

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ**

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ**

В.В. Чабан, Т.В. Іваненко, Б.Ф. Піпа

**НАУКОВІ ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЗМІВ
НОРМАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВІДТЯЖКИ ПОЛОТНА НА
ОСНОВОВ'ЯЗАЛЬНИХ МАШИНАХ**

Київ КНУТД 2013

677.055.6: 001.89

ББК 37.238 – 5

Ч -34

*Рекомендовано Вченою радою Київського національного
університету технологій та дизайну
Протокол № x від xx.xx. 2012 року*

Рецензенти

Г.Б. Параска

доктор технічних наук, професор

В.П. Місяць

доктор технічних наук, професор

П.І. Чередніченко

доктор технічних наук, професор

Чабан В.В., Іваненко Т.В., Піпа Б.Ф.

**ЧЗ4 Наукові основи проектування механізмів нормалізації процесу
відтяжки полотна на основов'язальних машинах: монографія. - К.:
КНУТД, 2013. – 159 с.**

ISBN xxx-xxx-xxxx-xx-x

В монографії представлені результати досліджень процесів, що виникають в основов'язальних машинах під час відтяжки полотна: розробка математичних моделей процесу відтяжки основов'язального полотна та розробка пристроїв нормалізації відтяжки основов'язального полотна.

Монографія призначена для наукових працівників та спеціалістів легкого машинобудування. Матеріали, представлені в монографії, можуть бути також корисними для аспірантів та студентів вищих навчальних закладів.

ISBN xxx-xxx-xxxx-xx-x

© Чабан В.В., Іваненко Т.В., Піпа Б.Ф., 2013

© КНУТД, 2013

ВСТУП

Основов'язальні машини належать до найбільш поширеного і перспективного виду обладнання легкої промисловості, як такі, що мають високу продуктивність та широкі технологічні можливості в'язання основов'язального полотна.

Перспективним напрямком удосконалення існуючих та створення нових типів основов'язальних машин є подальше підвищення ефективності їх роботи за рахунок підвищення якості полотна та зниження непродуктивних витрат часу роботи машини.

Стримуючим фактором у вирішенні цієї проблеми є недосконалість процесу відтяжки полотна, що істотно впливає на його якість.

Механізм відтяжки полотна виконує дві функції: відтяжку готового основов'язального полотна від петлеутворюючих органів та підготовку і накатування його. Дослідницькі роботи останніх років, присвячені вивченню та удосконаленню механізмів відтяжки основов'язальних машин, в основному спрямовані на розвиток другої їх функції, в результаті чого товароприймальні механізми основов'язальних машин отримали істотні зміни. До першої ж функції найчастіше пред'являлася вимога рівномірної відтяжки полотна від органів петлеутворювання по всій довжині голчатого бруса на протязі всього періоду роботи машини. У цьому аспекті велика увага приділялася проблемам "клішності" і поперечній смугастості полотна під час пуску і зупинки машини. При цьому в деяких роботах вказувалося на необхідність створення системи переривчатої відтяжки полотна протягом кожного циклу петлеутворення.

Аналіз процесу петлеутворення показує, що відтяжка основов'язального полотна повинна відбуватися лише протягом одного моменту петлеутворення, а саме після формування петлі, що відповідає куту повороту головного вала, рівному 10° - 15° . В інші моменти

петлеутворення сила відтяжки полотна повинна бути зменшена, щоб зменшити величину деформації та нагрівання голок, що скорочує строк їхньої служби.

Коли ж мова йде про в'язально-прошивні машини (різновидність основов'язальних машин), то при проколюванні голками полотна в момент його відтягнення полотно може прорізатися голками в поздовжньому напрямку, що погіршує якість товару.

Враховуючи вищесказане, дослідження авторів присвячені розробці наукових основ проектування механізмів нормалізації процесу відтяжки полотна на основов'язальних машинах та удосконаленню на їх базі механізмів відтяжки полотна основов'язальних машин з метою підвищення ефективності їх роботи, що є актуальною проблемою трикотажного машинобудування та має велику практичну цінність для виробництва.

Всі результати досліджень процесу відтяжки полотна на основов'язальних машинах, наведені в даній роботі, можуть бути застосовані також і для в'язально-прошивних машин, оскільки процеси петлеутворення в них аналогічні.

Результати досліджень можуть бути використані при розробці нових конструкцій механізмів відтяжки основов'язального полотна, при оптимізації процесу петлеутворення та формування трикотажу на високошвидкісному сучасному основов'язальному устаткуванні.

Автори висловлюють щире подяку рецензентам:

Георгію Борисовичу Парасці – доктору технічних наук, професору, проректору Хмельницького національного університету, **Ігорю Валентиновичу Петку** – доктору технічних наук, професору кафедри електромеханічних систем Київського національного університету технологій та дизайну та **Петру Івановичу Чередніченку** – доктору технічних наук, професору, завідувачу кафедри машин і апаратів легкої промисловості Чернігівського державного технологічного університету за ряд корисних зауважень та порад, зроблених ними при рецензуванні рукопису монографії.

РОЗДІЛ I

ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ ВІДТЯЖКИ ПОЛОТНА НА ОСНОВОВ'ЯЗАЛЬНИХ МАШИНАХ

1.1. Роль відтяжки полотна в основов'язальному процесі

Процес відтяжки основов'язального полотна суттєво впливає на його якість. Вивченню цього питання присвячена велика кількість робіт таких авторів, як А. С. Далидович, В. Н. Гарбарук, С. Х. Симин та інших.

Залежність щільності основов'язального полотна від величини сили його відтяжки розглядається в роботах [1, 2]. А. С. Далидович вказує на те, що розмір нових петель основовязальних полотен в процесі в'язання залежить від багатьох факторів [1], а саме: від натягу ниток основи, від величини опускання голівок голок між платинами, від величини висування платин уперед, а також від сили відтяжки старих петель при формуванні, причому, розмір петлі прямо пропорційний силі відтяжки полотна.

Автори роботи [3] вивчають так зване явище "клішності", що проявляється в тім, що довжина готового полотна по краях більша, ніж на середині. Це явище виникає при роботі на машинах із плоскою голочницею, оскільки при цьому щільність полотна по вертикалі на краях менше, ніж у середині, а щільність по горизонталі на краях більша, ніж у середині. Автори вказують на те, що зміна щільності в значній мірі є наслідком зміни сили відтяжки основов'язального полотна. Для усунення явища "клішності" пропонується розміщати механізм відтяжки як можливо ближче до петлеутворюючих органів.

У роботі [4] це явище розглянуто для конкретного виду основов'язальних машин – рашель-машин з язичковими голками. Рашелеве полотно має нерівномірні деформації, пов'язані з роботою механізмів натягу основи та відтяжки полотна. Зроблено висновок про те, що змінювати щільність трикотажу можна за допомогою зміни сили його відтяжки, при цьому збільшення сили відтяжки викликає зменшення щільності. Для полотен різних переплетень зміна

сили відтяжки викликає різну зміну щільності полотна. Крім того, зміна довжини петель, зумовлена зміною сили відтяжки полотна можлива тільки в певних межах.

У роботі [5] розглянуто зв'язує впливу сили відтяжки полотна на його щільність з урахуванням сили натягу ниток основи. Зроблено висновок про те, що для збереження стабільної щільності полотна потрібно зберегти лише співвідношення сили відтяжки та сили натягу ниток основи, тобто при зміні одного параметра, відповідним чином змінювати другий. При цьому вказується, що для основов'язальних машин з язичковими голками найменша обривність основних ниток настає при мінімальній силі відтяжки, необхідній для виконання моменту скидання старої петлі.

Однак для машин із гачковими голками зроблений інший висновок [6], а саме: обривність ниток основи зменшується із підвищенням сили відтяжки, тому що при цьому мисики платин при їхньому висуванні більш точно попадають у проміжки між нитками через усунення поперечних коливань ниток.

У роботах [7, 8] вказується на те, що для одержання полотна рівномірної щільності, зусилля відтяжки полотна повинне бути постійним. Це підвищує якість вироблюваної продукції. При цьому розглядається сталість відтяжного зусилля протягом усього часу виготовлення полотна. Якщо ж розглядати цей процес протягом одного циклу петлеутворення, то слід зазначити, що відтяжка полотна повинна здійснюватися лише в момент після формування петлі, а в інші моменти повинна бути зменшена, оскільки це зменшує деформацію голок і, відповідно, підвищує строк їхньої служби. Таким чином, відтяжка основов'язального полотна повинна відбуватися періодично з періодом, рівним одному циклу петлеутворення. При цьому коливання сили відтяжки повинні відбуватися в постійних межах. Автори [7, 8] відзначають, що існуючі товароприйомні механізми не можуть забезпечити періодичність відтяжки полотна оскільки пристрої відтяжки та накатування полотна не розділені і мають

велику інерційність, що не дозволяє здійснювати їх вмикання і вимикання в процесі кожного циклу петлеутворення.

На це вказують також і автори роботи [9]. Вони вважають, що максимальна сила відтяжки повинна бути при повороті головного валу машини лише в діапазоні від 0° до 20° .

Для основов'язальних машин, що працюють при швидкостях 800 петельних рядів на хвилину, тривалість цього моменту складе всього 0,004 сек. При періодичній роботі механізму товароприйому здійснювати накатування полотна в такий мінімальний відрізок часу не представляється можливим. У зв'язку із цим на швидкохідних основов'язальних машинах механізми періодичної дії замінені безперервно діючими.

Автор статті [10] пріоритетним фактором, що впливає на натяг нитки в петлі в зоні петлеутворення, вважає силу, що діє з боку відтяжного валика. Отже, регулювання щільності полотна можливе тільки за рахунок зміни окружної швидкості відтяжного валика.

Поставлений експеримент показав, що зі збільшенням цієї швидкості, щільність полотна по вертикалі зменшується, а по горизонталі - збільшується. Дослідження, проведені авторами [11, 12] підтверджують висновки роботи [10].

Лазаренко В. М. у своїх дослідженнях [13, 14] відзначає, що в основов'язаному трикотажі при куліруванні нової петлі істотно впливає стара петля, що при наявності відтяжки змінює картину руху нитки та збільшує довжину нової петлі. Аналізуючи дану властивість основов'язаного трикотажу, автор виводить рівняння, що зв'язує між собою такі параметри як довжина петлі, глибина кулірування, споживання нитки основи та сила відтяжки старої петлі (безпосередньо залежить від сили відтяжки полотна).

Одним з найпоширеніших дефектів вироблюваного основов'язального полотна є його поперечна смугастість, що виникає при пуску та зупинці машини.

Автор [15] вважає, що поперечна смугастість полотна виникає через непостійний натяг ниток основи і силу відтяжки полотна в перехідних режимах

роботи машини. Бабінец С. В. пропонує для згладжування цього небажаного ефекту збільшити натяг основи і силу відтяжки полотна. Однак, збільшення сили відтяжки полотна ускладнює процес скидання старої петлі з голки.

Для вивчення цього явища Гарбарук В. М. застосував метод швидкісної кінозйомки [16]. У результаті експерименту на основов'язальній машині з гачковими голками для переплетення трико-сукно було встановлено, що натяг нитки двічі досягає мінімального значення (при заключенні та нанесенні) і двічі - максимального (при прокладанні та формуванні петлі, коли голочниця опускається у крайнє нижнє положення).

Той же автор у монографії [8] говорить про інший спосіб скорочення зони поперечної смугастості полотна: за допомогою могутнішого двигуна прискорити пуск машини й здійснити різке гальмування. Однак, недоліком цього методу є швидке зношування деталей машини внаслідок збільшення динамічних навантажень на її механізми.

Автори [17] для досягнення вказаної мети пропонують протилежний метод: сповільнити час пуску та зупинки основов'язальної машини, що призведе до зменшується видимості поперечних смуг полотна.

Той же метод зменшення видимості поперечної смугастості основов'язального полотна пропонують англійські дослідники [18] для машини FNF.

Дослідження [19] показують, що всі описані раніше методи лише зменшують деякою мірою видимість поперечних смуг, але не усувають їх. Тому рекомендується як можна рідше зупиняти машину.

Лазарева Л. В. експериментально встановила [20], що при швидкостях основов'язальної машини СК – 54 390-400 рядів за хвилину ширина поперечної смугастості полотна досягає 8-12 рядів, що знижує його сортність на 25-30%. Також нею було встановлено, що причиною видимості смуги є зміна форми петель і їхнього нахилу під впливом зміни зусилля відтяжки полотна.

Перший ряд полотна при пуску й останній ряд при зупинці основов'язальної машини, як показали дослідження [21-23], різко відрізняються від інших рядів ще й структурою опуклих повернених петель, тому що в ці моменти механізм відтяжки вже або ще не працює. Зроблено висновок про те, що величина й характер поперечної смуги головним чином залежить від співвідношення між натягом ниток основи й силою відтяжки полотна при сталому режимі, а також від швидкості роботи машини в сталому режимі, зі збільшенням якої збільшується й видимість поперечної смуги полотна. Проведений експеримент на машині СК-54 фірми "Текстима" Німеччина [22] показав, що при швидкостях 300-600 оборотів на хвилину поперечна смуга зменшується при зменшенні подачі ниток основи в момент зупинки й збільшення - у момент пуску.

Ряд досліджень, описаних нижче, присвячений вивченню питань, пов'язаних із впливом сили відтяжки полотна, а також натягу ниток основи, на довжину основов'язаної петлі.

Експерименти, описані в роботах [24 - 27], проводилися на машині СК-54, "Текстима" Німеччини. У результаті цих експериментів було встановлено, що петлю однієї й тієї ж довжини можна одержати при різних натягах ниток основи й зусиллях відтяжки полотна.

Ті ж автори в роботі [28] вводять безрозмірні коефіцієнти, що характеризують реакцію технологічного процесу основов'язання на зовнішні впливи й приводять графіки для їхнього визначення.

Автори [29] вивчають автоматичне регулювання та контроль ниткоподачі на швидкохідних основов'язальних машинах. Радзієвський В.А. і Бондар В.М. роблять висновок про те, що на довжину основов'язальної петлі впливають два параметри: натяг ниток основи й сила відтяжки полотна.

У роботі [30] проведені дослідження перетяжки нитки зі старої петлі в нову при основов'язальному процесі. Для вивчення цього явища

використаний метод швидкісної кінозйомки. Що стосується відтяжки полотна, автор установив, що при збільшенні сили відтяжки, величина перетяжки зменшується, при цьому зі збільшенням натягу ниток основи, величина перетяжки збільшується.

Робота [31] присвячена вивченню впливу роботи товароприйомного механізму основов'язальної машини на процес петлеутворення та на параметри готового полотна. Експерименти проводилися на машині "Кокетт-2" фірми "Текстима" Німеччина при швидкості обертання головного вала 900 обертів на хвилину. Зусилля, що діють при відтяжці, визначалися тензометричним методом. Бахматовим К.І. зроблений висновок про те, що при збільшенні швидкості обертання відтяжного валика, щільність полотна по вертикалі зменшується, а довжина петлі збільшується. Крім того, Бахматов К.І. приводить класифікацію товароприйомних механізмів, розділяючи їх на дві основні групи: позитивні й негативні. Перші з них поєднують у собі відтяжні й товароприйомні функції, тобто полотно намотується прямо на відтяжний валик, а другі розділяють ці функції, тобто товарний валик відділений від відтяжного.

У роботах [32, 33] наведена класифікація механізмів відтяжки основов'язального полотна. Всі механізми автори підрозділяють на класи (по кількості відтяжних, притискних і направляючих валів), підкласи (що вказують на наявність додаткових пристроїв), групи (залежно від пристроїв, що приводять у рух вал намотки полотна зі змінною кутовою швидкістю), типи (по виду конструкції механізму, що регулює швидкість відтяжки полотна).

При визначенні швидкості відтяжки полотна автори вводять коефіцієнт відповідності $K = V_{пол}/V_{от}$, де: $V_{пол}$ – швидкість нароби полотна, $V_{от}$ – швидкість відтяжки полотна.

Нормальне функціонування механізму відбувається при $K \leq 1$.

Крім того, розглядається такий дефект готового полотна, як клішність. Для його усунення автори пропонують розташовувати відтяжний вал як можна ближче до голок. Однак оптимальна відстань між відтяжним валом і петлеутворюючою системою не встановлена.

В роботі [34] вказується на те, що механізм відтяжки полотна істотно впливає на нерівномірність обертання головного валу основов'язальної машини, що призводить до погіршення якості трикотажу. У роботі [35] наведені результати експерименту для двох варіантів кріплення відтяжного валу до валу приводу: пружне (із пружиною) і жорстке (без пружини). Експеримент показав залежність протікання окремих операцій петлеутворення від величини сили відтяжки, що, в остаточному підсумку, впливає на якість готового полотна. Зроблено висновок про те, що наявність пружини значно зменшує відхилення навантаження при перехідному режимі роботи механізму, тобто в моменти скидання, формування та відтяжки петлі, що стабілізує умови роботи відтяжного механізму.

Ті ж автори в роботі [36] ставлять завдання здійснити перехід від сили відтяжки петлі q до сили натягу нитки в петлі T . Ними виведене співвідношення:

$$T = \frac{e^{3/2p-a} m}{\cos a (1 + e^{pm})} q,$$

яке виражає залежність максимального натягу нитки в петлі T від сили відтяжки петлі q , де m характеризує фрикційні властивості нитки, а a - кут нахилу петель старого ряду при перетяжці.

Таким чином, аналіз літературних джерел показує, що механізм відтяжки суттєво впливає на якість основов'язаного полотна.

Крім того, у науковій, патентній та технічній літературі відсутня інформація про наукові основи проектування відтяжних пристроїв основов'язаного полотна, які відповідали б вимогам, що ставляться до

механізмів відтяжки основов'язального полотна з урахуванням сучасного рівня розвитку техніки й технології основов'язального виробництва.

1.2. Конструктивні особливості механізмів відтяжки основов'язального полотна

На всіх основов'язальних машинах до тепер застосовуються механізми відтяжки полотна постійної дії. При цьому в основному використовується відтяжки полотна за допомогою відтяжних валів. Різницею механізмів відтяжки є кількість відтяжних та направляючих валів, а також конструкція товароприйомного валу та механізму, що приводить його в рух зі змінною кутовою швидкістю в залежності від діаметра рулону полотна.

Розглянемо особливість механізму відтяжки полотна швидкохідної основов'язальної машини моделі 5215 "Кокетт" (Німеччина) [9]. Механізм відтяжки (рис. 1.1) містить відтяжний, притискний та товарний вали.

Рух механізму передається від головного валу 1 машини. З правого боку валу закріплена конічна шестерня 2, що приводить в рух валик 3 за допомогою конічної шестерні 4. У центрі валика жорстко посаджений черв'як 5, що передає рух шестерні 6 валика 7. На іншому кінці валика закріплена шестерня 8, що передає рух валику 9 за допомогою шестерень 10 і 11. Шестерні 8, 10, 11 винесені в окремий корпус, розташований із зовнішньої сторони правої рами машини. На іншому кінці валика 9 жорстко посаджена шестерня 12, що передає рух вільно посадженим на вісь 13 здвоєним шестерням 14 і 15. Від шестерні 15 рух передається шестерні 16, жорстко посадженої на вісь 17 відтяжного валу 18. Від шестерні 16 за допомогою проміжної шестерні 19 рух передається шестерні 20, закріпленої на валику 21. Цей валик за допомогою фрикціону 22 зв'язаний з товарним валом 23.

Перед відтяжним валом закріплений вал 24, на осі якого вільно посаджені кронштейни 25. В отворах цих кронштейнів вільно обертається вал 26. Полотно від голочниці направляється на вал 24, обгинає знизу відтяжний вал 18, проходить під валом 26 і потім на товарний вал 23. Для збереження постійного натягу полотна при зміні швидкості його руху необхідно відповідно змінити швидкість обертання відтяжного валу. Це досягається зміною передаточного числа між шестернями 8, 10, 11 (заміна відповідних шестерень).

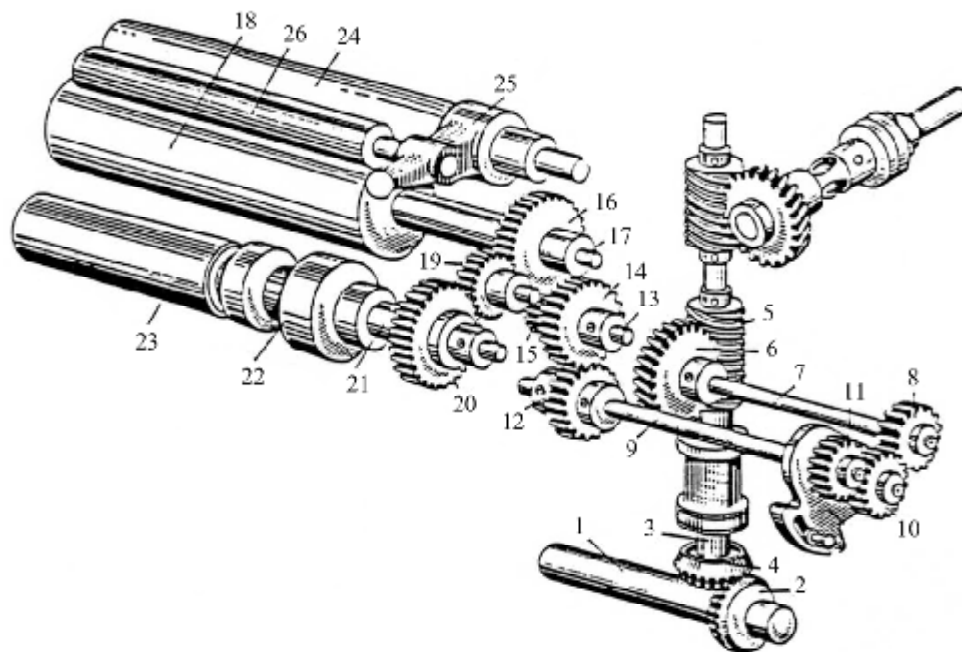


Рис.1.1. Механізм відтяжки та накатки полотна основов'язальної машини «Кокетт» моделі 5215

Механізм відтяжки і накатки полотна основов'язальної машини SK-57 [9] відрізняється від вищеописаного тим, що перед відтяжним валом 1 (рис. 1.2) закріплено вал 2, на осі якого по обох його сторонах вільно посаджені кронштейни 3, в отворах яких вільно обертається вал 4.

Полотно від голочниці направляється на вал 2, огинає знизу відтяжний вал 1 та проходить над валом 4 до товарного вала 5. Рух від

головного вала 6 передається так само, як в описаному раніше механізмі. Зміна швидкості обертання товарного вала відбувається також за допомогою змінних шестірень.

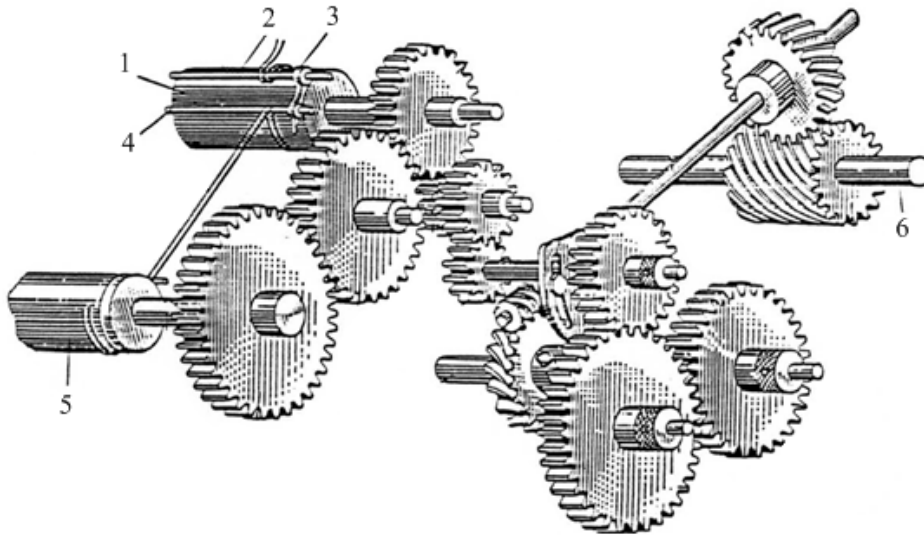


Рис 1.2. Механізм відтяжки і накатки полотна машини БК-57

Механізм відтяжки та накатки полотна основов'язальної машини "Кокетт" моделі 5225 [39] дещо відрізняється від вищеописаних механізмів. На машині "Кокетт" збільшене число відтяжних валів і передача руху від головного вала 1 (рис. 1.3) передається через укріпленій на ньому шків 2. Від шків 2 за допомогою клинових пасів обертання передається шківу 3, жорстко посадженому на валику 4. Черв'як 5, закріплений на валику 4, передає обертання шестірни 6 та шестірни **а**, жорстко закріплений на валику 7. Шестірна **б** перебуває в зачепленні з шестірнею **а**, а шестірна **в** з шестірнею **г**, закріплений на валику 8. Шестірни **а**, **б**, **в**, **г** - змінні. На іншому кінці валика 8 закріплений черв'як 9, що передає обертання черв'ячному колесу 10 і шестерні 11, жорстко посадженій на валику 12. Від валика 12 за допомогою ланцюга через зірочки 13, 14 обертальний рух повідомляється лічильнику 15. Шестірна 11 через проміжну шестірню 16 передає обертання шестірням 17 і 18.

