

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

Розробка системи керування для стабілізації натягу ниток
ОСНОВИ ОСНОВОВ'ЯЗАЛЬНИХ МАШИН

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»
Шифр, назва
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Шифр, назва
Освітня програма «Електропобутова техніка»

Шифр МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Виконав студент 2 курсу
група ЕТм-23-1


Відпис

М.Ю.Мальчик
Ініціали, прізвище

Керівник


Відпис, дата

В. С. Неймак
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер


Відпис, дата

О. Жимолуцук
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:


Відпис, дата

В. С. Неймак
Ініціали, прізвище

Зав. кафедри МАЕЕС

19 12 2024 р.

Хмельницький 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

Освітній рівень магістр

Галузь знань 14 Електрична інженерія

Шифр і назва

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Шифр і назва

Освітня програма Електропобутова техніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС

к.т.н., доц. Неймак В.С.

17 . 12 [підпис] .2024р.

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Мальчик Мирослав Юрійович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Розробка системи керування для стабілізації натягу ниток основи основов'язальних машин

керівник роботи Неймак Віталій Станіславович, к.т.н., доцент

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

Затверджено наказом ректора університету від 26 08 2024 р. № 60

2. Строк подання студентом роботи на кафедру _____

3. Вихідні дані до роботи технічні характеристики основов'язальних машин

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

Вступ. 1. Аналіз проблеми та постановка задач дослідження. 2. Аналіз умов взаємодії важільно-вагового компенсатора з нитками основи. 3. Дослідження процесу взаємодії ниток основи з циліндричними направляючими важільно-вагового компенсатора. Перелік джерел посилання.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

1. Класифікація стабілізаторів натягу ниток основи (ДО, А1). 2. Стенд для комплексних досліджень автоматичних стабілізаторів натягу ниток в'язальних машин (КЗ, А1). 3. Стабілізатор натягу ниток основи (ГК, А1). 4. Стабілізатор натягу ниток основи (СК, А1). 5. Дослідницький стенд (ДІ, ЗА1). 6. Блок-діаграма обробки сигналу, що поступає з двох датчиків (ДІ, А1). 7. Результати експерименту (ДІ, А1).

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	Примітки
1. Аналіз проблеми та постановка задач дослідження	до 30.10.24р.	
2. Аналіз умов взаємодії важільно-вагового компенсатора з нитками основи	до 10.11.24р.	
3. Дослідження процесу взаємодії ниток основи з циліндричними направляючими важільно-вагового компенсатора	до 20.11.24р.	
4. Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	до 12.12.24р.	

Студент


Підпис

М.Ю. Мальчик
Ініціали, прізвище

Керівник роботи


Підпис

В.С. Неймак
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

до магістерської роботи студента
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка».

1. Прізвище, ім'я та по батькові Мальчик Мирослав Юрійович

2. Тема магістерської роботи Розробка системи керування для стабілізації натягу ниток
основи основов'язальних машин

3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента _____

4. Об'єм магістерської роботи: креслень 8 арк., сторінок записки 70

5. Метою магістерської роботи була розробка системи керування важільно-ваговими компенсаторами для стабілізації натягу ниток основи основов'язальних машин. В розрахунково-пояснювальній записці наведено всі необхідні розробки, а також розділи, що відповідають встановленим вимогам. В першому розділі проведено огляд та аналіз існуючих технічних та технологічних рішень з тематики магістерської роботи. В другому розділі проведено аналіз умов взаємодії важільно-вагового компенсатора з нитками основи. В третьому розділі математичну модель процесу формування натягу ниток основи в системі транспортуючих роликів та математичну модель процесу формування натягу ниток основи направляючим роликом в системі транспортуючих роликів.

Підпис студента _____

" 17 " 12 2024 р.

РІШЕННЯ ЕК:

Протокол 5 від " 27 " 12 2024 р.

Оцінка проекту ЕК добре / с

Рекомендації ЕК _____

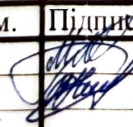




Особливі відмітки _____

Технічний секретар _____

" 27 " 12 2024 р.

ЗМІСТ

Вступ.....	с. 6
1 Аналіз проблеми та постановка задач дослідження	8
1.1 Стабілізація натягу ниток основи для нормалізації процесу в'язання	8
1.2 Класифікація пристроїв стабілізації натягу ниток основи ВМ.....	20
1.3 Пристрої стабілізації середнього натягу ниток основи	25
Висновки до першого розділу	27
2 Аналіз умов взаємодії важільно-вагового компенсатора з нитками основи.....	29
2.1 Конструктивні особливості удосконалених важільно-вагових компенсаторів.....	29
2.2 Математична модель квазістатичної системи важільно-ваговий компенсатор – нитки основи	37
Висновки до другого розділу	43
3 Дослідження процесу взаємодії ниток основи з циліндричними направляючими важільно-вагового компенсатора	44
3.1 Математична модель процесу формування натягу ниток основи в системі транспортуючих роликів	44
3.2 Математична модель процесу формування натягу ниток основи направляючим роликом в системі транспортуючих роликів	57
3.3 Експериментальні дослідження динамічної системи важільно-ваговий компенсатор – нитки основи.....	
Висновки до третього розділу.....	

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав		Мальчик			Розробка системи керування для стабілізації натягу ниток основи основов'язальних машин		4	
Перевір.		Неймак						
І.контр.						ХНУ ЕТм-23-1		
Затвер.		Неймак						

промислові дослідження ротаційного валяння підтвердили, що це знижує динамічне навантаження на пряжу і зменшує її обривність. Наприклад, впровадження машини COQUETTE-2 з ротаційним валянням на фабриці Rigas Aditais дало змогу знизити обривність ниток основи на 1,1% за рахунок зменшення обриву полотна. 31] Аналіз даних, поданих у [31], показав, що під час виробництва 5063,3 т трикотажу основи під час виробництва 5063,3 т трикотажу основи 214,5 т, або 4,2%, обривів тканини спричинено в основному обривами ниток основи. Запропонована конструкція натяжного пристрою пасивної дії [12] з попередньо деформованими пружними елементами дає змогу знизити кількість обривів на 18,5% завдяки підвищенню ступеня стабільності натягу ниток основи на 34%.

Важливість проблеми стабілізації натягу ниток основи відображена в дослідженнях О.К. Тройнікової [5, 13], проведених під керівництвом професора Ф.А. Моїсеєнка. У цих дослідженнях було зазначено, що підвищення швидкості в'язання призводить до більших коливань натягу ниток основи, що є однією з основних причин підвищеної обривності пряжі та зниження якості тканин. Дослідження показали, що одним із найефективніших способів підвищення якості тканин і продуктивності машин є нормалізація процесу в'язання в напрямку стабілізації натягу ниток основи в межах кожного циклу петлі та між ними. Залежність обриву основи від натягу вивчали в [12]. Виробничі випробування ротаційного натягувача основи, що забезпечує стабілізацію натягу близько 68-73% за швидкості в'язання 1140 петель на хвилину, показали, що зниження обривності основи збільшує продуктивність машини в 1,5 раза. Більша частина пряжі, використовуваної в ткацькому процесі, - це пряжа основи, і обрив пряжі основи є однією з найгостріших проблем. Тому фундаментальні дослідження щодо зниження обривності пряжі основи в ткацтві становлять інтерес для аналізу причин обривності пряжі основи у в'язальному процесі: у дослідженні Л.Т. Золотаревського [15] багатоциклове розтягнення у поєднанні зі стиранням було у роботі розглянуто вплив багатоциклового розтягування у

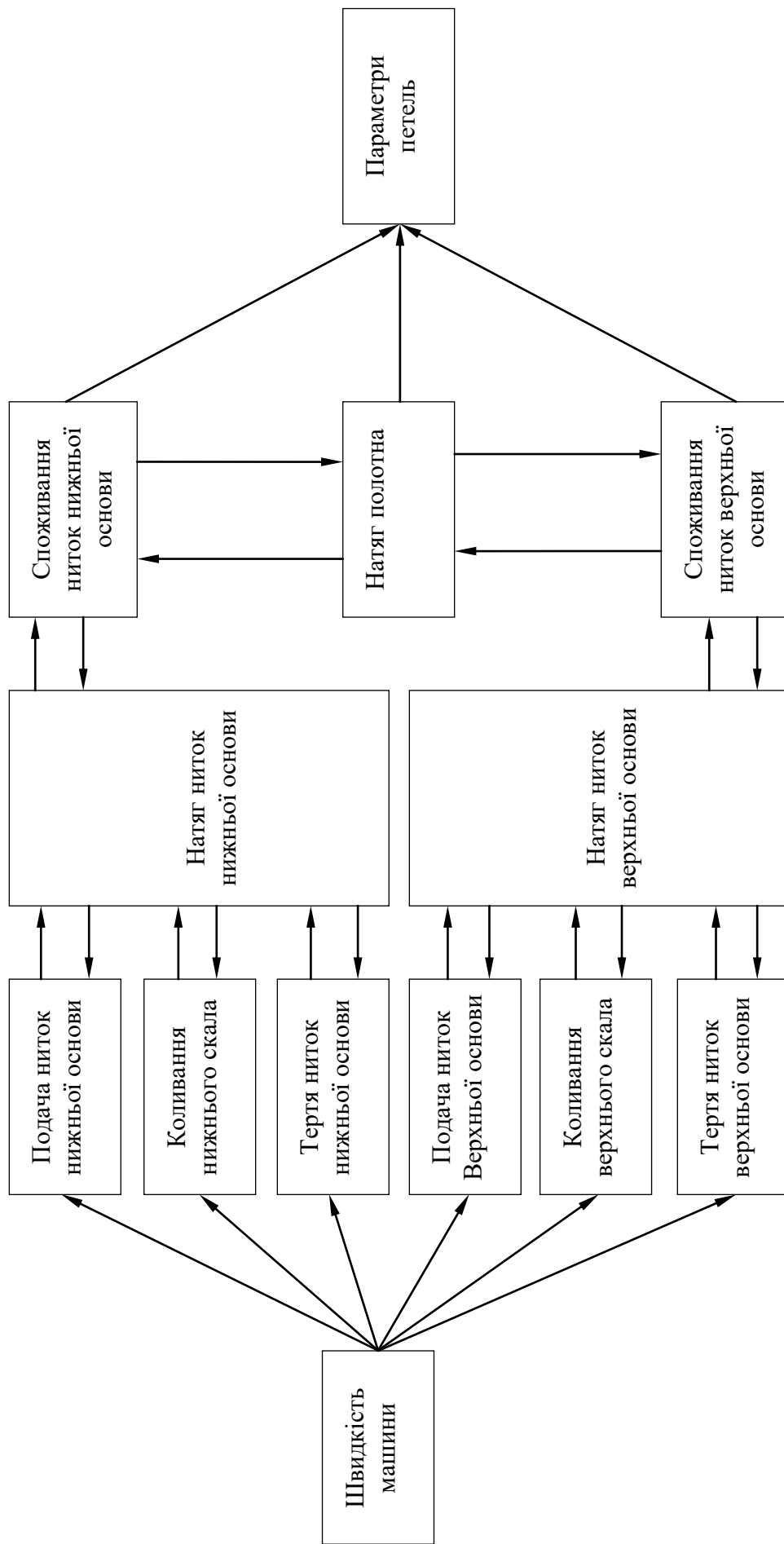


Рисунок 1.1 – Схема причинних зв'язків факторів, що викликають поперечну полосатість основов'язального полотна

становило 79%. При цьому маса 1 м² грубої тканини варіювалася від 138 до 174 грамів. Автор дійшов висновку, що КІМ має бути оснащена самоналаштувальною системою, яка автоматично підтримує заданий натяг ниток основи і режим подачі. Про ступінь впливу натягу ниток основи на довжину петель свідчить той факт, що довжина петель і висота сусідніх рядів петель значно відрізняються одна від одної в разі зміни кута нахилу люверсів до пряжі залежно від напрямку стрижки.

На основі аналізу циклограм витрат пряжі та зразків тканин автори роботи [23] дійшли висновку, що за зміщення гребеня вправо витрата пряжі основи більша, ніж за зміщення гребеня вліво, а висота ряду петель також більша за зміщення гребеня вправо перед голкою. У роботі [2] наголошується, що аналіз і проектування процесу петлеутворення на КІМ не можуть бути глибоко обґрунтовані без урахування змін, що відбуваються як у самому процесі, так і в структурі трикотажу залежно від напрямку зміщення гребінки відносно голкового стрижня та величини натягу ниток основи, під час аналізу процесу петлеутворення на ОВМ, автор виходить із таких положень: 1. Процес петлеутворення на ОВМ зазвичай призводить до зменшення кількості петель, оскільки пряжа витягується з уже зроблених (старих) петель. Ступінь витягування пряжі зі старих петель залежить від співвідношення натягу і витягування основи; 2. процес петлеутворення характеризується властивостями саморегулювання або самовирівнювання, а процес регулювання довжини петлі пов'язаний зі зміною натягу основи та розтяжної сили тканини, що є взаємопов'язаними; 3. натяг пряжі є збільшується внаслідок вигину пряжі навколо площини уточної нитки, як під час проходження через уточну нитку до зони петлеутворення, так і під час витягування із зони петлеутворення до зони корекції.

Особливості взаємодії натягу ниток основи і розтягувальної сили полотна відображені в дослідженнях, виконаних під керівництвом професора В.М. Гарбарука [15, 16]. Отримане рівняння [16] приблизно визначає умови

збереження довжини петлі основи під впливом сили розтягування полотна та натягу нитки: експериментальні дослідження, проведені на машині COQUETTE-2, показали, що зміна натягу нитки основи впливає на натяг нитки основи за низьких значень та на зміну натягу нитки основи за високих зусиль, що розтягують. Було показано, що це впливає на натяг ниток основи. Вплив відхилення коригувального стрижня пряжі за шириною уточної нитки на натяг нитки основи в машинах Raschel описано в [14]. Згідно з ним, натяг пряжі на кінці утка нижчий, ніж у центрі. Автор пояснює це різницею в щільності полотна по ширині утка. Для підвищення жорсткості валів запропоновано використовувати тонкостінні трубчасті стрижні. Деякі особливості впливу натягу основи на процес петлеутворення відображені в аналітичних дослідженнях. Рівняння для розрахунку довжини нитки в петлі [1.1] враховує зміну натягу нитки протягом усього циклу петлеутворення.

$$l_n = EF \int_0^{\frac{2\pi}{\omega}} \frac{\sum_{j=1}^{\infty} j\omega A_{jn} \cos(j\omega t + \varphi_{jn})}{A_{OH} + \sum_{j=1}^{\infty} A_{jH} \sin(j\omega t + \varphi_{jH}) + EF} dt, \quad (1.1)$$

де E - модуль пружності нитки;

F - площа поперечного перерізу нитки;

ω - кутова швидкість головного валу машини;

A_{jn} ; φ_{jn} - амплітуда і фаза j -ої гармоніки вживання нитки;

A_{OH} ; A_{jH} ; φ_{jH} - стала складова, амплітуда і j -ої гармоніки натягу

ниток основи.

