і передніми витяжними валиками не буде видно скручування ниток. Повинно бути зрозуміло, що пряжа не намотується на шпулю і що швидкість обертання каретки дорівнює швидкості обертання шпулі.

Якщо повторити вищеописаний експеримент, але цього разу з передніми витяжними валиками і кільцевою рейкою, то відбудеться наступне. Початкова довжина, намотана на шпулю, буде складатися з двох паралельних ниток, не скручених між собою. Як зазначалося вище, скручування ниток починається з довжини бобіни і, по мірі накопичення по довжині бобіни, поширюється в напрямку до подаючих валиків. Опір тертя на притиску протидіє поширенню крутного моменту скручування, зменшуючи кількість скрутки, що проходить крізь направляючу. Сили, що діють в точці контакту нитки з направляючою, запобігають поширенню крутного моменту повз направляючу до бобіни.

Однак, коли ділянки нитки залишають область довжини повітряної кулі і простягаються крізь направляючу і відбувається намотування на шпулю, вони зберігають номінальну крутку. Отже, в умовах стабільної роботи рівень скручування по довжині кульки буде більшим, ніж по на ділянці над лаппетом і трохи більшим, ніж на ділянці, намотаній на шпулю.

					<i>MPMA 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Рух кільцевої рейки вгору-вниз забезпечує циклічну зміну довжини кульки під час обертання. Довжина найкоротша, коли кільцева рейка формує ніс копа і найдовша - біля плеча. Коли кільцева рейка рухається від плеча до носа, різниця в довжині повинна бути швидко намотана на шпулю [1, 2, 11-13].

Звідси,

$$N_s - N_t = \frac{V_f - V_R}{\pi \cdot D_B}, \quad (2.12)$$

коли кільцева рейка рухається до носа, і отримаємо:

$$N_s - N_t = \frac{V_f + V_R}{\pi \cdot D_B}. \quad (2.13)$$

При русі вниз до плеча. Очевидно, що N_t буде циклічно змінюватиметься з рухом кільцевої рейки. Збільшення діаметру шпулі в міру намотування пряжі на шпулю, збільшить N_t , і це буде накладено на ефект кільцевої рейки.

Очевидно, що кручення на одиницю довжини буде змінюватися по довжині пряжі, намотаної на бобіну. На практиці ця різниця буде невелика і часто потрапляє в межі випадкової варіації вимірювань. Крім того, різниця між N_s і N_t також невелика, і тому в практичних цілях для розрахунку номінальної або машинної крутки використовується лише N_s .

З наведеного вище обговорення повинно бути очевидно, що розмір кільця обмежує діаметр пакування пряжі, яке може бути виготовлене при кільцевому прядінні. Розмір пакування є важливим фактором ефективності машини, оскільки при кожній зміні пакування процес прядіння порушується, що призводить до зупинки або простою веретен. У сучасному високошвидкісному прядінні (наприклад, безчовникові ткацькі верстати) і в'язальних процесах потрібні пакування пряжі розміром в діапазоні від 2,5 до 3 кг, тому пакування

пряжі з кільцевих і направляючих процесів повинні бути перемотані на більші пакування. Однак тут важливо вказати, що, коли багато пакувань пряжі кільцевого прядіння беруть участь у виготовленні повного пакування для наступних процесів, це може вплинути на загальну якість тканини. Це пов'язано з тим, що пряжа з різних веретен на машині може відрізнитися за властивостями через невеликі відмінності в елементах машини в різних позиціях прядіння.

Що ще більш шкідливо, несвідомо може бути кілька неправильно функціонуючих прядильних місць, тобто «несправних» веретен. Коли нитки з різних веретен з'єднуються разом, вони забезпечують безперервну довжину на великій пачці, що перемотується, і різниця такої безперервної довжини в кінцевому підсумку будуть включені в тканину. Якщо пряжа з несправного веретена входить до складу мотка, це може призвести до погіршення загальної якості тканини. Чим більші пакування кільцевої пряжі, тим менше їх потрібно для перемотування на більші пакування. Існує також перевага для процесу перемотування, оскільки буде менше відрізків і менше часу на зупинки для заміни порожніх кільцевих бобін на повні [1, 2, 11-13].

Збільшення діаметра кільця для отримання більших розмірів пакування має свої обмеження та недоліки. Опір тертя кільця об біжучий рядок зростає зі збільшенням квадрату швидкості обертання шпулі і зі збільшенням радіуса кільця. Ходові каретки доступні в різних формах (тобто за формою, матеріалом основи та вагою), але найпоширенішими є сталеві. Сила тертя опору сталевому кільцю по сталевій доріжці під час прядіння генерує тепло на границі контакту кільця та бігунка. Незважаючи на високі середні температури (до 300°C), що досягається, навколишнє повітря відводить лише 10-20% від загального утвореного тепла за рахунок охолодження; більша частина тепла повинна відводитися через кільце.

Через малу площу контакту між С-подібним роликком і кільцем тепло може накопичуватися локально до набагато вищих рівнів температур. Збільшення частоти обертання шпулі або діаметра кільця, а отже, і швидкості руху може

призвести до того, що буде відбуватись локальне розплавлення бігунка, і він більше не зможе ефективно використовуватися. Зазвичай це називається пригорянням бобіни тому що візуально місце на бобіні, яке контактує з кільцем, набуває синьо-чорного кольору розпеченого металу [1, 2, 11-13].

На додаток до фактору плавлення бігунка, є ще й аспект фізичного зносу як бігунка, так і кільця. Чим вища швидкість руху, тим коротший термін служби бобіни. Отже, максимальна практична швидкість для сталевих коліщаток знаходиться в діапазоні від 35 до 40 м/с. Однак, дослідження і розробки виробників кілець і роликів, спрямовані на зменшення зносу від тертя або на поліпшення провідності тепла, що утворюється на границі розділу кільце-рейка, призвела до нових конструкцій комбінації кільця і бігунка, використання високовуглецевих сталей, змащених кілець (просочених маслом), а в деяких випадках - керамічних кілець та спеціальних покриттів.

Деякі розробки передбачають повільне обертання кільця при збереженні відносної швидкості бігунка. Такий процес носить назву «живе кільце».

Заявлена максимальна швидкість руху варіюється в діапазоні від 50 до 60 м/с.

З вищесказаного можна зробити висновок, що збільшення розміру пакування пряжі за рахунок використання кілець великого діаметру може означати зменшення швидкості обертання шпулі і, таким чином, загальної швидкості виробництва. Інший спосіб збільшення розміру пакування є використання більшої довжини пакування, на яке намотується пряжа. Це називається підйомом, і це неминуче означає, що прядильна позиція буде мати довшу висоту і довжину бобіни. Однак два основні фактори контролюють максимальну висоту бобіни: колапс клубка, викликаний утворенням вузла в клубку пряжі під час прядіння, і збільшення натягу пряжі і, як наслідок, збільшення кількості перерв у прядінні через обриви пряжі (тобто, кінцеві обриви), що призводить до зниження ефективності машини.

					<i>MPMA 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

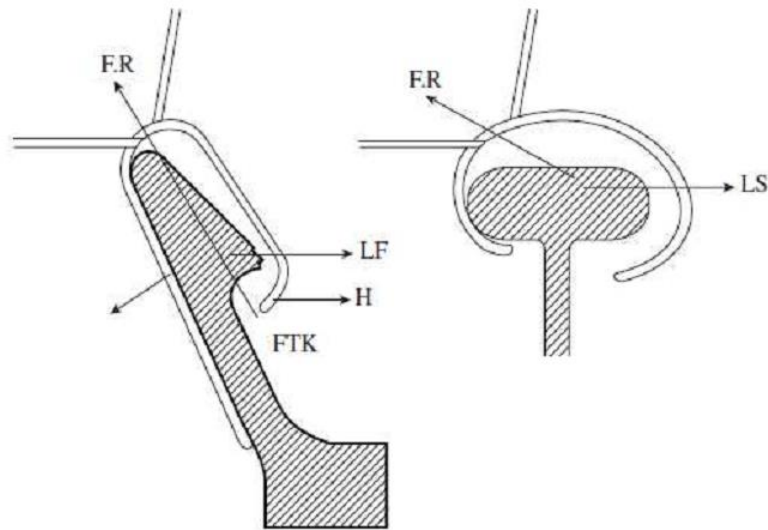


Рисунок 2.6 - Орбітальне кільце та каретка: стандартна система Т-подібних фланців

З теорії вібруючої струни можна показати, що висота кульки, H , натяг кульки, T_B , швидкість обертання шпулі, N_s , і кількість ниток, C_y , пов'язані між собою наступною формулою:

$$H = C \cdot \left\{ \frac{T_B}{C_y \cdot N_s^2} \right\}^{\frac{1}{2}}, \quad (2.14)$$

Де C - константа пропорційності.

Для заданої кількості ниток і частоти обертання шпулі повинен бути мінімальний натяг кулі нижче якого довжина бобіни, L_b , має тенденцію до утворення вузлової точки між притиском і бігунком, що призводить до колапсу кульки. Отже, якщо ми хочемо збільшити висоту кульки при заданій кількості та частоті обертання шпулі, необхідно збільшити натяг кульки. Однак, як було сказано раніше, занадто високий натяг може призвести до збільшення обривів на кінцях і низького рівня продуктивності машини. Оскільки каретка тягнеться ниткою по колу кільця, то сила опору маси каретки, M , впливає на натяг нитки.

Крім того, якщо H велика, то необхідне значення M може призвести до натягу пряжі, що буде перевищувати міцність нитки, яка прядеться. Щоб уникнути використання занадто важкого бігунка, використовуються кільця контролю кулі, які запобігають утворенню вузлових точок у профілі кулі. Найлегша маса бобіни, M , для даної кулі висоті, кількості ниток і діаметрі кільця D_R визначається за наступною формулою:

$$M = \frac{k \cdot H^2 \cdot C_y}{D_R}, \quad (2.15)$$

де k - константа пропорційності.

Для пряжі середньої та грубої лінійної щільності, наприклад, від 40 до 100 текс, виготовлення великих пакувань вимагає використання спеціального регульовального кільця з балоном. Для дуже грубої пряжі, наприклад, для пряжі для килиму, стає необхідним прядіння зі згорнутим балоном, щоб отримати прядильне пакування потрібного розміру для перемотування. Довжина клубка пряжі частково обертається навколо веретена, але така груба пряжа має достатню міцність щоб подолати фрикційний опір веретена, не розриваючись. Фрикційний контакт з веретеном буде протистояти поширенню скручування до передніх витяжних валиків; це додаткова дія до ефекту притискного пристрою. Тому на кінці веретена встановлюється пристрій для запобігання фальшивого скручування [1, 2, 11-13].

Підсумовуючи вище описане, як правило, кільцеві та рухомі системи мають наступні технічні переваги та недоліки.

Переваги:

- пропонують широкий діапазон лінійної густини, наприклад, від 5 до 300 текс;
- забезпечують можливість переробки більшості натуральних і штучних волокон та сумішей волокон;

- виробляють штапельні нитки з міцністю на розрив і естетичними властивостями, придатними для більшості видів використання тканин. Тому властивості кільцевої пряжі використовуються як стандарт з яким порівнюють нові види пряжі.

Недоліки:

- розмір бобіни обмежений діаметром кільця;
- навіть в ідеальній ситуації без кінцевих обривів прядіння все одно залишається не безперервним, оскільки його доводиться переривати для знімання пряжі;
- для досягнення високої швидкості скручування і, відповідно, високої швидкості виробництва, пакування пряжі повинно бути зменшено в розмірі, що призводить до частих зупинок для знімання пряжі;
- максимальна механічна швидкість обмежується тертям між кільцем і бігунком та натягом пряжі;
- пряжа повинна бути перемотана для виробництва пакунків більшого розміру.
- підготовчі процеси повинні включати виробництво ровниці; прядіння із використанням стрічки було б більш економічним.

Необхідно відзначити, що перші чотири з перерахованих вище недоліків виникають тому, що в кільцевому прядінні скручування та намотування пряжі на бобіну поєднуються в одній дії при протягуванні бігунка навколо кільця.

Альтернативні методи прядіння, представлені в таблиці 2.1, дозволяють здійснювати скручування і формування пакування як окремі, одночасні дії. Деякі з цих методів зберігають кручення в пряжі, що прядеться. В інших скручування є тимчасовим засобом надання цілісності ослабленій волокнистій масі, що утворює основну масу пряжі, в той час як ця отримана маса або спіральньо обмотується ниткою або основними волокнами, або взагалі скріплюється хімічно чи механічно для отримання кінцевої цілісності та міцності. Відокремивши скручування від формування пакування, можна виготовляти пакування більшого

										Арк.
										40
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата						

MPMA 23.00.00.000 ПЗ

розміру, але, що важливо, можна також досягти вищих швидкостей скручування, що забезпечує вищу швидкість виробництва [1, 2, 11-13].

2.3 Моделювання конструкції бавовнопрядильної машини для текстильної промисловості

Ступінь новизни продукту

Завдання дизайнерів можуть мати різний ступінь новизни. Більшість завдань – це адаптація та варіації вже існуючих дизайнів. Це не означає, що такі завдання є менш складними для дизайнерів. Для проєктування конструкції, наступна диференціація дизайнерських завдань представляє інтерес:

- оригінальний дизайн - нові завдання і проблеми вирішуються за допомогою або абсолютно нових принципів або нових комбінації відомих принципів вирішення. Можна класифікувати два різних випадки:

- а) винахід є чимось справді новим і часто базується на застосуванні найновіших наукових знань та ідей;

- б) інновація - це продукт, який реалізує нові функції та властивості. Це може бути завдяки новим або комбінаціям існуючих рішень.