Шестірня 17 і зірочка 19 закріплені на валику 20, від якого за допомогою ланцюга обертання передається зірочці 21 та фрикційному шківу 22, жорстко посадженим на валику 23. З лівого торця товароприйомного вала 25 закріплений шків 24. Товароприйомний вал одержує обертання внаслідок постійного контакту робочих поверхонь шківів 22 і 24. Валик 12 за допомогою муфти 26 з'єднаний з відтяжним валом 31.

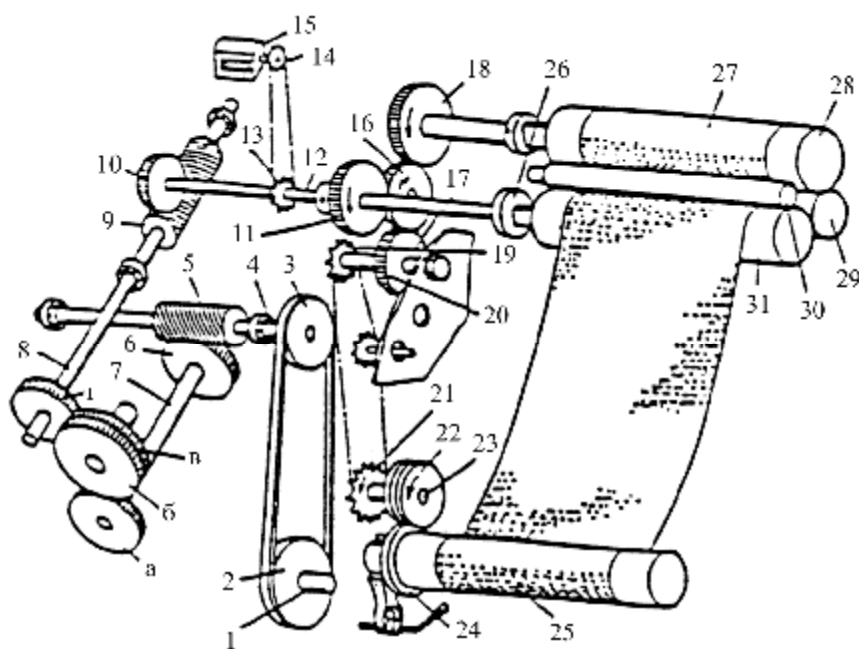


Рис. 1.3. Механізм відтяжки і накатки полотна основов'язальної машини «Кокетт» моделі 5225

Шестірня 18 через муфту передає обертальний рух іншому відтяжному валу 28. Вал 29, розташований під цими двома відтяжними валами щільно стикається з ними й підтримується двома пружинами. Вал 30 вільно розташований зверху між валами 31 та 28. Полотно 27, виходячи із зони в'язання, проходить над валом 28, обгинає знизу вал 29, потім проходить над валом 31, після чого намотується на вал 25. Вал 30 забезпечує щільну взаємодію полотна з відтяжними валами 31, 28. Відмінність передачі руху від головного вала полягає у використанні

клинопасової та ланцюгової передач, поряд із черв'ячними та зубчастими передачами.

Механізм товароприйому основов'язальної машини моделі MRS (рис. 1.4), оснащений двома відтяжними валами 1, 2 зв'язаними між собою шестернями 3, 4, 5 [39]. З метою запобігання проковзування полотна відносно відтяжних валів 1, 2 використовується вільно розташований притискний валик 6. Обидва відтяжні вали для підвищення фрикційної здатності обтягнуті рифленою стрічкою. Відтяжні вали 1 і 2 одержують обертання від варіатора, що забезпечує безступінчасте регулювання швидкості відтяжки полотна. Напрацьоване полотно проходить через відтяжні вали 1 і 2, притискний валик 6 та надходить на товароприйомний вал 7.

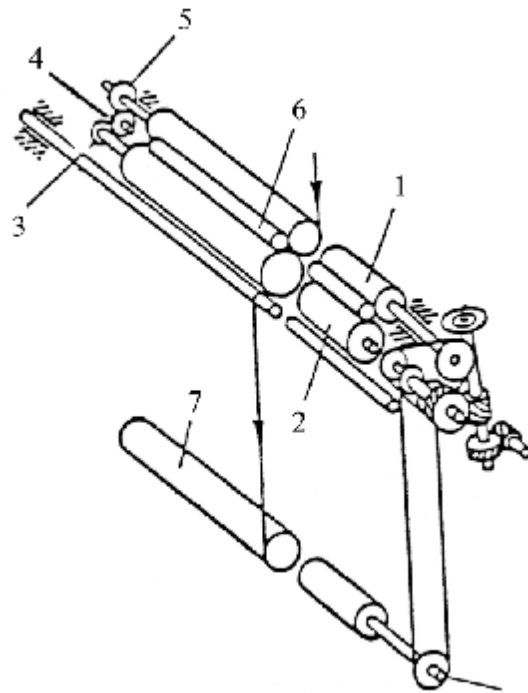


Рис. 1.4. Механізм відтяжки і накатки полотна машини MRS

Механізм товароприйому основов'язальної машини моделі KMS-2 (рис. 1.5) практично не відрізняється від вищеописаного механізму [39] Рух механізму відтяжки полотна передається від головного вала машини через систему змінних

шестерень та редуктор 1. Силу відтяжки полотна регулюють шляхом відповідного підбора змінних шестерень. Товароприйомний вал 2 одержує обертання від механізму відтяжки 3 через ланцюгову передачу 4.

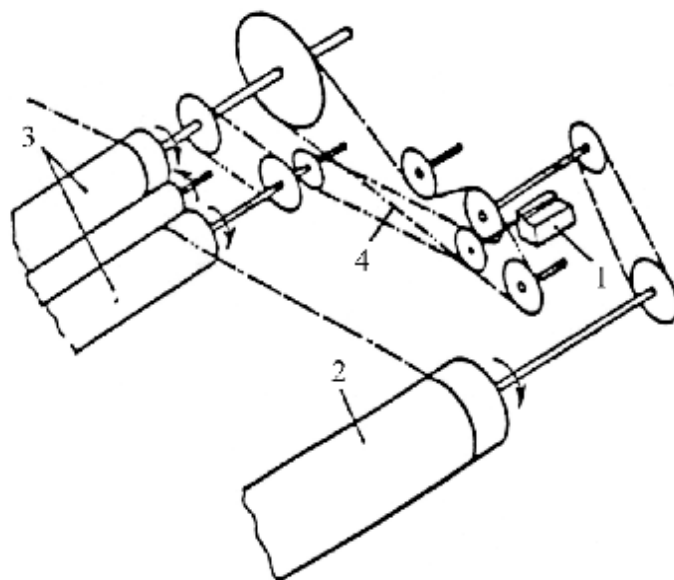


Рис. 1.5. Механізм відтяжки і накатки полотна машини KMS-2

Механізми відтяжки та накатки полотна машини "Кокетт-4" мають один відтяжний вал (рис. 1.6) [39]. З відтяжним валом 1, по всій його довжині стикається притискний вал 2. Постійний контакт між валами 1 і 2 забезпечується за допомогою спеціальної пружини, натяг якої регулюється болтом. Частоту обертання відтяжного валу встановлюють, змінюючи передаточне число змінних шестерень 3, 4, 5, 6. Після сходу з голок полотно огинає спочатку зверху відтяжний вал 1, а потім знизу вал 2, після чого надходить на товароприйомний вал 7. Можливий і інший варіант заправки полотна між валами – спочатку полотно з голок проходить під валом 2, потім зверху огинає відтяжний вал 1 і надходить на товароприйомний вал 7.

Механізм намотки полотна машини "Кокетт-4" значно спрощений. Обертання товароприйомного валу 7 передається безпосередньо відтяжним валом 1. На відтяжному валу 1 встановлений шків 8, який стикається зі шківом 9.

Товароприйомний вал одержує обертання в результаті контакту шківа 8 з покритим гумою ободом шківа 9. Зі збільшенням натягу полотна відбувається його проковзування між шківами 8 і 9.

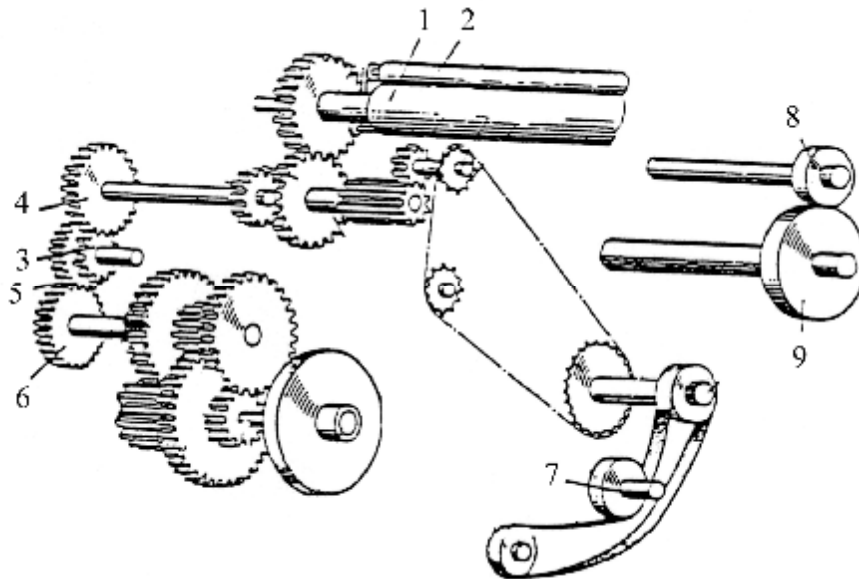


Рис. 1.6. Механізм відтяжки та накатки полотна машини «Кокетт-4»

У машині ОВ - 5м [9] рух механізму відтяжки та накатки полотна передається від головного вала ланцюгом на зірочку, а від неї через систему шестерень і черв'ячну передачу - відтяжному валу. Товарному валу рух передається через фрикціон.

Механізм відтяжки і накатки полотна машини ОВ - 2 принципово не відрізняється від аналогічного механізму машини ОВ - 5м [8].

Товароприйомний механізм швидкохідної основов'язальної машини "Фаворит" (рис. 1.7) [9] оснащений одним відтяжним і двома направляючими валиками. У процесі роботи полотно від голочниці проходить через направляючий валик 1, огинає відтяжний вал 2, направляючий валик 3 і накатується на товарний вал 4. Направляючі валики служать для збільшення кута обхвату полотном відтяжного вала. Кутова швидкість відтяжного вала змінюється переміщенням серги 5 вправо або вліво. Завдяки зачепленню шестірні

6 із шестірнями, що мають різне число зубів, установленими на валу 7, можна змінювати передаточне число й швидкість обертання відтяжного вала.

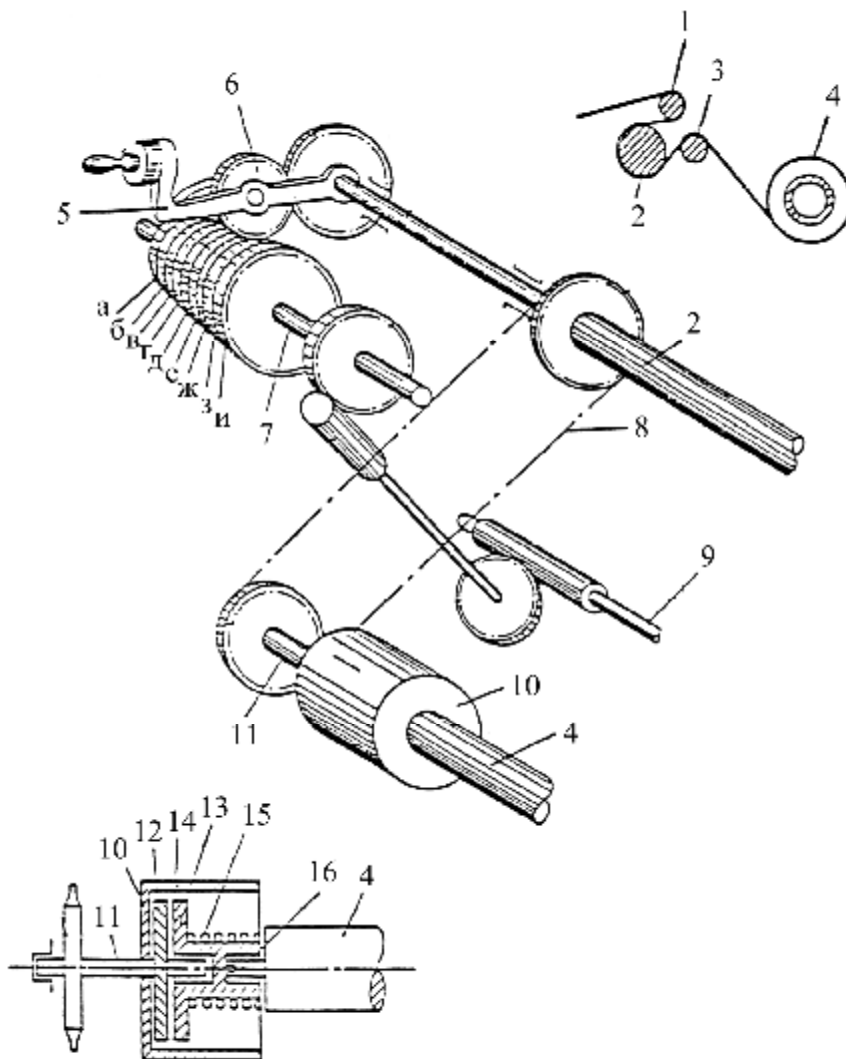


Рис. 1.7. Механізм відтяжки і накатки полотна швидкоходової вертели моделі «Фаворит» (ГДР)

Відтяжний вал 2 з'єднаний з товарним валом 4 за допомогою ланцюгової передачі 8, а шестірні а - і одержують обертання від головного вала 9. Швидкість обертання товароприйомного вала змінюється за допомогою фрикційної муфти так само як на машинах ОВ - 2 і ОВ - 5м. Фрикційна муфта 10 улаштована в такий спосіб. На валику 11 жорстко закріплений фрикційний диск 12, на цей же валик вільно встановлений стакан 13, що має фіброву прокладку 14. Стакан щільно притискається до диска 12 пружинами 15. На дні стакана є виступ 16, що

щільно входить у канавку товарного вала. Поворот товарного вала відбудеться тоді, коли сила тертя між диском і стаканом буде превалювати над силою натягу полотна. Як тільки сила натягу полотна переборє силу тертя між диском і стаканом фрикційної муфти, товарний вал зупиниться.

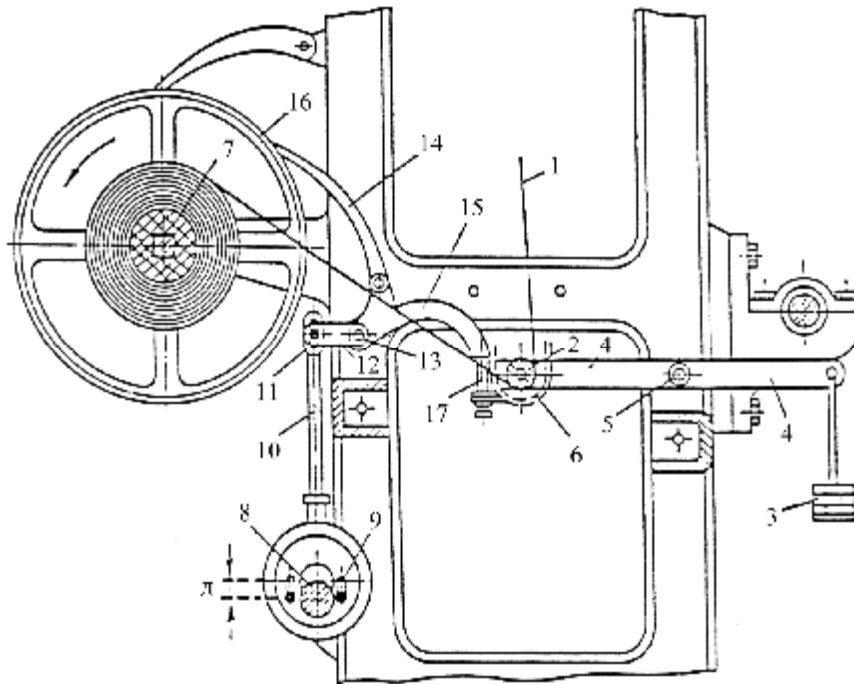


Рис. 1.8. Механізм відтяжки і накатки полотна рашель-машин і рашель-вертелок

Принципово відрізняються від вищеописаних механізмів зміни швидкості обертання товарного вала в залежності від діаметра рулону полотна, механізми відтяжки і накатки полотна рашель-машин та рашель-вертелок (рис. 1.8) [9, 39]. Механізм відтяжки й накатки полотна має наступну конструкцію: на полотні 1, що сходить із машини, лежить товаровідтягувач 2, вага якого регулюється вантажами 3, підвішеними до кінців двоплечих важелів 4. На важелях закріплений товаровідтягувач, що йде уздовж всієї машини. Важелі 4 мають вісь коливання в опорах 5, розташованих на бокових рамах машини. Зі збільшенням вантажу сила відтяжки полотна зменшується, а при зменшенні вантажу збільшується. У міру наробітку полотна товаровідтягувач опускається (ступінь

його опускання обмежується дугами б) і полотно накатується на товарний валик 7, розташований позад машини.

Товарний валик обертається за допомогою наступного механізму: на головному валу 8 машини закріплений ексцентрик 9, що приводить в зворотно-поступальний рух шатун 10. На верхньому кінці шатуна зроблена куліса 11, у яку входить палець, закріплений на кінці горизонтального важеля 12, що має вісь коливання в точці 13. На цій же осі жорстко закріплений двоплечий важіль 14-15.

Важіль 14 являє собою собачку, діючу на храпове колесо 16, що жорстко сидить на осі товарного валика. При обертанні вала 8 шатун 10 відхиляє вгору важіль 12, внаслідок чого повертається вісь і відхиляється собачка. Вона при відхиленні вправо захоплює зуби храповика, а при відхиленні вліво повертає його на деякий кут разом з товарним валиком. Поворот товарного валика відбувається тільки тоді, коли на машині напрацьовується певна кількість полотна, відтягнутого вниз товаровідтягувачем. Якщо полотно ще не напрацьовалося, важіль 15 при відхиленні вправо буде впирається в регулювальний гвинт 17 і собачка не зможе захопити нові зуби храповика для його повороту. Кут відхилення собачки, тобто швидкість накатки полотна, регулюється гвинтом 17. Чим вище розташований кінець гвинта, тим менше буде відхилення собачки й, відповідно, швидкість накатки полотна.

Аналіз конструкцій, наведений вище, дозволяє зробити висновок про те, що відтяжка полотна на усіх основов'язальних машинах здійснюється по одному принципу: полотно вибирається із зони петлеутворення за допомогою одного або більше відтяжних валів і подається на товарний вал. Відтяжні вали можуть бути оснащені направляючими або притискаючими валиками, які сприяють кращому контакту полотна з відтяжними валами.

Товарний вал може бути оснащений різними механізмами, що приводять його в рух зі швидкістю, що змінюється залежно від виробітку товару. Всі описані вище механізми відтяжки полотна є механізмами постійної дії. Завдання створення механізму періодичної дії ставилося багатьма авторами, наприклад [9].

Але при цьому вказувалося на неможливість створення такого механізму через те, що період його дії повинен бути настільки малий, що сили інерції не дозволяють йому спрацьовувати настільки швидко. Однак були спроби вирішити цю проблему. Так, автори [38] запропонували наступну конструкцію механізму відтяжки полотна, представлену на рис. 1.9.

У запропонованому механізмі перед відтяжними валами встановлений додатковий вал, кінематично пов'язаний з головним валом. За один подвійний хід в'язальної голки вал робить один оберт, у перетині він являє собою овоїд. Механізм складається з в'язального вузла 1, відтяжних валів 2, додаткового вала 3, 4 - полотно.

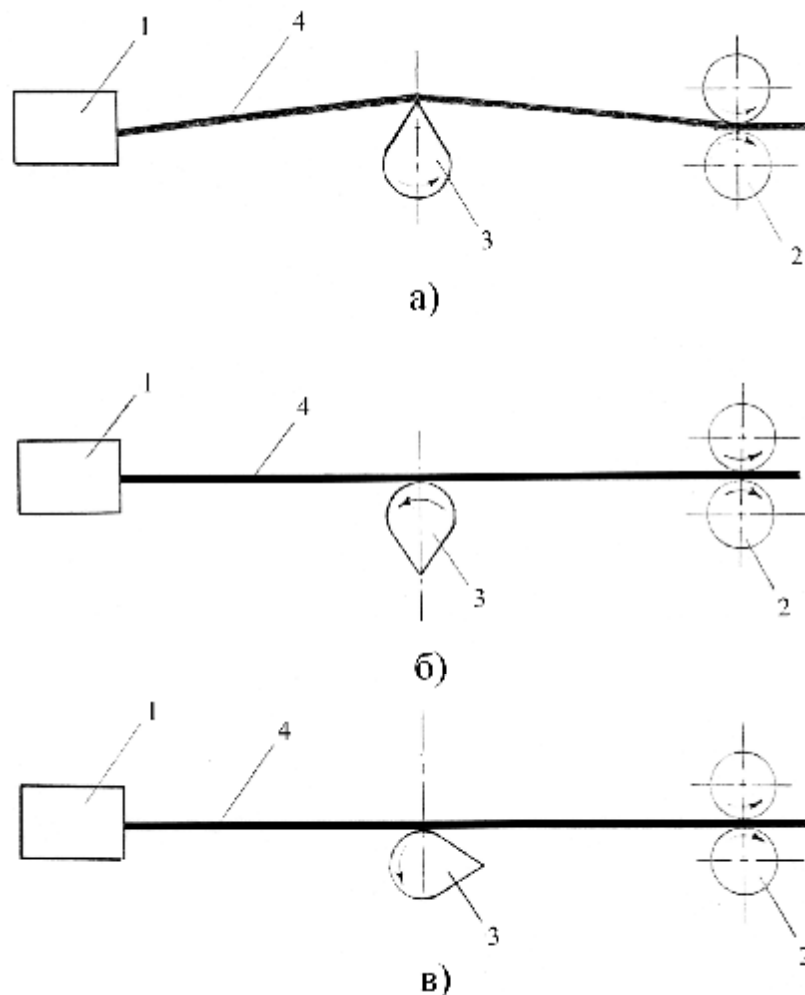


Рис. 1.9. Механізм відтяжки полотна дискретної дії

За один оберт вала 3 на ділянці від в'язальних голок до відтяжних валів створюється надлишок полотна рівний кроку голкових стовбців, що вибирається відтяжними валами. У ті моменти, коли відтяжка полотна потрібна, вал з перетином у формі овоїда повертається вістрям нагору й збільшує відтягнення. Коли ж відтяжка не потрібна, овоїд повертається протилежною стороною до полотна й сила відтяжки зменшується, тому що в цей час додатковий вал не впливає на полотно. Описаний механізм був запропонований для вязально-прошивної машини, але він може бути також застосований і для основов'язальної машини. Однак він має ряд недоліків, а саме: усередині вал не порожній, отже він має велику масу, а значить і велику матеріалоемкість. Крім того, тому що механізм відтягнення винесений за корпус машини, то при додаванні масивного валу виникає проблема урівноважування мас механізму. Специфічна форма поперечного перерізу валу спричиняє складність його виготовлення. Також запропонована конструкція валу створює проблеми при вирішенні задач переналагодження машини при переході її на інший режим роботи.