Запропоноване рівняння (1.1) дає змогу більш достовірно описати характер зміни довжини ниток у петлях основи та утка. Вплив натягу ниток основи на процес петлеутворення аналітично описано в роботі [17]. Рівняння, що описує процес переміщення нитки основи в ділянку петлеутворення, враховує натяг нитки основи, коефіцієнт зносу і швидкість намотування готової тканини. У

заміни кінематичного зв'язку з пристроєм подавання нитки на функціональний (електричний). У роботі [12] було запропоновано класифікацію СНАО за принципом дії, залежно від їхньої схожості з системами подавання машинної пряжі, та розділено на активні, пасивні, комбіновані та за додатковими конструктивними ознаками. Більшість конструкцій пасивних СНАО засновані на пружних елементах. У періоди інтенсивного використання ниток основи замки під дією підвищеного натягу ниток основи переміщуються до петлеутворювача і долають силу опору пружних елементів, тим самим знижуючи збільшення натягу ниток основи. У періоди надлишкового утворення пряжі в зоні петлеутворення і зниження її натягу качалка під дією деформованих пружних елементів переміщується в протилежний бік зони петлеутворення, зменшуючи тим самим зниження натягу пряжі основи. Активні КНБК характеризуються тим, що елементи конструкції, які перебувають у безпосередньому контакті з основою (замки), переміщуються за заданими законами, тим самим зменшуючи діапазон коливань натягу основи. Особливістю композитних КНБК є те, що вони працюють за принципами як активних, так і пасивних КНБК одночасно і можуть виконувати функції як КНБК, так і КНБК. У цій роботі запропоновано класифікацію СНАО з урахуванням тенденцій розвитку технічних систем. На основі запропонованої класифікації з'явилася низка принципово нових СНАО, зокрема гідравлічні, пневматичні та електромеханічні системи.

Варіант розширеної класифікації пасивних ГБО запропоновано в роботі [48] - рисунок 1.2. Згідно з аналізом запропонованої класифікації, вектор удосконалення пасивних ГБО спрямований на зниження маси рухомих елементів стабілізаторів, що приводяться до підстильної породи, та оптимізацію взаємного розташування основних елементів ГБО. На малюнку 1.3 представлено трирівневу класифікацію ГБО, запропоновану в [49]. На першому рівні ГБО поділяються на стабілізатори динамічного натягу основи (СДН) і стабілізатори середнього натягу основи (СНН) за призначенням; в аналітичному дослідженні системи еластичного заправлення ниток основи НМ [12, 49] використано

принцип «суперпозиції», коли поточне значення натягу основи розраховується як середній натяг основи, а можливість його відображення - як середній натяг основи та можливість відображення його як суми динамічних натягувань. На другому рівні запропонованої класифікації ЗНО поділяються на активні та пасивні пристрої, тобто активні та пасивні. Доцільність цієї класифікації було доведено [49].

На третьому рівні класифікації поділ ССНО і ССНО проводиться за конструктивними особливостями з урахуванням тенденцій розвитку технічних систем. Ця класифікація відкриває можливість подальшого поділу ССНС і ССНС за конструктивними ознаками, виконаного в [48]. Аналіз відомих схем класифікації пристроїв стабілізації натягу основи на в'язальних машинах показує, що триступенева класифікація, яка враховує функціональне призначення, принцип дії та конструктивні особливості, є найповнішою та може розширити сферу нових конструктивних рішень з урахуванням тенденцій удосконалення СНСНС.

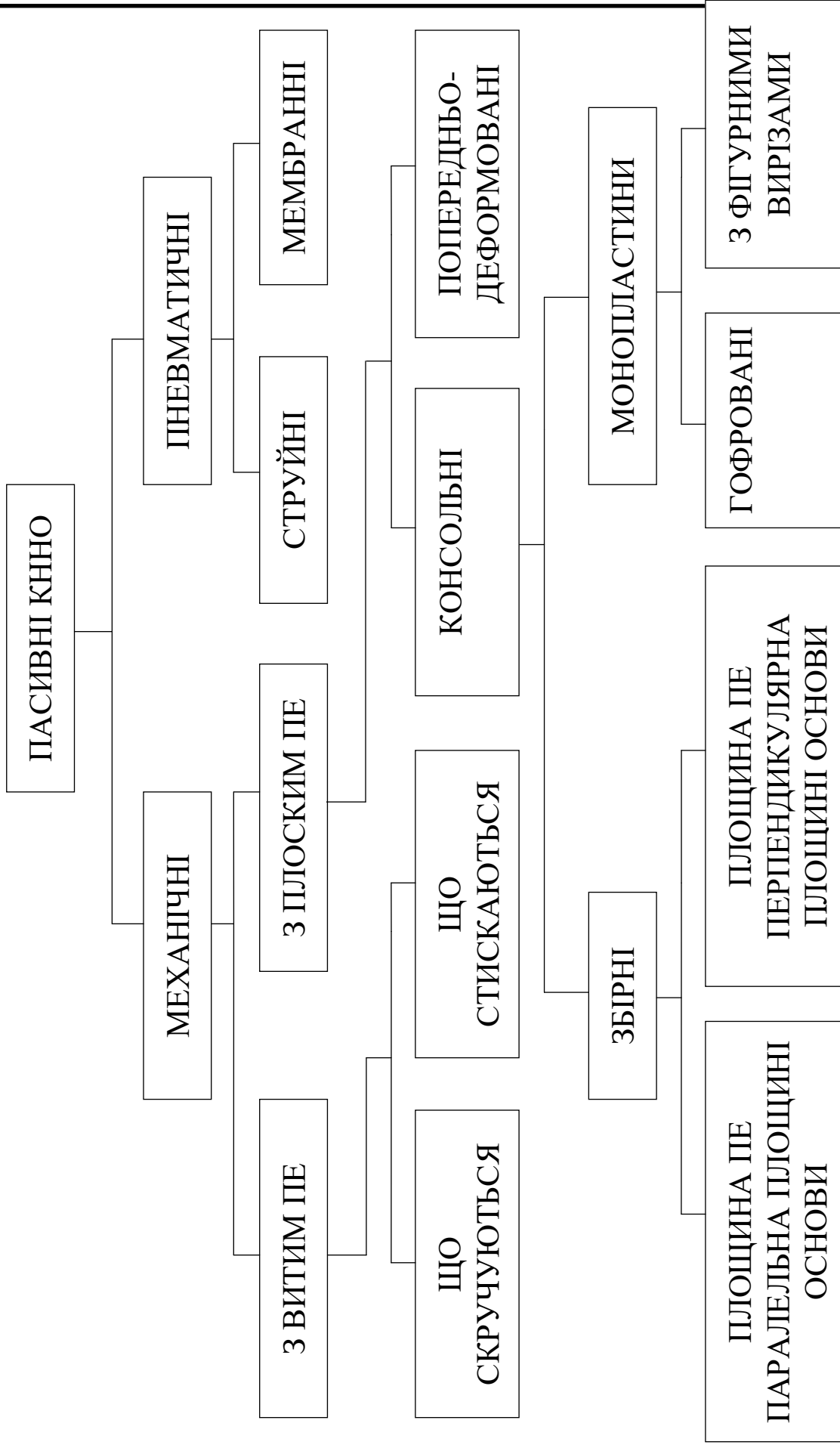


Рисунок 1.2 – Класифікація компенсаторів натягу ниток основи (ПЕ – пружний елемент)

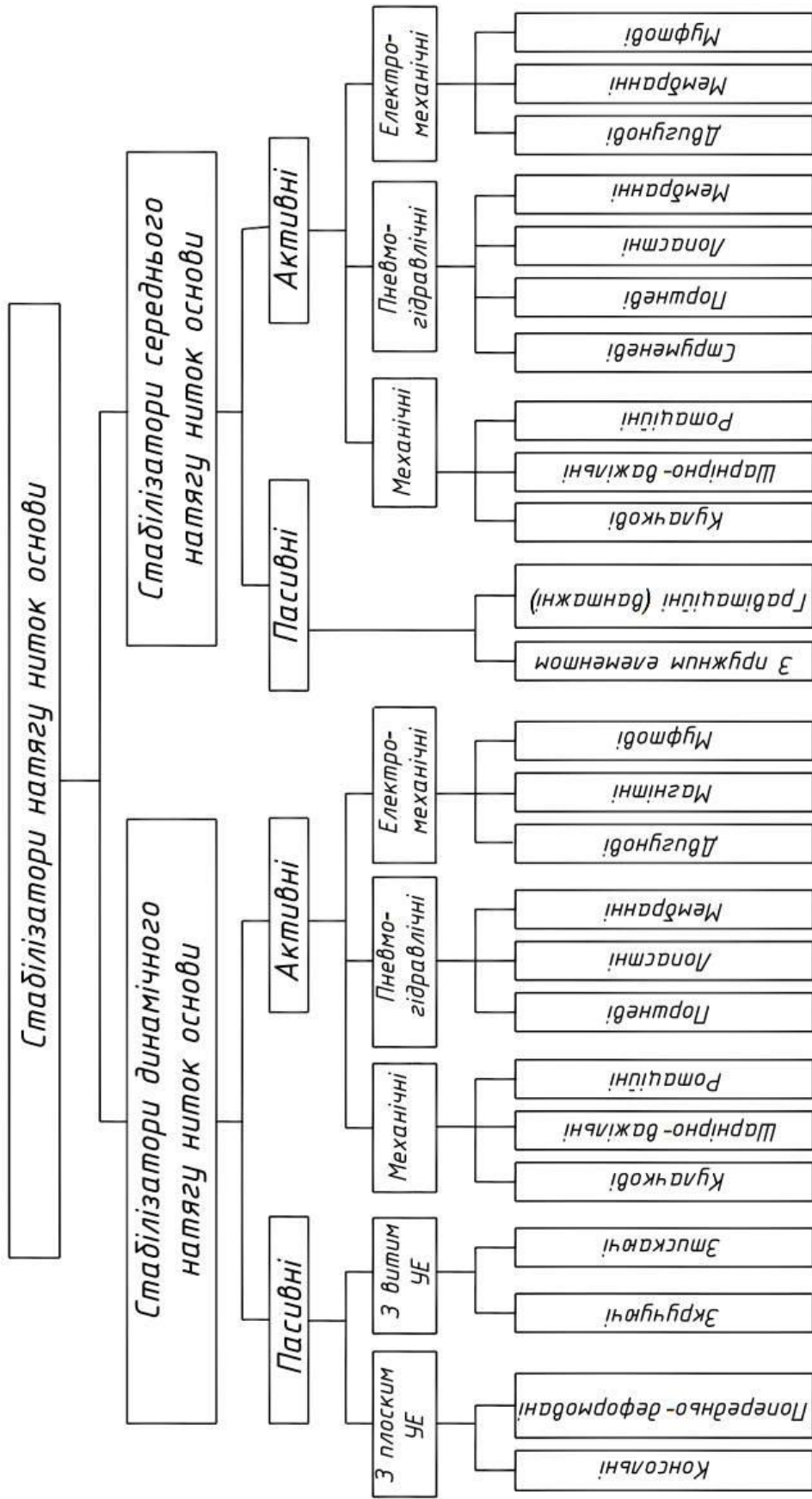
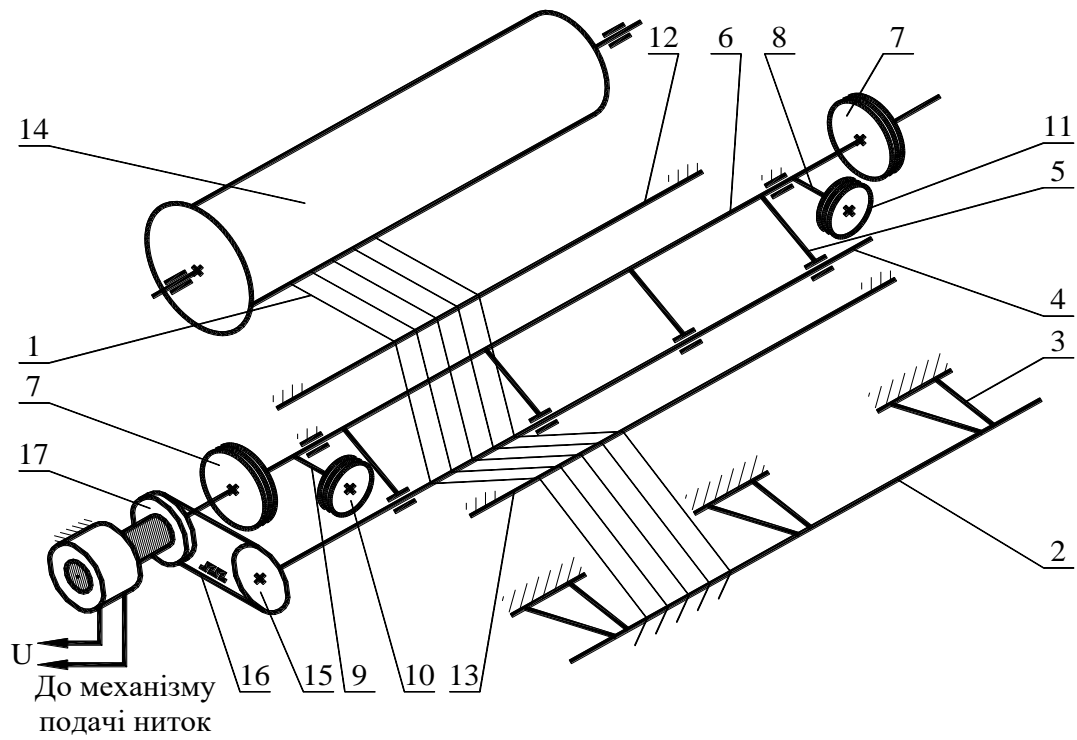


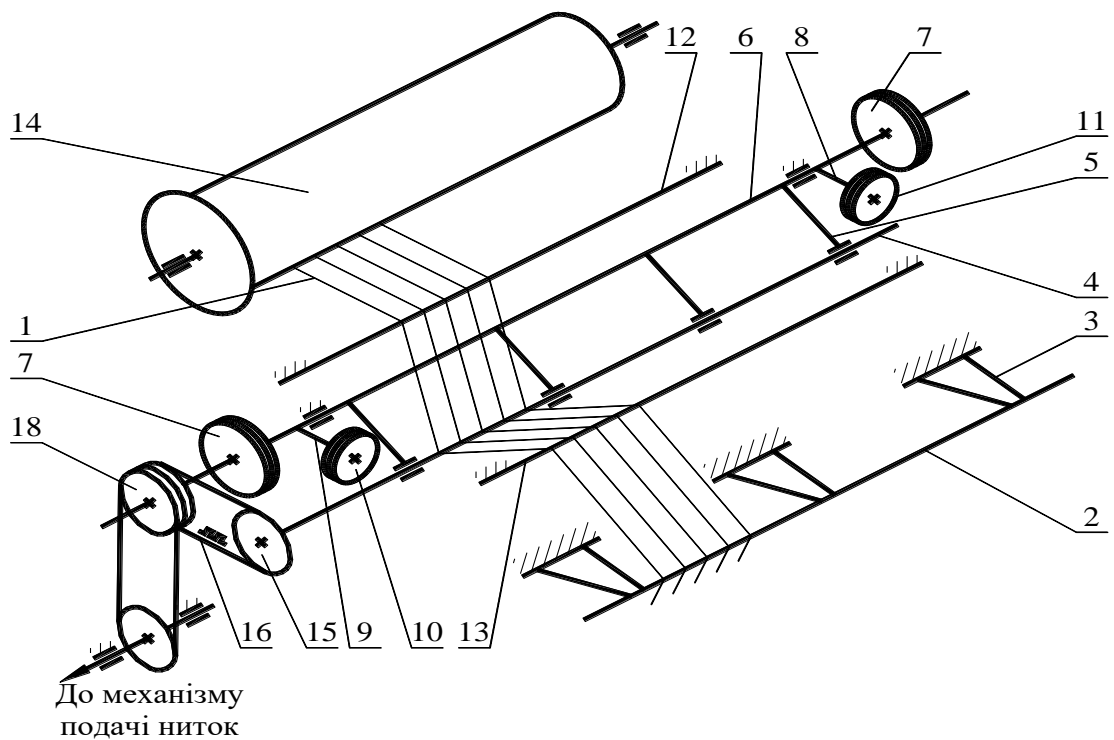
Рисунок 1.3 – Схема класифікації СНО

режимах пуску й зупинки в'язальної машини та запобігання виникненню поперечних смуг. Підставою для розроблення такого пристрою є експериментальні та аналітичні дослідження, проведені в КТІЛП. Принцип роботи [2] полягає в тому, що під час зупинки в'язальної машини натяг основи збільшується, після чого активний пристрій SSNNO запобігає цьому процесу, подаючи додаткову нитку основи в еластичну заправну систему. Під час запуску в'язальної машини натяг нитки основи зменшується. У цьому разі активна система захоплення основи вибирає додаткову пряжу основи з еластичної системи подачі, тим самим запобігаючи зниженню натягу основи і появі уточних смуг. За таким принципом працюють багато відомих пристроїв. Щоб стабілізувати середній натяг ниток основи, валики можна змусити обертатися з певною частотою. У цьому разі замок не тільки хитається, а й одночасно обертається в напрямку витрати пряжі з периферійною швидкістю, що перевищує швидкість витрати пряжі основи. Експериментальні дослідження стабілізаторів показали, що їхнє застосування дає змогу зменшити нерівномірність структури петлі, проте їхнє використання обмежене складністю конструкції та регулювання з можливістю зношування ниток основи. Для стабілізації середнього натягу ниток основи було розроблено низку активних пневматичних і гідравлічних пристроїв. Вони можуть бути налаштовані так само, як і активні пневматичні та гідравлічні СДННО, шляхом відповідного перепрограмування розподільника крана.