- адаптивний дизайн - принцип рішення залишається незмінним, лише втілення адаптується до нових вимог та обмежень;

- варіантний дизайн - розміри та розташування деталей і вузлів варіюються в межах, встановлених раніше спроектованою структурою виробу, що характерно для серійних і модульних виробів [1, 2, 11-13].

У даній кваліфікаційній роботі буде використано комбінацію вищезазначених завдань/методів розв'язання проблем проєктування конструкції. У деяких частинах машини буде використано механізм оригінального дизайну, а також адаптивне та варіативне проєктування будуть використовуватись на основі сучасних малогабаритних прядильних машинах та вдосконалених механізмах мотальних машин.

					MPMA 23.00.00.000 ПЗ	Арк. 41
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Процес задоволення потреб користувачів

Найважливішим для визначення полів пошуку є виявлення потреб користувачів і ринкових тенденцій. Підказками для цього є зміни в поведінці користувачів, спричинені, наприклад, наступними факторами: соціальні зміни, екологічна свідомість, скорочення робочого тижня, проблеми з утилізацією, транспортні проблеми. Іншою відправною точкою можуть бути зміни в довжині ланцюга постачання продукції, що може призвести до появи нових ринків для постачальників.

Визначення потреб користувачів - це цілий процес, для якого ми пропонуємо метод, що складається із п'яти кроків:

- зібрати вихідні дані від користувача;
- інтерпретувати вихідні дані з точки зору потреб користувача;
- класифікувати потреби в ієрархію первинних, вторинних і (за необхідності) третинних потреб;
- визначити відносну важливість класифікованих потреб;
- поміркувати над результатом і процесом.

На основі вищезазначених кроків та інструкцій були зібрані дані від користувачів та інтерпретовані наступним чином:

- прядильна машина буде прясти бавовну;
- прядильна машина повинна мати невелику вагу;
- прядильна машина легко приводиться в рух і обертається;
- прядильна машина може прясти оброблену бавовну, встановлену на площі 6 кв. м.;
- максимальна потужність приводу та прядіння - 1 к.с.;
- можлива одночасна робота із 18 катушками;
- прядильна машина портативна і сумісна з ММП.

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		42

2.4 Моделювання концепції конструкції бавовнопрядильної машини

Концептуальне моделювання - це частина процесу проектування, в якій шляхом визначення основних проблем за допомогою абстрагування, встановлення функціональних структур, пошуку відповідних робочих принципів і об'єднання їх в робочу структуру, прокладається основний шлях до вирішення.

На цьому етапі визначаються потреби цільового ринку, генеруються та оцінюються альтернативні концепції продукту, а також обирається одна або декілька концепцій для подальшої розробки та тестування. Концепція - це опис форми, функцій та особливостей продукту, який зазвичай супроводжується набором специфікацій, аналізом конкурентних продуктів та економічним обґрунтуванням проекту [1, 2, 11-14].



Рисунок 2.7 - П'ять методів генерування концепцій [13, 14]

Уточнення цілей проєктування конструкції бавовнопрядильної машини.

Мета: прояснити цілі та під цілі проєктування, а також взаємозв'язок між ними. Дизайн повинен починатися з певної базової інформації, коли стикається із завданням проєктування. Джерела інформації - дані, зібрані та проаналізовані від замовника або заявка на винахід.

Постановка задачі для проєкту конструкції бавовнопрядильної машини.

Потрібно спроектувати конструкцію прядильної машини з ручним та електромоторним приводом, яка може прядсти бавовну на 18 бобінах одночасно з кращою якістю, ніж при традиційному прядінні. Вона повинна бути легкою і легко транспортуватись, легко приводитися в рух і обертатися з енергоспоживанням максимум до 1 к.с.

Тому суть дизайну полягає в наступному:

- для покращення технічних функцій конструкції;
- зменшити вагу та простір, який займає;
- знизити витрати;
- покращити методи виробництва.

Аналіз функції

Принцип роботи конструкції бавовнопрядильної машини полягає в тому, що оброблена бавовна подається на вхід як з правого так і з лівого боку машини. Ця бавовна буде подаватися до витяжної систем, потім витягнута бавовна проходить через отвір шпульного валу (притиск), який створює так звану фальшиву скрутку.

Вал веретена виготовляється таким чином, що на деякій відстані від його кінця буде радіальний отвір, спрямований до осі валу. Прядильна частина має п'ять основних компонентів: кронштейн, кільце, кільцевий паз, кільцева рейка. Спочатку в шпульний вал вставляється котушка, а потім вставляється кронштейн, що утримує кільцевий паз, і кільце також вставляється в шпульний вал.

Потім витягнута бавовна проходить через вал веретена і виходить через

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

радіальний отвір, потім бавовна проходить через отвір для руки до кільця і, нарешті, потрапляє на котушку. Швидкість обертання котушки та кільця буде різною, що створює прядіння і намотування пряжі на котушці одночасно.

Привідна система отримуватиме живлення від електродвигуна. Шестеренні та шківні механізми будуть використовуватись в якості приводу для всіх прядильних, ровничних та прокатних частин машини.

Розбиття завдань на малі функції

Тут ми проаналізуємо основну функцію з вхідними та вихідними даними діаграмою.



Рисунок 2.8 – Функціональна схема прядильної машини

Дерево засобів функції

Залежно від складності проблеми, результуюча загальна функція буде, в свою чергу, більш або менш складною. Під складністю мається на увазі відносна непрозорість взаємозв'язків між входами і виходами, відносна складність необхідних фізичних процесів і відносно велику кількість задіяних вузлів і компонентів [11-14].

Об'єктом декомпозиції складної функції є:

- визначення підфункцій, що полегшує подальший пошук рішень;
- об'єднання даних підфункцій у просту і однозначну структуру функції.

Таким чином, при подальшому аналізі функції БПМ ми можемо розділити основну функцію БПМ на підфункції і ми можемо визначити засоби для даних підфункції.

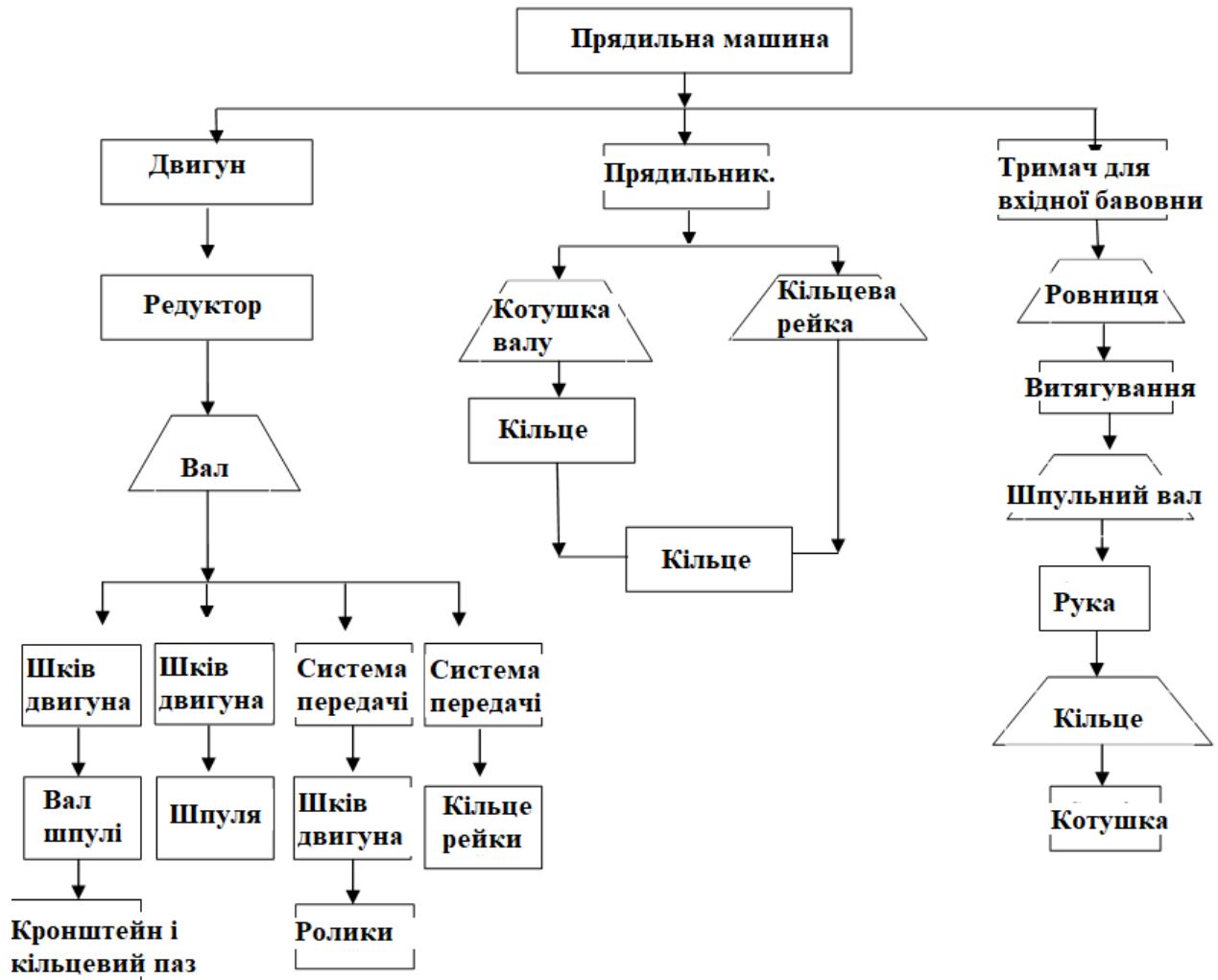


Рисунок 2.9 – Схема розподілу функції на підфункції

Генерування повного спектру альтернативних дизайнерських рішень для конструкції, а отже, розширення пошуку потенційних нових рішень.

Звичайно, це досягається шляхом аналізу функцій та засобів, які ми визначили. В результаті ми отримуємо ряд альтернативних варіантів конструкції БПМ від сучасних до традиційних механізмів. Тоді така конструкція буде спроектована використовуючи механізми з традиційної та сучасної систем прядильної машини. На наступних рисунках показано кільцевий прядильний механізм із сучасної системи прядіння та прядильне колесо з традиційної системи прядіння.



Рисунок 2.10 – Загальний вигляд кільцепрядильної машини із приводним механізмом

Ми можемо мати однакові або різні критерії оцінювання, які залежать від типу характеристик, що підлягають оцінюванню, а також від ступеня залежності, якщо вони негативно впливають, то ми можемо використовувати їх як критерії вимірювання для цієї характеристики. Тип і кількість критеріїв визначаються індивідуальним судженням. Не існує належного набору правил для встановлення критеріїв дизайну, оскільки це залежить від типу та застосування дизайну, а також його складності.

Критерії відбору [1, 4, 11-15]

Першим кроком у будь-якому оцінюванні є визначення цілей, з яких можна вивести критерії оцінювання. У технічній сфері такі цілі в основному базуються на вимогах специфікації та на загальних обмеженнях.

Критерії оцінки можуть безпосередньо впливати з цілей. Через подальше присвоєння значення і дається позитивне формулювання. Аналіз цінності використання систематизує цей крок за допомогою дерева цілей, в якому окремі цілі розташовані в ієрархічному порядку.

Загальними критеріями відбору, які слід враховувати, є наступні [15-18]:

					<i>MPMA 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк. 47
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1. Простота у використанні БПМ
2. Простота експлуатації БПМ
3. Продуктивність/ефективність
4. Низька чутливість до вібрації
5. Простота виготовлення
6. Портативність конструкції
7. Простота обслуговування конструкції
8. Низький знос рухомих частин
9. Мало тривожних факторів
10. Довговічність конструкції
11. Невелика кількість компонентів
12. Використання стандартних і покупних деталей
13. Низька складність компонентів
14. Проста збірка конструкції
15. Низька вартість БПМ

Зважування критеріїв оцінювання

Щоб встановити критерії оцінювання, ми повинні спочатку оцінити їх відносний внесок (або вагу) в загальну цінність рішення, щоб відносно неважливі критерії можна було усунути до того, як розпочнеться оцінювання. Критерії оцінювання, які залишаються, отримують «вагові коефіцієнти», які необхідно враховувати під час наступного етапу оцінювання. Ваговий коефіцієнт - це дійсне, позитивне число. Він вказує на відносну важливість певного критерію оцінки (завдання) [15-18].

$$N = n \cdot \frac{(n-1)}{2}, \quad (2.16)$$

де $n = 15$.

$$N = 15 \cdot \frac{(15-1)}{2} = 120.$$

Таблиця 2.1 - Визначення вагового коефіцієнту для вибору компоунвання БПМ [15-18]

Критерій	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	m _i	w _i
1	x	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,02
2	1	x	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	6	0,05
3	1	1	x	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	7	0,06
4	1	1	1	x	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	7	0,06
5	1	1	1	1	x	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	12	0,1
6	0	0	1	0	0	x	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	5	0,04
7	0	0	0	1	0	1	x	1	0	0	0	1	0	1	1	1	7	0,06
8	1	1	1	1	1	1	0	x	0	0	1	0	0	0	1	0	8	0,07
9	1	1	1	0	1	0	1	1	x	1	0	0	1	1	0	1	10	0,08
10	1	1	1	0	0	1	1	1	0	x	1	1	0	0	1	1	10	0,08
11	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	x	0	0	0	1	1	8	0,07
12	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	x	0	1	1	1	10	0,08
13	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	x	0	1	1	10	0,08
14	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	x	1	1	9	0,08
15	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	x	1	6	0,05
16	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	x	2	0,02

Вибір приводної системи

Існують різні варіанти систем живлення для приводу БПМ, як описувалось вище. Існують БПМ з ручним керуванням та встановленим електродвигуном.