1.3. Класифікація механізмів відтяжки основов'язального полотна

Як відомо існує кілька видів систем відтяжки готового полотна на трикотажних машинах: валкова, пневматична, відтяжка за допомогою пружин або вантажів та інші. На основов'язальних машинах для знімання полотна певної ширини застосовують винятково зйомні валкові пристрої [37].

Відомо кілька класифікацій механізмів відтяжки полотна на основов'язальних машинах. У роботі [31] всі механізми відтяжки для даного типу машин діляться на дві групи: негативні і позитивні. Такий поділ зроблений по способу надавання руху органу, що безпосередньо здійснює відвід від голок напрацьованих петель полотна.

Негативні механізми називають також механізмами прямої дії. Для них характерно те, що сила натягу нитки в петлі регулюється автоматично так, щоб вона була постійною. При цьому готове полотно накатується відразу на відтяжний валик, тобто відтяжний валик виконує відразу дві функції: відтяжного і товароприйомного. У таких системах відтяжки полотна присутній механізм, що підтримує постійним натяг у петлі залежно від діаметра рулону напрацьованого полотна. Таким механізмом може бути фрикційний конус або пружина. Такі механізми відтяжки полотна застосовуються у старих конструкціях основов'язальних машин, наприклад машина ОВ - 1. Позитивні механізми відтяжки полотна називають механізмами непрямої дії. Вони забезпечують безперервну відтяжку полотна за рахунок створення постійної швидкості обертання відтяжного валика. У таких системах товарний валик відділений від відтяжного. Для позитивних механізмів характерно те, що деяку величину швидкості відтяжних валів приймають заздалегідь. У міру нароби полотна швидкість регулюють ступінчасто за допомогою змінних шестірень (наприклад на основов'язальних машинах ОВ - 2, ОВ - 7), або застосовують безступінчасті варіатори (машини "Супер Гарант" КМ і "Ексцентра" Либа). Позитивні механізми відтяжки полотна діляться на механізми, пов'язані з механізмом подачі основи і не пов'язані з ним. Останні можна розділити на механізми, у яких товарний вал установлений у корпусі машини й окремо від машини.

Більше докладна класифікація механізмів відтяжки полотна основов'язальних машин приведена в роботі [32]. За класифікаційні ознаки автори приймають принципово-конструктивні характеристики виконавчих механізмів, безпосередньо визначаючи хід робочого процесу, його якісні й кількісні параметри, надійність і стійкість технологічних функцій.

У якості першої класифікаційної ознаки розглянутих механізмів прийнята принципово-конструктивна характеристика системи робочих органів, що безпосередньо впливають на матеріал у процесі відтягнення. Залежно від

кількості відтяжних, притискних і напрямних валів та барабанів механізми для відтяжки і накатки полотна підрозділяються на класи, позначувані цифрами 0-9. В залежності від наявності, характеру та конструкції додаткових пристроїв, що безпосередньо впливають на матеріал у процесі відтяжки та накатки полотна, механізми поділяються на підкласи, позначувані цифрами 0-9. В залежності від принципу роботи пристроїв, що забезпечують обертання намотувального барабана зі змінною кутовою швидкістю, механізми поділяються на групи, позначувані цифрами 0-9. В залежності від типу пристроїв, що забезпечують зміну швидкості обертання відтяжних та накатних валів механізми відтяжки полотна діляються на типи, позначувані цифрами 0-9. При ідентичності основних ознак механізмам, крім цифрової класифікаційної характеристики, привласнюється номер варіанта, позначуваний цифрами 1, 2, 3 та іншими.

Установлюється наступна структура класифікації механізмів:

$$nm - kl/i,$$

де n - знак для вказівки класу, $n = 0, \dots, 9$;

m – знак для вказівки підкласу, $m = 0, \dots, 9$;

k – знак для вказівки групи, $k = 0, \dots, 9$;

l – знак для вказівки типу, $l = 0, \dots, 9$;

i – номер варіанта, $i = 0, \dots, \infty$.

Присвоєння механізмам класифікаційного позначення здійснюється на підставі й відповідно до класифікаційних таблиць.

Щодо описаних вище класифікацій механізмів відтяжки полотна можна сказати, що вони охоплюють тільки механізми постійної дії. Тому можна запропонувати принципово нову класифікацію механізмів відтяжки, якщо її основною ознакою вважати періодичність дії розглянутого механізму. Тоді всі механізми відтяжки полотна можна розділити на дві основні групи: механізми постійної й періодичної дії (рис. 1.10). Залежно від того, яким способом здійснюється відтяжка полотна ці групи можна розділити на підгрупи. Постійна

відтяжка полотна може здійснюватися за допомогою валів або вантажів, тому механізми можуть підрозділятися на валкові й вантажні відповідно.

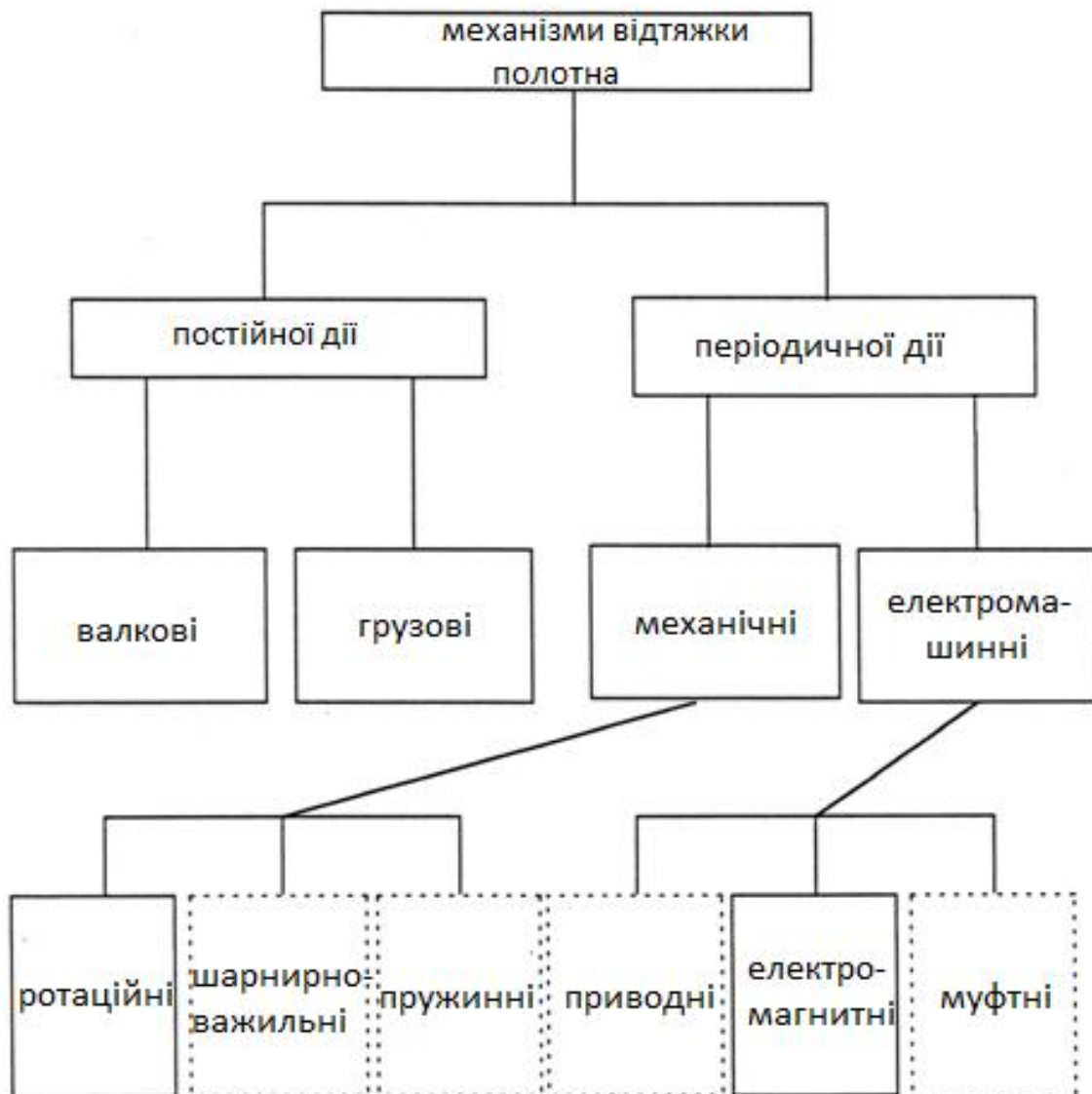


Рис. 1.10. Класифікація механізмів відтяжки полотна

Механізми періодичної дії також можуть бути розділені на дві підгрупи: механічні й електромеханічні залежно від того, які засоби використовуються для створення періодичної відтяжки полотна. Прикладом механізму першої підгрупи може служити ротаційний механізм, розробка якого представлена в розділі 4, а другої підгрупи - електромагнітний механізм, принципова схема якого також

представлена в розділі 4. Крім того, кожен групу можна доповнити можливими перспективними рішеннями, наприклад періодична відтяжка полотна в механізмах першої підгрупи може бути забезпечена за допомогою шарнірно - важільних або пружинних систем, а в механізмах другої підгрупи - за допомогою електродвигуна або муфти. На рис. 1.10 представлена схема класифікації механізмів відтяжки полотна на основов'язальних машинах, де в прямокутники, виконані суцільними лініями, внесені існуючі види відтяжних механізмів, а в прямокутники, виконані пунктиром - перспективні конструктивні рішення.

Таким чином виконані дослідження дозволяють встановити наступне:

1. Аналіз джерел, присвячених вивченню механізмів відтяжки і накатки полотна на основов'язальних машинах, показав, що всі відомі раніше механізми є постійно діючими.

2. Поряд із завданнями усунення таких дефектів, як клішність, поперечна смугастість, нерівномірна щільність полотна, у ряді джерел ставиться завдання створення механізму переривчастої (дискретної) відтяжки полотна. При цьому відзначаються труднощі створення такого механізму.

3. Головна причина труднощів у створенні механізмів переривчастої відтяжки основов'язального полотна полягає в тому, що такі механізми мають велику інерційність і не можуть вмикатися та вимикатися протягом кожного циклу петлеутворення.

4. До теперішнього часу практично не проводилися дослідження з розробки механізмів переривчастої відтяжки основов'язального полотна.

5. Очевидна необхідність принципово нового підходу до створення механізму переривчастої відтяжки полотна, при якому дискретність відтяжки забезпечувалася б не відтяжними валами, а додатковим механізмом.

6. На підставі вивчення конструктивних особливостей усіх існуючих механізмів відтяжки основов'язального полотна запропонована принципово нова класифікація розглянутих механізмів.

7. В основу класифікації механізмів відтяжки основов'язального полотна покладена така ознака, як періодичність відтяжки полотна, по якій всі механізми розділяються на дві основні групи: постійної й періодичної дії.

8. Механізми відтяжки полотна періодичної дії розділені на дві підгрупи: механічні та електромеханічні, залежно від того, яким способом здійснюється процес відтяжки полотна.

9. Представлена класифікація передбачає можливість подальшої розробки перспективних конструктивних рішень механізмів відтяжки основов'язального полотна періодичної дії.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВІДТЯЖКИ ПОЛОТНА НА ОСНОВОВ'ЯЗАЛЬНИХ МАШИНАХ

2.1. Аналітичні дослідження впливу руху петлеутворюючих органів основов'язальної машини на натяг полотна

При в'язанні основов'язаного полотна нитки основи надходять у зону петлеутворення, де за допомогою органів петлеутворення переробляються в полотно, що відтягується механізмом відтяжки.

Метою даного дослідження є визначення зв'язку між взаємним розташуванням петлеутворюючих органів і зміною натягу полотна протягом одного циклу петлеутворення.

Натяг полотна залежить від двох факторів: сили відтяжки полотна, створеної відтяжними валами, і впливу петлеутворюючих органів на натяг полотна.

Перший фактор являє собою постійну складову натягу полотна, оскільки відтяжні вали обертаються з постійною швидкістю і не викликають коливання натягу полотна. Другий фактор впливає на додатковий натяг полотна і залежить від взаємного розташування органів петлеутворення, і, отже, саме цей фактор приводить до коливання натягу полотна.

На всіх основов'язальних машинах процес петлеутворення відбувається подібним способом, тому розглянемо його на прикладі машини "Кокетт-2" фірми "Текстима", в якості петлеутворюючих органів якої використовуються пазова голка, платина і вушківина.

Пазова голка має гачок і стержень, у якому міститься замикач. При потраплянні петлі на потовщення стержня голки, петля натягається й натяг полотна зростає, при сході петлі з потовщення стержня натяг полотна зменшується. Платина впливає на полотно тоді, коли її горловина стикається зі

старою петлею. При цьому, якщо платина рухається вперед, натягаючи стару петлю, то натяг полотна знижується, і навпаки, якщо платина рухається назад до центру машини, то вона послабляє натяг старої петлі й натяг полотна зростає.

Вушкова голка впливає на натяг полотна через нитку основи (при збільшенні натягу нитки основи збільшується натяг старої петлі через перетяжку, а отже, і полотна). При цьому, у ті моменти циклу петлеутворення коли вушкова голка перебуває на рівні спинки пазової голки, вона не впливає на натяг полотна, коли вона робить прокачування й зсув перед гачками голок - натяг збільшується, а під час зворотного руху вушкової голки за спинку пазової голки - натяг досягає максимального значення.

Розглянемо спільний вплив петлеутворюючих органів на натяг полотна. Кожен цикл петлеутворення можна розбити на десять моментів [8, 9].

Момент *замикання* виконується при повороті головного валу основов'язальної машини від 0° до 40° . У цей момент стержень пазової голки з нижнього положення піднімається так, що його гачок розташовується на рівні горловини платини. Замикач розташований на рівні нижнього краю платини в цей момент, нерухомий. Вушкова голка закінчує рух від центру машини, максимально віддаляючись від стержня голки.

У цей же час вушкова голка робить бокове зміщення на один або кілька голкових кроків за спинками пазових голок, займаючи вихідне положення для утворення наступного петельного ряду. При цьому вушкова голка не натягає нитку, перебуваючи на рівні горловини платини. Платина, висуваючись максимально вперед, відтягує стару петлю, чим забезпечує безперешкодний підйом голки й виключає можливість попадання її гачка в скинуту петлю. При цьому натяг полотна падає, що обумовлено відтягуючим впливом, платини.

Прокладання нитки виконується при повороті головного валу машини від 40° до 200° .

Коли поворот головного валу досяг 60° стержень голки піднімається до рівня верхнього краю платини, послабивши натяг старої петлі. Стара петля,

утримувана носиком платини, вислизає з під гачка й переміщається на стержень голки, але ще не досягає його потовщення. Так як натяг у старій петлі мінімальний, а платина перебуває в максимально віддаленому від центра машини положенні, тому натяг полотна в цей момент мінімальний.

Вушковаина нерухома й не впливає на натяг полотна. Далі стержень голки піднімається в максимально високе положення. Стара петля попадає на потовщення стержня і її натяг зростає, що спричиняє збільшення натягу полотна. Вушкова голка починає рух до центру машини й перетинає лінію стержнів голок, при цьому натяг полотна починає збільшуватися. У максимально віддаленій від гачків точці вушкова голка робить переміщення на один голковий крок і рухається назад до стержня голки до зустрічі з ним.

Натяг полотна продовжує зростати. З поворотом головного валу від 170° до 190° стержень пазової голки нерухомий і не впливає на натяг полотна, а при повороті від 190° до 200° він опускається і прокладання нитки закінчується. Платини при повороті головного валу від 40° до 140° рухаються назад до центру машини для зменшення тертя петлі об стержень голки в момент найбільшої швидкості її підйому, роблячи вплив пазової голки на натяг полотна незначним. Наступний поворот валу від 140° до 200° забезпечує висунання платин уперед, у колишнє положення, що дещо зменшує ріст натягу полотна, але не міняє загальної його тенденції до збільшення. Замикач голки рухається вгору при повороті головного валу від 80° до 260° .

Винесення виконується при повороті головного валу машини від 200° до 220° . Стержень голки продовжує опускатися. Платина починає переміщатися назад до центру машини, забезпечуючи вільне проходження голки через стару петлю, не впливаючи на натяг полотна. Замикач продовжує рух вгору. Вушкова голка перетинає лінію стержнів голок, продовжуючи рух від центру машини, тим самим збільшуючи натяг полотна до максимального значення.

Пресування виконується при подальшому повороті головного валу машини від 220° до 260° . Стержень голки продовжує опускатися. Замикач,

піднявшись до максимально високого положення, покриває гачок голки. Платина продовжує рух до центру машини й своїм черевцем підводить стару петлю по замикачу до замкнутого гачка стержня. Вушкова голка перебуває за спинками пазових голок і натяг полотна починає зменшуватися.

З поворотом головного валу машини від 260° до 275° відбувається момент *нанесення*. При цьому платина продовжує рух до центру машини й черевцем наносить стару петлю на замикач. Замикач разом зі стержнем рухається вниз. Вушкова голка продовжує рух від центру машини, натяг полотна падає.

З'єднання відбувається при повороті головного валу машини до 280° . У цей час стержень голки із замикачем починають опускатися. У той момент, коли головка стержня опуститься до рівня верхнього краю черевця платини, стара петля стикнеться з новою ниткою основи, що перебуває під гачком стержня. Платина рухається до центру машини. Вушкова голка продовжує рух від центру машини. Отже, натяг полотна зменшується.

Кулірування виконується при подальшому опусканні пазової голки. Відбувається момент *скидання*. В момент *скидання* платина відходить до центру машини в крайнє заднє положення при повороті головного валу до 290° . Стержень голки із замикачем опускаються нижче верхнього краю черевця платини. Стара петля із замикача скидається на нову утворену петлю, розташовану під гачком стержня голки. По цій причині натяг полотна різко падає.

При повороті головного валу до 320° відбувається момент *формування*. При цьому пазова голка продовжує опускатися. Довжина нової петлі залежить від глибини опускання гачка стержня голки по відношенню до краю черевця й від відстані між спинкою стержня голки й горловиною платини в момент наступного *відтягнення* скинутої петлі.

При подальшому повороті головного валу машини до 360° наступає момент *відтягнення*. Пазова голка опускається в максимально низьке положення

й триває переміщення вушкової голки і платини від центру машини. Натяг полотна продовжує зменшуватися.

На основі наведених вище міркувань проаналізуємо рух петлеутворюючих органів основовязальної машини "Кокетт-2" з пазовими голками та побудуємо графіки переміщень пазових і вушкових голок та платин.

Для пазової голки осново'язальної машини характерна рівномірність швидкості руху та мала тривалість вистою. Від 0° до 170° відбувається підйом стержнів пазових голок, після чого – не тривалий вистій, що відповідає повороту головного валу від 170° до 190° , і від 190° до 360° рівномірне опускання. Загальний підйом стержня пазової голки становить 12,8 мм (рис. 2.1).

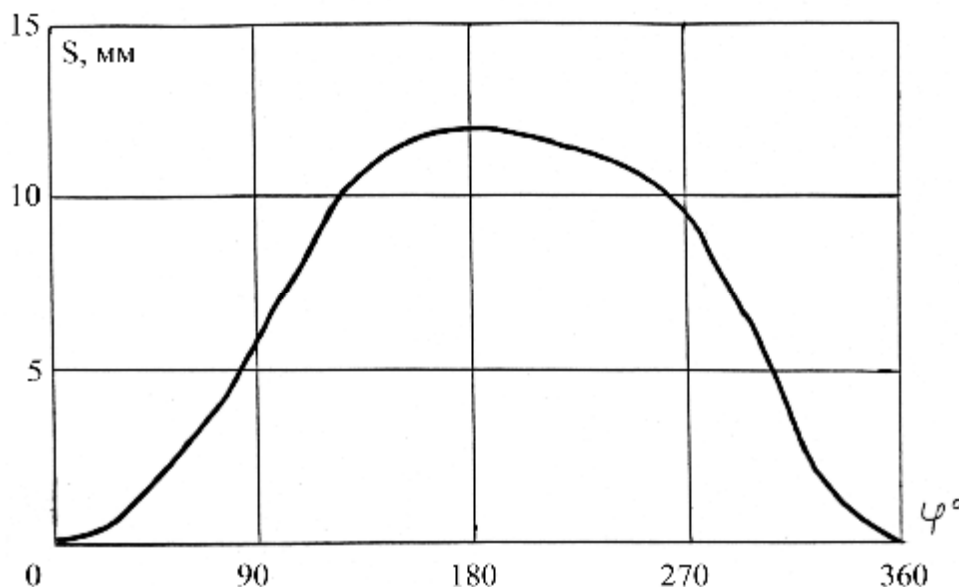


Рис. 2.1. Графік переміщення пазових голок

Характер руху платин також відрізняється рівномірною швидкістю та малою тривалістю вистою. Платини перебувають у нерухомому стані тільки протягом повороту головного валу машини від 20° до 40° . При подальшому повороті головного валу від 40° до 140° платини поступово відходять назад, а при повороті до 200° знову висуваються вперед. Весь шлях від одного крайнього положення до іншого платина проходить із поворотом головного валу від 290° до

360°, а потім, у наступному циклі - від 0° до 20°, тобто з поворотом головного валу машини на 90°. Мала тривалість вистою платини дає можливість забезпечити плавний рух платини - без різких змін величини швидкості та прискорення. Загальна величина переміщення платини становить 7,6 мм (рис. 2.2).

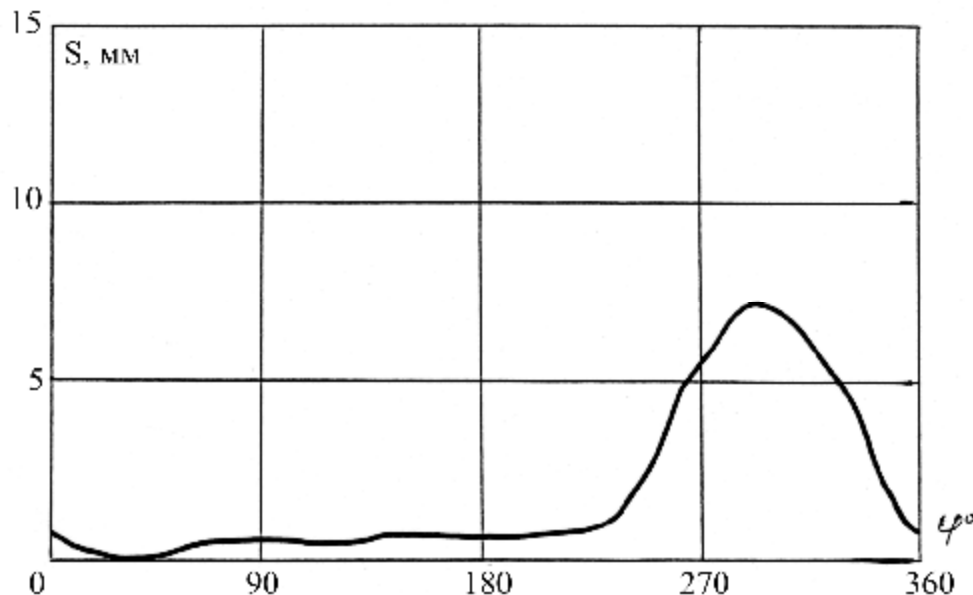


Рис. 2.2 Графік переміщення платин

Вушкова голка нерухома на ділянці повороту головного валу машини від 20° до 40°. В інший час циклу петлеутворення вона рухається, причому характер руху плавний. Амплітуда хитання вушкових голок, тобто їх шлях від вихідного положення за стержнями пазових голок до максимально віддаленої точки перед їх гачками, становить 15,3 мм (рис. 2.3). Для згладжування різких стрибків натягу відтягнення потрібне в той момент, коли натяг полотна мінімальний.