Електромеханічні LSDO виконують важливу функцію стабілізації середнього натягу ниток основи. У принципі, в активних пристроях система керування має відкритий контур, але відомі й типи із замкнутими системами керування. У першому типі закон впливу на породу визначається положенням головного вала, а в другому - величиною середнього натягу ниток основи. Рисунок 2. 4, На рис. 4 показано електромагнітний ССНН [4] із замкненою системою керування, у якому замок 1 через важіль 3 з'єднаний із магнітним ланцюгом 5 електромагніту 6, який з'єднаний із блоком керування 7. Сигнали



а)



б)

Рисунок 2.1 - Схема ВВК, в якого функціональний зв'язок з механізмом
подачі ниток основи забезпечується: а) електричним сигналом;
б) механічним сигналом

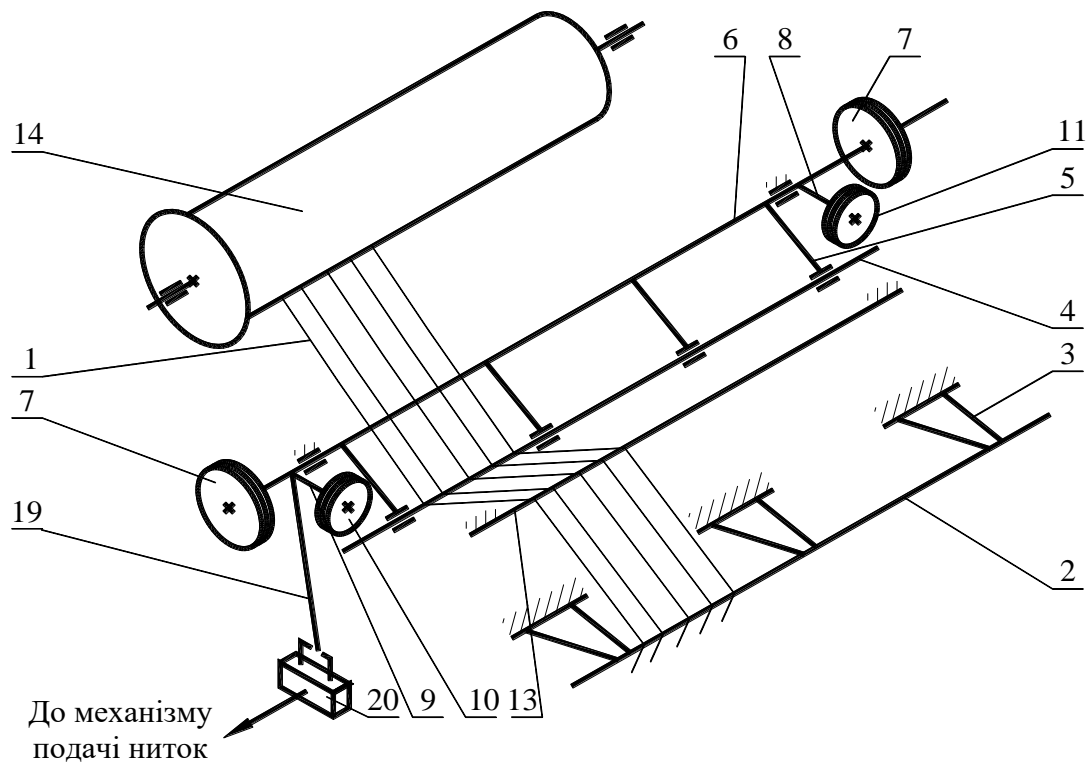
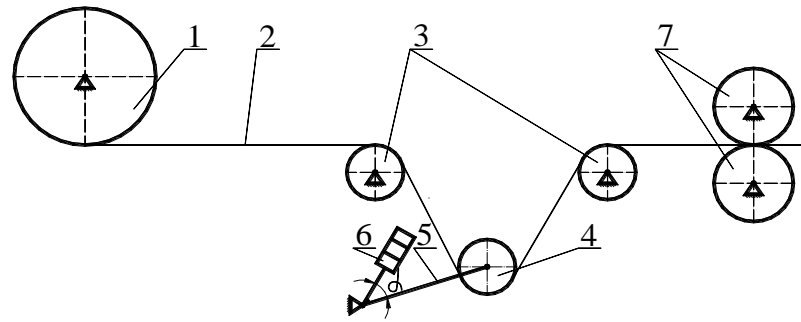
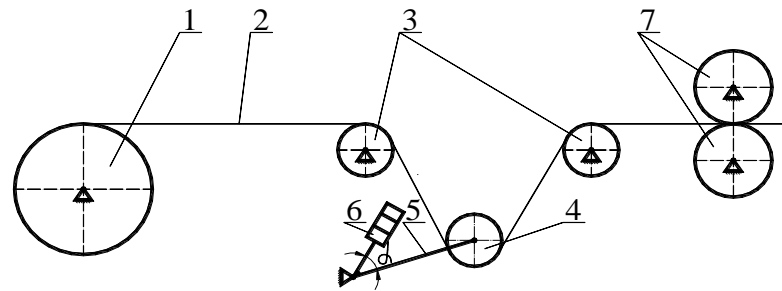


Рисунок 2.3 - Конструкція ВВК з обмеженою кількістю напрямних балочок

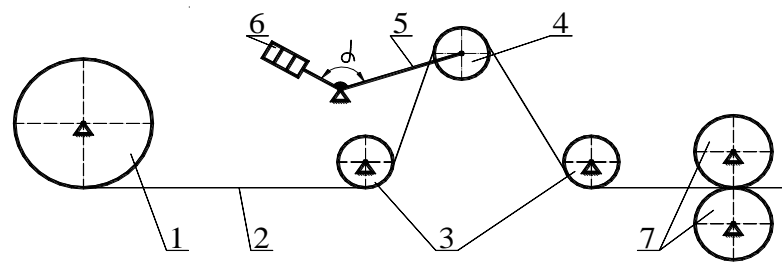
Запропонована конструкція ТСК може бути використана для систем заправлення ниток основи і качка на в'язальних і строчкових машинах різних конструкцій з різним розташуванням ниток основи і петельних зон. На основі аналізу відомих систем заправлення еластичних ниток основи і качка на в'язальних і швейних машинах було визначено чотири основні варіанти впровадження ПСК у системи заправлення еластичних ниток (мал. 2.4) за переважно горизонтального розташування ниток основи і чотири варіанти за переважно вертикального розташування ниток основи (мал. 2. 5) (аркуш МРМА 24.00.00.000 К3). Аналіз запропонованих схем упровадження ВВК у системи подачі еластичної пряжі показує можливість використання ВВК у системах подачі еластичної пряжі на ткацьких верстатах, особливо у схемах з переважним розташуванням ниток основи. Якщо нитка основи рухається реверсивно, то система з ВВК може бути використана на ткацьких верстатах, у цьому разі забезпечується стабільний натяг нитки основи.



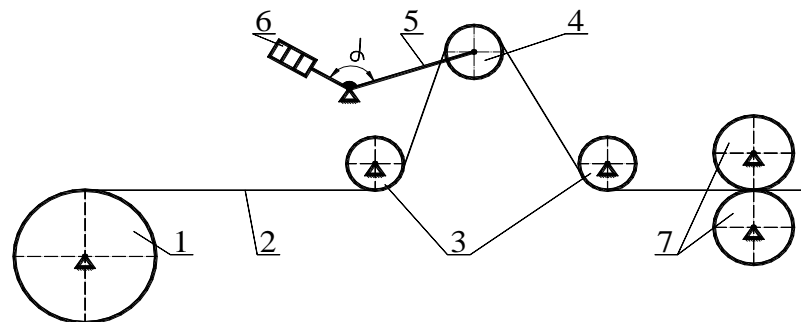
a)



б)

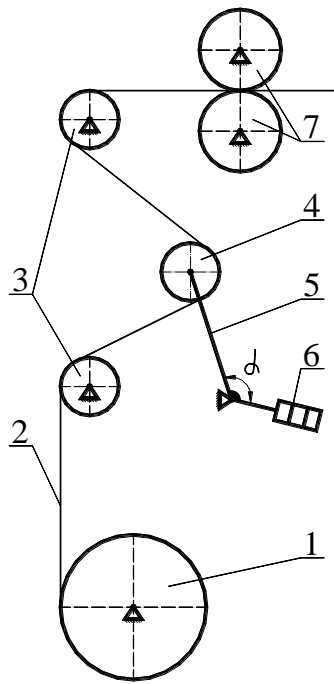


в)

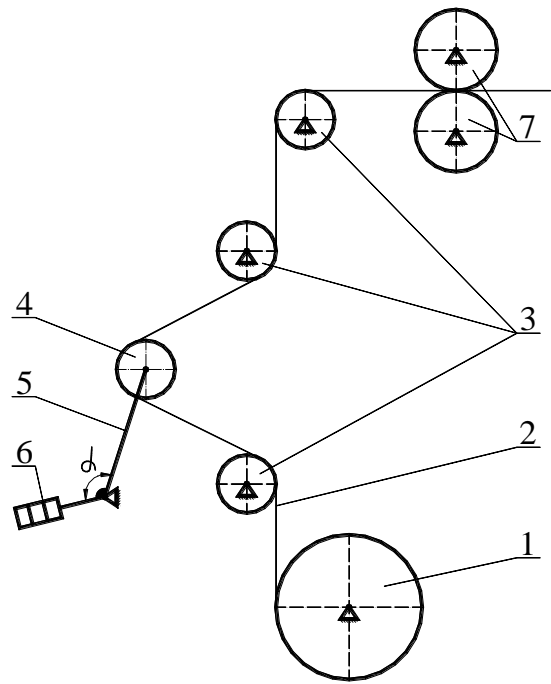


г)

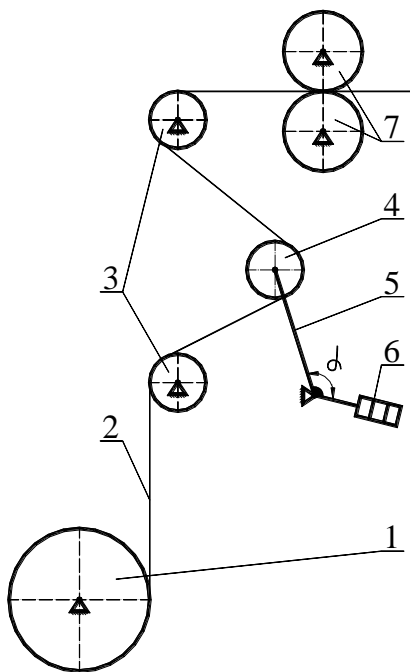
Рисунок 2.4 - Схеми введення ВВК в пружні системи заправки з переважно горизонтальним розміщенням основи: 1 - навій; 2 – нитки основи; 3 - направляючі ролики; 4 - скало; 5 - важіль ВВК; 6 – вага; 7 – приймальний пристрій



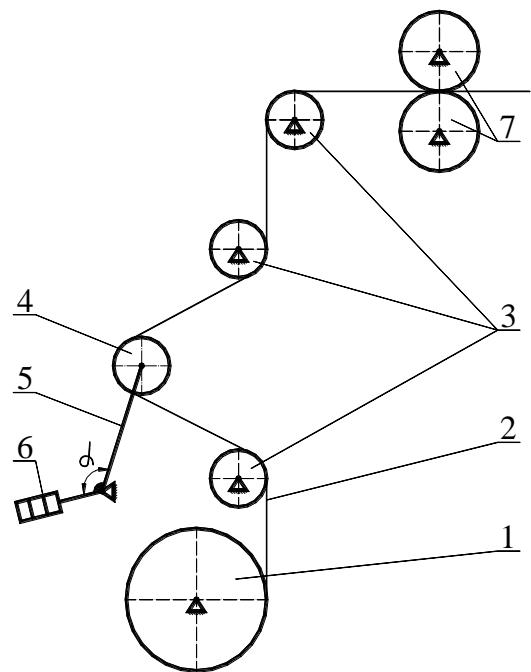
а)



б)



в)



г)

Рисунок 2.5 - Схеми введення ВВК в пружні системи заправки з переважно вертикальним розміщенням основи: 1 - навій; 2 – нитки основи; 3 - направляючі ролики; 4 - скало; 5 - важіль ВВК; 6 – вага; 7 – приймальний пристрій