Критерії для оцінки [15-18]:

1. Простота конструкції
2. Простота виготовлення
3. Компактність/Легка вага
4. Ефективність
5. Продуктивність
6. Простота збірки
7. Простота експлуатації
8. Низька вартість

Згідно із (2.16) якщо $n = 8$.

$$N = 8 \cdot \frac{(8-1)}{2} = 28.$$

Таблиця 2.2 - Визначення вагового коефіцієнту для вибору системи силового приводу БПМ[15-18]

Критерій	1	2	3	4	5	6	7	8	m _i	w _i
1	x	0	0	0	1	0	0	0	1	0,036
2	1	x	0	0	1	0	0	1	3	0,107
3	1	1	x	0	0	0	0	1	3	0,107
4	1	1	1	x	1	1	1	1	7	0,250
5	0	0	1	0	X	0	1	1	3	0,107
6	1	1	1	0	1	x	1	1	6	0,214
7	1	1	1	0	0	0	x	1	4	0,143
8	1	0	0	0	0	0	0	x	1	0,036

Таблиця 2.3 - Вибір системи силового приводу БПМ

Критерій проєктування	1	2	3	4	5	6	7	8	Сумарне
Коефіцієнт	0,036	0,107	0,107	0,25	0,107	0,21	0,143	0,036	
Ручний привід	94	95	92	90	100	95	99	100	
Значення	3,4	10,2	9,8	22,5	10,7	20,3	14,2	3,6	91,1
Конструкція двигуна	97	100	100	98	100	97	95	94	
Значення	3,5	10,7	10,7	24,5	10,7	20,8	13,6	3,4	97,8

Зупинимо свій вибір на двигуні для силового приводу.

Вибір системи прядіння

Існують різні типи прядильних механізмів, але основні системи можна згрупувати в двокільцеве прядіння та прядіння з відкритим кінцем. Для вибору з цих двох груп можна використовувати наступні критерії [15-18]:

1. Переробка більшості натуральних та штучних, а також сумішей волокон.
2. Пропонують широкий діапазон кількості прядіння
3. Простота експлуатації
4. Сумісність з малогабаритними машинами
5. Продуктивність/ефективність

6. Невелика кількість компонентів
 7. Простота обслуговування
 8. Простота виготовлення
 9. Низька складність компонентів
 10. Низька вартість
 11. Проста збірка
- Згідно із (2.16) якщо $n = 11$:

$$N = 11 \cdot \frac{(11-1)}{2} = 55.$$

Таблиця 2.4 - Визначення вагового коефіцієнту для вибору системи прядіння [15-18]

Критерій	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	m_i	w_i
1	x	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	6	0,109
2	0	x	0	1	0	1	1	1	0	1	0	5	0,109
3	1	1	x	1	1	0	1	1	0	1	0	7	0,127
4	0	0	0	x	0	0	0	0	1	0	1	2	0,036
5	1	1	0	1	x	1	0	1	0	1	1	7	0,127
6	1	0	1	1	0	x	0	0	1	1	1	6	0,109
7	0	0	0	1	1	1	x	0	0	1	0	4	0,072
8	0	0	0	1	0	1	1	x	0	1	1	5	0,09
9	1	1	1	0	1	0	1	1	x	1	1	8	0,145
10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	x	1	2	0,036
11	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	x	3	0,055

Таблиця 2.5 - Вибір системи прядіння для БПМ

Критерій проектування	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Сумарне
Коефіцієнт	0,109	0,091	0,127	0,036	0,127	0,109	0,073	0,091	0,145	0,036	0,055	
Конструкція прядіння з відкритим кінцем	94	95	92	90	100	90	92	95	90	90	91	
Значення	10,2	8,6	11,7	3,3	12,7	9,8	6,7	8,6	13,1	3,3	4,9	93,1
Дизайн кільця прядіння	100	100	100	98	90	97	98	97	98	96	97	
Значення	10,9	9,1	12,7	3,6	11,5	10,6	7,2	8,8	14,3	3,9	5,3	97,3

Згідно отриманих результатів обираємо систему кільцевого прядіння.

Схеми розташування шпульних валів

Шпульні вали можуть бути розташовані: вертикально або горизонтально на основі наступних критеріїв [15-18]:

1. Зручність в обслуговуванні
2. Продуктивність/ефективність
3. Простота експлуатації
4. Зручність використання
5. Простота виготовлення
6. Невисока складність компонентів
7. Простота обслуговування
8. Невелика кількість компонентів
9. Портативність
10. Проста збірка
11. Низька вартість

Згідно із (2.16) якщо $n = 11$:

$$N = 11 \cdot \frac{(11-1)}{2} = 55.$$

Таблиця 2.6 - Визначення вагового коефіцієнту для вибору схеми розташування шпульних валів [15-18]

Критерій	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	m_i	w_i
1	x	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2	0,036
2	1	x	0	0	1	1	0	1	0	0	1	5	0,09
3	1	1	x	0	0	1	0	0	1	0	1	5	0,09
4	1	1	1	x	1	1	0	1	0	1	1	8	0,14
5	0	0	1	0	x	0	0	0	1	1	1	4	0,07
6	0	0	0	0	1	x	1	1	0	1	1	5	0,09
7	1	1	1	1	1	0	x	0	0	1	0	6	0,10
8	1	0	1	0	1	0	1	x	0	1	1	6	0,10
9	1	1	0	1	0	1	0	1	x	1	1	8	0,14
10	1	1	1	0	0	0	1	0	0	x	1	4	0,07
11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	2	0,036

Таблиця 2.7 - Вибір схеми розташування шпильних валів для БПМ

Критерій проектування	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Сумарне
Коефіцієнт	0,036	0,090	0,090	0,145	0,072	0,090	0,109	0,109	0,145	0,072	0,036	
Схема горизонтального розташування	98	97	100	99	97	98	98	99	98	99	91	
Значення	3,6	8,8	9,1	14,4	7,1	8,9	10,7	10,8	14,3	7,1	3,3	98,1
Схема вертикального розташування	92	90	94	90	96	97	94	92	90	96	92	
Значення	3,34	8,2	8,5	13,1	6,9	8,8	10,3	10	13,2	6,9	3,3	92,7

Згідно отриманих результатів обираємо схему із горизонтальним розташуванням валів.

Вибір системи передачі потужності та редуктора швидкості

Існують різні варіанти трансмісії та редуктора для привода БПМ. Це пасова або зубчаста передача.

Критерії для оцінювання [15-18]:

1. Зручність використання
2. Простота в експлуатації
3. Простота експлуатації
4. Простота обслуговування
5. Простота виготовлення
6. Низька сприйнятливості до вібрації
7. Проста збірка
8. Невисока складність компонентів
9. Низька вартість

Згідно із (2.16) якщо $n = 9$:

$$N = 9 \cdot \frac{(9-1)}{2} = 36.$$

Таблиця 2.8 - Визначення вагового коефіцієнту для вибору системи передачі потужності [15-18]

Критерій	1	2	3	4	5	6	7	8	9	m_i	w_i
1	x	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0,027

2	1	x	0	0	1	1	0	1	0	3	0,08
3	1	1	x	0	0	1	0	0	1	4	0,11
4	1	1	1	x	1	1	0	1	0	4	0,11
5	0	0	1	0	x	0	0	0	1	5	0,13
6	0	0	0	0	1	x	1	1	0	7	0,19
7	1	1	1	1	1	0	x	0	0	5	0,11
8	1	0	1	0	1	0	1	x	0	3	0,11
9	1	1	0	1	0	1	0	1	x	2	0,05

Таблиця 2.9 - Вибір системи передач потужності для БПМ

Критерій проектування	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Сумарне
Коефіцієнт	0,027	0,08	0,11	0,11	0,13	0,19	0,11	0,11	0,05	
Зубчата передача	93	94	90	95	93	94	95	94	91	
Значення	2,7	7,7	10	11	13,1	18	13	11	5	91
Пасова передача	98	99	100	99	100	98	99	100	98	
Значення	2,7	8,3	11	11	13,9	19	13	11	5,5	96,6

Згідно отриманих результатів обираємо в якості системи передачі потужності пасову передачу.

Вибір пасової передачі

Для передачі потужності від електродвигуна до головного валу необхідно обрати пасову передачу:

- плоский пас;
- круглий пас;
- зубчастий пас;
- клиноподібний пас.

Критерії відбору [15-18]:

1. Безшумність роботи
2. Хороша потужність передачі
3. Менша крутильна вібрація
4. Хороше обслуговування

Згідно із (2.16) якщо $n = 4$:

$$N = 4 \cdot \frac{(4-1)}{2} = 6.$$

Таблиця 2.10 - Визначення вагового коефіцієнту для вибору пасової передачі для БПМ [15-18]

Критерій	1	2	3	4	m_i	w_i
1	x	0	1	1	2	0,033
2	1	x	0	1	2	0,033
3	1	1	x	1	3	0,5
4	0	1	0	x	1	0,033

Таблиця 2.11 - Вибір пасової передачі для БПМ

Критерій проектування	1	2	3	4	Сумарне
Коефіцієнт	0,033	0,033	0,5	0,033	
Плоско пасова передача	88	87	81	93	
Значення	14,7	28,9	40,5	15,5	99,7
Зубчасто пасова передача	87	87	80	92	
Значення	14,5	28,9	40	15,4	98,8
Клинопасова передача	85	80	79	91	
Значення	14,5	26,6	39,5	15	96,7
Круглопасова передача	80	85	80	92	
Значення	13,4	28,3	40	15,1	96,7

Згідно отриманих результатів обираємо в якості системи передачі потужності плоскопасову передачу.

Механізм зміни площини обертання з валу на площину обертання роликів

Для зміни площини обертання валу на площину обертання роликів будемо використовувати або черв'ячну або конічну передачу, виходячи з наступних критеріїв вибору [15-18]:

1. Довговічність
2. Простота експлуатації
3. Простота використання
4. Простота виготовлення
5. Мало факторів, що заважають
6. Низький знос рухомих частин
7. Простий монтаж
8. Низька вартість

Згідно із (2.16) якщо $n = 8$:

$$N = 8 \cdot \frac{(8-1)}{2} = 12.$$

Таблиця 2.12 - Визначення вагового коефіцієнту для вибору механізму зміни площини обертання з валу на площину обертання роликів [15-18]

Критерій	1	2	3	4	5	6	7	8	m _i	w _i
1	x	0	0	0	1	1	0	0	3	0,11
2	1	x	0	0	1	1	0	1	3	0,11
3	1	1	x	0	0	1	0	0	5	0,17
4	1	1	1	x	1	1	0	1	4	0,14
5	0	0	1	0	x	0	0	0	3	0,11
6	1	1	0	0	1	x	1	1	5	0,17
7	1	1	1	1	1	0	x	0	5	0,17
8	0	0	0	0	1	0	0	x	0	0,03

Таблиця 2.13 - Вибір механізму зміни площини обертання з валу на площину обертання роликів

Критерій проектування	1	2	3	4	5	6	7	8	Сумарне
Коефіцієнт	0,11	0,11	0,17	0,14	0,11	0,17	0,17	0,03	
Черв'ячна передача	96	95	93	96	96	95	94	92	
Значення	10,3	10,2	16,4	13,7	10,4	17	16,9	3,3	97,9
Конічна передача	95	96	98	96	96	96	95	95	
Значення	10,2	10,3	17,4	13,7	10,3	17,4	17,1	3,4	99,8

Згідно отриманих результатів обираємо в якості механізму зміни площини обертання з валу на площину обертання роликів – конічну зубчасту передачу.

Привідний механізм для контролера формування пряжі

Для приводу і керування контролером виготовлення пряжі необхідно змінювати площину обертання та володіти достатньо високим коефіцієнтом зменшення швидкості. Для цього можна розглядати черв'ячну та конічну передачу.

На основі критеріїв, наведених вище, ми можемо виконати наступний вибір [15-18].