Аналіз впливу руху петлеутворюючих органів на натяг полотна показав, що натяг полотна досягає мінімуму при повороті головного валу на 60°. Коли ж натяг полотна максимальний, тобто при повороті головного валу на 220°, відтяжка полотна не потрібна. При збільшенні натягу полотна відтяжне зусилля повинне пропорційно зменшуватися, а при зменшенні натягу - збільшуватися.

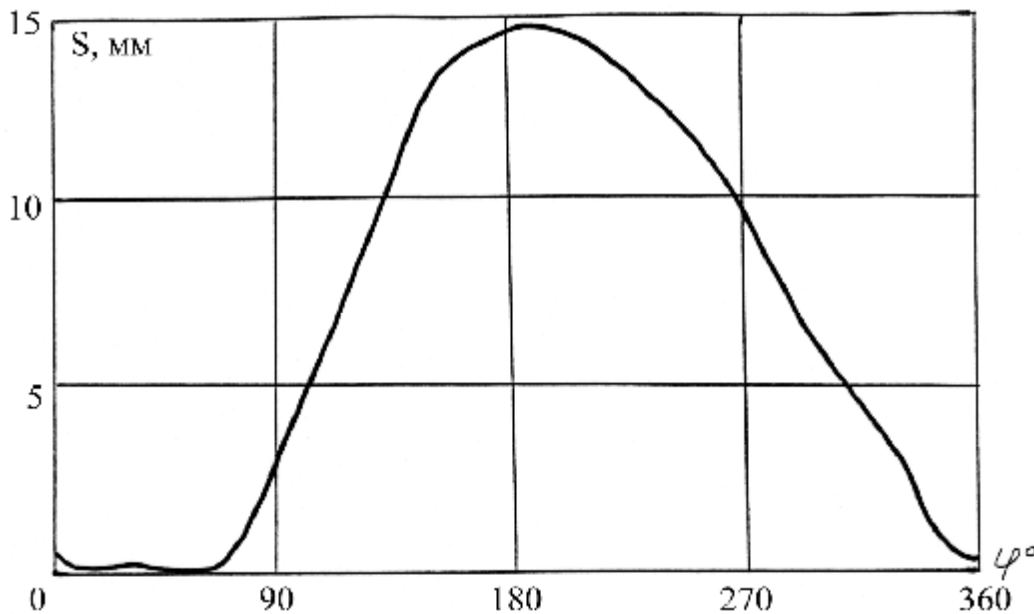


Рис. 2.3. Графік переміщення ушкових голок

2.2. Експериментальні дослідження процесу відтяжки полотна на основов'язальних машинах

2.2.1. Методика проведення експерименту

Під час кожного циклу петлеутворення в результаті зміни взаємного розташування петлеутворюючих органів натяг полотна змінюється. Метою поставленого експерименту є визначення залежності зміни натягу полотна від розташування петлеутворюючих органів. Суть експерименту полягає в записі осцилограмм коливань натягу полотна.

Експеримент проводився на машині "Кокетт - 2" моделі 5219 фірми "Текстима" ГДР із пазовими голками при швидкості обертання головного валу машини 450 об/хв. Заправка - віскоза 6,7 текс, переплетення трико - сукно. Комплекс вимірювальної та реєструючої апаратури включає тензометричний датчик омічного опору, тензостанцію 8АНЧ - 7М та шлейфовий осцилограф Н115. Тензометричний датчик установлений поблизу від петлеутворюючих

органів і складається із пружної пластини товщиною 1 мм із розмірами 20 мм x 130 мм (виліт консолі 100 мм). Тензометричний перетворювач виконаний з використанням тензодатчиків типу ПКП-20-200-111 з наступними параметрами: $R = 201 \text{ Ом}$, $I = 22 \text{ мА}$. Для наклеювання датчиків застосовувався клей БФ - 2. Кут повороту головного вала фіксувався за допомогою датчика положення, з'єднаного з осцилографом.

Схема експериментальної установки показана на рис. 2.4.

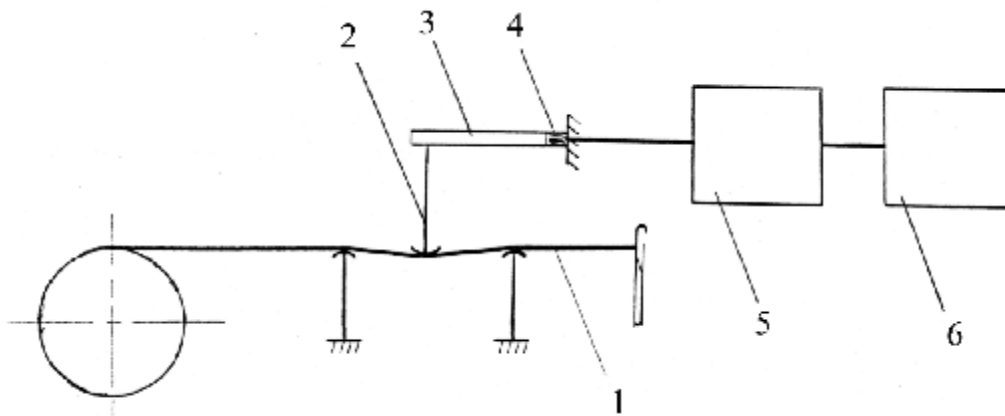


Рис. 2.4 Схема експериментальної установки

Коливання натягу полотна 1 передаються щупу 2 (рис. 2.4), з'єднаному з тензобалкою 3, на якій наклеєний тензодатчик 4. Тензодатчик реєструє коливання тензобалки і передає їх на тензостанцію 5, де сигнал підсилюється, і, після посилення, поступає на осцилограф 6, де записується на фотоплівку. У результаті на фотоплівці одержуємо криву, що відбиває закон зміни натягу полотна за кожний цикл петлеутворення (рис. 2.5).

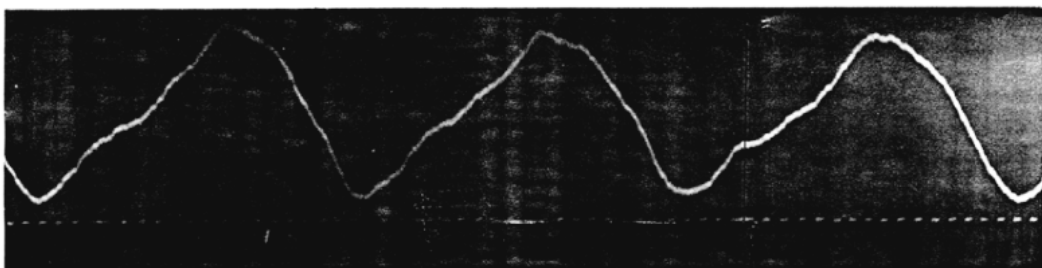


Рис. 2.5. Приклад запису осцилограми коливань натягу полотна

Для одержання осцилограм коливань натягу основов'язального полотна без спотворень, частотні характеристики коливань полотна і вимірювальних елементів (щупа з тензобалкою) повинні відповідати умові [40] :

$$I = f / f_0 \leq 0,1, \quad (2.1)$$

де f - частота реєструючого процесу (частота коливань натягу полотна);

f_0 - власна частота коливань вимірювального елемента.

Частота реєструючого процесу визначається з умови :

$$f = b / 2p, \quad (2.2)$$

де b - кутова частота власних коливань натягу полотна.

Власна частота коливань вимірювального елемента визначається з рівняння

$$[41]: \quad f_0 = \frac{1}{2p} \sqrt{\frac{3EJ}{ml^3}}, \quad (2.3)$$

де E - модуль пружності матеріалу вимірювального елемента;

J - момент інерції перетину вимірювального елемента;

m - маса вимірювального елемента;

l - робоча довжина вимірювального елемента.

Власні частоти коливання натягу полотна й вимірювальних елементів, визначених по формулах (2.2) і (2.3) склали: $f = 7,5 \text{ с}^{-1}$, $f_0 = 84,364 \text{ с}^{-1}$.

Тоді згідно з (2.1) $I = 0,0889$, що цілком задовольняє необхідній вимозі.

Тарування проводилося наступним чином. Масштаб по осі натягів полотна визначався по амплітудних тарувальних сигналах, отриманим на екрані осцилографа при навантаженні тензобалки каліброваними вантажами.

Тарування здійснювалося до й після експерименту Розбіжність в амплітудах сигналів, записуваних на фотоплівці, лежала в межах товщини лінії осцилограм, що свідчило про сталість режиму роботи вимірювального та реєструючого комплексів експериментальної установки (рис. 2.4).

У результаті тарування отримані наступні значення: мінімальний натяг полотна становить 3,9 сН на один петельний стовпчик; максимальний натяг петельного стовпчика полотна – 4,8 сН.

2.2.2. Обробка результатів експерименту

Аналіз кривої (рис. 2.5), отриманої в результаті експерименту, показав, що за час одного циклу петлеутворення натяг полотна досягає одного мінімального й одного максимального значення.

Мінімум натягу полотна припадає на початок *прокладання*, а саме при повороті головного валу машини на 60°. У цей момент платини рухаються до центру машини, послабляючи натяг старої петлі. Стержень пазової голки піднімається вгору, але ще не досягає максимально високого положення, вушкова голка починає рух до центру машини й наближається до лінії стержнів пазових голок, послабляючи натяг у старій петлі з боку нитки. Таким чином, натяг полотна падає.

Максимального значення натяг полотна досягає в момент *винесення* при куті повороту головного валу машини на 215°. У цей час платина починає рух до центру машини. Стержень пазової голки продовжує опускатися, вушкова голка перетинає лінію стержнів пазових голок, при цьому нитка огинає стержень пазової голки, створюючи максимальний натяг у старій петлі. Крім того, у цей час стара петля перебуває на потовщенні стержня голки, що збільшує її натяг і спричиняє зростання натягу полотна вцілому. Отже, натяг полотна зростає.

При проведенні експерименту коливання натягу полотна були простежені за час 20-ти циклів петлеутворення. Обсяг вибірки визначався на основі рекомендацій роботи [42], відповідно з якими необхідна кількість вимірів визначається по формулі :

$$n \geq \left(\frac{t_a}{\Delta F} \right)^2 \Delta S_F^2,$$

де a - надійність результатів експерименту (значення надійності a задається, потім по відповідним таблицях визначається величина t_a);

$$\Delta F = |F - \bar{F}| - \text{похибка виміру};$$

ΔS_F - середня квадратична похибка.

Суміщені графіки коливань натягу полотна на протязі 20-ти циклів петлеутворення показані на рис. 2.6, з яких видно, що характер коливань залишається незмінним протягом усіх 20-ти циклів, але чисельні значення натягу полотна в кожний момент часу, тобто відповідні тому самому куту повороту головного вала можуть відрізнятися один від одного на величину, що досягає 0,25 сН на один петельний стовпчик.

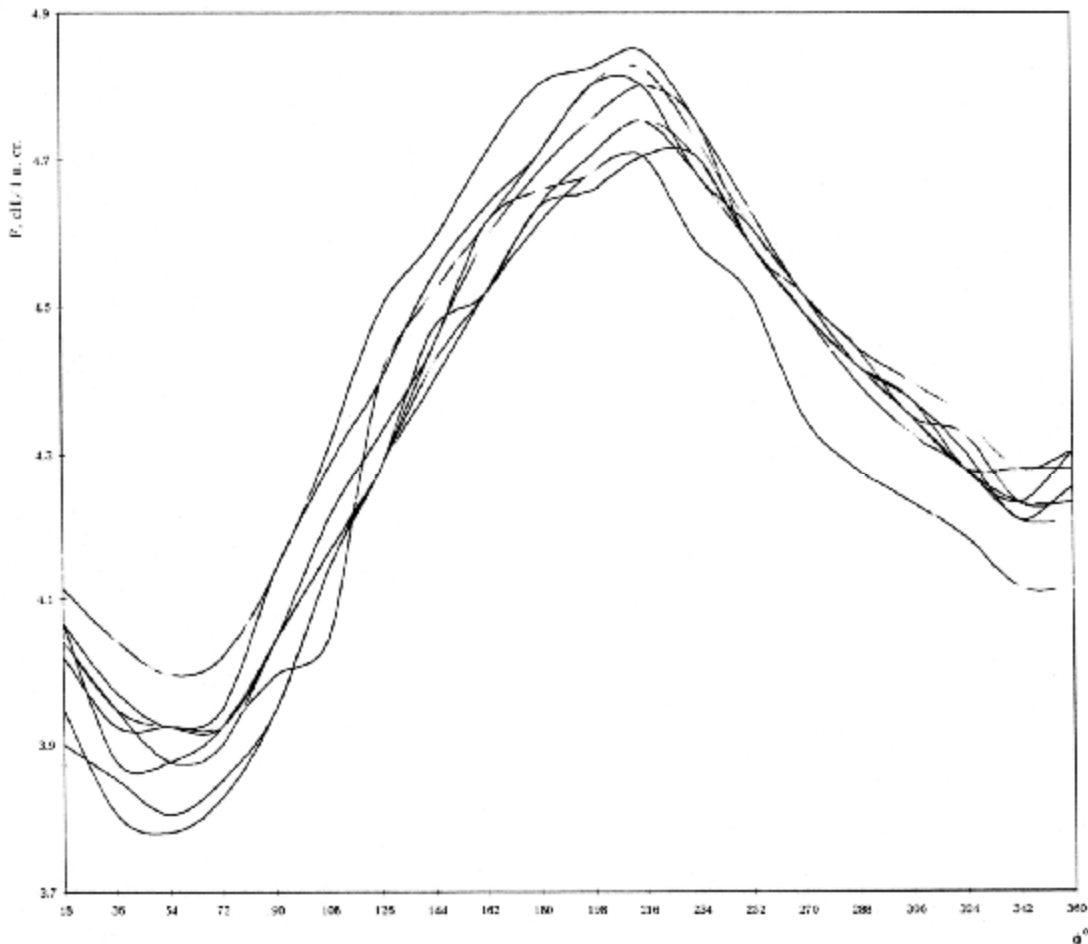


Рис 2.6. Суміщені графіки коливань натягу полотна на протязі двадцяти циклів петлеутворення

Метою обробки результатів експерименту є побудова кривої, точками якої є дійсні значення натягу полотна в певні моменти циклу петлеутворення. Таких точок було обрано 20, тобто з інтервалом 18° кута повороту головного валу машини. Таке рішення обґрунтоване тим, що при записі осцилограми коливань натягу полотна був використаний датчик положення, у диску якого було 20 отворів, у результаті чого на фотоплівці з осцилограмою є 20 точок, що дозволяють співвіднести отриману криву з кутом повороту головного валу машини.

Таким чином, результат експерименту являє собою 400 значень, зведених у табл. 2.1, згрупованих як по номеру експерименту, так і за значенням кута повороту головного валу. При цьому, у табл. 2.1 кожний рядок являє собою набір даних одного експерименту, у той час, як стовпець дає перетин безлічі кривих, представлених на рис. 2.6, по куту повороту головного вала. Отже, поставлене завдання побудови графіка функції коливання натягу полотна по 20-ти точках, абсцисами яких є значення кута повороту головного валу, а ординатами – величини натягу полотна у відповідний момент. Для того, щоб знайти дійсне значення ординати кожної із цих точок, була використана методика, викладена в роботах [43, 44].

Відповідно методики, для кожної з 20-ти точок графіка отримане n (у цьому випадку $n = 20$) експериментальних значень (див. табл. 2.1). По них обчислюється середнє арифметичне значення з n вимірів величини F , за допомогою якого знаходять похибки окремих вимірів ΔF_i :

$$\bar{F} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_i ; \quad \Delta F_i = |\bar{F} - F_i|.$$

Після цього визначається середня квадратична погрішність результату серії

вимірів:

$$\Delta S_{\bar{F}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (\Delta F_i)^2}.$$

Таблиця 2.1.

Експериментальні значення натягу полотна

	$\phi=0^\circ$	18	36	54	72	90	108	126	144	162	180	198	216	234	252	270	288	306	324	342	360
1	4.279	4.019	3.924	3.924	3.924	3.995	4.042	4.398	4.516	4.611	4.706	4.801	4.824	4.730	4.611	4.516	4.421	4.350	4.279	4.279	4.279
2	4.184	4.161	3.947	3.995	4.019	4.137	4.279	4.398	4.516	4.587	4.682	4.753	4.753	4.706	4.611	4.493	4.398	4.350	4.279	4.184	4.184
3	4.279	4.137	3.971	4.019	3.995	4.161	4.279	4.398	4.587	4.706	4.777	4.848	4.872	4.872	4.706	4.682	4.516	4.445	4.398	4.279	4.279
4	4.327	4.113	4.019	4.019	4.019	4.137	4.350	4.445	4.611	4.753	4.824	4.848	4.872	4.801	4.682	4.587	4.516	4.421	4.374	4.350	4.327
5	4.303	3.947	3.805	3.782	3.829	3.947	4.137	4.279	4.445	4.587	4.682	4.753	4.801	4.753	4.587	4.516	4.445	4.398	4.350	4.279	4.303
6	4.113	4.042	3.947	3.876	3.900	4.042	4.161	4.279	4.421	4.516	4.611	4.682	4.706	4.587	4.516	4.350	4.279	4.232	4.184	4.113	4.113
7	4.208	4.042	3.947	3.924	3.924	4.042	4.208	4.327	4.445	4.611	4.658	4.682	4.753	4.706	4.587	4.493	4.398	4.327	4.279	4.208	4.208
8	4.232	3.900	3.853	3.805	3.853	3.947	4.137	4.279	4.398	4.516	4.635	4.706	4.753	4.682	4.587	4.493	4.421	4.350	4.279	4.232	4.232
9	4.113	4.090	3.971	3.924	3.971	4.090	4.256	4.445	4.564	4.658	4.706	4.753	4.730	4.658	4.564	4.421	4.350	4.256	4.161	4.113	4.113
10	4.232	4.090	3.995	3.924	3.924	4.090	4.279	4.398	4.516	4.706	4.753	4.824	4.848	4.730	4.611	4.564	4.445	4.350	4.303	4.232	4.232
11	4.279	4.042	3.971	3.947	3.971	4.090	4.279	4.398	4.493	4.635	4.706	4.753	4.801	4.777	4.635	4.516	4.706	4.398	4.327	4.256	4.279
12	4.208	4.113	4.042	3.995	3.971	4.113	4.279	4.398	4.516	4.635	4.706	4.753	4.777	4.706	4.540	4.421	4.374	4.327	4.256	4.208	4.208
13	4.279	4.090	3.995	3.971	3.947	4.137	4.374	4.493	4.587	4.706	4.777	4.824	4.872	4.753	4.635	4.564	4.469	4.398	4.350	4.279	4.279
14	4.256	4.090	3.995	3.947	3.995	4.350	4.279	4.398	4.516	4.635	4.706	4.753	4.753	4.658	4.564	4.469	4.421	4.374	4.327	4.279	4.256
15	4.256	4.090	4.042	3.947	3.995	4.161	4.327	4.493	4.635	4.658	4.730	4.801	4.824	4.706	4.658	4.540	4.421	4.374	4.327	4.232	4.256
16	4.232	4.042	3.995	3.947	3.924	4.019	4.184	4.279	4.421	4.587	4.658	4.682	4.753	4.706	4.564	4.516	4.421	4.350	4.327	4.232	4.232
17	4.232	4.113	4.042	3.995	4.019	4.137	4.303	4.493	4.587	4.706	4.801	4.824	4.848	4.753	4.635	4.516	4.445	4.350	4.327	4.232	4.232
18	4.279	4.161	4.042	3.995	3.995	4.161	4.279	4.398	4.516	4.635	4.730	4.801	4.753	4.682	4.635	4.516	4.421	4.398	4.327	4.279	4.279
19	4.303	4.066	3.876	3.876	3.924	4.042	4.161	4.279	4.469	4.516	4.635	4.658	4.706	4.706	4.587	4.493	4.421	4.374	4.279	4.232	4.303
20	4.256	4.066	3.971	3.924	3.947	4.137	4.279	4.398	4.540	4.635	4.706	4.801	4.801	4.682	4.611	4.516	4.421	4.374	4.303	4.208	4.256
Средн. арифм.	4.242	4.071	3.968	3.937	3.952	4.097	4.244	4.383	4.515	4.630	4.709	4.765	4.790	4.718	4.606	4.509	4.436	4.360	4.302	4.235	4.242
Знач-е х, рад	0.000	0.314	0.628	0.942	1.257	1.571	1.885	2.199	2.513	2.827	3.142	3.456	3.770	4.084	4.398	4.712	5.027	5.341	5.655	5.969	6.283

Далі задається значення надійності a , у цьому випадку 0,90, по якому визначається коефіцієнт Стюдента t_a для заданої надійності a та числа зроблених вимірів n .

Використовуючи знайдений коефіцієнт Стюдента t_a знаходимо границі довірчого інтервалу або похибку результату вимірів:

$$\Delta F = t_a \Delta S_{\bar{F}}.$$

Похибки результатів серії вимірів зведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Результати та відносні похибки серії вимірів:

$$t_a = 1,73, \text{ при } \alpha=0.90, n=20, F = \bar{F} \pm \Delta F$$

№ точки	ϕ°	$\bar{F} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_i$, сН/1 п.ст.	$\Delta F = t_\alpha(n) \Delta S_{\bar{F}}$, сН/1 п.ст.	$\epsilon = \frac{\Delta F}{\bar{F}} 100\%$
1.	0	4.2425	0.00503	0.1187
2.	18	4.0706	0.01407	0.3458
3.	36	3.9675	0.01415	0.3566
4.	54	3.9367	0.01407	0.3574
5.	72	3.9521	0.01164	0.2945
6.	90	4.0967	0.01149	0.4854
7.	108	4.2437	0.01830	0.4313
8.	126	4.3835	0.01614	0.3681
9.	144	4.5150	0.01476	0.3269
10.	162	4.6300	0.01468	0.3170
11.	180	4.7094	0.01243	0.2640
12.	198	4.7651	0.01290	0.2710
13.	216	4.7899	0.01187	0.2479
14.	234	4.7177	0.01300	0.2760
15.	252	4.6063	0.01021	0.2217
16.	270	4.5191	0.01482	0.3287
17.	288	4.4356	0.01797	0.4052
18.	306	4.3598	0.00344	0.0788
19.	324	4.3017	0.01246	0.2896
20.	342	4.2354	0.01169	0.2760

Остаточний результат записується у вигляді:

$$F = \bar{F} \pm \Delta F$$

Відносна похибка результату серії вимірів оцінюється по формулі:

$$e = \frac{\Delta F}{\bar{F}} 100\%.$$

Таблиця 2.3.