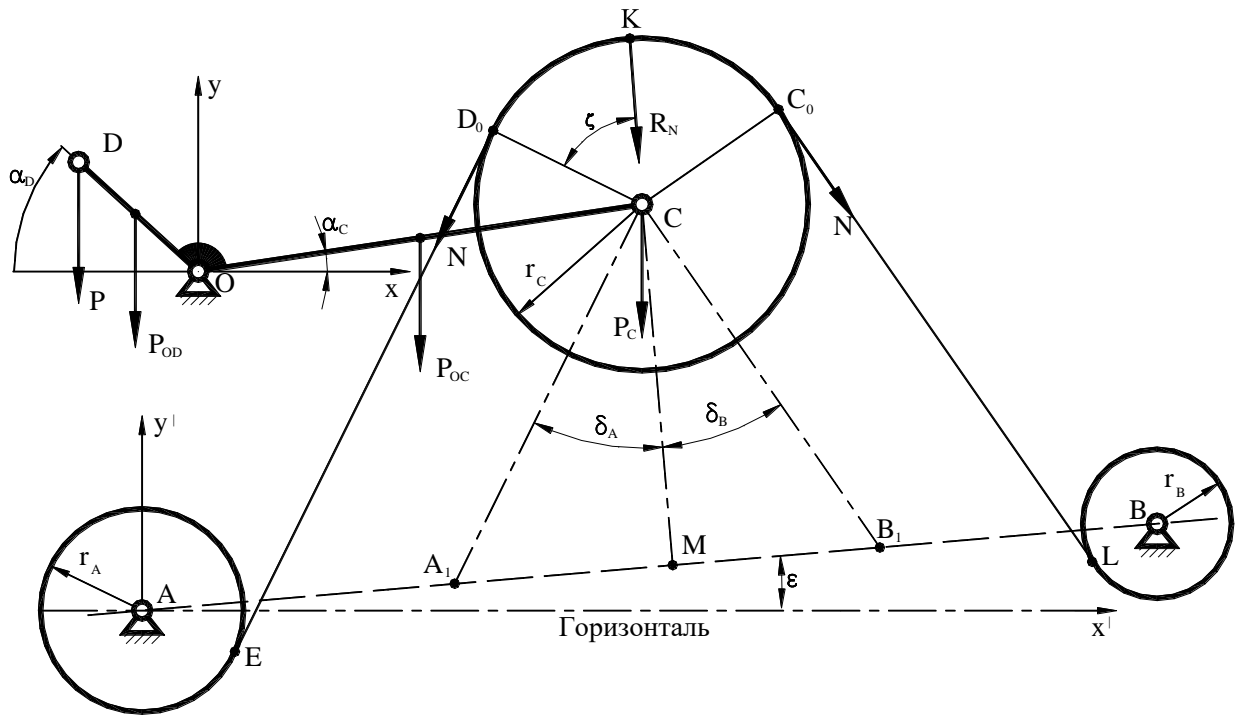


Рисунок 2.8 - Схема сил, які діють на ВВК-2 у стані статичної рівноваги

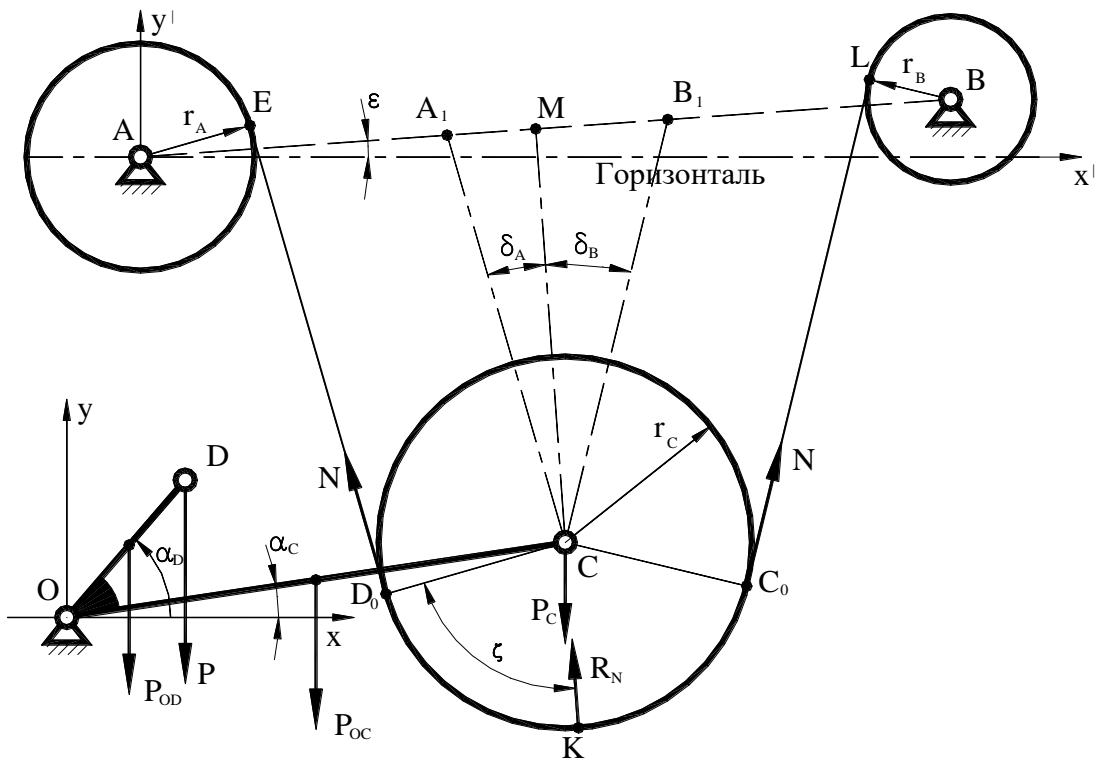


Рисунок 2.9 - Схема сил, які діють на ВВК-1 у стані статичної рівноваги

1) вагою ниток нехтують, так як вона незначна у порівнянні з натягом;

2) кронштейн OC та важіль OD утворюють криволінійний важіль COD , який є абсолютно жорстким.

Під час оцінювання ефективності VCF як показник використовували відносну зміну середнього натягу ниток основи (ΔN) під час переміщення замків компенсатора між крайніми положеннями.

$$\Delta_N = \frac{N_{\max} - N_{\min}}{N_{\min}} 100\%, \quad (2.1)$$

де N_{\max} , N_{\min} – максимальне та мінімальне значення натягу ниток основи, які виникають при переміщенні скала з одного крайнього положення в інше.

Припускаючи, що система перебуває в статичній рівновазі, обчислимо натяг нитки N ББК-2 (рис. 2.8) у будь-якому положенні на скелі. Рівняння рівноваги для всіх моментів сил відносно точки O мають такий вигляд:

$$P l_{OD} \cos \alpha_D + \frac{1}{2} P_{OD} l_{OD} \cos \alpha_D - \frac{1}{2} P_{OC} l_{OC} \cos \alpha_C - P_C l_{OC} \cos \alpha_C - R_N l_{OC} \sin \eta = 0, \quad (2.2)$$

де l_{OC} – довжина кронштейна OC ;

l_{OD} – довжина важеля OD ;

α_C , α_D – кути, які утворюють з горизонталлю прямі OC та OD відповідно;

$$\text{кут } \eta = \frac{\pi - \delta_A + \delta_B}{2} + \varepsilon - \alpha_C;$$

R_N – рівнодіюча від натягу ниток і дорівнює $2N \sin \zeta$.

Центральний кут 2ζ , під яким нитки охоплюють скало, дорівнює $\pi - \delta_A - \delta_B$ (рисунок 2.8).

Із рівняння (2.2), знайдемо натяг ниток:

$$N = \frac{k_0(P + 0,5P_{OD})\cos\alpha_D - (P_C + 0,5P_{OC})\cos\alpha_C}{2\sin\eta\sin\zeta}, \quad (2.3)$$

$$\text{де } k_0 = \frac{l_{OD}}{l_{OC}}.$$

Припускаючи, що перерізи кронштейна OS і важеля OD постійні в напрямку довжини, знайдіть масу кожного з них:

$$\begin{cases} P_{OC} = \rho_{OC}s_{OC}l_{OC}g; \\ P_{OD} = \rho_{OD}s_{OD}l_{OD}g, \end{cases} \quad (2.4)$$

де ρ_{OC}, ρ_{OD} – питома вага матеріалу, з якого зроблено відповідні важелі;

s_{OC}, s_{OD} – площа їх поперечного перерізу;

g – прискорення вільного падіння.

Виразимо кути $\angle A$ і $\angle B$ у термінах геометричних параметрів ВВЦ. Для цього введемо декартову систему координат xAy з точкою A як початок координат і систему координат xOy з точкою O як початок координат. Нехай l_{AB} – відстань між центрами циліндрів A і B , а l_{CM} – відстань від центру скелі C до прямої AB (точка M у середині скелі C розташована на середині прямої AB). Координати точок B, C і O в системі координат xAy записуються таким чином:

$$\begin{cases} x'_B = l_{AB} \cos \varepsilon; \\ y'_B = l_{AB} \sin \varepsilon; \\ x'_C = 0,5l_{AB} \cos \varepsilon - l_{CM} \sin \varepsilon; \\ y'_C = 0,5l_{AB} \sin \varepsilon + l_{CM} \cos \varepsilon; \\ x'_O = 0,5l_{AB} \cos \varepsilon - l_{CM} \sin \varepsilon - l_{OC} \cos \alpha_C; \\ y'_O = 0,5l_{AB} \sin \varepsilon + l_{CM} \cos \varepsilon - l_{OC} \sin \alpha_C. \end{cases} \quad (2.5)$$

Здійснивши паралельний перенос системи координат $x'Ay'$ в точку O , знайдемо координати точок A, B, C в системі xOy :

$$\begin{cases} x_A = l_{OC} \cos \alpha_C - 0,5l_{AB} \cos \varepsilon + l_{CM} \sin \varepsilon; \\ y_A = l_{OC} \sin \alpha_C - 0,5l_{AB} \sin \varepsilon - l_{CM} \cos \varepsilon; \\ x_B = l_{OC} \cos \alpha_C + 0,5l_{AB} \cos \varepsilon + l_{CM} \sin \varepsilon; \\ y_B = l_{OC} \sin \alpha_C + 0,5l_{AB} \sin \varepsilon - l_{CM} \cos \varepsilon; \\ x_C = l_{OC} \cos \alpha_C; \\ y_C = l_{OC} \sin \alpha_C. \end{cases} \quad (2.6)$$

Координати точки М(x_M , y_M) знаходяться з умови, що вона є спільною для перпендикулярних прямих АВ і СМ:

$$\begin{cases} x_M = \frac{x_B(y_A - y_B)^2 + x_C(x_A - x_B)^2 + (y_C - y_B)(x_A - x_B)(y_A - y_B)}{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2}; \\ y_M = \frac{y_B(x_A - x_B)^2 + y_C(y_A - y_B)^2 + (x_C - x_B)(y_A - y_B)(x_A - x_B)}{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2}. \end{cases} \quad (2.7)$$

Пряма А1С паралельна прямій ED0, а пряма СВ1 паралельна іншій прямій С0L, тож кути прямокутних трикутників А1СМ і В1СМ визначені:

$$\begin{cases} \delta_A = \arctg \frac{\sqrt{2b_*(b_* - \sqrt{b_*^2 + a_*c_*}) + a_*(c_* - a_*)}}{a_*}; \\ \delta_B = \arctg \frac{\sqrt{2b_0(b_0 - \sqrt{b_0^2 + a_0c_0}) + a_0(c_0 - a_0)}}{a_0}, \end{cases} \quad (2.8)$$

де $a_0 = (x_C - x_M)^2 + (y_C - y_M)^2 - (r_B + r_C)^2$; $b_0 = (r_B + r_C)\sqrt{(x_B - x_M)^2 + (y_B - y_M)^2}$;

$c_0 = (x_C - x_M)^2 + (x_B - x_M)^2 + (y_C - y_M)^2 + (y_B - y_M)^2$;

$a_* = (x_C - x_M)^2 + (y_C - y_M)^2 - (r_A + r_C)^2$; $b_* = (r_A + r_C)\sqrt{(x_A - x_M)^2 + (y_A - y_M)^2}$;

$c_* = (x_C - x_M)^2 + (x_A - x_M)^2 + (y_C - y_M)^2 + (y_A - y_M)^2$.

Провівши аналогічні викладки для ВВК-1 (рисунок 2.9) знайдемо:

$$N = \frac{k_0(P + 0,5P_{OD})\cos\alpha_D + (P_C + 0,5P_{OC})\cos\alpha_C}{2\sin\eta\sin\zeta}; \quad (2.9)$$

$$\begin{cases} x'_B = l_{AB} \cos \varepsilon; \\ y'_B = l_{AB} \sin \varepsilon; \\ x'_C = 0,5l_{AB} \cos \varepsilon + l_{CM} \sin \varepsilon; \\ y'_C = 0,5l_{AB} \sin \varepsilon - l_{CM} \cos \varepsilon; \\ x'_O = 0,5l_{AB} \cos \varepsilon + l_{CM} \sin \varepsilon - l_{OC} \cos \alpha_C; \\ y'_O = 0,5l_{AB} \sin \varepsilon - l_{CM} \cos \varepsilon - l_{OC} \sin \alpha_C. \end{cases} \quad (2.10)$$

$$\begin{cases} x_A = l_{OC} \cos \alpha_C - 0,5l_{AB} \cos \varepsilon - l_{CM} \sin \varepsilon; \\ y_A = l_{OC} \sin \alpha_C - 0,5l_{AB} \sin \varepsilon + l_{CM} \cos \varepsilon; \\ x_B = l_{OC} \cos \alpha_C + 0,5l_{AB} \cos \varepsilon - l_{CM} \sin \varepsilon; \\ y_B = l_{OC} \sin \alpha_C + 0,5l_{AB} \sin \varepsilon + l_{CM} \cos \varepsilon; \\ x_C = l_{OC} \cos \alpha_C; \\ y_C = l_{OC} \sin \alpha_C. \end{cases} \quad (2.11)$$

$$\begin{cases} x_M = \frac{x_A(y_A - y_B)^2 + x_C(x_A - x_B)^2 + (y_C - y_A)(x_A - x_B)(y_A - y_B)}{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2}; \\ y_M = \frac{y_A(x_A - x_B)^2 + y_C(y_A - y_B)^2 + (x_C - x_A)(y_A - y_B)(x_A - x_B)}{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2}. \end{cases} \quad (2.12)$$

$$\eta = \frac{\pi + \delta_A - \delta_B}{2} + \varepsilon - \alpha_C.$$

Величини δ_A , δ_B , a_0 , a^* , b_0 , b^* , c_0 , c^* , ζ , P_{OC} , P_{OD} співпадають з відповідними величинами для ВВК-2.

так далі. Тепер визначимо натяг ниток N1 і N2 на ділянках АВ і ВС між блоками транспортувальних роликів.

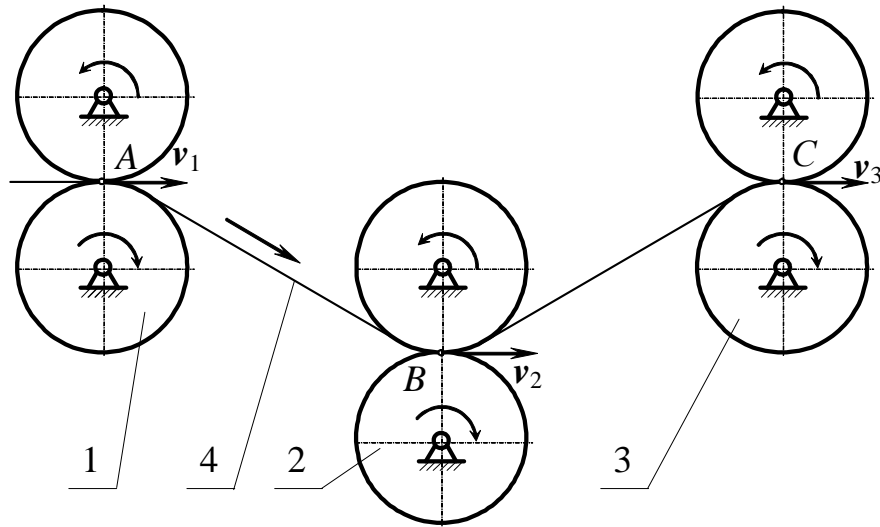


Рисунок 3.1 - Розрахункова схема системи подачі ниток основи блоками транспортуючих роликів: 1, 2, 3 – блоки транспортуючих роликів, 4 – нитка

Під час розв'язання цієї задачі було зроблено такі припущення:

- 1) пружна деформація валиків є незначною і не впливає на технологічний процес;
- 2) вага пряжі в зоні деформації не чинить суттєвого впливу на її натягнення;
- 3) відсутнє прослизання пряжі в блоці роликів транспортера;
- 4) натягнення в пряжі не впливає на швидкість обертання валиків;
- 5) швидкість поширення пружної деформації пряжі значно перевищує швидкість руху пряжі;
- 6) напруження в пряжі перебувають у межах закону Гука. не впливає на швидкість обертання валиків;
- 7) швидкість поширення пружної деформації пряжі значно перевищує швидкість руху пряжі;
- 8) напруження в пряжі перебувають у межах закону Гука. Розв'язання задачі можна розділити на етапи. Етап 1. Розрахуємо подовження пряжі на

Легко переконатись, що після проходження часу Δt_{13} довжина нитки в ненавантаженому стані буде

$$(l_1)_{13} = l_1 + (v_1 - v_2)(\Delta t_{11} + \Delta t_{12} + \Delta t_{13}). \quad (3.5)$$

Тому за час t_1 , коли нитка проходить один раз відстань AB , довжину кожної нитки на цій відстані в ненавантаженому стані може бути визначено таким чином.

$$l_1^{(1)} = l_1 + (v_1 - v_2)t_1 = l_1 \left(1 - \frac{v_2^2 - v_1^2}{2v_1v_2} \right) = l_1(1 - a_1), \quad (3.6)$$

де $a_1 = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2v_1v_2}$.