Таблиця 2.14 - Визначення вагового коефіцієнту для вибору привідного механізму для контролера формування пряжі [15-18]

Критерій	1	2	3	4	5	6	7	8	m_i	w_i
1	x	0	0	0	1	1	0	0	3	0,11
2	1	x	0	0	1	1	0	1	3	0,11
3	1	1	x	0	0	1	0	0	5	0,17
4	1	1	1	x	1	1	0	1	4	0,14
5	0	0	1	0	x	0	0	0	3	0,11
6	1	1	0	0	1	x	1	1	5	0,17
7	1	1	1	1	1	0	x	0	5	0,17
8	0	0	0	0	1	0	0	x	0	0,03

Таблиця 2.13 - Вибір привідного механізму для контролера формування пряжі

Критерій проектування	1	2	3	4	5	6	7	8	Сумарне
Коефіцієнт	0,11	0,11	0,17	0,14	0,11	0,17	0,17	0,03	
Черв'ячна передача	96	95	100	95	96	95	94	92	
Значення	10,3	10,2	17,9	13,7	10,3	16,9	16,8	3,3	99,4
Конічна передача	95	96	91	96	96	97	96	94	
Значення	10,2	10,3	16,1	13,7	10,3	17,3	17,2	3,4	98,4

Згідно отриманих результатів обираємо в якості привідного механізму для контролера формування пряжі – черв'ячну зубчасту передачу.

Висновки до розділу

Виконано моделювання конструкції бавовнопрядильної машини для текстильної промисловості, а саме описано технологічні характеристики пряжі для вибору системи прядіння для проекту бавовнопрядильної машини. Проведено проектування конструкції та проектування концепції конструкції бавовнопрядильної машини для текстильної промисловості.

3 ПРОЄКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ БАВОВНОПРЯДИЛЬНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ТЕКСТИЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Етап проєктування на системному рівні включає визначення архітектури конструкції та декомпозицію конструкції на підсистеми та компоненти. На даному етапі також визначається остаточна схема збірки конструкції. Результатом цієї фази зазвичай включає геометричний макет продукту, функціональну специфікацію кожної з підсистем виробу, а також попередню технологічну схему процесу остаточного складання конструкції.

3.1 Розроблення архітектури конструкції бавовнопрядильної машини

Архітектура та розташування БПМ показана на рисунку 3.1 прядильна частина знаходиться в середині машини. З правого та лівого боків розміщені валики та оброблена бавовна буде також розміщена в правій та лівій частинах. Привідний електродвигун і головний вал з різними шківками та шестернями встановлені внизу, щоб приводити в рух вали веретена, валики та кільця [19].

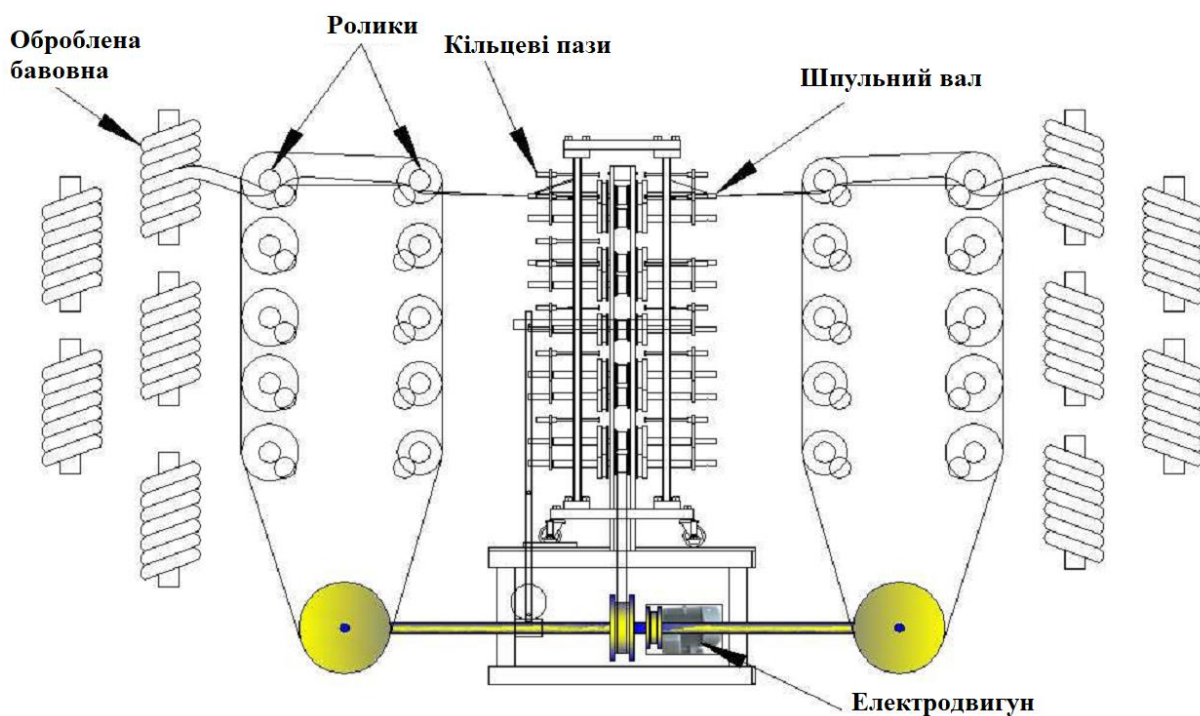


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд конструкції БПМ

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Компоненти та вузли [20-23].

Основні компоненти конструкції БПМ: 1. Вал веретена; 2. Вал шпинделя шків; 3. Коліщатка; 4. Паз каретки; 5. Кронштейн слота; 6. Котушка/копірка/шпуля; 7. Посібник для бігунка; 8. Ролики; 9. Направляючий кронштейн; 10. Тримач для введення бавовни; 11. Електродвигун; 12. Шків електродвигуна; 13. Головний вал; 14. Допоміжний шків 1; 15. Допоміжний шків 2; 16. Допоміжний шків 3; 17. Допоміжний шків 4; 18. Допоміжний шків 5; 19. Допоміжний шків 6; 20. Допоміжний шків 7; 21. Черв'ячна передача; 22. Конічна передача; 23. Пасова передача 1; 24. Пасова передача 2; 25. Пасова передача 3; 26. Пасова передача 4.

Проектування прядильної частини [19-23].

Вал веретена - це обертовий елемент, що утримує веретено для скручування, прядіння та намотування готової пряжі. Він приводиться в рух від електродвигуна, через шків.

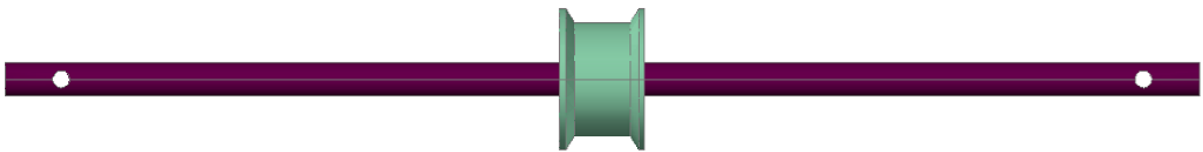


Рисунок 3.2 – Загальний вигляд валу веретена

Каретка і проріз каретки - каретка рухається в осьовому напрямку і обертається навколо валу веретена, а проріз утримує пряжу, створюючи скручування і намотування пряжа. Паз використовується для утримання кільця всередині нього.



Рисунок 3.3 - Загальний вигляд каретки і прорізу каретки

Прорізний кронштейн і катушка - прорізний кронштейн використовується для з'єднання валу веретена і обертання прорізу навколо веретена. Катушка - це компонент, на який виконується намотування пряжі, оснащена головкою з пазом для пасу.

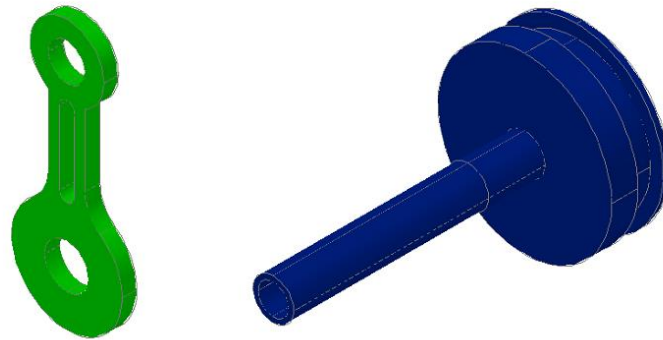


Рисунок 3.4 – Загальний вигляд прорізного кронштейну та бобіни

На рисунку 3.5 представлено бобіну, встановлену на валу веретена. Кронштейн з'єднує паз каретки та веретено. Каретка вставляється в паз, що забезпечує осьовий рух каретки. Осьовий рух допомагає каретці переміщати пряжу на веретено зворотно-поступально.

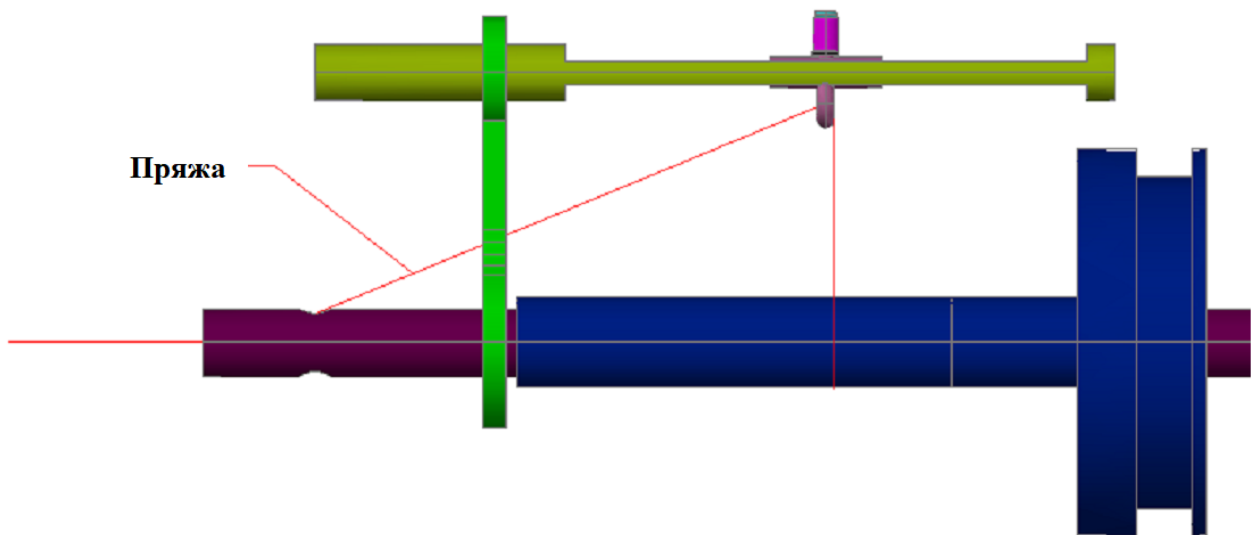


Рисунок 3.5 – Загальний вигляд прядильної частини

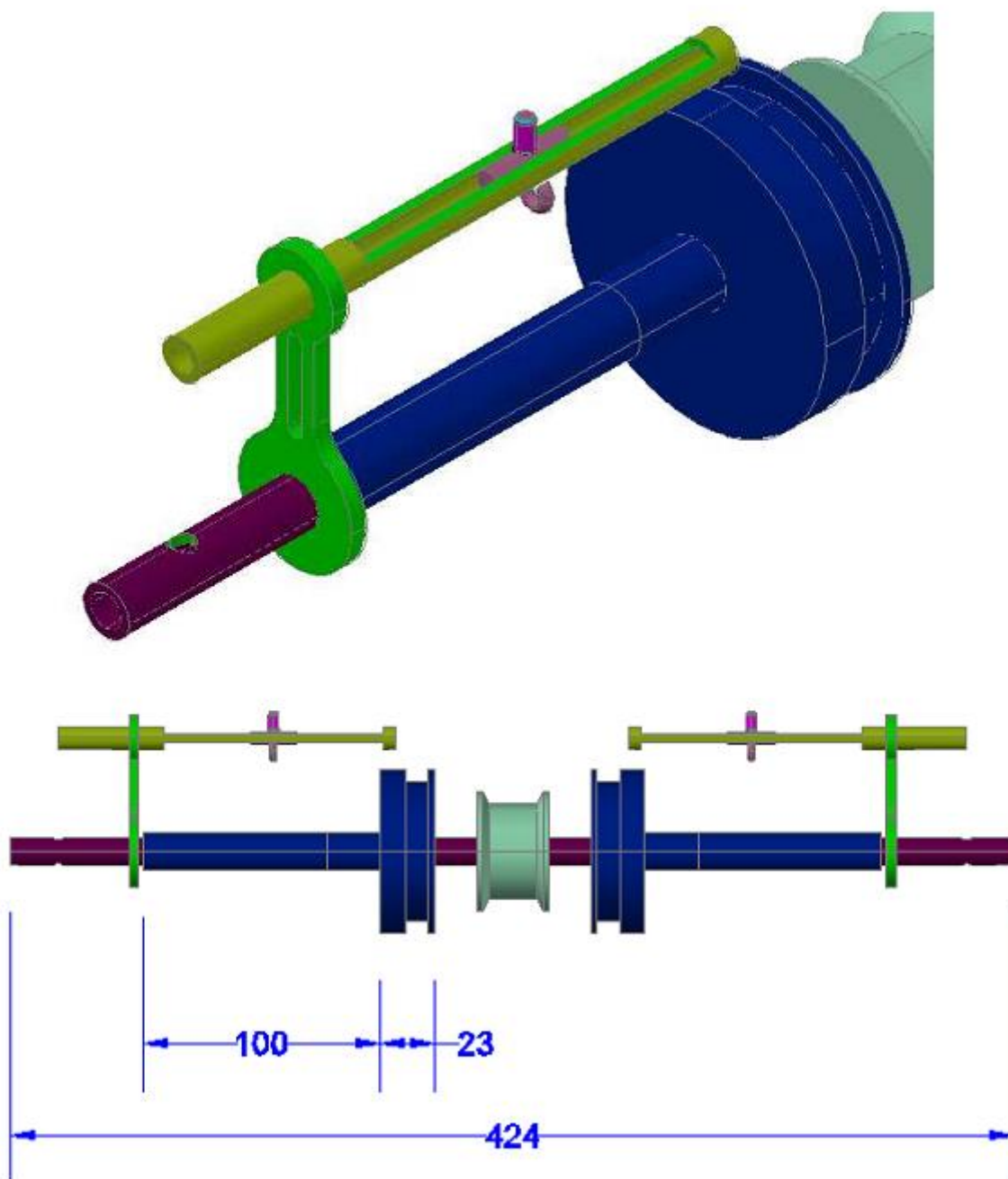


Рисунок 3.6 – Загальний вигляд вузлів прядильної частини із габаритними розмірами