Відносні похибки кожного виміру натягу полотна

$\varepsilon, \%$	$\phi=0^\circ$	18°	36°	54°	72°	90°	108°	126°	144°	162°	180°	198°	216°	234°	252°	270°	288°	306°	324°	342°	360°
1	0.87%	1.28%	1.11%	0.33%	0.72%	2.49%	4.75%	0.32%	0.03%	0.41%	0.08%	0.75%	0.72%	0.25%	0.10%	0.16%	0.32%	0.22%	0.52%	1.04%	0.87%
2	1.37%	2.21%	0.51%	1.47%	1.68%	0.98%	0.84%	0.32%	0.03%	0.92%	0.58%	0.25%	0.77%	0.25%	0.10%	0.37%	0.85%	0.22%	0.52%	1.20%	1.37%
3	0.87%	1.63%	0.09%	2.08%	1.08%	1.56%	0.84%	0.32%	1.60%	1.64%	1.43%	1.74%	1.71%	3.27%	2.16%	3.84%	1.82%	1.96%	2.23%	1.04%	0.87%
4	1.98%	1.05%	1.28%	2.08%	1.68%	0.98%	2.51%	1.41%	2.13%	2.66%	2.44%	1.74%	1.71%	1.76%	1.65%	1.73%	1.82%	1.41%	1.68%	2.71%	1.98%
5	1.42%	3.03%	4.09%	3.94%	3.12%	3.64%	2.51%	2.38%	1.55%	0.92%	0.58%	0.25%	0.22%	0.75%	0.41%	0.16%	0.21%	0.87%	1.13%	1.04%	1.42%
6	3.04%	0.70%	0.51%	1.54%	1.32%	1.33%	1.95%	2.38%	2.07%	2.46%	2.09%	1.74%	1.76%	2.76%	1.96%	3.52%	3.53%	2.94%	2.73%	2.88%	3.04%
7	0.81%	0.70%	0.51%	0.33%	0.72%	1.33%	0.84%	1.30%	1.55%	0.41%	1.08%	1.74%	0.77%	0.25%	0.41%	0.37%	0.85%	0.76%	0.52%	0.64%	0.81%
8	0.25%	4.19%	2.90%	3.34%	2.52%	3.64%	2.51%	2.38%	2.60%	2.46%	1.59%	1.24%	0.77%	0.75%	0.41%	0.37%	0.32%	0.22%	0.52%	0.08%	0.25%
9	3.04%	0.47%	0.09%	0.33%	0.48%	0.17%	0.28%	1.41%	1.08%	0.61%	0.08%	0.25%	1.26%	1.26%	0.93%	1.94%	1.92%	2.39%	3.28%	2.88%	3.04%
10	0.25%	0.47%	0.69%	0.33%	0.72%	0.17%	0.84%	0.32%	0.03%	1.64%	0.93%	1.24%	1.21%	0.25%	0.10%	1.21%	0.21%	0.22%	0.03%	0.08%	0.25%
11	0.87%	0.70%	0.09%	0.27%	0.48%	0.17%	0.84%	0.32%	0.50%	0.10%	0.08%	0.25%	0.22%	1.26%	0.62%	0.16%	6.09%	0.87%	0.58%	0.48%	0.87%
12	0.81%	1.05%	1.88%	1.47%	0.48%	0.40%	0.84%	0.32%	0.03%	0.10%	0.08%	0.25%	0.27%	0.25%	1.44%	1.94%	1.39%	0.76%	1.07%	0.64%	0.81%
13	0.87%	0.47%	0.69%	0.87%	0.12%	0.98%	3.07%	2.49%	1.60%	1.64%	1.43%	1.24%	1.71%	0.75%	0.62%	1.21%	0.75%	0.87%	1.13%	1.04%	0.87%
14	0.31%	0.47%	0.69%	0.27%	1.08%	6.19%	0.84%	0.32%	0.03%	0.10%	0.08%	0.25%	0.77%	1.26%	0.93%	0.89%	0.32%	0.33%	0.58%	1.04%	0.31%
15	0.31%	0.47%	1.88%	0.27%	1.08%	1.56%	1.95%	2.49%	2.65%	0.61%	0.43%	0.75%	0.72%	0.25%	1.13%	0.68%	0.32%	0.33%	0.58%	0.08%	0.31%
16	0.25%	0.70%	0.69%	0.27%	0.72%	1.91%	1.40%	2.38%	2.07%	0.92%	1.08%	1.74%	0.77%	0.25%	0.93%	0.16%	0.32%	0.22%	0.58%	0.08%	0.25%
17	0.25%	1.05%	1.88%	1.47%	1.68%	0.98%	1.40%	2.49%	1.60%	1.64%	1.94%	1.24%	1.21%	0.75%	0.62%	0.16%	0.21%	0.22%	0.58%	0.08%	0.25%
18	0.87%	2.21%	1.88%	1.47%	1.08%	1.56%	0.84%	0.32%	0.03%	0.10%	0.43%	0.75%	0.77%	0.75%	0.62%	0.16%	0.32%	0.87%	0.58%	1.04%	0.87%
19	1.42%	0.12%	2.30%	1.54%	0.72%	1.33%	1.95%	2.38%	1.02%	2.46%	1.59%	2.24%	1.76%	0.25%	0.41%	0.37%	0.32%	0.33%	0.52%	0.08%	1.42%
20	0.31%	0.12%	0.09%	0.33%	0.12%	0.98%	0.84%	0.32%	0.55%	0.10%	0.08%	0.75%	0.22%	0.75%	0.10%	0.16%	0.32%	0.33%	0.03%	0.64%	0.31%
Max $\varepsilon, \%$	3.04%	4.19%	4.09%	3.94%	3.12%	6.19%	4.75%	2.49%	2.65%	2.66%	2.44%	2.24%	1.76%	3.27%	2.16%	3.84%	6.09%	2.94%	3.28%	2.88%	3.04%

Відносні похибки кожного виміру $e_i = (\Delta F_i / \bar{F}) 100\%$ зведені в табл. 2.3.

Для кожного з розглянутих кутів повороту головного валу машини знайдена максимальна відносна похибка, представлена в останньому рядку таблиці.

За допомогою табл. 2.3 побудовані графіки відносних похибок 20-ти вимірів протягом 20-ти циклів петлеутворення (рис. 2.7).

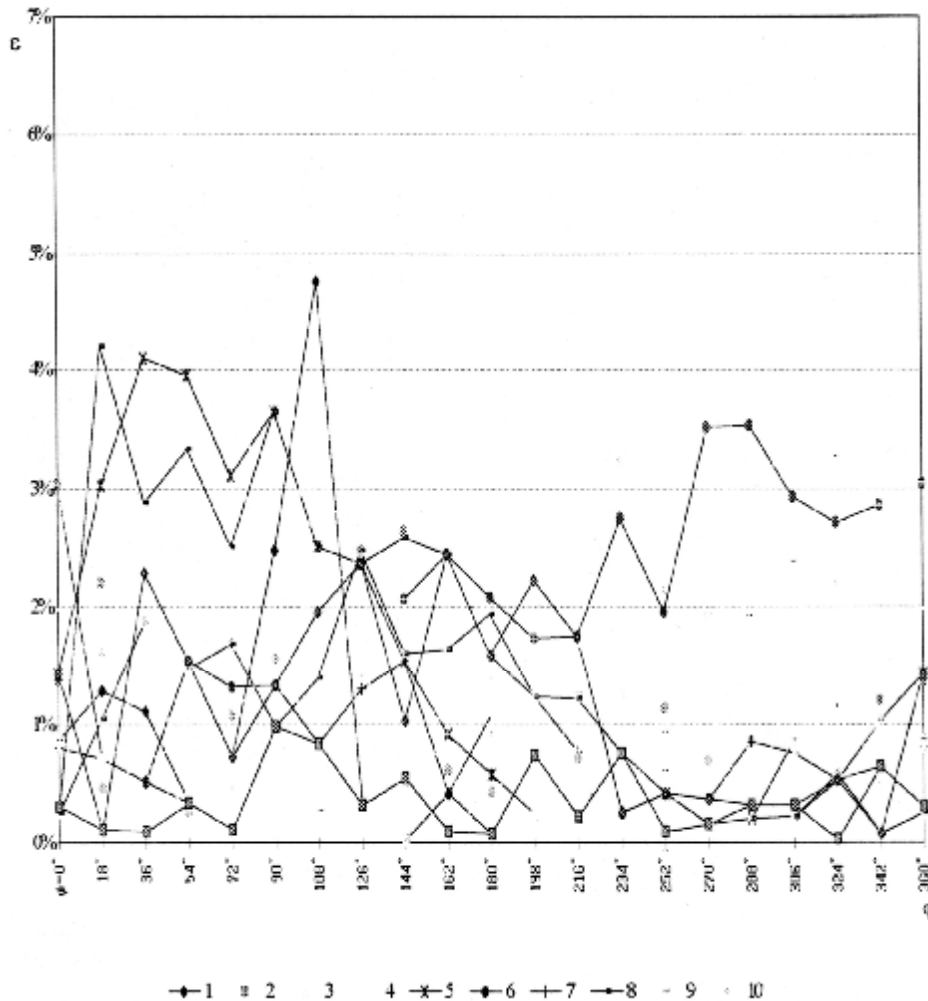


Рис. 2.7. Суміщені графіки відносних похибок результатів виміру на протязі двадцяти циклів петлеутворення

З графіків видно, що в більшості випадків відносна похибка вимірів не перевищує 4,00%, що цілком припустимо, і лише в трьох випадках похибка досягає 4,75%, 6,09% і 6,19%. Як видно із графіка й таблиці, ці відхилення є випадковими, тому що в кожному випадку вони являють собою аномальне

відхилення від результату інших 19-ти вимірів для даного кута повороту головного валу. Крім того, вони зустрічаються в різних експериментах, що також підтверджує висновок про випадковість таких відхилень.

Такі стрибки відносної похибки вимірів можуть бути викликані сумарним ефектом дії таких факторів, як збої в роботі основов'язальної машини, неоднорідність полотна та ін. Такі помилки виміру не можна виключити [44], але для того, щоб вони не впливали на результати експерименту, ці три значення замінимо на середні арифметичні.

Крім згаданих вище помилок вимірів варто також урахувати похибки апаратури. Для цього границі довірчого інтервалу трохи розширюються:

$$\Delta F = \sqrt{(t_a \cdot \Delta S)^2 + \left(\frac{K_a}{3} g\right)^2}$$

де $K_a \equiv t_a(\infty) = 1,96$ – визначається по таблицям [44];

g - погрішність апаратури, визначається по формулі [45]:

$$g = \frac{b\bar{F}}{100\%},$$

де $b = 2\%$ - помилка приладу та вимірювальної апаратури.

Обробка результатів експерименту виконувалась на персональному IBM - сумісному комп'ютері за допомогою пакета електронних таблиць "EXCEL 5.0" [46].

В результаті аналітичного й експериментального досліджень впливу петлеутворюючих органів на натяг полотна на основов'язальній машині встановлене наступне:

1. Визначено основні фактори, що впливають на закон коливання натягу полотна.
2. Проведено аналітичне дослідження впливу руху петлеутворюючих органів на натяг полотна.

3. Визначено ті моменти циклу петлеутворення в які натяг полотна досягає мінімального і максимального значень.

4. Установлено, що відтяжка полотна потрібна лише тоді, коли натяг полотна досягає мінімуму, а саме при куті повороту головного валу рівному 60° , коли натяг полотна максимальний; відтяжка полотна при повороті головного валу на 220° не потрібна.

5. При збільшенні натягу полотна відтяжне зусилля повинне пропорційно зменшуватися, а при зменшенні натягу - збільшуватися.

6. Поставлено експеримент по визначенню залежності зміни натягу полотна від взаємного розташування петлеутворюючих органів.

7. В результаті експерименту отримана осцилограма коливання натягу полотна.

8. Установлено, що за один оберт головного валу натяг полотна один раз досягає мінімального і один раз максимального значення. Мінімальний натяг полотна становить $3,9 \text{ сн/1 пет.ст.}$, а максимальне – $4,8 \text{ сн/1 пет.ст.}$

9. Результати експерименту підтверджують аналітичні висновки.

РОЗДІЛ 3

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КОЛИВАННЯ НАТЯГУ ПОЛОТНА НА ОСНОВОВ'ЯЗАЛЬНІЙ МАШИНІ

3.1. Постановка завдання

У результаті експериментального дослідження закону коливання натягу полотна при роботі основов'язальної машини були отримані 20 значень натягу протягом кожного циклу петлеутворення. Коливання натягу полотна простежувалося протягом двадцяти циклів петлеутворення. Таким чином, була отримана матриця величини натягу полотна двадцятого порядку (табл. 2.1).

Як було сказано вище, дійсним значенням натягу полотна в кожний момент циклу петлеутворення вважається $F_i = \bar{F}_i \pm \Delta F_i$, де \bar{F}_i - середньоарифметичне значення з n вимірів (у цьому випадку $n = 20$);

ΔF_i - границі довірчого інтервалу або похибка результату вимірів;

n - кількість циклів петлеутворення;

i - номер моменту циклу петлеутворення.

Похибки результату вимірів, виражені у відсотках, ΔF_{ni} , $n = 1, \dots, 20$; $i = 1, \dots, 20$ зведені в табл. 2.3. У таблиці також зазначені максимальні відхилення від середньоарифметичного значення для кожного з розглянутих кутів повороту головного валу машини, звідки видно, що максимальна похибка виміру не перевищує 6,19%. Отже, з огляду на малу величину відхилення від середньоарифметичного значення, похибкою виміру можна знехтувати, і надалі величину F_i , $i = 1, \dots, 20$ будемо вважати дійсним значенням натягу полотна в i -ий момент циклу петлеутворення.

В результаті вищесказаного одержимо функцію коливання натягу полотна, задану таблично (табл. 2.1), абсцисами якої є значення кута повороту головного валу із кроком 18° , а ординатами – середньоарифметичне значення із двадцяти вимірів натягу полотна. Метою даного дослідження є подання функції коливання

натягу полотна у вигляді часткової суми ряду Фур'є. Теоретична база й результат рішення цього завдання викладені нижче.

3.2. Теоретична база для рішення поставленого завдання

Для розкладання функції коливання натягу полотна $F = F(j) \equiv f(x)$, де $j \equiv x$ - кут повороту головного валу машини, в ряд Фур'є, скористаємося формулою [47]:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx), \quad (3.1)$$

де $a_0, a_n, b_n, (n=1, \dots, \infty)$ - коефіцієнти Фур'є:

$$a_0 = \frac{1}{p} \int_0^{2p} f(x) dx;$$

$$a_n = \frac{1}{p} \int_0^{2p} f(x) \cos nxdx; \quad (3.2)$$

$$b_n = \frac{1}{p} \int_0^{2p} f(x) \sin nxdx.$$

$$\text{Вважаючи, що } A_0 = \frac{a_0}{2}; \quad A_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}; \quad \text{tg } j_n = \frac{a_n}{b_n},$$

де A_n - амплітуда n -ої гармоніки;

j_n - фаза n -ої гармоніки, результат розкладання представимо у вигляді:

$$f(x) = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \sin(nx + j_n),$$

де $f(x)$ - функція, у цьому випадку - $F(j)$, а складові ряду A_0 , $A_n \sin(nx + j_n)$ - гармоніки функції $f(x)$.

Функція коливання натягу полотна є періодичною з періодом $2p$, безперервною і кусочно-монотонною на відрізку $[0, 2p]$, оскільки різкі

стрибки натягу могли б відбутися у випадку розриву полотна, збою в роботі машини й ін., ці випадки не розглядаються. Таким чином, функція коливання натягу полотна задовольняє достатній умові розкладності функції в ряд Фур'є, що сформульовано в теоремі Дирихле [47].

Відповідно до теореми Дирихле, якщо періодична функція $f(x)$ з періодом $2p$ кусочно-безперервна та кусочно-монотонна на відрізку $[0, 2p]$, то вона розкладається в ряд Фур'є, що сходиться на всій числовій осі, і його сума $S(x) = f(x)$ в кожній точці x , де $f(x)$ безперервна, і знаходиться із умови:

$$S(x) = \frac{f(x-0) + f(x+0)}{2}$$

(тобто $S(x)$ приймає значення середнього арифметичного значень функції ліворуч і праворуч у точці, де $f(x)$ розривна у кожній точці, де $f(x)$ терпить розрив.

Задачею даного гармонійного аналізу є визначення гармонік функції коливання натягу полотна, заданої таблично, наближене подання її частковими сумами ряду Фур'є. У цих умовах задача зводиться до методів наближеного обчислення коефіцієнтів Фур'є, представлених певними інтегралами. Для обчислення певного інтеграла використаємо формулу трапецій [48]:

$$\int_a^b f(x) dx \approx S_n = h \left(\frac{f(a) + f(b)}{2} + \sum_{i=1}^{N-1} f(x_i) \right),$$

засновану на тому, що на кожному відрізку між експериментально отриманими значеннями функції дугу кривої $y = f(x)$ заміняємо хордою, що стягує кінці цієї дуги, тобто робимо лінійну інтерполяцію функції $y = f(x)$.

Скористаємося часним видом формули трапецій - так званою формулою "лівих" прямокутників, що має вигляд:

$$\int_a^b f(x) dx \approx h(f(x_0) + \dots + f(x_k) + \dots + f(x_{N-1})), \quad (3.3)$$

де N - число розбивок відрізка інтегрування $[a;b]$; $h = (b-a)/N$ - довжина часткового відрізка або крок розбивки.

Застосуємо формулу (3.3) до інтегралів (3.2). Для цього розіб'ємо відрізок інтегрування $[0, 2p]$ на N рівних частин (N – крок кута повороту головного валу машини) так, щоб $h = 2p / N$ й одержимо точки розбивки:

$$x_0 = 0, \quad x_1 = 2p/N, \dots, x_k = 2pk/N, \quad x_{N-1} = 2p(N-1)/N$$

Нехай відомі ординати (значення натягу полотна) :

$$f(x_0), f(x_1), \dots, f(x_k), \dots, f(x_{N-1}),$$

що відповідають точкам розбивки.

По формулі (3.3) знаходимо

$$\begin{aligned} a_0 &= \frac{1}{p} \int_0^{2p} f(x) dx \approx \frac{1}{p} * \frac{2p}{N} * (f(x_0) + \dots + f(x_k) + \dots + f(x_{N-1})) = \frac{2}{N} \sum_{k=0}^{N-1} f(x_k); \quad (3.4) \\ a_n &= \frac{1}{p} \int_0^{2p} f(x) \cos ndx \approx \frac{1}{p} * \frac{2p}{N} * (f(x_0) \cos nx_0 + \dots + f(x_k) \cos nx_k + \dots + \\ &+ f(x_{N-1}) \cos nx_{N-1}) = \frac{2}{N} \sum_{k=0}^{N-1} (f(x_0) + \dots + f(x_k) \cos \frac{2np}{N} k + \dots + f(x_{N-1}) \cos \frac{2np}{N} (N-1)) = \\ &= \frac{2}{N} \sum_{k=0}^{N-1} f(x_k) \cos \frac{2np}{N} k. \quad (3.5) \end{aligned}$$

Аналогічно одержуємо:

$$b_n = \frac{1}{p} \int_0^{2p} f(x) \sin nxdx \approx \frac{2}{N} \sum_{k=0}^{N-1} f(x_k) \sin \frac{2np}{N} k \quad (3.6)$$

де $n = 1, \dots, \infty$ - номер гармоніки.

3.3. Алгоритм рішення задачі

Функція коливання натягу полотна $y = F = f(x)$ задана таблично в $N+1$ рівно віддалених точках значеннями:

$$y_0 = F_0 = f(x_0), \quad y_1 = F_1 = f(x_1), \dots, \quad y_N = F_N = f(x_N),$$

де $x_0 = 0, \quad x_N = 2p$.

Потрібно визначити параметри n гармонік ряду Фур'є й записати наближене подання функції n -ої частковою сумою ряду Фур'є.

Як алгоритм можна прийняти наступну послідовність дій:

1. Визначаємо значення функцій $\cos x$ і $\sin x$, необхідні для обчислення коефіцієнтів Фур'є a_0, a_j, b_j ($j = 1, \dots, n$), по формулах (3.4) - (3.6). Обчислення робимо по табл. 3.1. Результати обчислень заносимо в табл. 3.3.

2. Використовуючи табл. 3.1 і помноживши стовпець при $k = 0$ на y_0 , при $k = 1$ на y_1, \dots , а останній на y_{N-1} , знаходимо добутки, які записуємо в табл. 3.2.

3. Складаємо елементи кожного рядка табл. 3.2 і отримані суми множимо на $2/N$, в результаті знаходимо коефіцієнти Фур'є $a_0, a_1, b_1, \dots, a_n, b_n$, які заносимо в останній стовпець табл. 3.2. Чисельні результати зведені в табл. 3.3.

4. Визначаємо амплітуди й фази гармонік:

$$A_0 = \frac{a_0}{2}; \quad A_j = \sqrt{a_j^2 + b_j^2}; \quad (j = 1, \dots, n)$$

$$j_j = \begin{cases} \arccos \frac{b_j}{A_j}, & a_j \geq 0 \\ -\arccos \frac{b_j}{A_j}, & a_j < 0 \end{cases} \quad (j = 1, \dots, n)$$

Таблиця 3.1

Алгоритм обчислень значень функції $\cos x$ і $\sin x$ для коефіцієнтів Фур'є

Гармоніки	Функції	Номер точки XL					
		0	1	...	k	...	N-1
0	$\cos 0k$	1	1	...	1	...	1
1	$\cos \frac{2p}{N}k$	1	$\cos \frac{2p}{N}$	...	$\cos \frac{2p}{N}k$	...	$\cos \frac{2p}{N}(N-1)$
	$\sin \frac{2p}{N}k$	0	$\sin \frac{2x}{N}$	...	$\sin \frac{2p}{N}k$	...	$\sin \frac{2p}{N}(N-1)$
...
j	$\cos \frac{2pj}{N}k$	1	$\cos \frac{2xj}{N}$	...	$\cos \frac{2pj}{N}k$	...	$\cos \frac{2pj}{N}(N-1)$
	$\sin \frac{2pj}{N}k$	0	$\sin \frac{2xj}{N}$	...	$\sin \frac{2pj}{N}k$	...	$\sin \frac{2pj}{N}(N-1)$
...
n	$\cos \frac{2pn}{N}k$	1	$\cos \frac{2pn}{N}$	...	$\cos \frac{2pn}{N}k$	...	$\cos \frac{2pn}{N}(N-1)$
	$\sin \frac{2pn}{N}k$	0	$\sin \frac{2pn}{N}$	...	$\sin \frac{2pn}{N}k$	...	$\sin \frac{2pn}{N}(N-1)$

Таблиця 3.2

Алгоритм обчислення підінтегральної функції коефіцієнтів Фур'є

Гармоніки	Номер точки X_k						Сумма елементів строки	Коефіцієнти Фур'є
	0	1	...	k	...	N-1		
0	y_0	y_1	...	y_k	...	y_{N-1}	Σ_0	a_0
1	y_0	$y_1 \cos \frac{2p}{N}$	...	$y_k \cos \frac{2x}{N}k$	...	$y_{N-1} \cos \frac{2p}{N}(N-1)$	Σ_1	a_1
	0	$y_1 \sin \frac{2x}{N}$	...	$y_k \sin \frac{2x}{N}k$	...	$y_{N-1} \sin \frac{2p}{N}(N-1)$	Σ_1	b_1

...
j	y ₀	$y_1 \cos \frac{2xj}{N}$	...	$y_k \cos \frac{2pj}{N} k$	...	$y_{N-1} \cos \frac{2pj}{N} (N-1)$	\sum_i	a _i
	0	$y_1 \sin \frac{2xj}{N}$	...	$y_k \sin \frac{2xj}{N} k$	...	$y_{N-1} \sin \frac{2xj}{N} (N-1)$	\sum_i	b _i
...
n	y ₀	$y_1 \cos \frac{2xn}{N}$	...	$y_k \cos \frac{2pn}{N} k$	...	$y_{N-1} \cos \frac{2xn}{N} (N-1)$	\sum_n	a _n
	0	$y_1 \sin \frac{2pn}{N}$	...	$y_k \sin \frac{2pn}{N} k$	...	$y_{N-1} \sin \frac{2pn}{N} (N-1)$	\sum_n	b _n