Наступний відрізок часу $t_2 = t_1$, на протязі якого нитки повторно перемістяться на віддаль AB , знову ділимо на малі інтервали часу $\Delta t_{21}, \Delta t_{22}, \dots, \Delta t_{2k}$. За час Δt_{21} довжина кожної нитки в ненавантаженому стані стане рівною

$$(l_1)_{21} = l_1^{(1)} + v_1\Delta t_{21} - v_2 \frac{l_1^{(1)}}{l_1} \Delta t_{21} = l_1(1 - a_1) + v_1\Delta t_{21} - v_2(1 - a_1)\Delta t_{21}. \quad (3.7)$$

Після проходження часу Δt_{22} довжина нитки в ненавантаженому стані буде

$$(l_1)_{22} = (l_1)_{21} + v_1\Delta t_{22} - v_2 \frac{(l_1)_{21}}{l_1} \Delta t_{22}. \quad (3.8)$$

Нехтуючи малими більш високого порядку малості у порівнянні з $\Delta t_{21}, \Delta t_{22}$, одержимо:

$$(l_1)_{22} = l_1(1 - a_1) + v_1(\Delta t_{21} + \Delta t_{22}) - v_2(1 - a_1)(\Delta t_{21} + \Delta t_{22}). \quad (3.9)$$

Формули (3.7) - (3.9) легко узагальнити на весь інтервал часу t_2 , за який нитки вдруге пройдуть віддаль $AB = l_1$. Довжина нитки за цей час в ненавантаженому стані буде рівною

$$l_1^{(2)} = l_1(1 - a_1) + v_1 t_1 - v_2(1 - a_1) t_1 = l_1(1 - a_1(1 - b_1)), \quad (3.10)$$

де $b_1 = \frac{v_2 - v_1}{2v_1}$.

Ті самі міркування застосовуються до випадку, коли нитка проходить через інтервал AB втретє, і визначається довжина ненавантаженої нитки в цьому інтервалі:

$$l_1^{(3)} = l_1(1 - a_1(1 - b_1 + b_1^2)). \quad (3.11)$$

Якщо нитка проходить через зазор AB чотири рази, то довжина кожної нитки буде такою.

$$l_1^{(4)} = l_1(1 - a_1(1 - b_1 + b_1^2 - b_1^3)). \quad (3.12)$$

Видовження нитки $\Delta l_1^i, (i = 1, 2, \dots)$ після кожного проходження нею проміжку AB буде:

$$\begin{cases} \Delta l_1^{(1)} = l_1 a_1; \\ \Delta l_1^{(2)} = l_1 a_1(1 - b_1); \\ \Delta l_1^{(3)} = l_1 a_1(1 - b_1 + b_1^2); \\ \Delta l_1^{(4)} = l_1 a_1(1 - b_1 + b_1^2 - b_1^3). \end{cases} \quad (3.13)$$

Очевидно, що нитки подовжуються після першого проходження через зазор АВ:

$$\Delta l_1^{(i)} = l_1 a_1 (1 - b_1 + b_1^2 - b_1^3 + \dots + (-1)^{i-1} b_1^{i-1}). \quad (3.14)$$

Після багаторазового проходження нитки через цей проміжок вираз у дужках у рівнянні (3.14) перетворюється на ряд членів геометричного ряду. Оскільки знаменник цього ряду за абсолютною величиною менший за 1, сума ряду дорівнює

$$1 - b_1 + b_1^2 - b_1^3 + \dots = \frac{1}{1 - (-b_1)} = \frac{2v_1}{v_1 + v_2}. \quad (3.15)$$

Відносне подовження ниток (після переміщення їх на відстань, що перевищує $4 \square АВ$) можна визначити за формулою:

$$\frac{\Delta l_1}{l_1} = a_1 \frac{2v_1}{v_1 + v_2} = \frac{v_2 - v_1}{v_2}. \quad (3.16)$$

Крок 2. Визначте напругу N , що виникає в нитці під час її розтягування. Використовуйте співвідношення між деформацією \square і напругою \square , що виникають у пружному тілі:

$$\sigma = \varepsilon E = E \frac{\Delta l}{l}, \quad (3.17)$$

де E – модуль пружності нитки при розтягу.

Існує взаємозв'язок між подовжньою і поперечною деформацією [127]:

$$\frac{\Delta d}{d} = \frac{\Delta l}{l} \mu, \quad (3.18)$$

де μ - коефіцієнт Пуассона; d - діаметр нитки в ненавантаженому стані, а Δd - абсолютне зменшення діаметра під час розтягування нитки; нехай s_0 і s - площа поперечного перерізу однієї нитки в ненавантаженому стані та після подовження, відповідно. З рівняння (3.18) отримуємо:

$$s = s_0 \left(1 - \frac{\Delta l}{l} \mu \right)^2. \quad (3.19)$$

З огляду на співвідношення (3.17) і (3.19), можна визначити натяг N , що створюється в n нитках:

$$N = E n s_0 \left(1 - \frac{\Delta l}{l} \mu \right)^2 \frac{\Delta l}{l} = c_T^2 \left(1 - \frac{\Delta l}{l} \mu \right)^2 \frac{\Delta l}{l}, \quad (3.20)$$

де $c_T^2 = E n s_0$.

Згідно з рівнянням (3.20), натяг N нитки довжиною l визначається відомим відносним подовженням μ . Якщо знехтувати поперечним звуженням нитки під час подовження і задати $\mu = 0$, то з (3.20) виходить лінійна залежність між натягом і подовженням:

$$N = E n s_0 \frac{\Delta l}{l} = c_T^2 \frac{\Delta l}{l}. \quad (3.21)$$

Враховуючи співвідношення (3.16) із формули (3.20) матимемо

$$N = \frac{c_T^2}{v_2^3} (v_2 - (v_2 - v_1) \mu)^2 (v_2 - v_1). \quad (3.22)$$

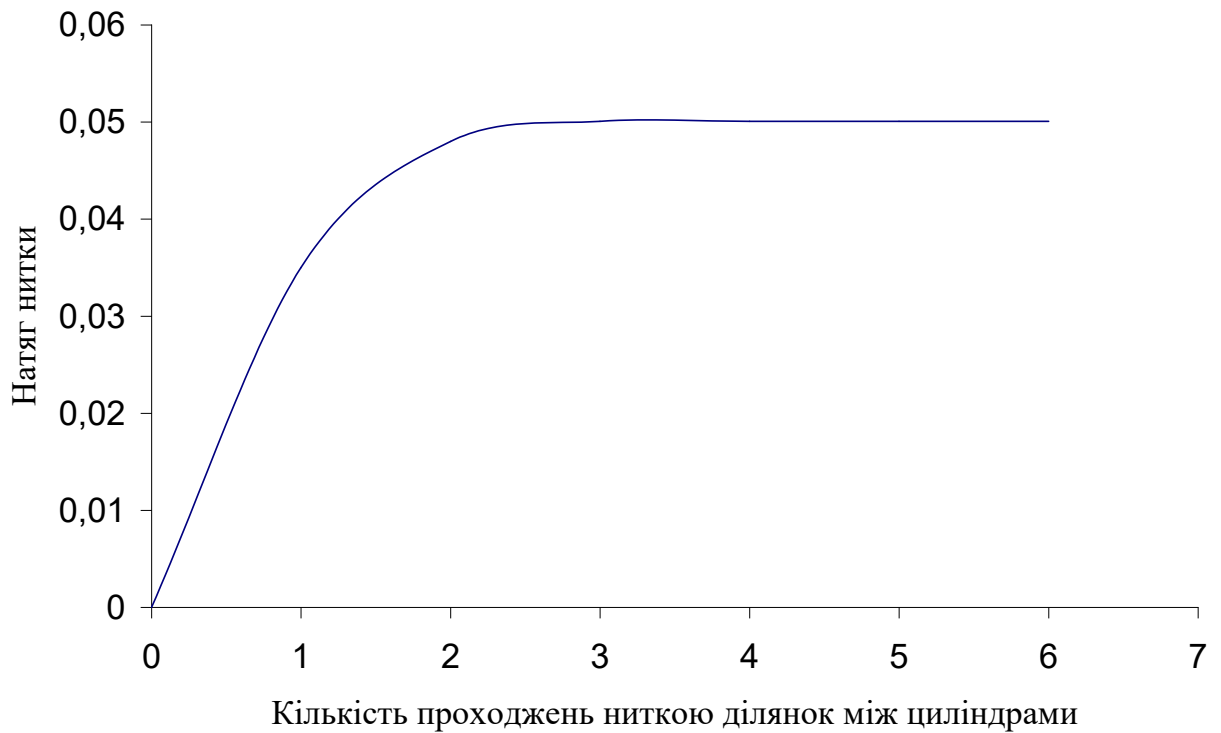


Рисунок 3.2 - Залежність натягу ниток від кількості проходжень нитками ділянки між циліндрами

Нехай N_t - натяг нитки, розрахований за рівнянням (3.22), а N_l - натяг нитки, розрахований за рівнянням (3.23). Очевидно, що N_l є приблизним значенням натягу. Відносна помилка під час розрахунку натягу за рівнянням (3.23) має такий вигляд:

$$\delta_N = \left| \frac{N_l - N_m}{N_m} \right| = \left| 1 - \left(1 - \left(1 - \frac{v_1}{v_2} \right) \mu \right)^{-2} \right|. \quad (3.26)$$

При фіксованому відношенні швидкостей $\left(\frac{v_1}{v_2} = 0,95 \right)$ залежність похибки δ_N від коефіцієнта Пуассона μ показана на рисунку 3.3. На рисунку 3.4 показана залежність похибки δ_N від співвідношення швидкостей $\frac{v_1}{v_2}$ при коефіцієнті

$$t_2 = \frac{v_2 + v_3}{2v_2v_3} l_2. \quad (3.27)$$

На цю ділянку з точки B поступає натягнута нитка, натяг якої N знаходимо за формулою (3.23).

Довжина ниток $l_2^{(0)}$ в ненавантаженому стані та їх видовження $\Delta l_2^{(0)}$ у момент часу t_0 будуть:

$$\begin{cases} l_2^{(0)} = l_2 - \Delta l_2^{(0)} = \frac{v_1}{v_2} l_2; \\ \Delta l_2^{(0)} = \frac{v_2 - v_1}{v_2} l_2. \end{cases} \quad (3.28)$$

Розділимо час t_2 на k малих інтервалів $\Delta t_{11}, \Delta t_{12}, \dots, \Delta t_{1k}$. За час Δt_{11} нитка матиме довжину

$$(l_2)_{11} = l_2^{(0)} + v_2 \frac{v_1}{v_2} \Delta t_{11} - v_3 \frac{l_2^{(0)}}{l_2} \Delta t_{11} = l_2 \frac{v_1}{v_2} + v_1 \Delta t_{11} - v_3 \frac{v_1}{v_2} \Delta t_{11}. \quad (3.29)$$

За час Δt_{12} довжина нитки в ненавантаженому стані стане рівною

$$\begin{aligned} (l_2)_{12} &= (l_2)_{11} + v_2 \frac{v_1}{v_2} \Delta t_{12} - v_3 \frac{(l_2)_{11}}{l_2} \Delta t_{12} = \\ &= l_2 \frac{v_1}{v_2} + v_1 (\Delta t_{11} + \Delta t_{12}) - v_3 \frac{v_1}{v_2} (\Delta t_{11} + \Delta t_{12}). \end{aligned} \quad (3.30)$$

Тут знехтували добутком $\Delta t_{11} \Delta t_{12}$, як малою вищого порядку малості у порівнянні з Δt_{11} , чи Δt_{12} .

Узагальнимо цей результат на весь інтервал часу t_2 , протягом якого нитка проходить шлях довжиною l_2 . Протягом цього часу довжина нитки в ненавантаженій ділянці ВС буде такою.

$$l_2^{(1)} = l_2 \frac{v_1}{v_2} + v_1 t_2 - \frac{v_1 v_3}{v_2} t_2 = \frac{v_1}{v_2} l_2 (1 - a_2), \quad (3.31)$$

$$\text{де } a_2 = \frac{v_3^2 - v_2^2}{2v_2 v_3}.$$

Як і в попередньому випадку, для наступного інтервалу часу після довжини t_2 знайдіть довжину нитки в інтервалі ВС після того, як нитка пройшла цю відстань двічі, тричі або чотири рази:

$$\begin{cases} l_2^{(2)} = \frac{v_1}{v_2} l_2 (1 - a_2 (1 - b_2)); \\ l_2^{(3)} = \frac{v_1}{v_2} l_2 (1 - a_2 (1 - b_2 + b_2^2)); \\ l_2^{(4)} = \frac{v_1}{v_2} l_2 (1 - a_2 (1 - b_2 + b_2^2 - b_2^3)), \end{cases} \quad (3.32)$$

$$\text{де } b_2 = \frac{v_3 - v_2}{2v_2}.$$

Очевидно після i -го проходження ВС довжина нитки в ненавантаженому стані:

$$l_2^{(i)} = \frac{v_1}{v_2} l_2 \left(1 - a_2 \left(1 - b_2 + b_2^2 - b_2^3 + \dots + (-1)^{i-1} b_2^{i-1} \right) \right). \quad (3.33)$$

Використовуючи члени у внутрішніх дужках, ми отримуємо член геометричного ряду, знаменник якого за абсолютною величиною менший за 1. Отже, цей ряд сходиться, і його сума також сходиться:

$$1 + \sum_{i=1}^{\infty} (-1)^i b_2^i = \frac{1}{1 - (-b_2)} = \frac{2v_2}{v_2 + v_3} \quad (3.34)$$

Підставивши рівняння (3.34) у співвідношення (3.33), отримаємо довжину ненавантаженої пряжі l_{2H} на ділянці ВС після багатьох проходів на цю відстань:

$$l_{2H} = \frac{v_1}{v_3} l_2. \quad (3.35)$$

Видовження нитки Δl_2 та її натяг на проміжку ВС будуть:

$$\begin{cases} \Delta l_2 = l_2 - l_{2H} = \frac{v_3 - v_1}{v_3} l_2; \\ N_2 = \frac{\Delta l_2}{l_2} c_T^2 = \frac{v_3 - v_1}{v_3} c_T^2. \end{cases} \quad (3.36)$$

Порівнюючи цей результат зі співвідношенням (3.23) для натягу пряжі на ділянці АВ, можна зробити висновок, що швидкість v_2 другого циліндра не впливає на натяг пряжі на ділянці ВС, тобто проміжним циліндром можна нехтувати під час розрахунку натягу пряжі на другому циліндрі.