Проектування контролеру намотування пряжі [19-23]

Направляюча каретки та направляючий ролик – спеціальна кільцева направляюча має круглий отвір для кожної каретки, який не впливає на обертальний рух каретки і спрямовує кільце для осьового зворотно-поступального руху.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 23.00.00.000 ПЗ

Арк.
61

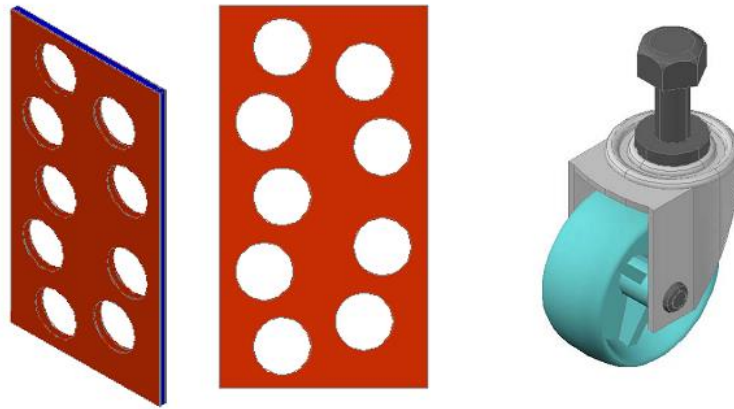


Рисунок 3.7 – Загальний вигляд каретки та ролику для каретки

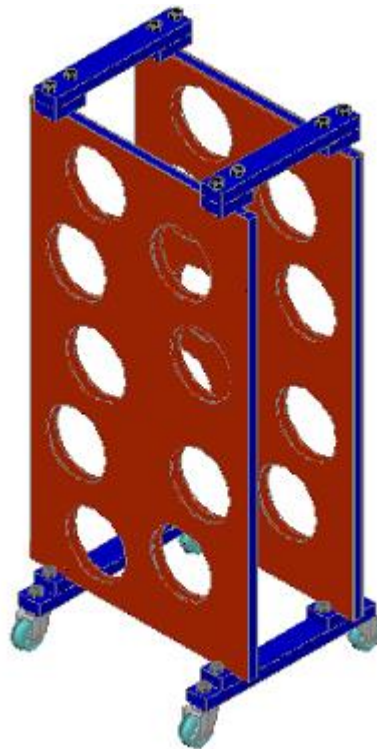


Рисунок 3.8 – Загальний вигляд вузла контролера намотування пряжі

Проектуванняч вузла вхідного тримачу та витяжних частин

Вхідний тримач використовується для утримання вже обробленого волокнистого матеріалу, готового до прядіння. Волокно подається на передні витяжні валики, а потім на задні. Швидкість руху задніх витяжних валиків буде нижчою, відповідно, і швидкість витягування менша. Швидкість передніх витяжних валиків набагато вища, тому це дозволяє досягти більшої швидкості витягування, роблячи волокно тоншим.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 23.00.00.000 ПЗ

Арк.
62

Передні витяжні ролики

Задні витяжні ролики

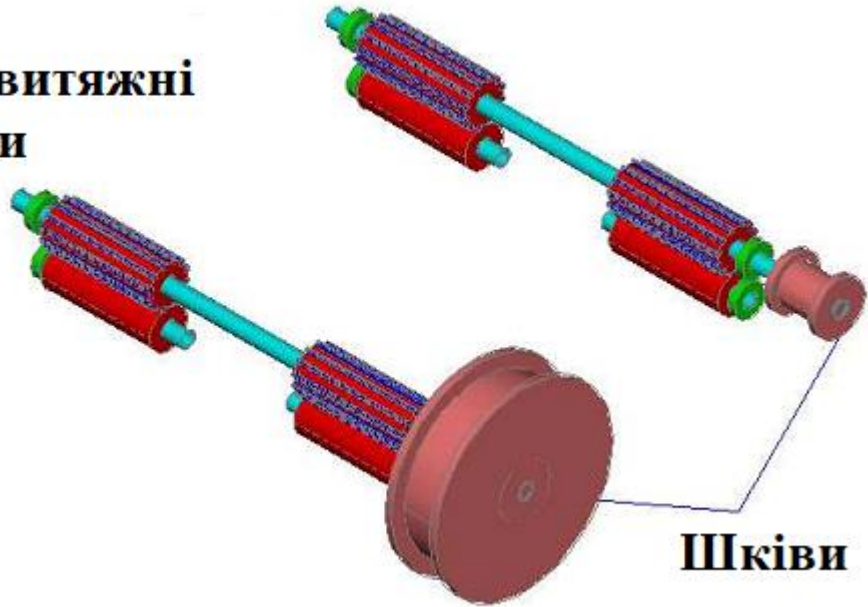


Рисунок 3.9 – Загальний вигляд розташування витяжних роликів

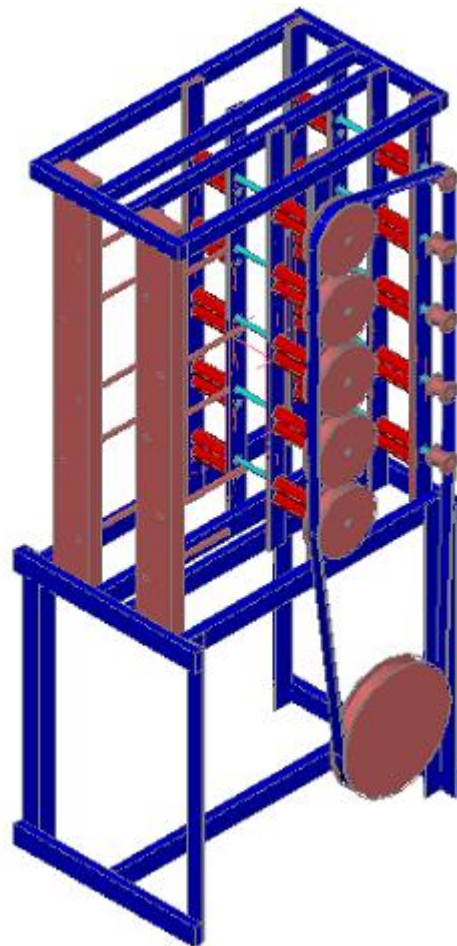


Рисунок 3.10 – Загальний вигляд збірки тримача вводу пряжі та витяжних роликів для БПМ

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 23.00.00.000 ПЗ

Арк.
63

Проектування системи передачі для рушійної сили [19-23]

Один електродвигун буде використовуватись в якості рушійного механізму всієї конструкції. Потужність буде передаватись на головний вал через пасову передачу та шків. Як представлено на рисунках, всі інші шківів, зубчасті та конічні передачі будуть приводитися в рух головним валом.

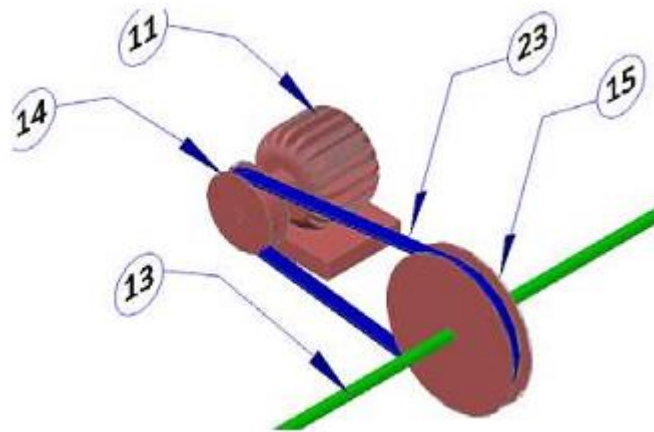


Рисунок 3.11 – Загальний вигляд розташування електродвигун та головного валу

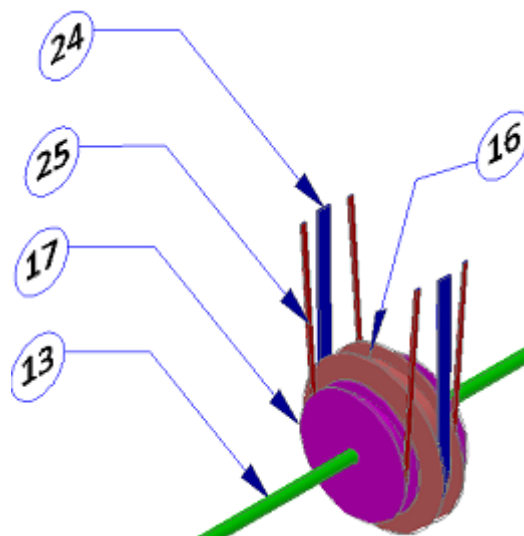


Рисунок 3.12 – Загальний вигляд валу веретена та шківів приводу веретена на головному валу

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 23.00.00.000 ПЗ

Арк.
64

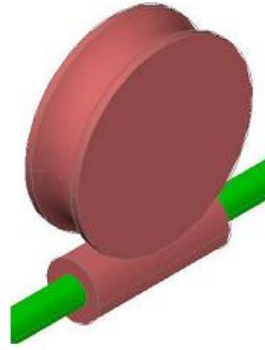


Рисунок 3.13 – Загальний вигляд черв'ячної передачі на головному валу для приводу контролера

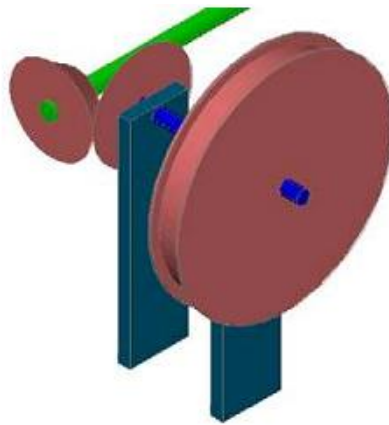


Рисунок 3.14 – Загальний вигляд конічної передачі для передачі потужності від головного валу до шківів

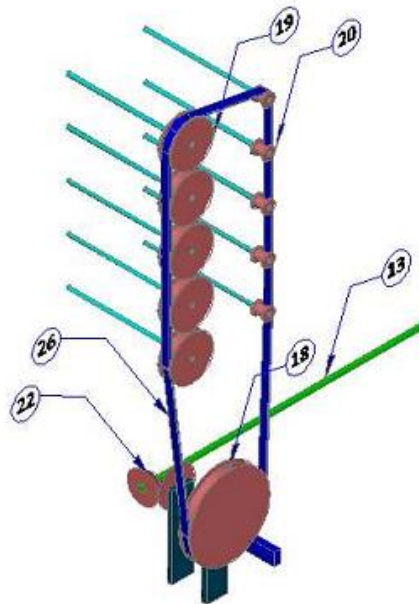


Рисунок 3.15 – Загальний вигляд системи для передачі потужності до витяжних валків