Таблица 3.3
Результаты вычислений коэффициентов Фурье

Гармоники	Вычисляемые функции	Номер точки Xk																			
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0	Cos(0k)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	Cos(2π/N)	1	0.951056516	0.809016994	0.587785252	0.309016994	0	-0.30901699	-0.58778525	-0.80901699	-0.95105652	-1	-0.95105652	-0.80901699	-0.58778525	-0.30901699	0	0.309016994	0.587785252	0.809016994	0.951056516
1	Sin(2π/N)	0	0.309016994	0.587785252	0.809016994	0.951056516	1	0.951056516	0.809016994	0.587785252	0.309016994	0	-0.30901699	-0.58778525	-0.80901699	-0.95105652	-1	-0.95105652	-0.80901699	-0.58778525	-0.30901699
2	Cos(4π/N)	1	0.809016994	0.309016994	-0.30901699	-0.80901699	-1	-0.80901699	-0.309016994	0.309016994	0.809016994	1	0.809016994	0.309016994	-0.30901699	-0.80901699	-1	-0.80901699	-0.30901699	0.309016994	0.809016994
2	Sin(4π/N)	0	0.587785252	0.951056516	0.951056516	0.587785252	0	-0.58778525	-0.95105652	-0.95105652	-0.58778525	0	0.587785252	0.951056516	0.951056516	0.587785252	0	-0.58778525	-0.95105652	-0.95105652	-0.58778525
3	Cos(6π/N)	1	0.587785252	-0.30901699	-0.95105652	-0.80901699	0	0.809016994	0.951056516	0.309016994	-0.58778525	-1	-0.58778525	0.309016994	0.951056516	0.809016994	0	-0.80901699	-0.95105652	-0.30901699	0.58778525
3	Sin(6π/N)	0	0.809016994	0.951056516	0.309016994	-0.58778525	-1	-0.58778525	0.309016994	0.951056516	0.809016994	0	-0.80901699	-0.95105652	-0.30901699	0.587785252	1	0.587785252	-0.30901699	-0.95105652	-0.80901699
4	Cos(8π/N)	1	0.309016994	-0.80901699	-0.80901699	0.309016994	1	0.309016994	-0.809016994	-0.80901699	0.309016994	1	0.309016994	-0.80901699	-0.80901699	0.309016994	1	0.309016994	-0.80901699	-0.80901699	0.309016994
4	Sin(8π/N)	0	0.951056516	0.587785252	-0.58778525	-0.95105652	0	0.951056516	0.587785252	-0.58778525	-0.95105652	0	0.951056516	0.587785252	-0.58778525	-0.95105652	0	0.951056516	0.587785252	-0.58778525	-0.95105652
5	Sin(10π/N)	1	0	-1	0	1	0	-1	0	1	0	-1	0	1	0	-1	0	1	0	-1	0
5	Cos(10π/N)	0	1	0	-1	0	1	0	-1	0	1	0	-1	0	1	0	-1	0	1	0	-1
6	Cos(12π/N)	1	-0.309016994	-0.80901699	0.809016994	0.309016994	-1	0.309016994	0.809016994	-0.80901699	-0.30901699	1	-0.30901699	-0.80901699	0.809016994	0.309016994	-1	0.309016994	0.809016994	-0.80901699	-0.30901699
6	Sin(12π/N)	0	0.951056516	-0.58778525	-0.58778525	0.951056516	0	-0.95105652	0.587785252	0.587785252	-0.95105652	0	0.951056516	-0.58778525	-0.58778525	0.951056516	0	-0.95105652	0.587785252	0.587785252	-0.95105652
7	Cos(14π/N)	1	-0.587785252	-0.30901699	0.951056516	-0.809016994	0	0.809016994	-0.95105652	0.309016994	0.587785252	-1	0.587785252	0.309016994	-0.95105652	0.809016994	0	-0.80901699	0.951056516	-0.30901699	-0.58778525
7	Sin(14π/N)	0	0.809016994	-0.95105652	0.309016994	0.587785252	-1	0.587785252	0.309016994	-0.95105652	0.809016994	0	-0.80901699	0.951056516	-0.30901699	-0.58778525	1	-0.58778525	-0.30901699	0.951056516	-0.80901699
8	Cos(16π/N)	1	-0.809016994	0.309016994	0.309016994	-0.809016994	1	-0.809016994	0.309016994	0.309016994	-0.80901699	1	-0.80901699	0.309016994	0.309016994	-0.80901699	1	-0.80901699	0.309016994	0.309016994	-0.80901699
8	Sin(16π/N)	0	0.587785252	-0.95105652	0.951056516	-0.58778525	0	0.58778525	-0.95105652	0.951056516	-0.58778525	0	0.587785252	-0.95105652	0.951056516	-0.58778525	0	0.587785252	-0.95105652	0.951056516	-0.58778525
Гармоники																					
0		42.42465	40.7064	39.67545	39.36735	39.5214	40.9671	42.4365	43.8348	45.15015	46.2996	47.09355	47.6505	47.89935	47.1765	46.0626	45.0909	44.3562	43.5978	43.01715	42.35355
1		42.42465	38.71408697	32.0981331	23.13954775	12.21278424	0	-13.11359968	-25.765449	-36.5272386	-44.033563	-47.09355	-45.3183185	-38.7513882	-27.729651	-14.2341262	0	14.70681961	25.62614387	34.8016054	40.28061972

1		0	12.57896938	23.32064439	31.84885517	37.587085	40.9671	40.35950985	35.46309815	26.53859231	14.30736323	0	-14.7248143	-28.1545315	-38.1665902	-43.8081359	-45.0909	-42.185253	-35.2713611	-25.2848464	-13.0879667
2		42.42465	32.93216938	12.26038831	-12.1651802	-31.9734842	-40.9671	-34.33184968	-13.5456981	13.95216365	37.45716323	47.09355	38.55006429	14.80171317	-14.5783402	-37.2654262	-45.0909	-35.8849196	-13.4724611	13.2930304	34.26474172
2		0	23.92662159	37.73359526	37.44057475	23.23009607	0	-24.94354886	-41.6893722	-42.9403444	-27.2142221	0	28.00826116	45.55498894	44.86751774	27.07491696	0	-26.0719202	-41.4639718	-40.9117408	-24.8947921
3		42.42465	23.92662159	-12.2603883	-37.4405747	-31.9734842	0	34.33184968	-41.68937218	13.95216365	-27.2142221	-47.09355	-28.0082612	14.80171317	44.86751774	37.26542621	0	-35.8849196	-41.4639718	-13.2930304	24.89479207
3		0	32.93216938	37.73359526	12.16518017	-23.2300961	-40.9671	-24.94354886	13.54569815	42.94034437	37.45716323	0	-38.5500643	-45.5549889	-14.5783402	27.07491696	45.0909	26.07192021	-13.4724611	-40.9117408	-34.2647417
4		42.42465	12.57896938	-32.0981133	-31.8488552	12.21278424	40.9671	13.11359968	-35.4630981	-36.5272386	14.30736323	47.09355	14.72481429	-38.7513882	-38.1665902	14.23412621	45.0909	13.70681961	-35.2713611	-34.8016054	13.08796672
4		0	38.71408697	23.32064439	-23.1395478	-37.587085	0	40.35950985	25.7654898	-26.5385923	-44.0335363	0	45.31831853	28.15453152	-27.729651	-43.8081359	0	42.18525305	25.62614387	-25.2848464	-40.2806197
5		42.42465	0	-39.67545	0	39.5214	0	-42.4365	0	45.15015	0	-47.09355	0	47.89935	0	-46.0626	0	44.3562	0	-43.01715	0
5		0	40.7064	0	-39.36735	0	40.9671	0	-43.8348	0	46.2996	0	-47.6505	0	47.1765	0	-45.0909	0	43.5978	0	-42.35355
6		42.42465	-12.578969378	-32.0981133	31.84885517	12.21278424	-40.9671	13.11359968	35.46309815	-36.5272386	-14.3073632	47.09355	-14.7248143	-38.7513882	38.16659024	14.23412621	-45.0909	13.70681961	35.27136112	-34.8016054	-13.0879667
6		0	38.71408697	-23.3206444	-23.1395478	37.587085	0	-40.35950985	25.76544898	26.53859231	-44.0335363	0	45.31831853	-28.1545315	-27.729651	43.80813589	0	-42.185253	25.62614387	25.28484637	-40.2806197
7		42.42465	-23.92662159	-12.2603883	37.44057475	-31.9734842	0	34.33184968	-41.6893722	13.95216365	27.21422207	-47.09355	28.00826116	14.80171317	-44.8675177	37.26542621	0	-35.8849196	41.46397179	-13.2930304	-24.8947921
7		0	32.93216938	-37.7335953	12.16518017	23.23009607	-40.9671	24.94354886	13.54569815	-42.9403444	37.45716323	0	-38.5500643	45.55498894	-14.5783402	-27.074917	45.0909	-26.0719202	-13.4724611	40.91174082	-34.2647417
8		42.42465	-32.93216938	12.26038831	12.16518017	-31.9734842	40.9671	-34.33184968	13.54569815	13.95216365	-37.4571632	47.09355	-38.5500643	14.80171317	14.57834024	-37.2654262	45.0909	-35.8849196	13.47246112	13.2930304	-34.2647417
8		0	23.92662159	-37.7335953	37.44057475	-23.2300961	0	24.94354886	-41.6893722	42.94034437	-27.2142221	0	28.00826116	-45.5549889	44.86751774	-27.074917	0	26.07192021	-41.4639718	40.91174082	-24.8947921

5. Записуємо n -у часткову суму ряду Фур'є, що є тригонометричним багаточленом $F_n(x)$:

$$F_n(x) = A_0 + A_1 \sin(x + j_1) + \dots + A_j \sin(jx + j_1) + \dots + A_n \sin(nx + j_n) \quad (3.7)$$

3.4. Результати рішення задачі

Відомо, що зі збільшенням n похибка обчислювальних коефіцієнтів, a_n, b_n , росте. Тому, за рекомендацією авторів [48], при числі розбивки відрізка $[0, 2\pi]$ на $N = 20$ елементарних відрізків, число обумовлених відрізків гармонік обмежене $n = 8$.

Отримано значення амплітуд і фаз гармонік, які зведені в табл. 3.4. Підставляючи їх у формулу (3.7) і заміняючи $F_8(x)$ на $F(\varphi)$, а x на φ - кут повороту головного валу машини, одержимо рівняння кривої, що описує коливання натягу полотна:

$$\begin{aligned} F(\varphi) = & 43.734 + 3.7335 \sin(\varphi - 2.23) + 0.8086 \sin(\varphi + 1.858) + \\ & + 0.3813 \sin(\varphi + 1.964) + 0.121 \sin(\varphi + 0.533) + 0.1158 \sin(\varphi + 1.171) + \\ & + 0.0821 \sin(\varphi + 2.322) + 0.1035 \sin(\varphi + 1.398) + 0.1018 \sin(\varphi + 1.318). \end{aligned} \quad (3.8)$$

Перевірка отриманої формули зводиться до побудови графіка функції, описаної рівнянням (3.8). Для цього були використані прикладні програми побудови графіків програмного пакета EXCEL 5.0. Функція була задана таблично з кроком 3° (табл. 3.5). Її графік показаний на рис. 3.1. Одночасно показані точки, отримані при обробці експериментальних даних. Як видно із графіка, крива, задана рівнянням (3.8), досить точно описує поведінку натягу полотна протягом одного циклу петлеутворення. В останньому стовпчику табл. 3.5 зазначене відхилення кривої від експериментальних значень, що не перевищує 0,25%. При цьому, з табл. 2.3 видно, що мінімальна похибка результатів вимірів становить 1,76%.

Таблиця 3.4
Амплітуди і фази гармонік

Амплітуди		Фази	
A_0	4.3734075		
A_1	3.73353145	f_1	-2.22783
A_2	0.80862961	f_2	1.858351
A_3	0.381280576	f_3	1.964091
A_4	0.120957938	f_4	0.532791
A_5	0.115766677	f_5	1.171281
A_6	0.082114711	f_6	2.322312
A_7	0.103458404	f_7	1.397885
A_8	0.101771121	f_8	1.317968

Отже, значення кривої протягом усього циклу не виходять за межі довірчого інтервалу, отриманого при обробці експериментальних даних.

Для знаходження точок екстремума функції коливання натягу полотна продиференціюємо рівняння (3.8) по φ :

$$\begin{aligned}
 F(\varphi) = & 3.7335 \cos(\varphi - 2.23) + 0.8086 \cos(\varphi + 1.858) + 0.3813 \cos(\varphi + 1.964) + \\
 & + 0.121 \cos(\varphi + 0.533) + 0.1158 \cos(\varphi + 1.171) + 0.0821 \cos(\varphi + 2.322) + 0.1035 + \\
 & + \cos(\varphi + 1.398) + 0.1018 \cos(\varphi + 1.318) = 0.
 \end{aligned} \quad (3.9)$$

Прирівнявши рівняння (3.9) до нуля, знаходимо значення φ , що відповідають екстремальним значенням натягу полотна. Рівняння (3.9) було вирішено за допомогою підпрограми GoalSeek пакета прикладних програм Excel 5.0 for Windows. Дана підпрограма дозволяє розрахувати значення аргументу функції по її заздалегідь заданому значенню. В результаті рішення рівняння (3.9) були отримані наступні значення кута повороту головного валу φ , при яких величина натягу приймає максимальне та мінімальне значення, яким відповідають нижче наведені значення натягу полотна F :

$$j_{min} = 1,066146 \text{ рад.} \quad F_{min} = 4,084901 \text{ сН/1 пет. ст.}$$

$$j_{max} = 4,207739 \text{ рад. } F_{max} = 4,661899 \text{ сН/1 пет. ст.}$$

Таблица 3.5

Отклонение аналитически заданной функции от экспериментальных значений колебания натяжения полотна.

Х, град	Х, рад	Значение 8-й частичной суммы ряда Фурье	Экспериментальные значения, сН/пет.ст.	Отклонение
0	0	4.233396237	4.242	-0.21%
3	0.052359878	4.21727826		
6	0.104719755	4.195771391		
9	0.157079633	4.169645966		
12	0.20943951	4.140191491		
15	0.261799388	4.109052403		
18	0.314159265	4.078017196	4.071	0.18%
21	0.366519143	4.048792103		
24	0.41887902	4.022792732		
27	0.471238898	4.000983968		
30	0.523598776	3.983790789		
33	0.575958653	3.971091425		
36	0.628318531	3.962291512	3.968	-0.13%
39	0.680678408	3.956465425		
42	0.733038286	3.952540909		
45	0.785398163	3.949496958		
48	0.837758041	3.946543541		
51	0.890117919	3.943255457		
54	0.942477796	3.939640522	3.937	0.07%
57	0.994837674	3.936133199		
60	1.047197551	3.933516871		
63	1.099557429	3.93278918		
66	1.151917306	3.934993564		
69	1.204277184	3.941044842		
72	1.256637061	3.951576867	3.952	-0.01%
75	1.308996939	3.966835942		
78	1.361356817	3.986635637		
81	1.413716694	4.010378391		
84	1.466076272	4.037138428		

87	1.518436449	4.065790935		
90	1.570796327	4.095165612	4.097	-0.04%
93	1.623156204	4.124199678		
96	1.675516082	4.152066539		
99	1.727875959	4.178261261		
102	1.780235837	4.202631839		
105	1.832595715	4.225354537		
108	1.884955592	4.246860745	4.244	0.08%
111	1.93731547	4.267730303		

Таблица 3.5 (продовження 1)

Х, град	Х, рад	Значение 8-й частичной суммы ряда Фурье	Экспериментальные значения, сН/пет.ст.	Отклонение
114	1.989675347	4.288570918		
117	2.042035225	4.309904439		
120	2.094395102	4.332078345		
123	2.14675498	4.355215414		
126	2.199114858	4.379207179	4.383	-0.10%
129	2.251474735	4.40374889		
132	2.303834613	4.428406565		
135	2.356019449	4.452701694		
138	2.408554368	4.476196904		
141	2.408554368	4.498566765		
144	2.460914245	4.519641653	4.515	0.10%
147	2.513274128	4.539418291		
150	2.565634	4.558037235		
153	2.617993878	4.575733867		
156	2.670353756	4.592274233		
159	2.722713633	4.609389486		
162	2.827433388	4.625722394	4.630	-0.09%
165	2.879793266	4.641796428		
168	2.932153143	4.657513059		
171	2.984513021	4.672676942		
174	3.036875898	4.687042904		
177	3.089232776	4.700374152		
180	3.141592654	4.712498763	4.709	0.07%
183	3.193952531	4.723351724		
186	3.246312409	4.732992651		
189	3.298672286	4.741594099		
192	3.351032164	4.749401392		
195	3.403392041	4.756670815		
198	3.455751919	4.763597804	4.765	-0.03%

201	3.508111797	4.77024942		
204	3.560471674	4.77651538		
207	3.612831522	4.782089139		
210	3.665191429	4.786485422		
213	3.717551307	4.789094093		
216	3.769911184	4.789263488	4.790	-0.01%
219	3.822271062	4.786400489		
222	3.874630939	4.780070964		
225	3.926990817	4.77008323		
228	3.979350695	4.756539405		
231	4.031710572	4.739844436		
234	4.08407045	4.720669478	4.718	0.06%
237	4.136430327	4.699874026		

Таблица 3.5 (продолжения 2)

Х, град	Х, рад	Значение 8-й частичной суммы ряда Фурье	Экспериментальные значения, сН/пет.ст.	Отклонение
240	4.188790205	4.678398295		
243	4.2411582	4.657142704		
246	4.29350996	4.636857804		
249	4.345869837	4.618035216		
252	4.398229715	4.600898133	4.606	-0.12%
255	4.450589593	4.585359345		
258	4.50294947	4.571086678		
261	4.555309348	4.557583616		
264	4.607669225	4.54429805		
267	4.660029103	4.53073589		
270	4.71238898	4.516559388	4.509	0.17%
273	4.764748858	4.50165266		
276	4.817108736	4.486142707		
279	4.869468613	4.470372188		
282	4.921828491	4.454828903		
285	4.974188368	4.440044947		
288	5.026548246	4.426484255	4.436	-0.21%
291	5.078908123	4.414439824		
294	5.131268001	4.403960578		
297	5.183627878	4.394823025		
300	5.235887756	4.386555005		
303	5.288347634	4.378509585		
306	5.340707511	4.369977821	4.360	0.23%
309	5.393067389	4.36032156		
312	5.445427266	4.949102937		
315	5.497787144	4.336186665		

318	5.550147021	4.32179486		
321	5.602506899	4.306501486		
324	5.654866776	4.291163347	4.302	-0.25%
327	5.707226654	4.276795398		
330	5.759586532	4.264408039		
333	5.811946409	4.25483141		
336	5.864306287	4.248555111		
339	5.916666164	4.245610578		
342	5.969026042	4.245517606	4.235	0.24%
345	6.021385919	4.247307037		
348	6.073745796	4.249619916		
351	6.126105675	4.250871259		
354	6.178765552	4.249456011		
357	6.23082543	4.243967537		
360	6.283185307	4.233396237	4.242	-0.21%
62.398303	1.089055842	3.932732766	Minimum	
214.70974	3.747391971	4.789530188	Maximum	

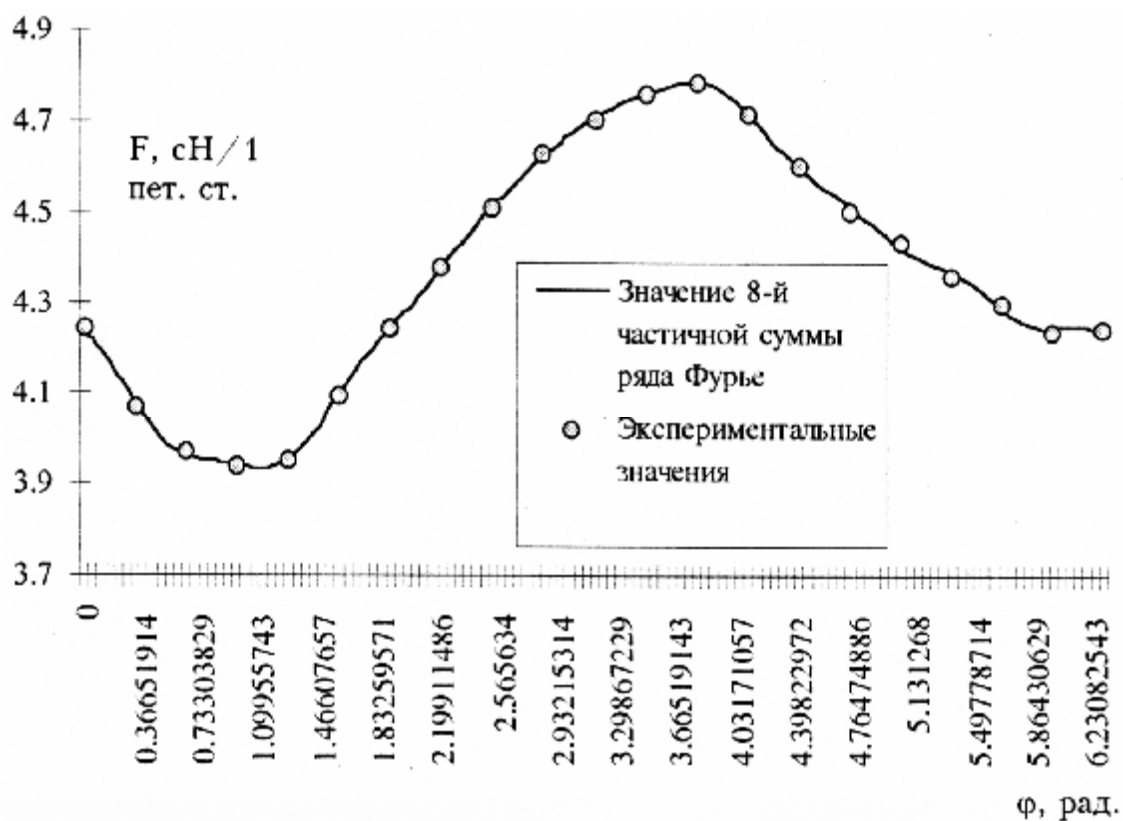


Рис. 3.1. Графік функції коливань натягу полотна за час одного циклу петлеутворення

Висновки

1. У результаті виконаних досліджень встановлено, що залежність між

величинами натягу полотна й кута повороту головного валу машини є функцією, що може бути розкладена в ряд Фур'є .

2. Коефіцієнти ряду Фур'є, представлені певними інтегралами, знайдені методом лінійної інтерполяції за допомогою формули трапецій.

3. Відповідно до алгоритму рішення поставленої задачі, отримана n -а часткова сума ряду Фур'є, для $n = 8$. У такий спосіб отримане рівняння, що аналітично описує коливання натягу полотна в зоні його відтягнення протягом одного циклу петлеутворення.

4. Побудований графік функції, заданої отриманим рівнянням, за допомогою програмного пакета EXCEL 5.0.

5. Порівняльний аналіз аналітично заданих і отриманої експериментально кривих показав, що відхилення не перевищує 0,25%.

6. Значення аналітично заданої кривої протягом усього циклу не виходять за межі довірчого інтервалу, отриманого при обробці експериментальних даних.

7. Отримане рівняння можна вважати рівнянням, що аналітично задає функцію коливання натягу полотна за час одного циклу петлеутворення, з достатнім ступенем точності.

8. За допомогою методів диференціального вирахування знайдені екстремуми функції коливання натягу полотна протягом одного циклу петлеутворення.

9. Установлено, що функція коливання натягу полотна досягає одного максимального й одного мінімального значень протягом одного циклу: максимум дорівнює 4,66 сН/1п.ст. і відповідає 4.21 рад. кута повороту головного валу машини, а мінімум дорівнює 4,08 сН/1п.ст. і відповідає 1.06 рад. кута повороту головного валу машини.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА МЕХАНІЗМІВ ДИСКРЕТНОЇ ВІДТЯЖКИ ОСНОВОВ'ЯЗАЛЬНОГО ПОЛОТНА

4.1. Ротаційний механізм відтяжки полотна

Відповідно до наведеної раніше класифікації, всі механізми відтяжки основов'язального полотна діляться на механізми постійної й періодичної дії. Огляд існуючих конструкцій механізмів відтяжки полотна основовязальних машин показав, що всі вони є механізмами постійної дії. З урахуванням вимог, що ставляться до механізмів відтяжки авторами запропонований ротаційний механізм відтяжки основов'язального полотна періодичної дії (Патент України на винахід №21891, DO4B 27/00, Хом'як О.Н., Параска Г.Б., Будкина Т.В. Механізм відтягнення полотна на основовязальних машинах, заявка №5045086/10, пріоритет 17.03.92).

В основу конструкції такого механізму покладений додатково встановлений поперек полотна вал, по всій довжині якого за допомогою зйомних кронштейнів закріплені не менш двох полотнонаправляючих стержнів. Додатковий вал перебуває між двома полотнонаправляючими балочками, а механізм у цілому - між зоною петлеутворення та системою відтяжних валів (рис. 4.1).