Оскільки пряжа еластична, рівняння (3.36) справедливе і для швидкостей $v_3 < v_2$, але швидкість v_3 має бути більшою за швидкість v_1 першого циліндра. Рівняння (3.36) для натягу з урахуванням співвідношень (3.22) і (3.23) записується в іншій формі:

$$N_2 = N + \frac{v_1}{v_2} \frac{v_3 - v_2}{v_3} c_T^2. \quad (3.37)$$

Цей формат запису дає змогу отримати залежність між натягом пряжі на першій і другій ділянках. З урахуванням деформації товщини пряжі,

співвідношення (3.36), натяг пряжі другої ділянки може бути отримано з рівняння (3.20):

$$N_2 = \frac{c_T^2}{v_3^3} (v_3 - (v_3 - v_1)\mu)^2 (v_3 - v_1). \quad (3.38)$$

Легко узагальнити цю формулу на довільну ділянку. Так, для k -ої ділянки ($k > 2$) натяг ниток

$$N_k = \frac{c_T^2}{v_{k+1}^3} (v_{k+1} - (v_{k+1} - v_1)\mu)^2 (v_{k+1} - v_1). \quad (3.39)$$

Враховуючи співвідношення (3.22), формулу (3.38) можна записати в іншій формі:

$$N_2 = N + \frac{v_1}{v_2} \frac{c_T^2}{v_3^3} (v_3 - (v_3 - v_2)\mu)^2 (v_3 - v_2). \quad (3.40)$$

3.2 Математична модель процесу формування натягу ниток основи направляючим роликом в системі транспортуючих роликів

В еластичних системах з наповнювачем HSM при введенні HSM передбачається наявність напрямних роликів, а як ролики можуть виступати замки HSM. Для вивчення процесу формування натягу основи напрямними роликами використовують розрахункову схему на малюнку 3.1, де середній блок ролика, що транспортує, замінено напрямним роликом (циліндром). На малюнку 3.5 показано конструктивну схему системи транспортувальних роликів плюс напрямні ролики (циліндри). Нитка основи з постійним натягом QA подається з першої системи транспортувальних роликів з постійною швидкістю v_A . Пряжа

проходить уздовж циліндричної направляючої 2, яка може фрикційно обертатися навколо своєї осі. Потім пряжа з постійною лінійною швидкістю v_B надходить у другий блок 3 транспортувальних роликів. Знайдіть натяг пряжі N_l на ділянці AC і натяг пряжі N_r на ділянці CB, якщо відомі такі параметри: r_C - радіус циліндра 2, r_{pC} - середній радіус підшипника на осі циліндра 2, 2ξ - центральний кут, під яким пряжа об охоплює циліндр 2, k_{pC} - коефіцієнт тертя підшипника, k_{pC} - коефіцієнт тертя підшипника, k_{pC} - коефіцієнт тертя підшипника, k_p - коефіцієнт тертя між ниткою і циліндром, P_C - маса циліндра 2.

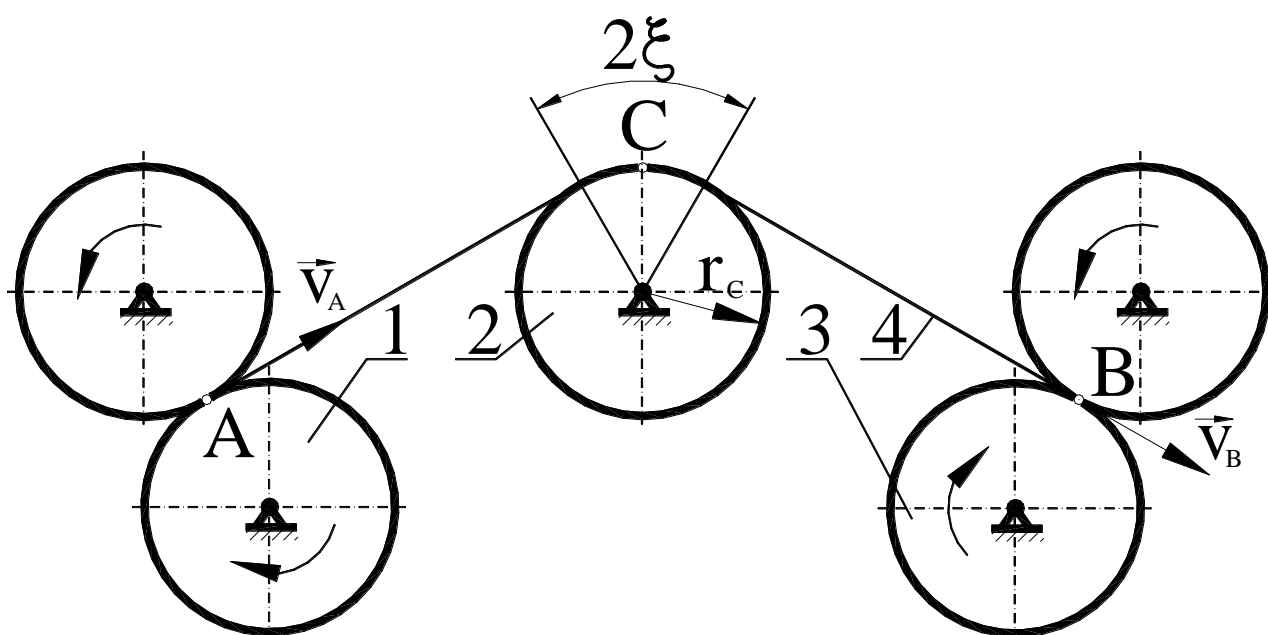


Рисунок 3.5 - Розрахункова схема пружної системи заправки ниток 4 з напрямним циліндром 2 в системі транспортуючих роликів 1 і 3.

Для даної конструкції, враховуючи співвідношення (3.39), одержимо:

$$\begin{cases} N_l = Q_A + \frac{c_T^2}{v_C^3} (v_C - (v_C - v_A)\mu)^2 (v_C - v_A); \\ N_r = N_l + \frac{v_A}{v_C} \frac{c_T^2}{v_B^3} (v_B - (v_B - v_C)\mu)^2 (v_B - v_C). \end{cases} \quad (3.41)$$

У рівняння (3.41) входить невідома швидкість різьби v_C циліндра 2. Для її обчислення розраховуються сили, що діють на циліндр 2. Ці сили показані на малюнку 3.6.

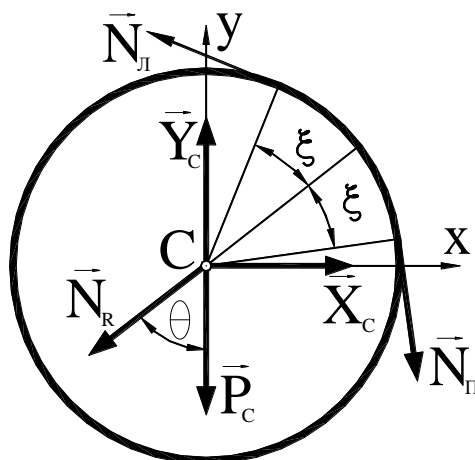


Рисунок 3.6 - Схема сил, що діють на циліндр 2.

За абсолютною величиною рівнодіюча від дії ниток на циліндр 2:

$$N_R = (N_l + N_n) \sin \xi. \quad (3.42)$$

З рівнянь рівноваги усіх сил, що діють на циліндр 2, знаходимо складові реакції X_C та Y_C на осі C:

$$\begin{cases} X_C = N_R \sin \theta; \\ Y_C = N_R \cos \theta + P_C, \end{cases} \quad (3.43)$$

де θ – кут, який утворює вектор рівнодіючої натягу ниток \vec{N}_R з вектором сили ваги \vec{P}_C циліндра.

Повна реакція на осі:

$$R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2} = \sqrt{P_C^2 + N_R^2 + 2P_C N_R \cos \theta}. \quad (3.44)$$

Момент, який виникає у підшипниках на осі:

$$M_{nC} = k_{nC} r_{nC} R_C = k_{nC} r_{nC} \sqrt{P_C^2 + N_R^2 + 2P_C N_R \cos \theta}. \quad (3.45)$$

Максимальне значення сили тертя між нитками та циліндром 2 обчислюємо за формулою Ейлера:

$$F_{T.\max} = N_n (1 - e^{-2k\xi}). \quad (3.46)$$

Фактичну силу тертя F_ϕ між нитками та циліндром знаходимо з рівності моментів усіх сил відносно осі:

$$F_\phi = \begin{cases} \frac{r_{nC}}{r_C} k_{nC} R_C & \text{при } F_\phi \leq F_{T.\max}; \\ F_{T.\max} & \text{при } F_\phi > F_{T.\max}. \end{cases} \quad (3.47)$$

Враховуючи, що $N_n - N_l = F_\phi$ із співвідношень (3.42) одержимо кубічне рівняння відносно невідомої швидкості ниток v_C :

$$\frac{v_A}{v_C} \frac{c_T^2}{v_B^3} (v_B - (v_B - v_C)\mu)^2 (v_B - v_C) = F_\phi. \quad (3.48)$$

Для його розв'язання скористаємось формулою Кардано:

$$v_C = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{D}} + \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{D}} - v_B \left(\frac{2}{3\mu} - 1 \right), \quad (3.49)$$

$$\text{де } D = \left(\frac{p}{3}\right)^3 + \left(\frac{q}{2}\right)^2; \quad p = v_B^2 \left(\frac{F_\Phi}{c_T^2 \mu^2} \frac{v_B}{v_A} - \frac{1}{3\mu^2} \right); \quad q = v_B^3 \left(\left(1 - \frac{2}{3\mu}\right) \frac{F_\Phi}{c_T^2 \mu^2} \frac{v_B}{v_A} - \frac{2}{27\mu^3} \right).$$

Оскільки у праву частину формули (3.43) входить невідома рівнодіюча натягу ниток N_R , то за першим наближенням її можна покласти рівною

$$N_0 = Q_A + \frac{c_T^2}{v_B^3} (v_B - (v_B - v_A)\mu)^2 (v_B - v_A). \quad (3.50)$$

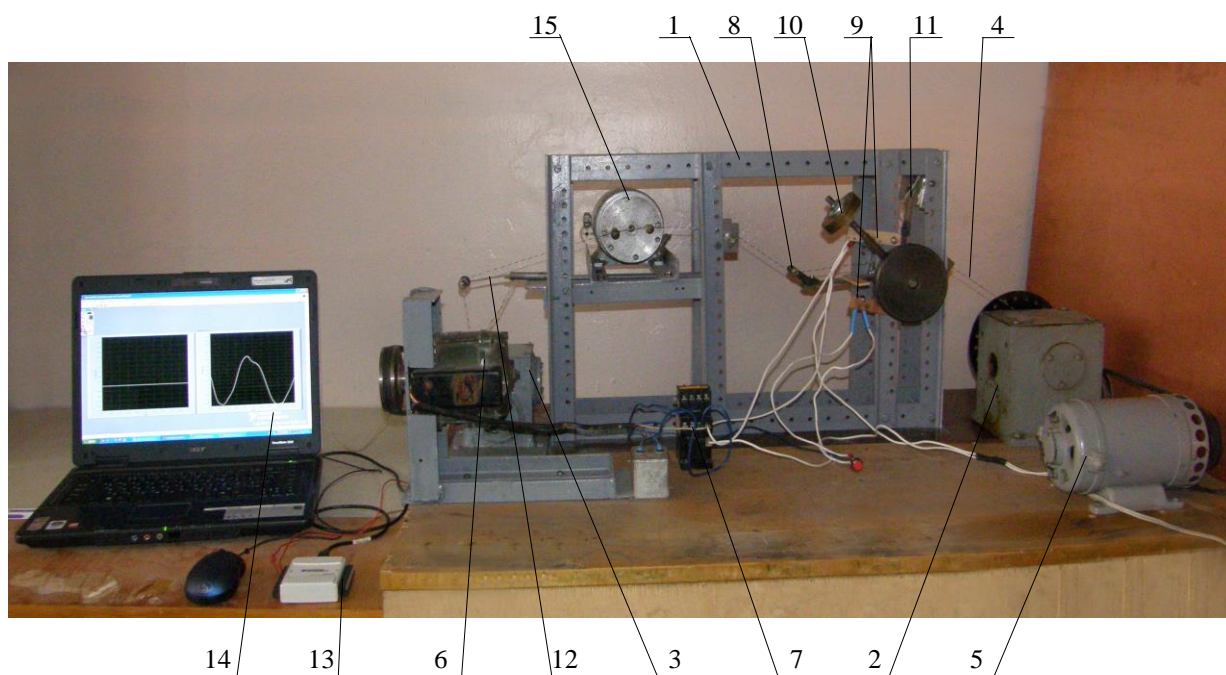
Останнє рівняння виходить зі співвідношення (3.41) за відсутності проміжних циліндрів. Підставляючи по черзі потрібні значення в рівняння (3.42), отримують значення натягу ниток N_I і N_R . Отримані значення N_I і N_R потім підставляють у рівняння (3.42), і розрахунок повторюють для отримання точного значення натягу нитки.

3.3 Експериментальні дослідження динамічної системи важільно-ваговий компенсатор – нитки основи

Для перевірки достовірності результатів аналітичного дослідження ВКЗ у динамічному режимі роботи КВМ було проведено серію експериментальних досліджень.

3.3.1 Методологія експериментальних досліджень

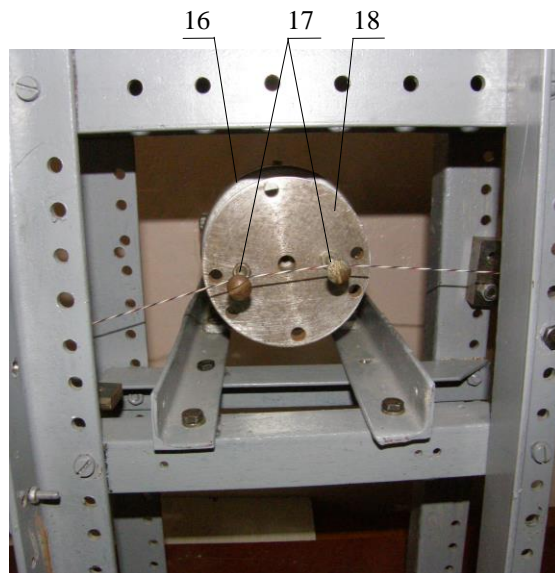
В експериментальному дослідженні моделювалася робота ВК у пружній системі заправлення нитки основи з експериментальною установкою натягу основи (листи МРМА 24.00.00.000 ГК і МРМА 24.00.00.000 СК), за перехідного та сталого режимів роботи нитки основи, а також у зоні петлеутворення враховували процес зносу основи за наявності високочастотних коливань витрати нитки основи в пряжі (листи МРМА 24.00.00.000 ДІ1 і МРМА 24.00.00.000 ДІ2).



1 – рамна конструкція; 2, 3 – черв'ячні редуктори; 4 – нитка; 5,6 – електродвигуни; 7 – система переключення напрямку обертання двигуна; 8 – скало; 9 – датчики верхнього та нижнього положення скала; 10 – вантаж; 11 – тензодатчик кута повороту скала; 12 – тензодатчик натягу ниток; 13 – АЦП; 14 – ЕОМ; 15 - ротаційний модулятор високочастотних коливань натягу ниток основи

Рисунок 3.3 - Експериментальна установка

Для проведення дослідження було створено експериментальну установку на основі тієї, яку раніше використовували для вивчення роботи ВСС у квазістатичному режимі КІМ (рис. 3.7). Цю установку було модернізовано в напрямку введення вертикального положення валика 8 у конструкцію датчика 9 - обертового модулятора високочастотних коливань 15 натягу основи в зоні петлеутворення.