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 23.00.00.000 ПЗ

Арк.
65

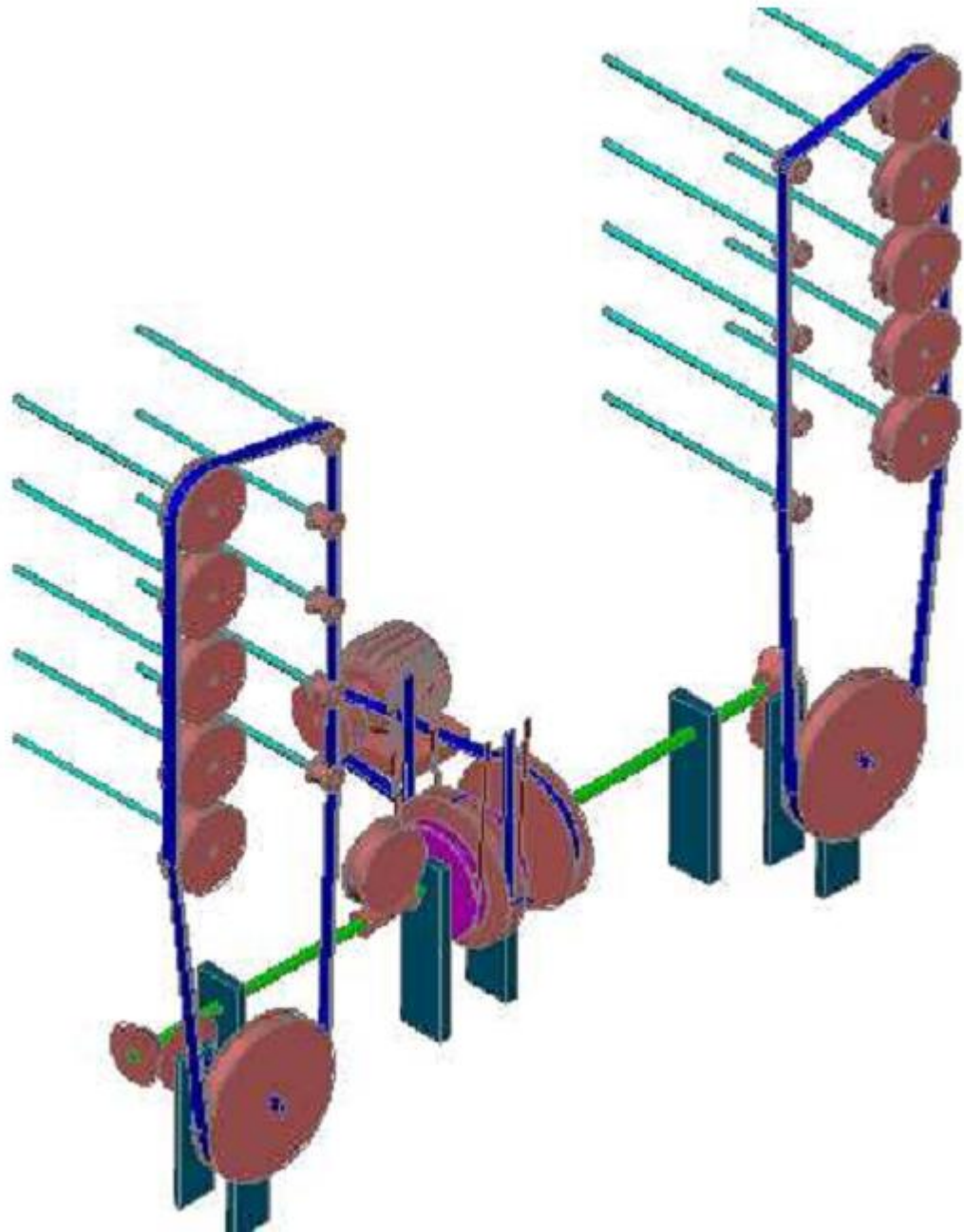


Рисунок 3.16 – Загальний вигляд спроектованої системи передачі потужності прядильної машини [19]

Принцип роботи спроектованої конструкції можна підсумувати наступним чином:

1. Електродвигун приводить в рух головний вал за допомогою пасу 1, який проходить через шків 1 та 2.
2. Шків 3 приводить в рух вали веретен.
3. Шків 4 приводить в рух котушки.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 23.00.00.000 ПЗ

Арк.
66

4. Черв'ячна передача приводить в рух напрямну каретку через кронштейн контролера. Також вона виконує зміну площину обертання з площини у-z на площину х-z.

5. Конічний редуктор передає потужність на шків 6 та 7, змінюючи площину обертання з площини у-z на площину х-z.

6. Шків 5 приводить в дію задню та передню витяжну систему.

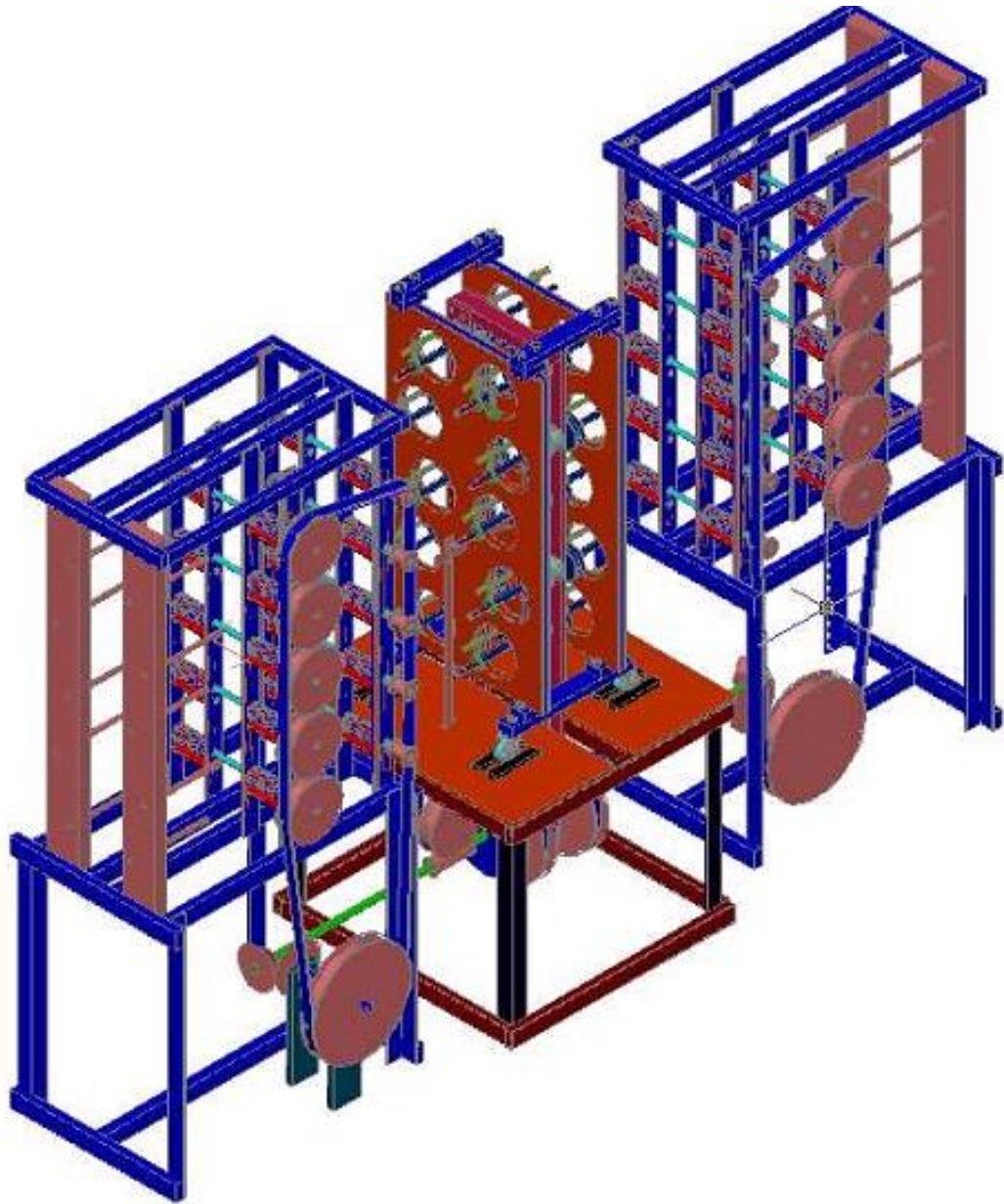


Рисунок 3.17 – Загальний вигляд спроектованої БПМ [19]

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 23.00.00.000 ПЗ

Арк.
67

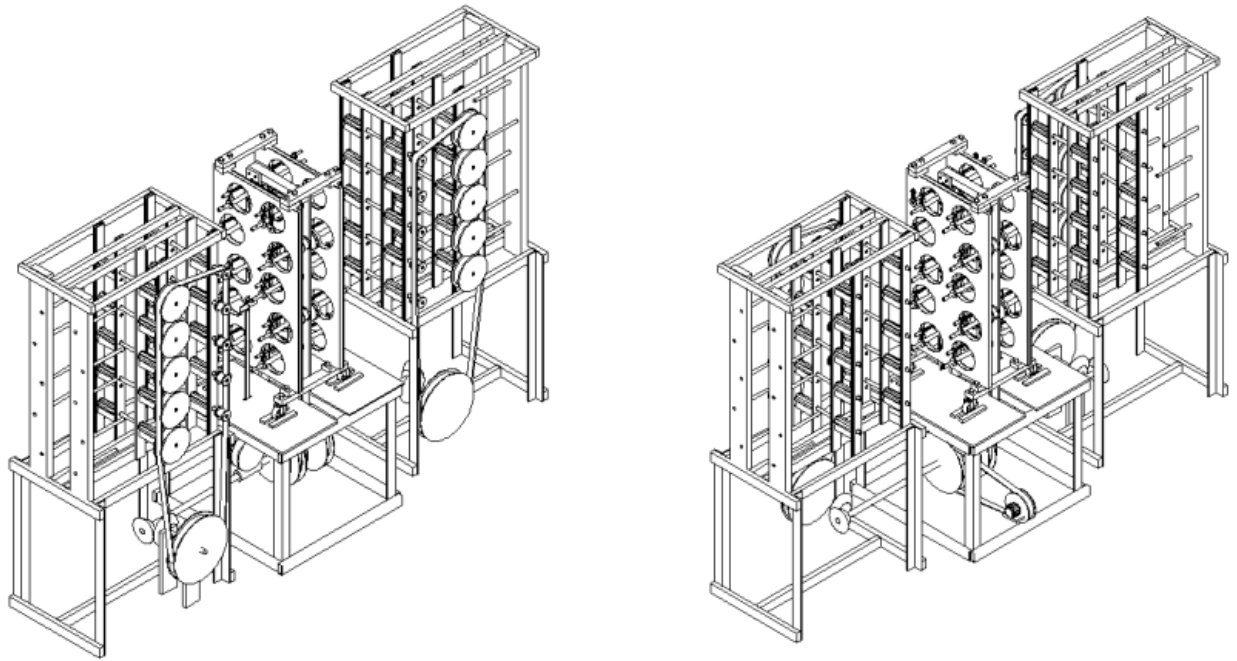


Рисунок 3.18 – Приклад розташування БПМ в цеху

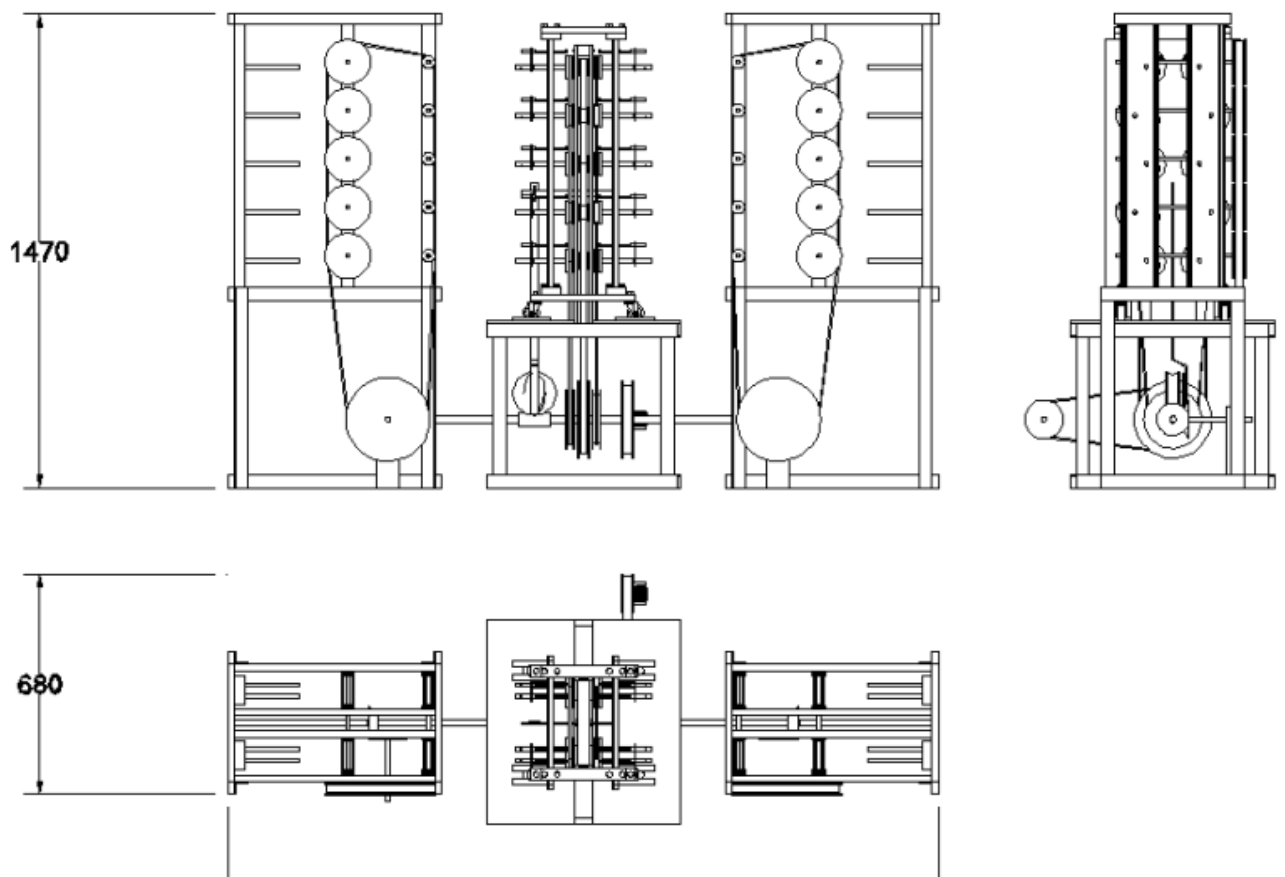


Рисунок 3.19 – Габаритне креслення БПМ [19]

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 23.00.00.000 ПЗ

Арк.
68

3.2 Розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції

Геометричні співвідношення спроектованої БПМ [19-23]

Геометрія компонентів конструкції залежить від кількості крутки, яку потрібно зробити для пряжі. Оскільки основною метою даної дипломної роботи є проектування прядильної машини, яка може виробляти пряжу, подібну до пряжі ручного прядіння, то необхідна кількість крутки, що вводиться, є низькою.