Механізм відтягнення містить додатковий вал 1, кинематично зв'язаний з головним валом машини 2. До додаткового валу 1 за допомогою кронштейнів 3 прикріплені два полотнонаправляючі стержні 4. Полотно 5, виходячи із зони петлеутворення 6, огинає полотнонаправляючу балочку 7, один зі стержнів 4 додаткового валу 1, другу полотнонаправляючу балочку 7 і відтягується системою відтяжних валів 8. Полотнонаправляючі балочки 7 жорстко закріплені на станині.

Механізм працює в такий спосіб: полотно 5 виходить із зони петлеутворення 6 і відтягується системою відтяжних валів 8. У ті моменти

циклу петлеутворення, коли натяг полотна зменшується, додатковий вал 1 повертається на такий кут, щоб один з полотнонаправляючих стержнів 4 вступив у взаємодію з полотном 5 і тим самим збільшив величину зусилля його відтяжки. В інші моменти циклу петлеутворення додатковий вал 1 повертається так, що полотнонаправляючі стержні 4 не взаємодіють з полотном, тим самим зменшуючи силу його відтяжки. Полотнонаправляючі балочки служать для збереження геометрії полотна.

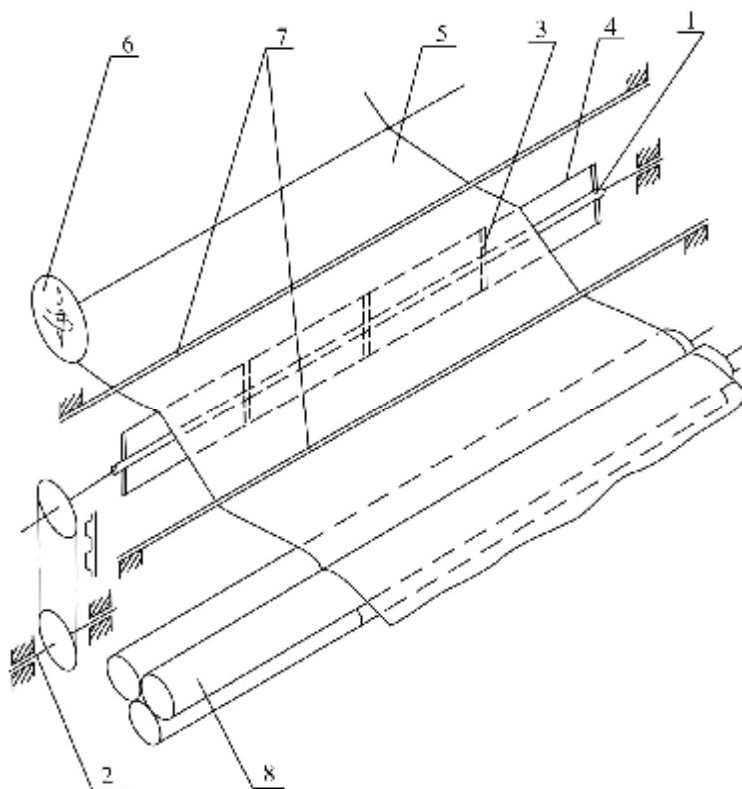


Рис. 4.1. Схема ротаційного механізму відтяжки полотна періодичної (дискретної) дії

Підбором кількості й положення полотнонаправляючих стержнів щодо осі додаткового вала можна наблизити теоретичну функцію коливання натягу полотна до дійсної. Під дійсною функцією коливання натягу полотна надалі будемо розуміти функцію, графік якої отриманий за допомогою осцилографа в результаті експерименту. Під теоретичною - функцію, зворотну отриманий за допомогою ротаційного механізму

відтягнення полотна. У цьому випадку, у періоди зростання натягу полотна, довжина його ділянки між зоною петлеутворення й системою відтяжних валів за рахунок виходу стержнів з контакту або зменшення кутів обхвату полотном буде зменшуватися, тим самим збільшення натягу полотна буде компенсовано.

У період зменшення натягу полотна на ділянці між петлеутворюючими органами й системою відтяжних валів, довжина цієї ділянки полотна збільшується за рахунок входу полотнонаправляючих стержнів у контакт з полотном і збільшення кутів обхвату полотном стержнів. Тим самим зменшення натягу полотна буде компенсовано.

Додатковий вал робить один оберт за два оберти головного валу, тобто він обертається зі швидкістю в половину меншою швидкості головного валу машини. Отже, на додатковому валу закріплені дві системи полотнонаправляючих стержнів, кожна з яких компенсує коливання натягу полотна за один цикл петлеутворення. Таким чином, досягається симетричне розташування полотнонаправляючих стержнів на додатковому валу, що дозволяє його зрівноважити та довести частоту обертання додаткового валу до 50 с^{-1} , тобто пристрій здатний працювати на основ'язальних машинах при швидкості в'язання 3000 петельних рядів за хвилину, що відповідає сучасним швидкостям роботи машини.

Установка додаткового валу в підшипники ковзання й приведення його в обертання від головного вала за допомогою зубчасто-ремінної передачі виключає істотне збільшення шуму при його експлуатації.

Для визначення ступеня компенсації коливань натягу полотна ротаційним механізмом необхідно спочатку визначити його конструктивні розміри.

4.2. Вибір конструктивних параметрів ротаційного механізму відтяжки полотна

Виходячи з конструктивних особливостей запропонованого ротаційного механізму відтяжки основов'язального полотна періодичної дії, теоретичну функцію коливання натягу полотна можна наблизити до дійсної в основному за рахунок радіальної й кутової координат закріплення полотнонаправляючих стержнів відносно осі вала й полотнонаправляючих балочок.

При виборі кількості полотнонаправляючих стержнів необхідно вирішити завдання, що відповідають вимогам: з однієї сторони кількість полотнонаправляючих стержнів повинна бути мінімальною, а з іншого боку - достатнім для істотного наближення теоретичної функції коливання натягу полотна до дійсної.

Розглянемо графік функції коливання натягу полотна, отриманий у результаті експерименту (рис. 2.5). За час кожного циклу петлеутворення натяг полотна досягає одного мінімального й одного максимального значення. Мінімум натягу полотна настає при повороті головного валу машини на $65,4^\circ$ і досягає 3,92 сН. Максимальне значення натягу настає при повороті головного валу на 229° і досягає 4,67сН на один петельний стовпчик.

Полотнонаправляючі стержні вводимо, виходячи з діаграми компенсуючих натягів полотна (рис. 4.2). Для побудови даної діаграми розглянемо схему (рис. 4.3), згідно з якою додатковий вал деякого радіуса вводимо так, щоб його поверхня торкалася полотна, не впливаючи на його натяг, а вісь перебувала посередині між зоною петлеутворення та системою відтяжних валів. На підставі схеми запишемо систему рівнянь:

$$\begin{cases} \cos \alpha = \frac{a}{y}; \\ \operatorname{tg} \alpha = \frac{x}{a}; \\ y - a = \Delta l; \\ \Delta F = k \Delta l, \end{cases}$$

де y - половина довжини ділянки полотна між зоною петлеутворення та системою відтяжних валів (рис. 4.3);

a - половина відстані між зоною петлеутворення та системою відтяжних валів (рис. 4.3);

α - кут між горизонтальною віссю й полотном (рис. 4.3);

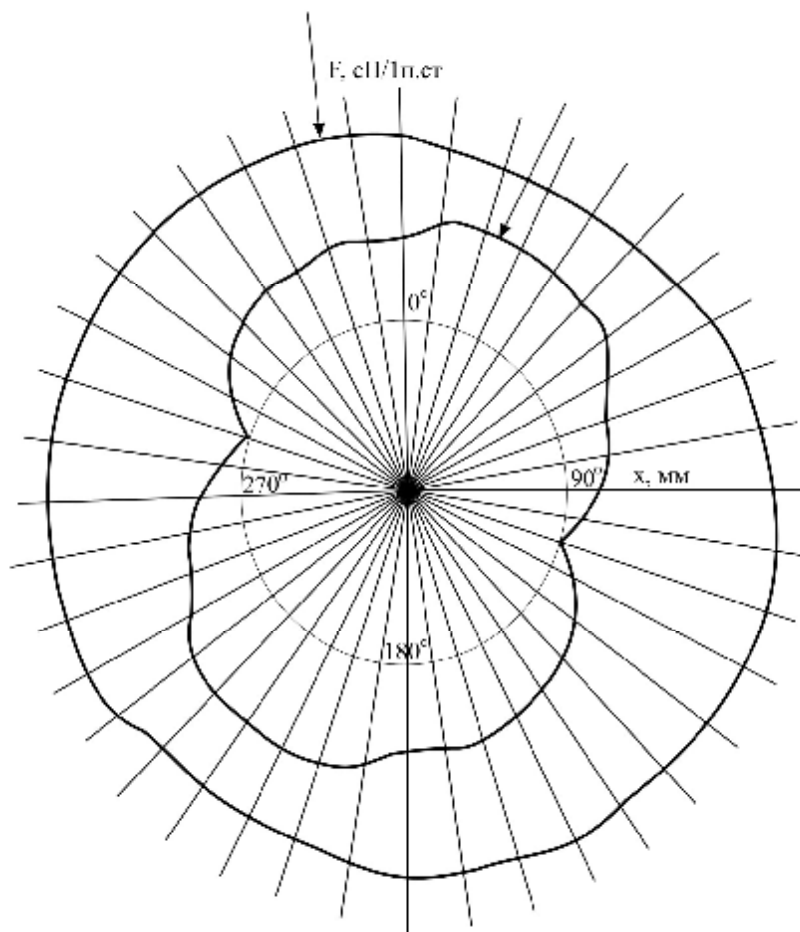


Рис. 4.2. Діаграма компенсуючих натягів полотна

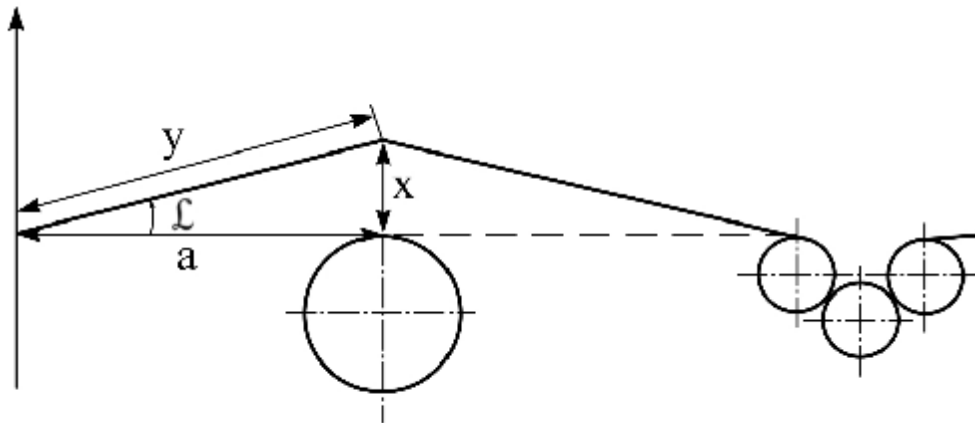


Рис. 4.3. Схема розташування додаткового валу

F - натяг полотна;

ΔF - різниця максимального й поточного натягу полотна.

l - подовження полотна;

k - модуль пружності полотна;

x - відстань від поверхні додаткового валу до точки торкання полотна направляючого стрижня з полотном, тобто компенсуючий натяг.

Останнє рівняння системи записане на підставі припущення про те, що трикотажне полотно є пружним і підкоряється закону Гука.

За умови, що $a = 95$ мм, а $k = 3,2$ сН/мм (k встановлено експериментальним шляхом для відповідного переплетення і якості нитки), для різних значень кута повороту головного валу машини, а отже для різних F , одержуємо значення величини x , за допомогою яких будемо діаграму компенсуючих натягів полотна. На рис. 4.2 показана також діаграма величини натягу полотна залежно від кута повороту головного валу машини, звідки видно, що при досягненні максимального значення натягу полотна, компенсуючий натяг відсутній, тобто додатковий вал торкається полотна своєю поверхнею, не впливаючи на його натяг. При мінімальному натягу полотна, компенсуючий натяг досягає максимуму.

На підставі вищесказаного можна зробити висновок про те, що для компенсації коливань натягу полотна необхідно ввести три полотнонаправляючі стержні, один із яких розташований у точці максимуму компенсуючих натягів, а два інших розташовані таким чином, щоб у точці мінімуму компенсуючих натягів ротаційний механізм не впливав на натяг полотна (рис. 4.4).

На рис. 4.4, 4.6, 4.9-4.12 представлені схеми положень полотнонаправляючих стержнів ротаційного механізму відтяжки полотна періодичної дії при найбільш характерних кутах повороту головного вала машини.

Введення полотнонаправляючих балочок виключає вплив кута α на роботу петлеутворюючих органів. У цьому випадку α - відстань між абсцисами осей додаткового валу та полотнонаправляючими балочками.

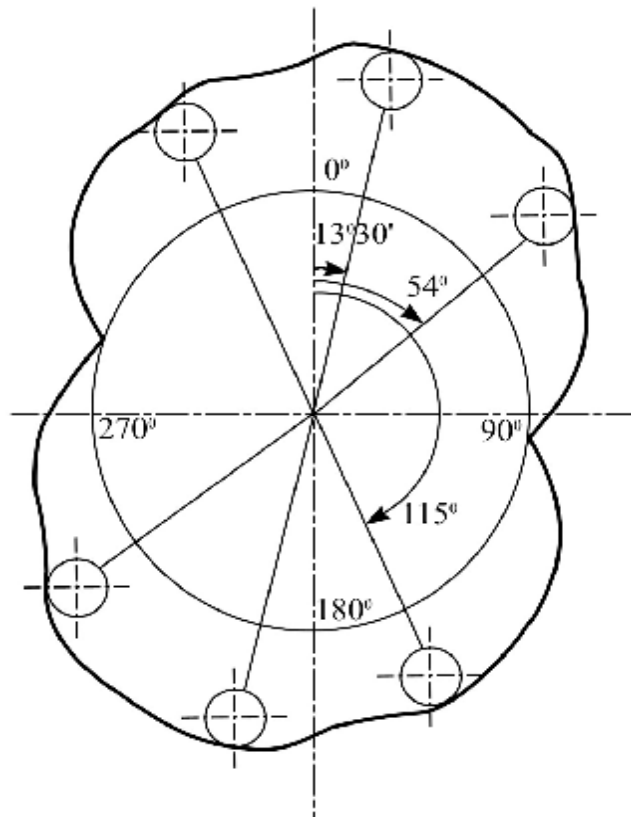


Рис. 4.4. Схема розміщення полотнонаправляючих стержнів на додатковому валу

На основі конструктивної розробки ротаційного механізму відтяжки полотна легко побудувати лінійну циклограму системи переривчастої (дискретної) відтяжки полотна (рис. 4.5), з якої видно характер впливу системи на полотно в будь-який момент циклу петлеутворення, співвіднесений з кутом повороту головного валу машини.

4.3. Оптимізація робочих параметрів ротаційного механізму відтяжки полотна

Основна умова оптимізації параметрів ротаційного механізму відтяжки полотна періодичної дії – максимальне наближення теоретичної функції коливання натягу полотна до дійсної. Виходячи із цього, цільову функцію оптимізації представимо як максимальне відхилення дійсної величини коливань натягу полотна ротаційного механізму відтяжки полотна $\Delta F_o(j)$ від теоретичної $\Delta F_m(j)$:

$$\Delta_{\max} = |\Delta F_o(j) - \Delta F_m(j)|,$$

де j - кут повороту головного валу машини.

Параметри ротаційного механізму відтяжки полотна повинні бути такими, щоб цільова функція досягала мінімального значення.

4.4. Математична модель ротаційного механізму відтяжки полотна

Відповідно до роботи [49], процес оптимізації істотно спрощується, якщо цільову функцію виразити через параметри механізму. Введемо позначення основних параметрів ротаційного механізму періодичної дії (рис. 4.6):

R_j - рухомий радіус полотнонаправляючого стержня;

a_{0j} - початковий кут ($j = 0; 2p$) рухомого радіусу полотнонаправляючого стрижня;

x_j, y_j - координати осей полотнонаправляючих балочок, стержнів, точок O_1 і O_7 .

r_j - радіус поперечного перерізу полотнонаправляючих балочок, стержнів.

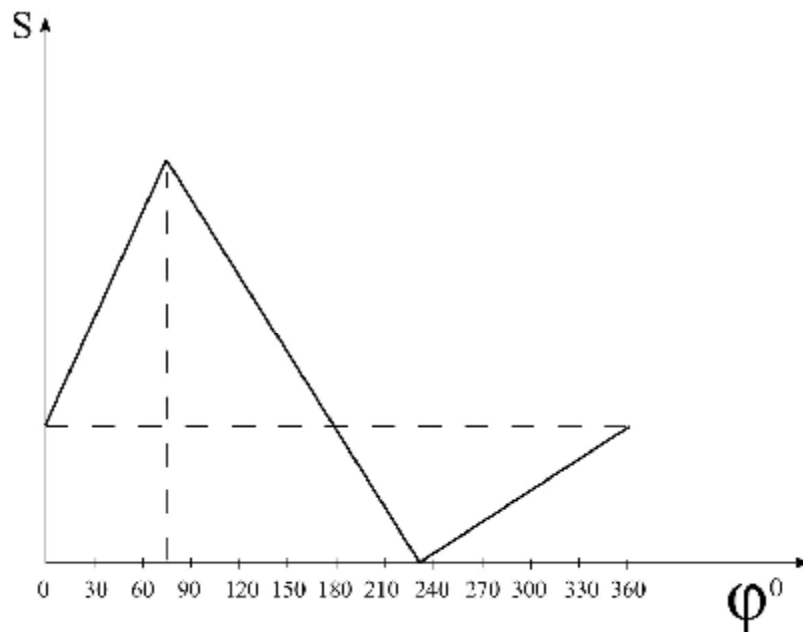


Рис. 4.5. Лінійна циклограма системи дискретної відтяжки полотна

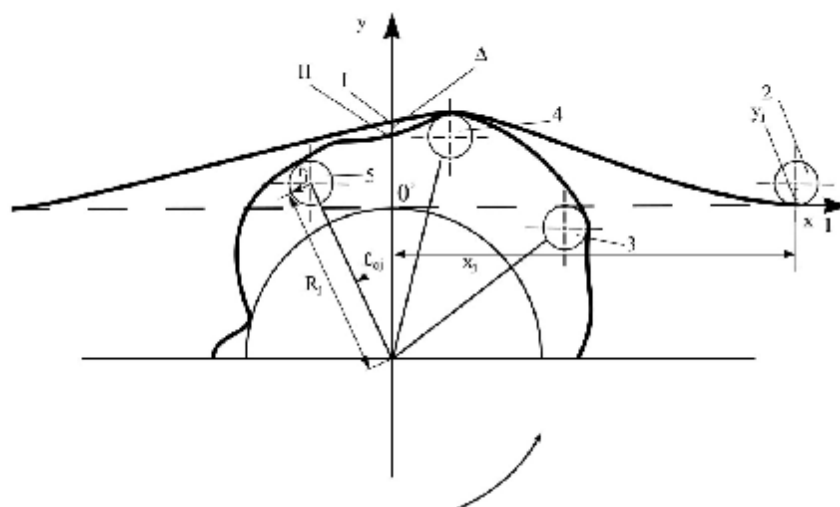


Рис. 4.6. Схема положення полотна на направляючих стержнях:

$j = 0$; Δ - функція оптимізації; I – дійсна функція; Π – теоретична функція.

На основі розрахункових схем (рис. 4.7, 4.8) виведемо залежність між теоретичною функцією компенсації коливань натягу полотна механізмом і його основних параметрів. Розрахункові схеми включають всі елементи пристрою: полотнонаправляючі балочки 2, 6, полотнонаправляючі стержні 3, 4, 5, здатні впливати на полотно. Додатковий вал не впливає на полотно, тому він у розрахункові схеми не входить. В якості точок відліку зміни величини натягу полотна механізмом відтяжки візьмемо дві довільні точки O_1 і O_7 , що знаходяться на зовнішній стороні механізму. Ділянку полотна між точками O_1 і O_7 назвемо ділянкою активного впливу механізму відтяжки на натяг полотна. Всі положення елементів механізму відтяжки полотна на розрахункових схемах визначені в прямокутній декартовій системі координат. Початок координат - точка на поверхні валу з найбільшою ординатою. Приймемо допущення, що полотно проходить по найкоротшій відстані між елементами механізму відтяжки полотна.

В процесі роботи ротаційного механізму виникають три випадки контакту його параметрів з полотном. В першому випадку жоден полотнонаправляючий стержень не контактує з полотном, додатковий вал торкається полотна, не впливаючи на його натяг. Це відбувається в той момент, коли кут повороту головного валу, досягає 229° (рис. 4.9). В цьому випадку довжина ділянки активного впливу механізму відтяжки полотна дорівнює: O_1 і $O_7 = x_{1-x7}$.