16 – електродвигун; 17 – стержні; 18 – диск

Рисунок 3.8 - Ротаційний модулятор високочастотних коливань натягу ниток
основи:

Тензодатчики, приклеєні до пружних балок 11, використовуються для реєстрації кута повороту породи, а тензодатчики, приклеєні до балок 12, - для реєстрації натягу нитки. Сигнали з обох датчиків через підсилювач і аналого-цифровий перетворювач (АЦП) 13 передають на електронно-обчислювальну машину (ЕОМ) 14 через USB-порт, які обробляє система LabView [22, 23].

Обертовий модулятор 15 (рис. 3.8) високочастотних коливань натягу основи відтворює внутрішньоциклові коливання деформації основи, які відповідають умовам, у яких відбувається обробка верхньої нитки основи на ОСМ під час в'язання.

Реверсивний двигун постійного струму 6 через черв'ячний редуктор 5 відтворює зміну швидкості подачі нитки основи 2 на мінімальному діаметрі, де ця зміна найбільш виражена. У вихідному положенні скелелаз 8 перебуває в проміжному положенні, і обертання двигуна 6 імітує зменшення швидкості подачі нитки основи в систему еластичного захоплення.

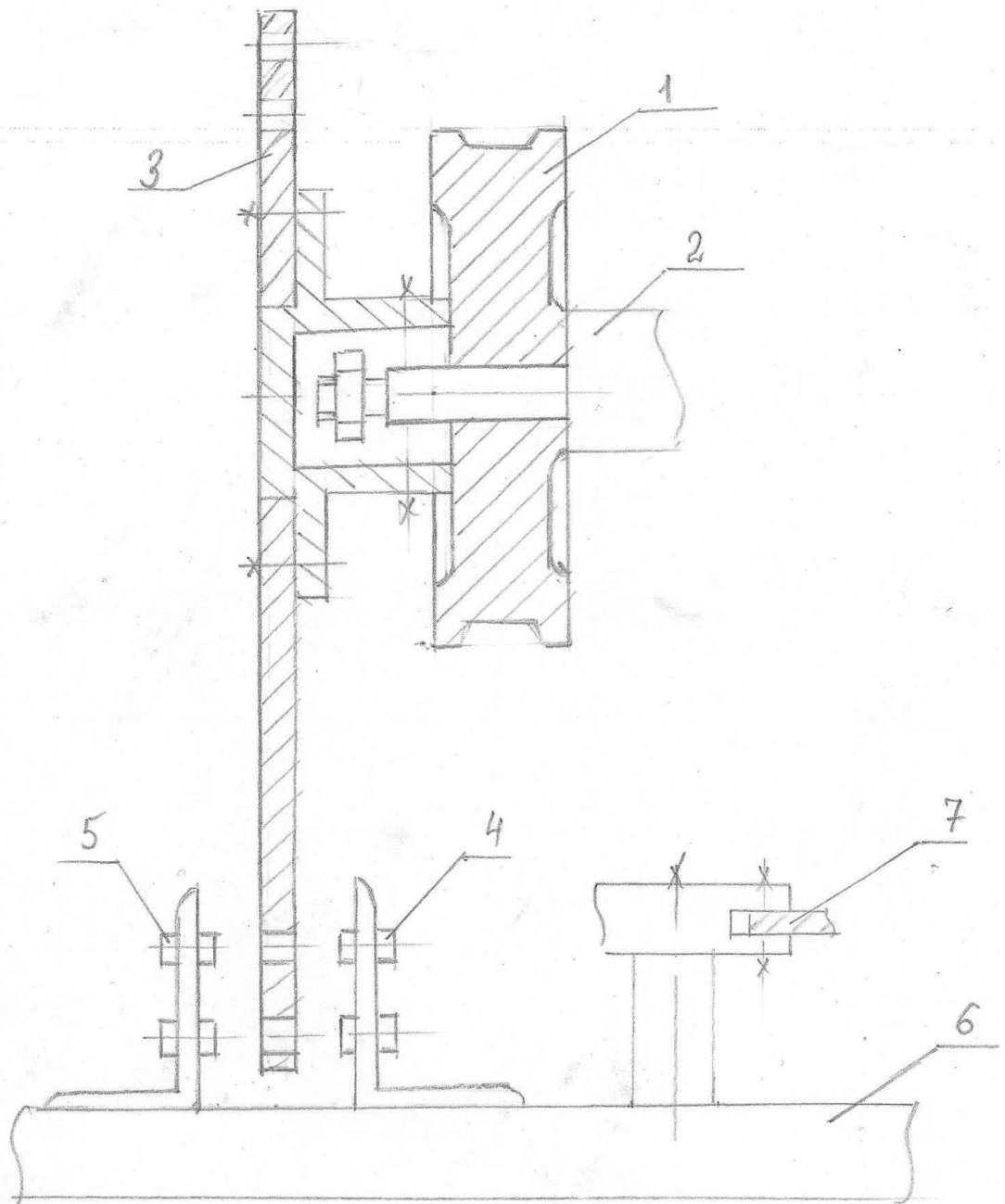


Рисунок 3.9 – Схема пристрою для вимірювання кута повороту головного валу машини

При досягненні верхнього граничного положення фіксатора 8 двигун зупиняється, і напрямок обертання змінюється. Кут повороту шпинделя верстата вимірювали за допомогою експериментального приладу № 1, показаного на рис. 3.9.

На відомому шківі 1 коробки передач, закріпленої на шпинделі 2 чесальної машини, закріплений диск 3 з 36 отворами під кутом 10° . З одного боку диска розташоване джерело світла 4, а з іншого - фотоелемент 5, закріплений на

кронштейні 6, прикріпленому до корпусу машини 7. Схему підключення фотоелемента показано на малюнку 3.10. Як шкалу часу використовують запис промислового струму частотою 50 Гц, що подається через резистор 3 і регулювальний резистор 2 на клемі осцилографа осцилятора 1 (рис. 4.10).

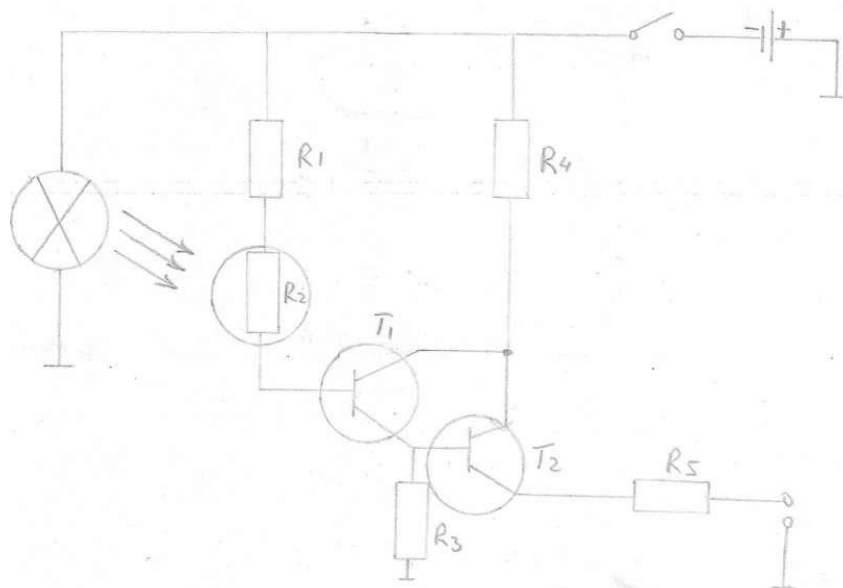


Рисунок 3.10 – Принципова електрична схема підключення фотоелемента

Як датчик перетворювача використовують добре відомий тензOMETричний датчик (рис. 3.11), який розміщують у безпосередній близькості від петлеутворювального органу.

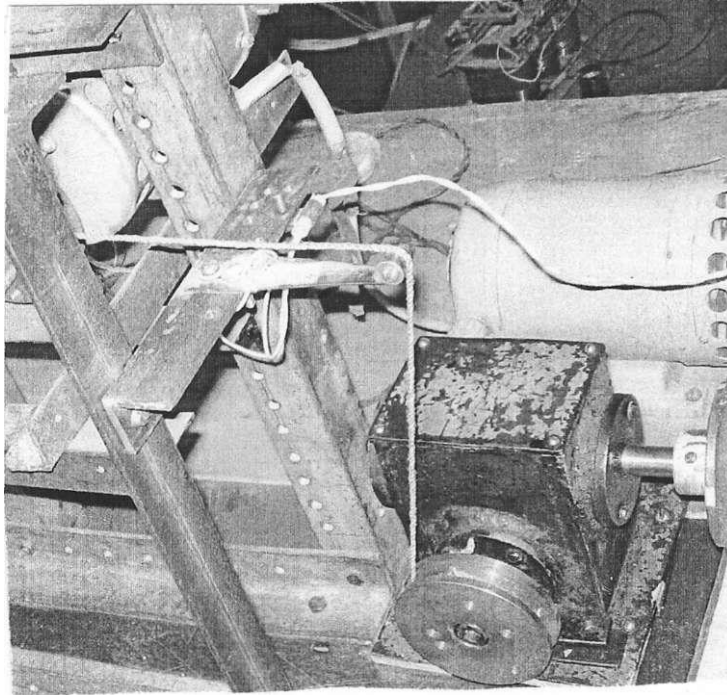


Рисунок 3.11 –Тензометричний датчик

Сенсорний перетворювач складається з двох пружних сталевих пластин 1, до кінця яких прикріплена нитконаправляюча балка 2. Для підтримання постійного кута намотування пряжі на напрямну балку 2 до рами машини для в'язання основи кріплять ще дві напрямні для пряжі 3. Напрявні для пряжі 3 розташовані таким чином, що загальний кут намотування пряжі не перевищує 60° , що знижує вплив тертя пряжі об напрямні для пряжі на точність вимірювання. Тензорезистори прикріплені до пружної сталеві пластини. Мостова схема тензометричного датчика підключається до осцилографа типу 8AN2-7М через підсилювач типу NI 02 для запису осцилограми зміни натягу ниток основи. Як чутливий елемент датчика використовували сталеву пружну пластину товщиною 1,2 мм з розмірами 22x30 (консольний виступ 30 мм), що забезпечило власну частоту коливань датчика 400 Гц. З огляду на те, що власна частота датчика значно зростає під час навантаження на нитки основи, а кількість значних коливань натягу основи дорівнює чотирьом, датчик, який використовується за швидкості намотування 20 с/хв, задовольняє таким вимогам.

$$f / f_d > 0.2$$

(3.49)

де $f_d = 400$ Гц - власна частота коливань датчика

$f = 80$ Гц — частота вимушених коливань.

Кут повороту головного валу фіксувався через кожні 15° за допомогою раніше описаного фотоелектронного датчика, який під'єднаний до осцилографа НІ 02.

4.2.2 Обробка результатів експериментальних досліджень

Експериментальні дослідження проводилися в трьох режимах роботи: старт, стійкий і стоп. Під час кожного вимірювання на екран виводилися дані про кут повороту скальпа і натяг пряжі. Під час запуску початкові значення швидкості подачі пряжі V_s і швидкості приймання пряжі V_p були встановлені на $V_s = 59,9$ мм/с і $V_p = 60$ мм/с для забезпечення натягу пряжі 10 Н (дорівнює 4 сН на пряжу).

Розрахунок довірчих меж для вертикальної осі діапазону коливань натягу пряжі проводився за методикою [23] на малій вибірці. Кількість оброблених циклів коливань приймали такою, щоб довірчі межі були значно меншими за максимальне відхилення кривої; діапазон зміни більшості значень коливального розмаху коливання натягу пряжі, отриманих за результатами п'яти вимірів, становив менше ніж 0,5 сН, і це значення було прийнято.

На основі цих вихідних даних було розраховано довірчі межі для середнього арифметичного значення варіабельності натягу пряжі в точках вимірювання: сН з імовірністю $P = 0,95$. У цьому дослідженні використовували програму (MRMA letter 24.00.00.000 DI3), створену в LabView, що зображена на малюнку 4.11.

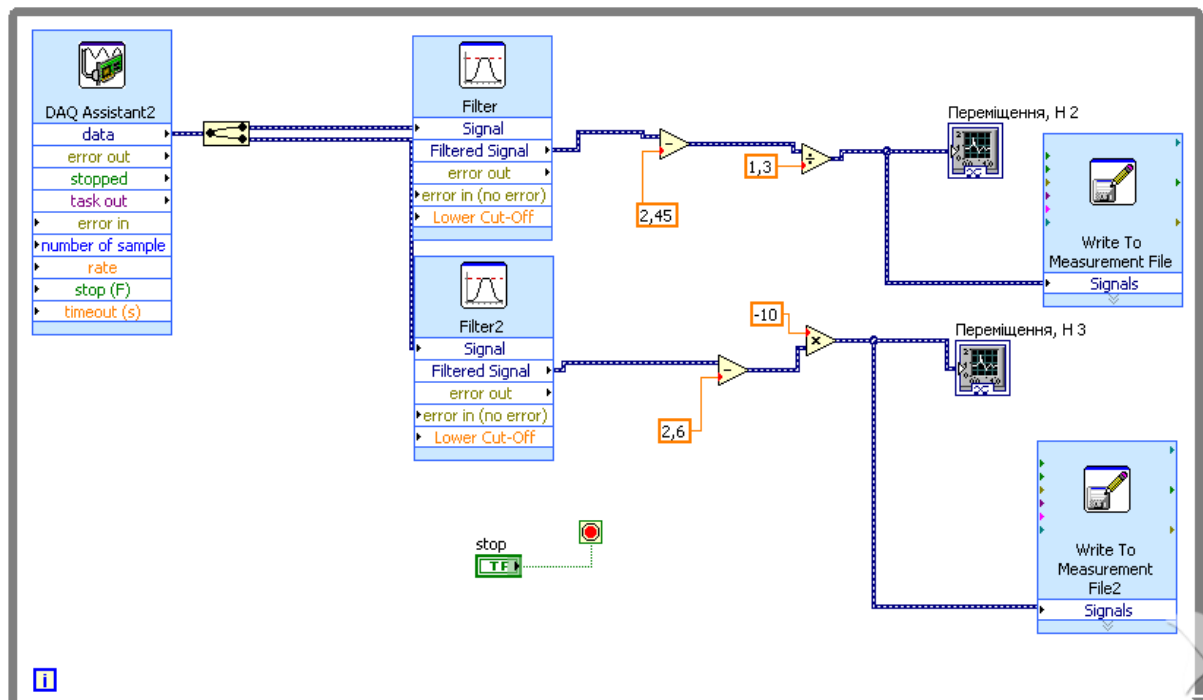
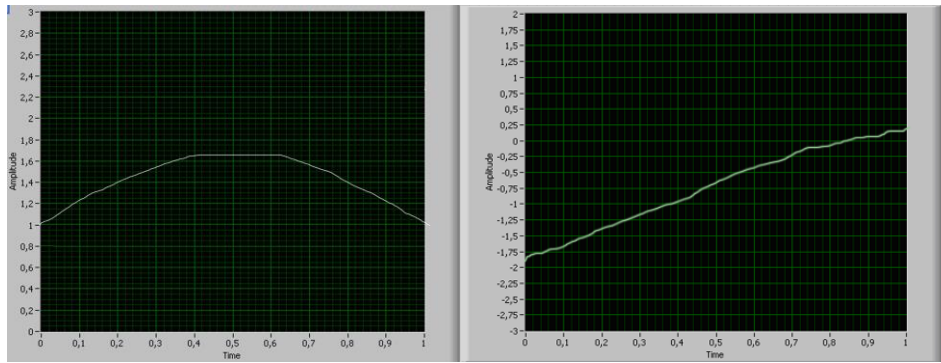


Рисунок 3.12 – Програма обробки сигналу, що поступає з двох тензодатчиків

У цій програмі сигнали, що проходять через фільтр і систему коефіцієнтів, одночасно відображаються на графіку і в текстовому файлі системи LabView, яка, на відміну від системи LabView, може обробляти великі масиви даних. Коефіцієнти в цій програмі були обрані відповідно до номіналів тензодатчиків експериментальної установки. У результаті експериментів було отримано такі графіки.