В даній конструкції розташовано два витяжних прилади діаметром 120 мм та 30 мм, відповідно, для заднього та передньої витяжки. Відповідно, коефіцієнт витягування буде рівним 4. Така система витягування зменшує кількість рівниці або снування до відповідного значення, так що при скручуванні витяжної маси виходить пряжа необхідної лінійної густини.

Як було описано раніше, швидкість обертання бобіни в сучасній текстильній промисловості може досягати 25 тис. об/хв, а прядильні колеса можуть обертатися з кутовою швидкістю близько 1 тис. об/хв. Враховуючи простоту конструкції машини, геометричні обмеження та мету підвищення продуктивності традиційних прядильних систем, включаючи прядильне колесо, можливо варіювати швидкість обертання бобіни від 1 тис. до 25 тис. об/хв.

Розглянемо використання електродвигуна із частотою обертання 2 тис. об/хв. в якості приводу головного валу за допомогою плоского пасу, як представлено на рисунку 3.20.



Рисунок 3.20 – Схема розташування головного валу та електродвигуна

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 23.00.00.000 ПЗ

Арк.

69

Виходячи з проєкту конструкції [20-23]:

- частота обертання електродвигуна - $N_{\text{дв}} = 2000 \text{ об/хв}$;
- діаметр шківу електродвигуна - $D_{\text{дв}} = 100 \text{ мм}$;
- діаметр шківів головного валу - $D_{\text{вал1}} = 200 \text{ мм}$;

Необхідно визначити частоту обертання головного валу з наступної формули:

$$N_{\text{вал}} = \frac{D_{\text{дв}}}{D_{\text{вал1}}} \cdot N_{\text{дв}}; \quad (3.1)$$

$$N_{\text{вал}} = \frac{100}{200} \cdot 2000 = 1000 \text{ об/хв}.$$

Діаметр шківів на головному валу, який передає рух на вал веретена - 200 мм, тоді діаметр шківів веретена приймаємо - 40 мм.

Звідки [20-23]:

- частота обертання головного валу - $N_{\text{вал}} = 1000 \text{ об/хв}$;
- діаметр шківів головного валу - $D_{\text{вал1}} = 200 \text{ мм}$;
- діаметр шківів веретена - $D_{\text{в}} = 40 \text{ мм}$;

Необхідно визначити частоту обертання веретена з наступної формули:

$$N_{\text{в}} = \frac{D_{\text{вал1}}}{D_{\text{в}}} \cdot N_{\text{вал}}; \quad (3.2)$$

$$N_{\text{в}} = \frac{200}{40} \cdot 1000 = 5000 \text{ об/хв}.$$

Отже, вал веретена буде обертатись зі швидкістю рівною - 5000 об/хв.

На головному валу також розташовані два шківів, які передають рух

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		70

катушкам, на які буде виконуватись намотування пряжі. Діаметр шківів катушок приймаємо рівним - 60 мм, а діаметр двох шківів, які будуть відповідати за передачу руху від головного валу до катушок, буде складати - 150 мм.

Звідки [20-23]:

- частота обертання головного валу - $N_{вал} = 1000 об/хв$;
- діаметр шківа головного валу - $D_{вал2} = 150 мм$;
- діаметр катушки - $D_{кот} = 60 мм$;

Необхідно визначити частоту обертання катушки з наступної формули:

$$N_{кот} = \frac{D_{вал2}}{D_{кот}} \cdot N_{вал}; \quad (3.3)$$

$$N_{кот} = \frac{150}{60} \cdot 1000 = 2500 об/хв.$$

Тепер розглянемо передачу обертового руху на витяжні пристрої. Як видно з конструкції (див. Розділ 3.1) на кінцях головного валу розташовані конічні зубчасті передачі, які передають рух від головного валу до шківа 5, який, в свою чергу, передає рух на шків витяжних пристроїв. Для зменшення кількості пряжі від переднього витяжного приладу до бобіни швидкість переднього витяжного приладу повинна бути набагато нижчою, ніж швидкість обертання веретена.

Тому вибір передаточного відношення кінцевого редуктора буде залежати від частоти обертання витяжного приладу. Приймаємо частоту обертання переднього витяжного пристрою рівною - 1000 об/хв.

Звідки:

- частота обертання витяжного пристрою - $N_{н.вум} = 1000 об/хв$;
- діаметр заднього витяжного пристрою - $D_{з.вум} = 120 мм$;
- діаметр переднього витяжного пристрою - $D_{п.вум} = 30 мм$;

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		71

Необхідно визначити частоту обертання заднього витяжного пристрою з наступної формули [20-23]:

$$N_{з.вум} = \frac{D_{п.вум}}{D_{з.вум}} \cdot N_{п.вум}; \quad (3.4)$$

$$N_{кот} = \frac{20}{120} \cdot 1000 = 250 \text{ об/хв.}$$

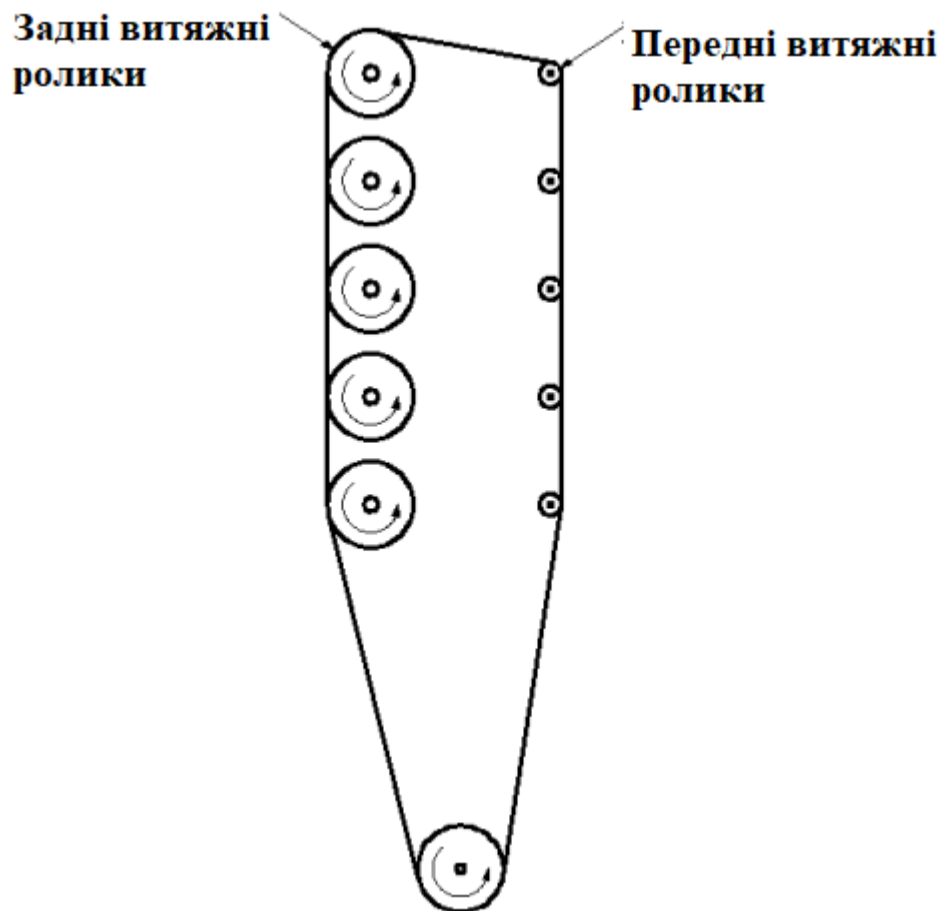


Рисунок 3.21 – Схема системи шківів витяжного пристрою

Згідно виконаних розрахунків - частота обертання головного валу 1000 об/хв. Нехай діаметр шківів, який буде відповідати за передачу руху від конічної шестерні, складатиме - 120 мм, тоді частоту обертання головного валу слід знизити до 250 об/хв. Отже, для отримання цих швидкостей буде обрана конічна передача з передаточним відношенням $i = 4$ [20-23].

протилежному суцільній нитці скручування для поліпшення рівномірності, міцності, подовження, об'ємності, блиску і стійкості до стирання [1, 3, 11].

Скручування пасм волокон виконується на ровничних, кільцепрядильних, пневмомеханічних та DREF прядильних машинах тощо. Скручене пасмо повинно бути намотане на пакування, що поставляється у певній формі для легкого вилучення цих пасм у наступному процесі. Оскільки відкритий кінець пряжі обертається в роторних та DREF прядильних системах, пакування для намотування пряжі повинне бути повернутий в осьовому напрямку. Операції скручування та намотування відокремлені при прядінні з відкритим кінцем. Однак це неможливо виконувати на ровничній або кільцевій машині.

Повинно бути два елементи, що обертаються (веретено та каретка або бігунок та веретено), для того, щоб скручувати та намотувати пасмо на бобіну. Швидкість намотування повинна дорівнювати швидкості подачі пасм з витяжного пристрою. Оскільки намотування на діаметр пакування змінюється безперервно протягом усього технологічного процесу, різниця в швидкості між двома елементами також повинна безперервно варіюватись. Оскільки швидкість подачі буде постійною значить, добуток намотування на діаметр і різницю швидкостей між двома обертовими елементами необхідно підтримувати постійними. На ровничній рамі це досягається шляхом постійного регулювання швидкості обертання бобіни і підтримання постійної швидкості маховика постійною, тоді як при кільцевому прядінні тільки веретено обертається з постійною швидкістю, а пряжа тягнеться по кільцю за допомогою каретки. Завдяки силі тертя між кільцем та кареткою автоматично регулюється необхідна різниця швидкостей між веретеном та кареткою. В обох випадках кільцевій та ровничній каретці системи короткого прядіння використовується спеціальний шпулярник. Для розрахунку крутки в ровниці враховується швидкість руху каретки, в той час як в кільцепрядінні враховується швидкість обертання самого веретена [1, 3, 11].

					<i>MPMA 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		74

$$S_{скр} = \frac{\omega_{біг}}{v_{под}}, \quad (3.5)$$

де $S_{скр}$ - величина скручування, см в ровінгу; $\omega_{біг}$ - швидкість обертання бігунка; $v_{под}$ - швидкість подачі.

$$S_{скр} = \frac{\omega_{вер}}{v_{под}}, \quad (3.6)$$

де $S_{скр}$ - величина скручування, см пряжі; $\omega_{вер}$ - швидкість обертання веретена; $v_{под}$ - швидкість подачі.

Механізм скручування пасом на ровничній та кільцевій рамах пояснимо нижче.

Механізм вставки крутки в пасмо і виготовлення пряжі [1, 3, 11]

Відомо, що початковий діаметр бобіни рівний - 16 мм, але діаметр бобіни буде збільшуватися по мірі намотування пряжі, що намотується на бобіну, тому, щоб розрахувати швидкість виробництва пряжі по довжині, необхідно визначити середній діаметр. Щоб не впливати на властивості пряжі, що виготовляється, діаметр пряжі, намотаної на бобіну, не повинен бути більше за 50 мм.

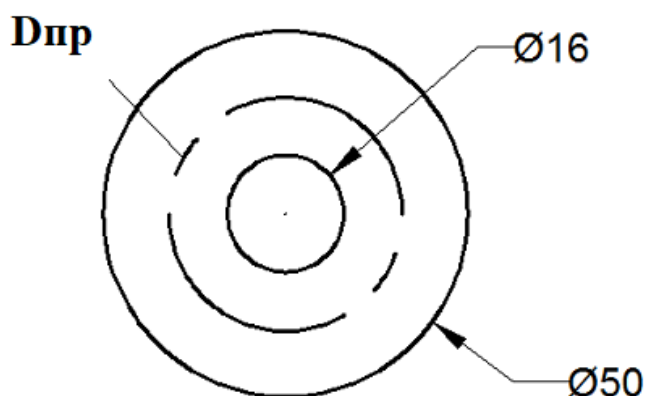


Рисунок 3.23 - Геометрія пряжі на бобіні

Загально відомо, що [20-23]

$$L_{\min} = \pi \cdot d_{\min}; \quad (3.7)$$

$$L_{\max} = \pi \cdot d_{\max}, \quad (3.8)$$

де d_{\min} - початковий діаметр бобіни; d_{\max} - максимальний діаметр бобіни.

$$L_{\min} = 3,14 \cdot 16 = 50,2 \text{ мм};$$

$$L_{\max} = 3,14 \cdot 50 = 157 \text{ мм}.$$

Тоді визначимо оптимальний діаметр для пряжі

$$L_{np} = \frac{L_{\min} + L_{\max}}{2}; \quad (3.9)$$

$$L_{np} = \frac{50,2 + 157}{2} = 103,6 \text{ мм};$$

$$D_{np} = \frac{L_{np}}{\pi}; \quad (3.10)$$

$$D_{np} = \frac{103,6}{3,14} = 33 \text{ мм}.$$

Використовуючи отримане оптимальне середнє значення діаметра, розглянемо наступні ситуації для проектування БПМ.