На малюнках 3.13-3.15 показано графіки натягу пряжі (а) і зміщення фіксатора (б) під час запуску, сталого режиму роботи і зупинки машини без ротаційного модулятора (MRMA букв. 24.00.00.000 DI4, мал. 1) для високочастотних коливань натягу ниток основи LabView відображає графіки натягу та зміщення впродовж тривалого часу.

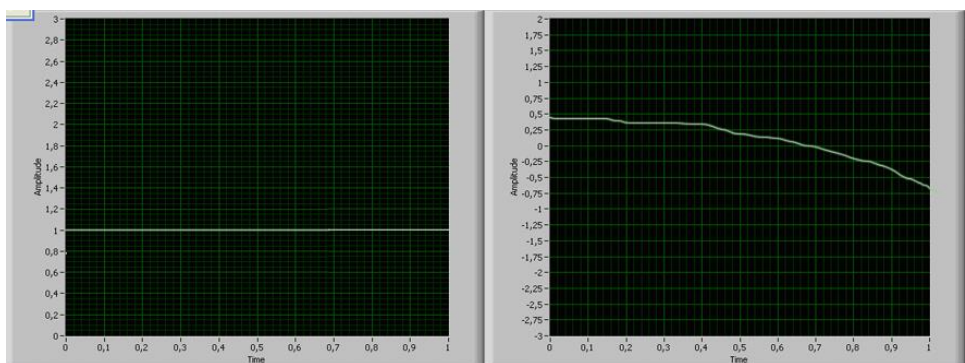
Оскільки LabView не здатний відображати картини натягу і зміщення протягом тривалого часу, результати одночасно відображалися в Microsoft Excel. На рисунку 3.16 показано графік зміщення замка протягом усього часу експерименту.



а) натяг ниток

б) переміщення скало

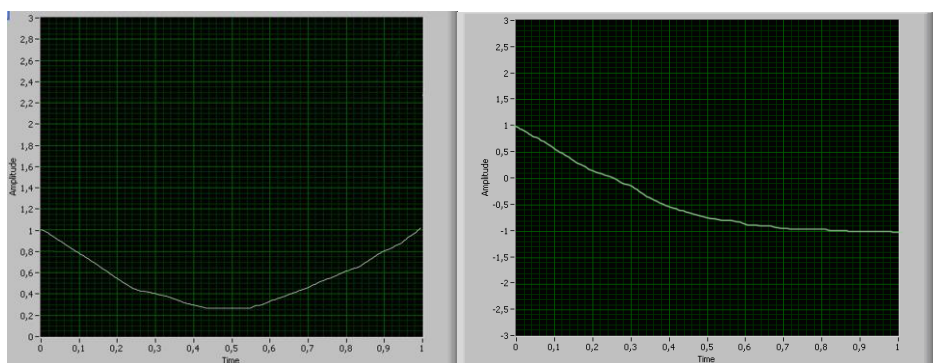
Рисунок 3.13 – Пуск



а) натяг ниток

б) переміщення скало

Рисунок 3.14 – Сталий режим



а) натяг ниток

б) переміщення скало

Рисунок 3.15 – Зупинка

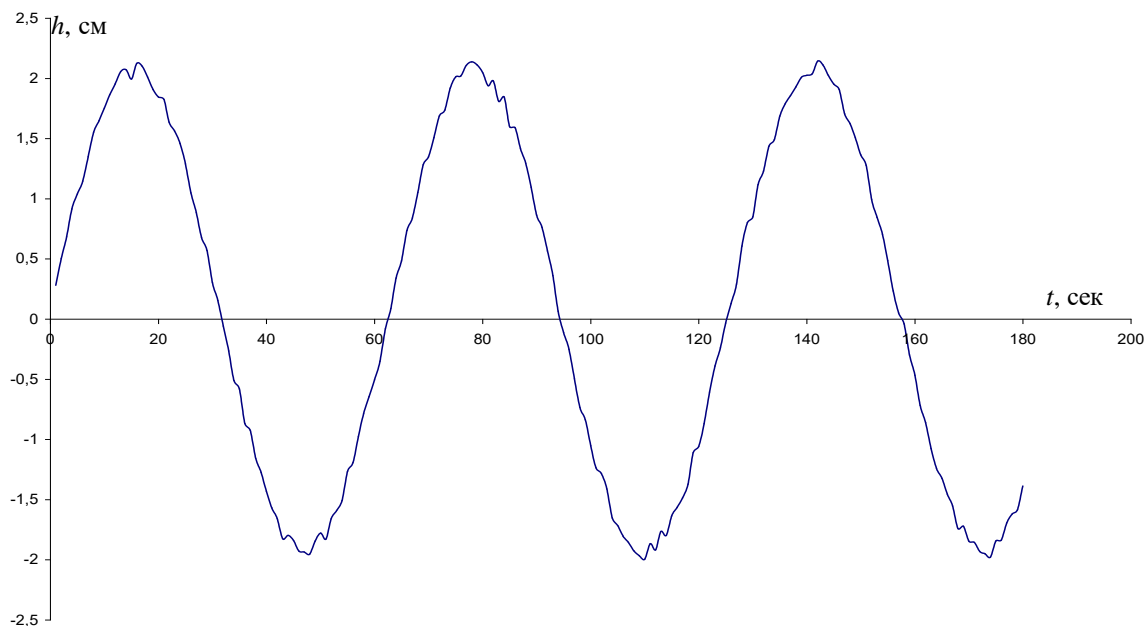


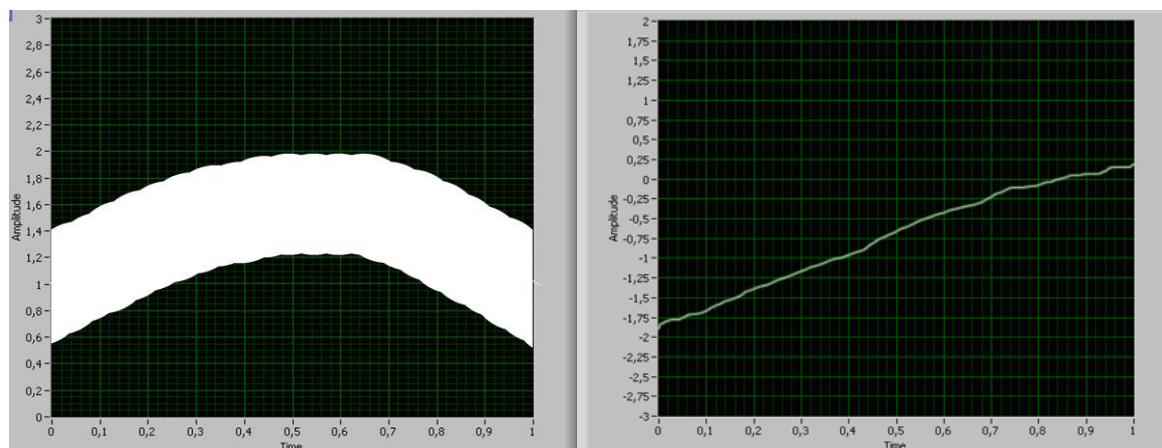
Рисунок 3.16 – Переміщення скала

У таблиці 3.1 представлено результати експериментального дослідження та попередніх теоретичних розрахунків [13] щодо стабільності середнього натягу ниток основи на в'язальних машинах. Для забезпечення об'єктивності натягнення були приведені до однієї нитки. Як видно з таблиці, результати теоретичних та експериментальних досліджень близькі один до одного, відносні похибки не перевищують 2 %.

Таблиця 3.1 – Результати експериментальних і теоретичних досліджень ВВК при відсутності модулятора високочастотних коливань натягу ниток основи

Режими	Степінь стабілізації, %		Відносна похибка, %
	Експериментальні дослідження	Теоретичні дослідження [131]	
Пуск	85,1	86,1	1,17
Сталий режим	99,2	99,4	0,20
Зупинка	87,6	89,3	1,94

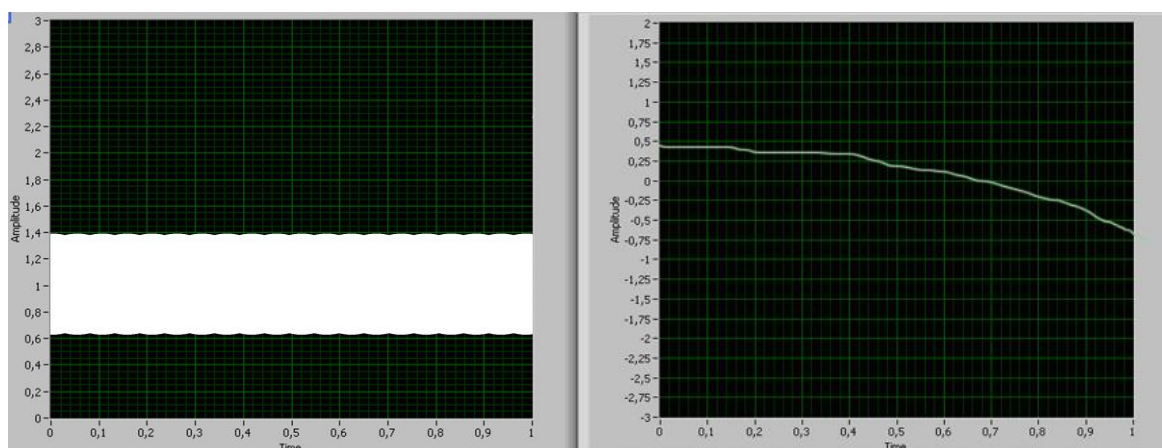
На малюнках 3.17 - 3.19 наведені графіки натягу пряжі (а) і зміщення основи (б) під час пуску, сталого режиму роботи і зупинки машини, коли встановлений модулятор високочастотних коливань натягу нитки основи, що обертається. Частота обертання модулятора відповідає швидкості в'язання 1200 петельних рядів на хвилину (аркуш МРМА 24.00.00.000 ДІ4, рис. 2).



а) натяг ниток

б) переміщення скало

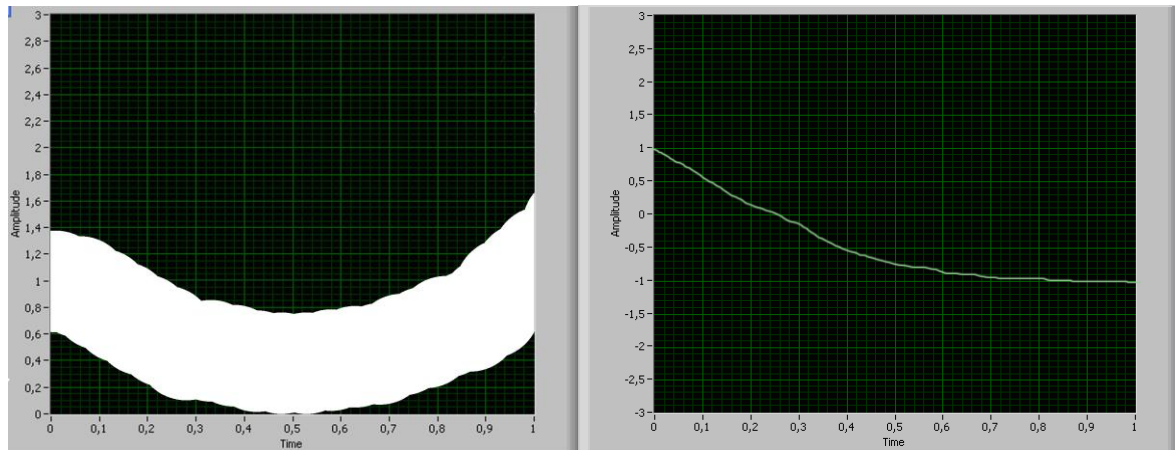
Рисунок 3.17- Пуск



а) натяг ниток

б) переміщення скало

Рисунок 3.18 – Сталий режим



а) натяг ниток

б) переміщення скало

Рисунок 3.19 – Зупинка

Таблиця 3.2 - Результати експериментальних і теоретичних досліджень ВВК при встановленні модулятора високочастотних коливань натягу ниток основи

Режими	Степінь стабілізації, %		Відносна похибка, %
	Експериментальні дослідження	Теоретичні дослідження [131]	
Пуск	83,2	86,1	3,49
Сталий режим	97,9	99,4	1,53
Зупинка	85,2	89,3	4,81

У табл. 3.2 подано результати експериментального дослідження та попередніх теоретичних розрахунків [13] щодо стабільності середнього натягу ниток основи на в'язальних машинах. Для забезпечення об'єктивності натягнення були приведені до однієї нитки. Як видно з таблиці, результати теоретичних та експериментальних досліджень близькі один до одного, відносні похибки становлять менше 5 %.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Параска Г. Б. Стабілізація натягу ниток основи на в'язальних машинах / Г. Б. Параска // Вісник Технологічного університету Поділля. Серія 1. Технічні науки. – 1997. – № 1. – С. 115-118.
2. Моїсеєнко Ф. А. Проектування вязальних машин: Підручник для вузів / Ф. А. Моїсеєнко – Х. : Основа, 1994. – 336 с.
3. Параска Г. Б. Статичні дослідження комбінованих стабілізаторів натягу ниток основи в'язальних машин / Г. Б. Параска // Вісник Технологічного університету Поділля. – 2000. – №1. – С. 7-10.
4. Смутко С. В. Розробка універсальних зубчасто-важільних планетарних механізмів петлетвірних органів ОВМ : дис. канд. техн. наук : 05.05.10 / Смутко С. В. – Хмельницький, 2001. – 206 с.
5. Параска Г. Б. Динамічні дослідження вагових стабілізаторів середнього натягу ниток основи вязальних машин / Г. Б. Параска // Вісник Технологічного університету Поділля. – 2001. – №5. – С. 122-126.
6. Поліщук О. С. Використання інформаційних технологій "National Instruments" для лабораторних і наукових досліджень машин легкої промисловості та електропобутової техніки / О. С. Поліщук, С. Л. Горященко, Д. В. Прибега // Вісник ХНУ. – 2008. – №2. – С. 175 – 180.
7. Марчук А. Р. Стабілізація середнього натягу ниток основи на основов'язальних машинах ваговими пристроями / А. Р. Марчук, Г. Б. Параска // Вісник Хмельницького національного університету, т.2, Технічні науки. – 2007. - №6. – С.162-171.
8. Марчук А. Р. Експериментальні дослідження важільно-вантажного стабілізатора середнього натягу ниток основи в'язальних машин в системі LabView / Г. Б. Параска, А. Р. Марчук, В. С. Неймак // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки. – 2010. – №2. – С.7-11.
9. Marchuk A.R. Mathematical model of filing yarns warp knitting machines / A. R. Marchuk, G. B. Paraska, V. S. Neymak // Yale Review of Education and Science.