Введення крутки в пряжу при нерухомому веретені. Припустимо, що веретено нерухоме, а каретка обертається в кільцевій рамі. Кожен оберт каретки

намотує одну катушку пряжі на бобіну. Процес дуже схожий на захоплення і намотування пряжі на бобіну вручну. Пряжа обертається на 360° градусів за один виток під час намотування на нерухому бобіну вручну; отже, при намотуванні буде відбуватись скручування пряжі [1, 3, 11].

$$L_{нит} = \pi \cdot d; \quad (3.11)$$

$$n = \frac{1}{\pi \cdot d}, \quad (3.12)$$

де d - діаметр катушки; $L_{нит}$ - довжина нитки; n - кількість обертів.

Якщо пряжа розмотується паралельно із катушки, пряжа збереже всі наявні в ній витки в пряжі, в той час як якщо пряжа розмотується з кінця в кінець, розмотування катушки видаляє один виток скручування. Таким чином, скрутки, вставлені в пряжу під час намотування, видаляються під час розмотування. Зняття кінця нитки може відбуватися з будь-якого боку бобіни.

Якщо мотальник обертається за годинниковою стрілкою для намотування пряжі на бобіну, кожен виток вставляє один виток «Z»-скрутки до нитки. При розмотуванні нитки в протилежний бік, кожна розмотувальний виток додає один виток скрутки в напрямку «S», і тому пряжа в результаті не буде мати ніякої скрутки [1, 3, 11].

Введення скрутки в пряжу при нерухомій каретці

Припустимо, що каретка закріплена на нерухомому кільці, а веретено обертається із постійною швидкістю. Кожен оберт веретена буде намотувати один виток пряжі на бобіну. При цьому намотування не буде викликати скручування, а отже, пряжа в катушці не матиме ніякого скручування взагалі. Але якщо пряжа розмотується, то при кожному розмотуванні мотка пряжі буде відбуватись один виток скручування.

$$n_{розм} = \frac{1}{\pi \cdot d}. \quad (3.13)$$

Напрямок введення скрутки при розмотуванні через кінець повністю буде залежати від напрямку намотування пряжі. Якщо веретено обертається проти годинникової стрілки для намотування пряжі на бобіну, то під час розмотування нитки на катушку в неї буде вставлена «Z»-подібна скрутка. Але якщо ту саму пряжу розмотувати паралельно, пряжа не отримає ніякого скручування [1, 3, 11].

Вставлення скрутки на нитку, коли веретено та каретка обертаються в протилежних напрямках

Може виникнути питання, навіщо потрібно обертати каретку і веретено в протилежних напрямках, а також як взагалі обертати каретку в протилежному напрямку. Це робиться лише для того, щоб користувач міг чітко зрозуміти механізм скручування. Коли і веретено, і каретка обертаються в протилежних напрямках, кожен оберт веретена та каретки намотує по одній катушці окремо. Можна розрахувати довжину пряжі, що намотується за хвилину, і кількість круток/см.

$$L_{нит} = \pi \cdot d \cdot (N_s + N_T); \quad (3.14)$$

$$S_{скр} = \frac{-N_T}{\pi \cdot d \cdot (N_s + N_T)}, \quad (3.15)$$

де N_s - частота обертання веретена в об/хв; N_T - частота обертання каретки в об/хв.

Якщо веретено та каретка обертаються за годинниковою стрілкою і проти годинникової стрілки відповідно, напрямок вставки скрутки при намотуванні буде відповідати «S»-скрутці. Але під час розмотування над кінцем напрямок вставки скрутки буде «Z»+і - використовуються для позначення напрямків

скрутки Z та S відповідно [1, 3, 11]:

$$S_{скр} = \frac{N_T}{\pi \cdot d \cdot (N_s + N_T)} + \frac{N_s}{\pi \cdot d \cdot (N_s + N_T)}; \quad (3.16)$$

$$S_{скр} = \frac{N_s}{\pi \cdot d \cdot (N_s + N_T)}. \quad (3.17)$$

Введення скрутки на пряжу, коли веретено «веде» каретку [1, 3, 11]

При кільцевому прядінні і веретено, і каретка обертаються в одному напрямку. Однак веретено обертається з більш високою швидкістю, ніж каретка. Якщо вони будуть обертатись з однаковою швидкістю, то відбувається лише скручування пряжі без виконання намотування на бобіну. Через різницю в швидкості їх обертання відбувається намотування пряжі на бобіну:

$$L_{нит} = \pi \cdot d \cdot (N_s - N_T). \quad (3.18)$$

Завдяки обертанню і веретено, і каретка закручують нитку. Якщо і шпindel, і каретка обертаються за годинниковою стрілкою, на нитку наноситься « Z »-подібна скрутка.

$$S_{скр} = \frac{N_T}{\pi \cdot d \cdot (N_s - N_T)}. \quad (3.19)$$

Швидкість намотування повинна дорівнювати швидкості подачі пряжі.

$$L_{пряжі} = \pi \cdot d \cdot (N_s - N_T). \quad (3.20)$$

В такому випадку намотування відбувається в умовах, подібних до тих,

коли каретка нерухома, а веретено обертається; отже, намотування не вносить ніякого закручування в пряжу. З іншого боку, при розмотуванні через кінець на кожному розмотану катушку намотується один виток крутки [1, 3, 11].

$$n_{розм} = \frac{1}{\pi \cdot d};$$

$$S_{скр} = \frac{N_T}{\pi \cdot d \cdot (N_s - N_T)} + \frac{1}{\pi \cdot d}. \quad (3.21)$$

Оскільки пряжа з кільцевої бобіни зазвичай виводиться через кінець під час намотування, для розрахунку кількості витків/см пряжі використовується швидкість обертання шпинделя, а не швидкість руху каретки.

Однак кількість $n_{розм}$ у рівниці розраховується з урахуванням швидкості руху каретки. Це пов'язано з паралельним відведенням рівниці під час прядіння [1, 3, 11].

Вставлення скрутки на пасмо, коли каретка веде веретено

За рахунок різниці швидкостей руху каретки та веретена намотування відбувається на бобіну.

$$S_{скр} = \frac{N_B}{\pi \cdot d \cdot (N_F - N_B)}; \quad (3.22)$$

$$S_{скр} = \frac{N_F - N_B}{\pi \cdot d \cdot (N_F - N_B)}; \quad (3.23)$$

$$S_{скр} = \frac{N_F}{\pi \cdot d \cdot (N_F - N_B)}, \quad (3.24)$$

де N_F - частота обертання каретки в об/хв; N_B - частота обертання веретена в об/хв.

Якщо розмотувати рівницю паралельно, то вона матиме таку саму кількість скручування, як і на веретені, але якщо її витягнути надмірно, вона втратить певну кількість скручування під час розмотування [1, 3, 11]:

$$n_{розм} = \frac{-(N_F - N_B)}{\pi \cdot d \cdot (N_F - N_B)}; \quad (3.25)$$

$$n_{розм} = \frac{N_B}{\pi \cdot d \cdot (N_F - N_B)}. \quad (3.26)$$

Підсумовуючи вище описане.

1. Якщо пряжа намотується на бобіну шляхом подачі пряжі перпендикулярно до бобіни та напрямку обертання, то намотування пряжі не призведе до утворення скручування. Але якщо пряжа виводиться через край, то за один виток намотування пряжа отримує один виток скручування на катушку, що розмотується.

2. Під час намотування пряжі на нерухому бобіну вручну пряжа обертається на 360° градусів за одну катушку. Коли вона розмотується з бобіни, всі скручування, наявні в пряжі, видаляються. Таким чином, як намотування, так і розмотування викликають скручування, але в протилежних напрямках.

3. Якщо каретка веде бобіну, буде відбуватись скручування пряжі як за рахунок скручування, так і за рахунок намотування.

4. Оскільки під час намотування нитка з бобіни виводиться надлишковим кінцем, то для розрахунку крутки пряжі береться частота обертання веретена, в той час як для розрахунку крутки ровниці береться частота обертання каретки, що пов'язано із паралельним розмотуванням ровниці під час виконання процесу прядіння.

5. Розмотування пряжі через край допомагає отримати додаткове скручування пряжі, а паралельне розмотування ровниці не призведе до додаткового скручування ровниці. Якщо під час виконання розмотування ровниці під час технологічного процесу прядіння, кожна катушка, що розмотується, буде додавати один виток скрутки на ровницю. Таким чином, зусилля розриву та налаштування заднього натяжного ролика повинні бути збільшені, щоб для полегшення розриву скрутки, що знаходиться на ровниці. В іншому випадку під час витягування станеться висмикування нитки. Тому під час кільцевого прядіння ровниця зазвичай розмотується з бобіни паралельно.

Висновки до розділу

В розділі виконано проєктування конструкції бавовнопрядильної машини для текстильної промисловості, а саме розроблено архітектуру конструкції бавовнопрядильної машини, визначено необхідні розміри, виконано аналітичні розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції бавовнопрядильної машини.

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		82

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Основна продуктивність однієї машини, що пропонується - прядіння пряжі на 20 бобінах одночасно в середньому десять хвилин, не враховуючи часу, необхідного для встановлення та виймання бобін. В результаті, вважається, що впровадження вдосконаленої прядильної машини збільшить швидкість виробництва пряжі та надасть можливість операторам мікро- та малих підприємств ефективно використовувати робочу силу, виробляючи певну кількість пряжі за короткий проміжок часу, В свою чергу це дозволить підвищити обізнаність персоналу, для зосередження технологічного потенціалу на виявленні недоліків та запропонувати необхідні вдосконалення на простих верстатах.

Дана кваліфікаційна робота присвячена впровадженню нової конструкції бавовнопрядильної машини. Конструкція машини включає основні компоненти прядильної системи, такі як передача енергії, механізм прядіння, система витягування і т.д. Нарешті, на основі спроектованої конструкції прядильної машини можна буде прядсти декілька веретен одночасно у порівнянні з намотувальним і прядильним колесом, що використовується в даний час.

Виконано моделювання конструкції бавовнопрядильної машини для текстильної промисловості, а саме описано технологічні характеристики пряжі для вибору системи прядіння для проекту бавовнопрядильної машини. Проведено проєктування конструкції та проєктування концепції конструкції бавовнопрядильної машини для текстильної промисловості.

Виконано проєктування конструкції бавовнопрядильної машини для текстильної промисловості, а саме розроблено архітектуру конструкції бавовнопрядильної машини, визначено необхідні розміри, виконано аналітичні розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції бавовнопрядильної машини.

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						83
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Слізков А.М.. – К.: КНУТД, 2012. – 351 с.

13. Слізков А.М. Прогнозування фізико-механічних властивостей текстильних матеріалів побутового призначення. Монографія / А.М. Слізков, В.В. Щербань, С.М. Краснитський, Т.І. Демківська – К.:КНУТД, 2013 – 223 с.

14. Гліненко Л.К. Основи моделювання технічних систем: навчальний посібник / Л. К. Гліненко, О. Г. Сухонос ; – Львів: Бескид Біт, 2003. – 176 с.

15. Статистична обробка результатів вимірювань та експериментальних даних в текстильній промисловості / Демківський О.Б., Краснитський С.М., Пилипенко Ю.М., Слізков А.М. – К.: КНУДТ, 2012. – 106 с.

16. Теорія планування експериментів: Виконання розрахунково-графічної роботи [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Технологія машинобудування» / С.М. Лапач ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 3,31 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 86 с.

17. Вступ до планування оптимального експерименту: Навч. посібн. для студ. спец. 092502 – Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва / Уклад.: Г.О. Статюха, Д.М. Складанний, О.С. Бонаренко – К.: ІВЦ «Політехніка», 2011. – 117 с.

18. Конспект лекцій з курсу «Планування і обробка результатів експерименту» (для студентів денної і заочної форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : Л. А. Назаренко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 163 с.

19. Бойко А. П. Комп'ютерне моделювання в середовищі AUTOCAD. Частина 1. Геометричне та проєкційне креслення : навч. посіб. / А. П. Бойко. – Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2017. – 116 с.

20. Деталі машин: курс лекцій / Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш, О.П. Цьонь. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. – 160с.

21. Іванчук А. В. Деталі машин: навч. посібник [для студ. вищ. пед. навч.

									Арк.
									85
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	МРМА 23.00.00.000 ПЗ				

закл.] / А.В. Іванчук. – Вінниця: ТОВ фірма «Планер», 2010. – 336 с.

22. Деталі машин : підручник / [Міняйло А.В., Тіщенко Л.М., Мазоренко Д.І. та ін.]. – К. : Агроосвіта, 2013. – 448 с. ISBN 978-966-2007-28-2

23. Деталі машин. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Автоматизовані логістичні системи» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад. Ю.П.Горбатенко.– електронні текстові дані (1 файл: 16,1 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 190 с.

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		86

Додатки

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						87
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		