У другому випадку з полотном контактує тільки один полотнонаправляючий стержень (рис. 4.6; 4.10; 4.11; 4.12). Тоді, відповідно до розрахункової схеми (рис. 4.7) довжина полотна на ділянці, між точками O_1 і O_7 дорівнює сумі:

$$O_1O_7 = O_1A_2 + A_2\overset{\frown}{B}_2 + B_2A_3 + A_3\overset{\frown}{B}_3 + B_3A_6 + A_6\overset{\frown}{B}_6 + B_6O_7. \quad (4.1)$$

Визначемо значення кожні складової рівняння, (4.1):

$$O_1A_2 = x_1 - x_2 = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 - r_2^2},$$

$$A_2\overset{\frown}{B}_2 = r_2 * y_2, \text{ где } y_2 = 2p - (l_2 + g_2 + d_2),$$

$$l_2 = \arctg \frac{x_1 - x_2}{r_2},$$

$$g_2 = \angle O_1O_2C_2 + C_2O_2O_3 = \arctg \frac{r_2}{x_1 - x_2} + p - \arctg \frac{y_3 - y_2}{x_2 - x_3},$$

$$d_2 = \angle B_2O_2O_3 = \arccos \frac{r_2 + r_3}{\sqrt{(y_3 - y_2)^2 + (x_3 - x_2)^2}}.$$

Остаточню:

$$A_2\overset{\frown}{B}_2 = r_2(2p - (\arctg \frac{x_1 - x_2}{r_2} + \arctg \frac{r_2}{x_1 - x_2} + p - \arctg \frac{y_3 - y_2}{x_2 - x_3} + \arccos \frac{r_2 + r_3}{\sqrt{(y_3 - y_2)^2 + (x_3 - x_2)^2}})),$$

$$B_2O_3 = E_2O_3 = \sqrt{(y_3 - y_2)^2 + (x_3 - x_2)^2 - (r_2 + r_3)^2},$$

$$A_2\overset{\frown}{B}_3 = r_3 * y_3, \text{ где } y_3 = 2p - (l_3 + g_3 + d_3)$$

$$l_3 \equiv \angle A_3O_3O_2 = d_2 \equiv \angle B_2O_2O_3 = \arccos \frac{r_2 + r_3}{\sqrt{(y_3 - y_2)^2 + (x_3 - x_2)^2}},$$

$$g_3 = \angle O_2O_3C_3 + \angle C_4O_3O_6 = \arctg \frac{x_2 - x_3}{y_3 - y_2} + \arctg \frac{x_3 - x_6}{y_3 - y_6},$$

$$d_3 \equiv \angle B_3O_3O_6 = d_6 \equiv \angle A_6O_6O_3 = \frac{r_6 + r_3}{\sqrt{(y_3 - y_6)^2 + (x_3 - x_6)^2}}.$$

$$A_3\overset{\frown}{B}_3 = r_2(2p - (\arccos \frac{r_2 + r_3}{\sqrt{(y_3 - y_2)^2 + (x_3 - x_2)^2}} + \arctg \frac{x_2 - x_3}{y_3 - y_2} + \arctg \frac{x_3 - x_6}{y_3 - y_6} + \arccos \frac{r_6 + r_3}{\sqrt{(y_3 - y_6)^2 + (x_3 - x_6)^2}})),$$

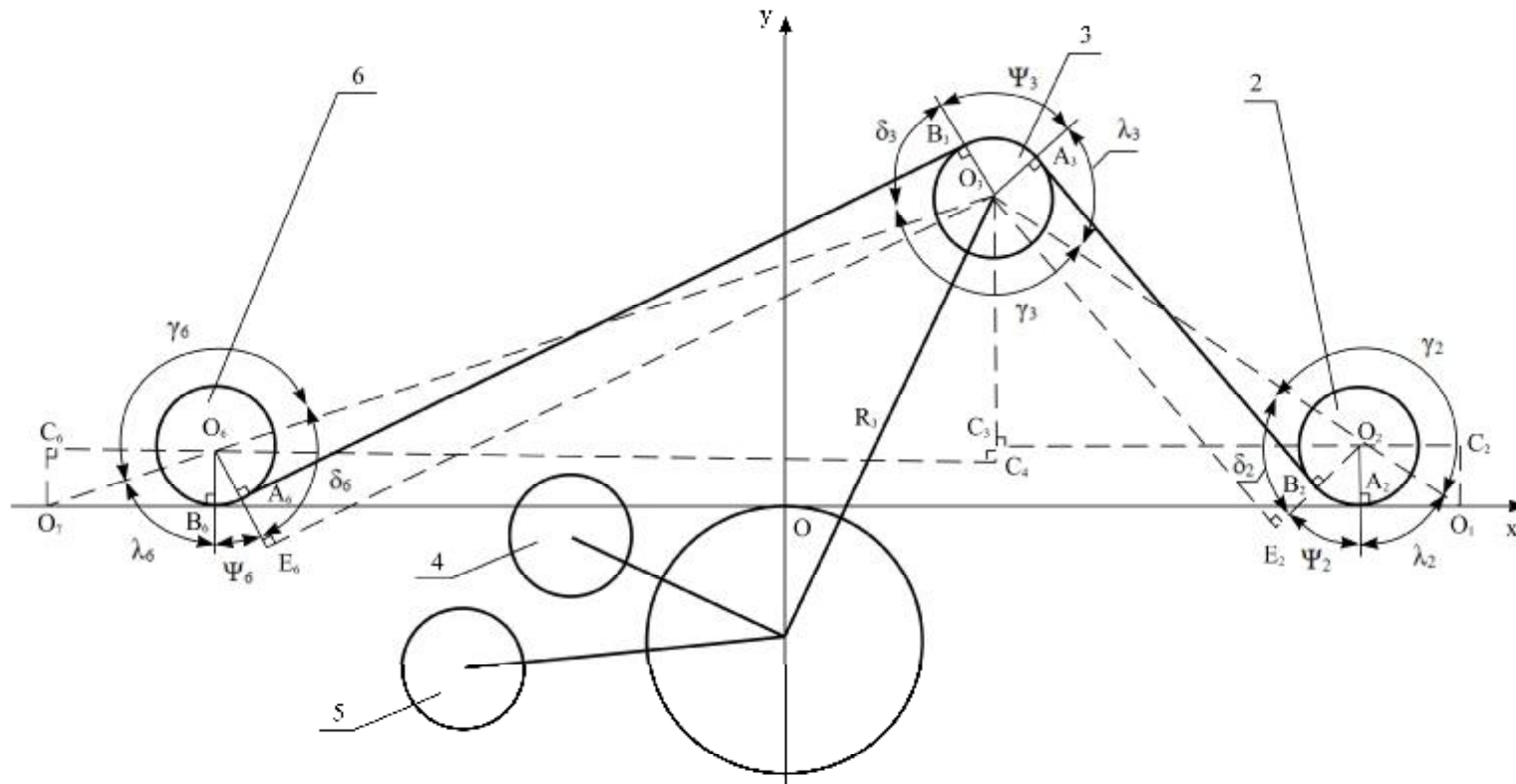


Рис. 4.7. Схема взаємодії з полотном одного напрямлюючого стержня

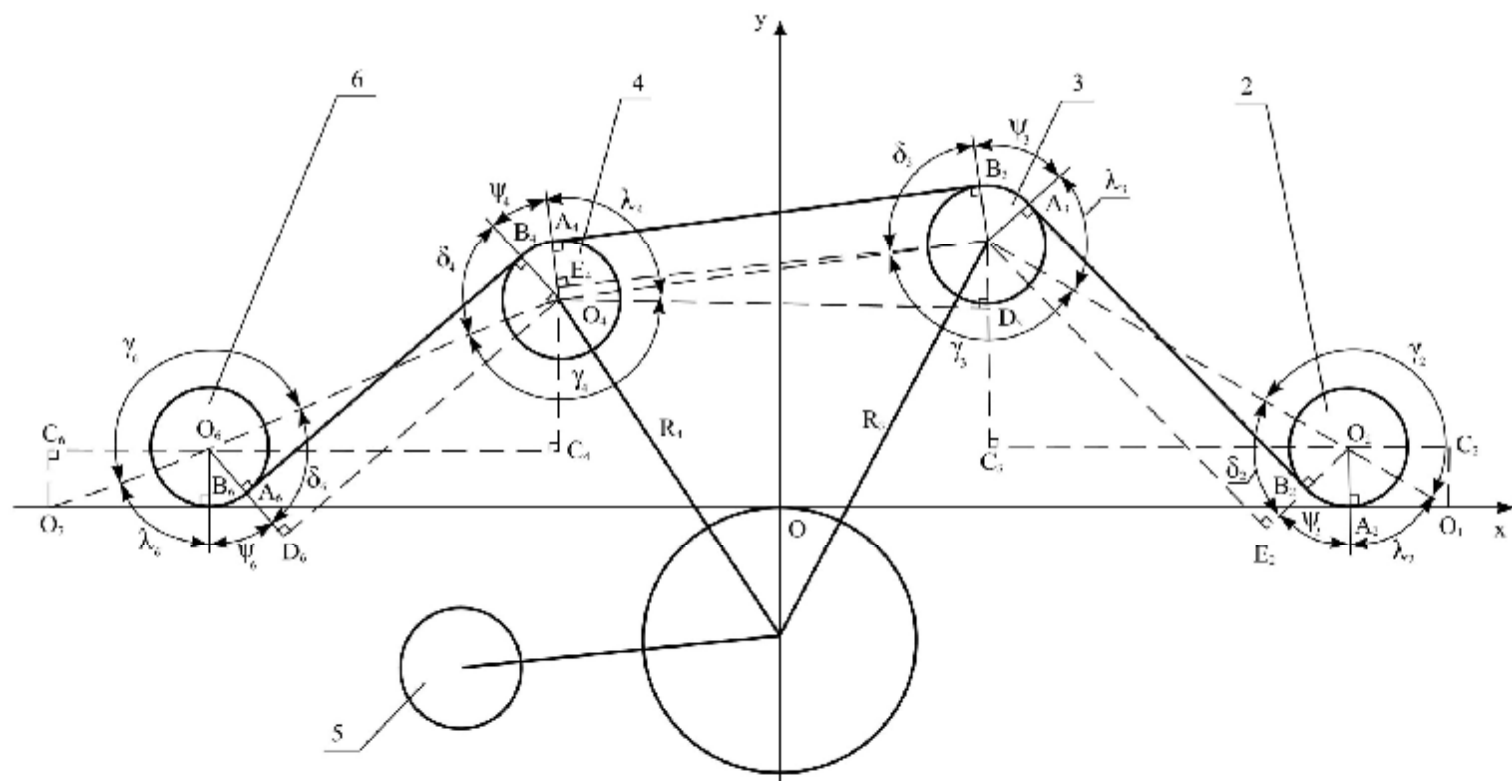
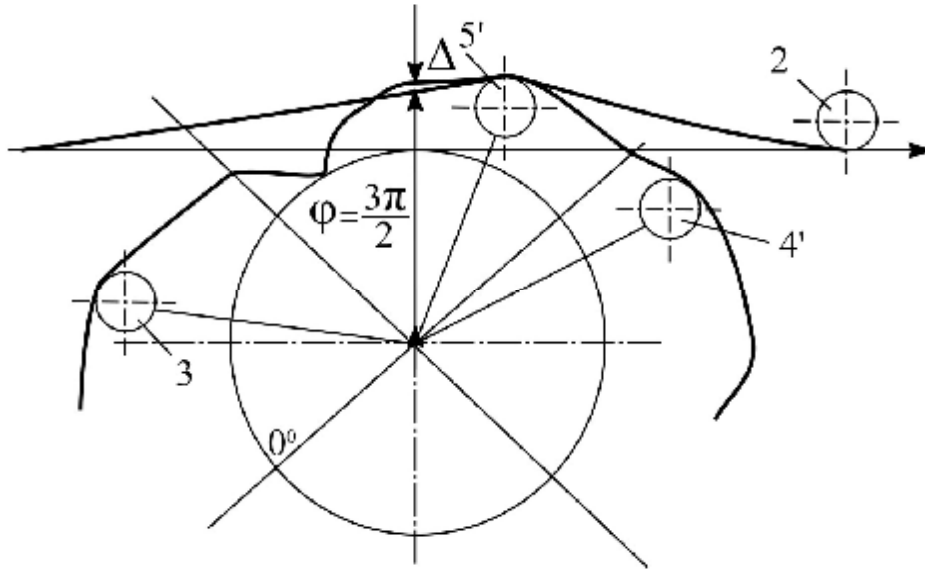
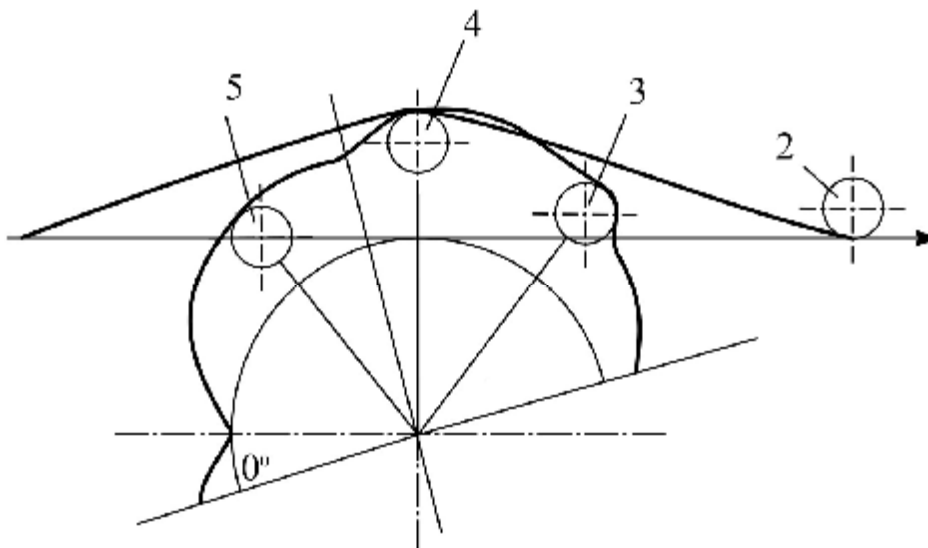


Рис. 4.8. Схема взаємодії з полотном двох напрямлюючих стержнів

Рис. 4.11. $\varphi = 3\pi/2$ Рис. 4.12. $\varphi = 65,4^\circ$, натяг полотна мінімальний,
компенсація натягу максимальна

$$B_3A_6 = O_3E_6 = \sqrt{(y_3 - y_6)^2 + (x_3 - x_6)^2 - (r_3 - r_6)^2}$$

$$A_6B_6 = r_6 * \Psi_6, \text{ де } \Psi_6 = 2p - (l_6 + g_6 + d_6),$$

$$l_6 = \arctg \frac{x_6 - x_7}{r_6}$$

$$g_6 = \angle O_7O_6C_6 + \angle C_6O_6O_3 = \arctg \frac{r_6}{x_6 - x_7} + p - \arctg \frac{y_3 - y_6}{x_3 - x_6},$$

$$d_6 = \arccos \frac{r_6 + r_3}{\sqrt{(y_3 - y_6)^2 + (x_3 - x_6)^2}}.$$

$$A_6B_6 = r_6 \left(2p - \left(\arctg \frac{x_6 - x_7}{r_6} + \arctg \frac{r_6}{x_6 - x_7} + p - \arctg \frac{y_3 - y_6}{x_3 - x_6} + \arccos \frac{r_6 + r_3}{\sqrt{(y_3 - y_6)^2 + (x_3 - x_6)^2}} \right) \right).$$

$$B_6O_7 = x_6 - x_7 = \sqrt{(x_6 - x_7)^2 + (y_6 - y_7)^2 - r_6^2}.$$

Отже, прямолінійні ділянки полотна виражаються наступним чином:

$$O_1A_2 = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 - (r_1 - r_2)^2}.$$

$$B_2A_3 = \sqrt{(x_2 - x_3)^2 + (y_2 - y_3)^2 - (r_2 - r_3)^2}.$$

$$B_3A_6 = \sqrt{(x_3 - x_6)^2 + (y_3 - y_6)^2 - (r_3 - r_6)^2}.$$

$$B_6O_7 = \sqrt{(x_6 - x_7)^2 + (y_6 - y_7)^2 - (r_6 - r_7)^2}.$$

$$r_1 = r_7 = 0$$

А дужковидні ділянки контакту полотна з полотнонаправляючими балочками і стержнями виражаються залежностями:

$$A_2\overset{\curvearrowright}{B}_2 = r_2 \left(\frac{p}{2} + \operatorname{arctg} \frac{y_3 - y_2}{x_2 - x_3} - \operatorname{arccos} \frac{r_2 + r_3}{\sqrt{(y_3 - y_2)^2 + (x_3 - x_2)^2}} \right),$$

$$A_3\overset{\curvearrowright}{B}_3 = r_3 \left(2p - \left(\operatorname{arccos} \frac{r_2 + r_3}{\sqrt{(y_3 - y_2)^2 + (x_3 - x_2)^2}} + \operatorname{arctg} \frac{x_2 - x_3}{y_3 - y_2} + \right. \right. \\ \left. \left. + \operatorname{arctg} \frac{x_3 - x_6}{y_3 - y_6} + \operatorname{arccos} \frac{r_6 + r_3}{\sqrt{(y_3 - y_6)^2 + (x_3 - x_6)^2}} \right) \right).$$

Підставляючи знайдені залежності у рівняння (4.1), отримуємо шукану довжину ділянки активної взаємодії механізму відтяжки полотна при умові, що з полотном контактує лише один полотнонаправляючий стержень.

В третьому випадку з полотном контактують одночасно два полотнонаправляючі стержні. Тоді, згідно з розрахунковою схемою (рис. 4.8) довжина ділянки активної дії механізму відтяжки дорівнює:

$$O_1O_7 = O_1A_2 + A_2\overset{\curvearrowright}{B}_2 + B_2A_3 + A_3\overset{\curvearrowright}{B}_3 + B_3A_4 + A_4\overset{\curvearrowright}{B}_4 + B_4A_6 + A_6\overset{\curvearrowright}{B}_6 + B_7O_7. \quad (4.2)$$

Розрахуємо значення кожної складової рівняння (4.2)

$$O_1A_2 = x_1 - x_2 = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 - r_2^2},$$

$$A_2\overset{\curvearrowright}{B}_2 = r_2 * \Psi_2, \text{ де } \Psi_2 = 2p - (I_2 + g_2 + d_2)$$

$$I_2 = \operatorname{arctg} \frac{x_1 - x_2}{r_2},$$

$$g_2 = \angle O_1O_2C_2 + \angle C_2O_2O_3 = \operatorname{arctg} \frac{r_2}{x_1 - x_2} + p - \operatorname{arctg} \frac{y_3 - y_2}{x_3 - x_3},$$

$$d_2 = \angle O_1O_2B_2 = \angle O_3O_2E_3 = \operatorname{arccos} \frac{r_3 + r_2}{\sqrt{(y_3 - y_2)^2 + (x_3 - x_2)^2}}.$$

Остаточно:

$$A_2 \overset{\curvearrowright}{B}_2 = r_2 \left(2p - \left(\operatorname{arctg} \frac{x_1 - x_2}{r_2} + \operatorname{arctg} \frac{r_2}{x_1 - x_2} + p - \operatorname{arctg} \frac{y_3 - y_2}{x_2 - x_3} + \operatorname{arccos} \frac{r_2 + r_3}{\sqrt{(y_3 - y_2)^2 + (x_3 - x_2)^2}} \right) \right)$$

$$B_2 A_3 = E_2 O_3 = \sqrt{(y_3 - y_2)^2 + (x_3 - x_2)^2 - (r_3 - r_2)^2}$$

$$A_3 \overset{\curvearrowright}{B}_3 = r_3 * \Psi_3, \text{ де } \Psi_3 = 2p - (I_3 + g_3 + d_3)$$

$$I_3 = \angle A_3 O_3 O_2 = \operatorname{arccos} \frac{r_2 + r_3}{\sqrt{(y_3 - y_2)^2 + (x_3 - x_2)^2}},$$

$$g_3 = \angle O_2 O_3 C_3 + \angle D_3 O_3 O_4 = \operatorname{arctg} \frac{x_2 - x_3}{y_3 - y_2} + \operatorname{arctg} \frac{x_3 - x_4}{y_3 - y_4},$$

$$d_3 = \frac{p}{2} + \angle E_4 O_3 O_4 = \frac{p}{2} + \operatorname{arcsin} \frac{r_4 - r_3}{\sqrt{(y_3 - y_4)^2 + (x_3 - x_4)^2}}$$

Остаточно:

$$A_3 \overset{\curvearrowright}{B}_3 = r_3 \left(2p - \left(\operatorname{arccos} \frac{r_3 + r_2}{\sqrt{(y_3 - y_2)^2 + (x_3 - x_2)^2}} + \operatorname{arctg} \frac{x_2 - x_3}{y_3 - y_2} + \operatorname{arctg} \frac{x_3 - x_4}{y_3 - y_4} + \frac{p}{2} + \operatorname{arcsin} \frac{r_4 - r_3}{\sqrt{(y_3 - y_4)^2 + (x_3 - x_4)^2}} \right) \right),$$

$$B_3 A_4 = O_3 E_4 = \sqrt{(x_3 - x_4)^2 + (y_3 - y_4)^2 - (r_3 - r_4)^2}$$

$$A_4 \overset{\curvearrowright}{B}_4 = r_4 * \Psi_4, \text{ де } \Psi_4 = 2p - (I_4 + g_4 + d_4),$$

$$l_4 \equiv \angle A_4 O_4 O_3 = d_2 = \arccos \frac{r_4 - r_3}{\sqrt{(y_3 - y_4)^2 + (x_3 - x_4)^2}},$$

$$g_4 = \angle O_3 O_4 C_4 + \angle C_4 O_4 O_6 = \frac{p}{2} + \operatorname{arctg} \frac{y_3 - y_4}{x_3 - x_4} + \operatorname{arctg} \frac{x_4 - x_6}{y_4 - y_6},$$

$$d_4 \equiv \angle O_5 O_4 B_4 = \angle O_4 O_6 D_6 = \arccos \frac{r_6 + r_4}{\sqrt{(y_4 - y_6)^2 + (x_4 - x_6)^2}}.$$

Остаточно:

$$A_4 \overset{\curvearrowright}{B}_4 = r_4 \left(2p - \left(\arccos \frac{r_4 + r_3}{\sqrt{(y_3 - y_4)^2 + (x_3 - x_4)^2}} + \frac{p}{2} + \operatorname{arctg} \frac{y_3 - y_4}{x_3 - x_4} + \operatorname{arctg} \frac{x_4 - x_6}{y_3 - y_6} + \arccos \frac{r_6 + r_4}{\sqrt{(y_3 - y_6)^2 + (x_4 - x_6)^2}} \right) \right),$$

$$B_4 A_6 = O_4 D_5 = \sqrt{(y_4 - y_6)^2 + (x_4 - x_6)^2 - (r_4 - r_6)^2}$$

$$A_6 \overset{\curvearrowright}{B}_6 = r_6 * \Psi_6, \quad \Psi_6 = 2p - (l_6 + g_6 + d_6)$$

$$l_6 = \angle B_6 O_6 O_7 = \operatorname{arctg} \frac{x_6 - x_7}{r_6},$$

$$g_6 = \angle O_7 O_6 C_6 + \angle C_6 O_6 O_4 = \operatorname{arctg} \frac{r_6}{x_6 - x_7} + p - \operatorname{arctg} \frac{y_4 - y_6}{x_4 - x_6},$$

$$d_6 = \angle O_4 O_6 A_6 = \arccos \frac{r_6 + r_4}{\sqrt{(y_4 - y_6)^2 + (x_4 - x_6)^2}}$$

Остаточню:

$$A_6 B_6 = r_6 \left(2p - \left(\arccos \frac{r_4 + r_6}{\sqrt{(y_4 - y_6)^2 + (x_4 - x_6)^2}} + \operatorname{arctg} \frac{x_6 - x_7}{r_6} + \right. \right. \\ \left. \left. + \operatorname{arctg} \frac{r_6}{x_6 - x_7} + p - \operatorname{arctg} \frac{y_4 - y_6}{x_4 - x_6} \right) \right),$$

$$B_6 O_7 = x_6 - x_7 = \sqrt{(x_6 - x_7)^2 + (y_6 - y_7)^2 - r_6^2}.$$

Отже, прямолинійні ділянки виражаються наступним чином:

$$O_1 A_2 = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 - r_2^2}.$$

$$B_2 A_3 = \sqrt{(x_2 - x_3)^2 + (y_2 - y_3)^2 - (r_2 + r_3)^2}.$$

$$B_3 A_4 = \sqrt{(x_3 - x_4)^2 + (y_3 - y_4)^2 - (r_4 - r_3)^2}.$$

$$B_4 A_5 = \sqrt{(x_4 - x_6)^2 + (y_4 - y_6)^2 - (r_4 + r_6)^2}.$$

$$B_6 O_7 = \sqrt{(x_6 - x_7)^2 + (y_6 - y_7)^2 - r_6^2}.$$

Дужкоподібні, ділянки полотна виражаються наступними залежностями:

$$A_2 B_2 = r_2 \left(\frac{p}{2} + \operatorname{arctg} \frac{y_3 - y_2}{x_2 - x_3} - \arccos \frac{r_2 + r_3}{\sqrt{(y_3 - y_2)^2 + (x_3 - x_2)^2}} \right),$$

$$A_3 B_3 = r_3 \left(2p - \left(\arccos \frac{r_2 + r_3}{\sqrt{(y_3 - y_2)^2 + (x_3 - x_2)^2}} + \operatorname{arctg} \frac{x_2 - x_3}{y_3 - y_2} + \right. \right. \\ \left. \left. + \operatorname{arctg} \frac{x_3 - x_4}{y_3 - y_4} + \arccos \frac{r_3 - r_4}{\sqrt{(y_3 - y_4)^2 + (x_3 - x_3)^2}} \right) \right),$$

$$A_4 B_4 = r_4 \left(2p - \left(\arccos \frac{r_4 - r_3}{\sqrt{(y_3 - y_4)^2 + (x_3 - x_4)^2}} + \frac{2}{p} + \operatorname{arctg} \frac{y_3 - y_4}{x_3 - x_4} + \right. \right. \\ \left. \left. + \operatorname{arctg} \frac{x_4 - x_6}{y_4 - y_6} + \arccos \frac{r_6 + r_4}{\sqrt{(y_4 - y_6)^2 + (x_4 - x_6)^2}} \right) \right),$$

$$A_6B_6 = r_6 \left(\frac{p}{2} + \operatorname{arctg} \frac{y_4 - y_6}{x_4 - x_6} + \operatorname{arccos} \frac{r_6 + r_4}{\sqrt{(y_4 - y_6)^2 + (x_4 - x_6)^2}} \right).$$

Підставляючи знайдені залежності у рівняння (4.2), отримуємо шукану довжину ділянки активної взаємодії механізму відтяжки на полотно при умові, що з полотном контактує одночасно два полотнонаправляючих стержні.

Застосовуючи формули зв'язку між зворотними тригонометричними функціями, перетворюємо отримані залежності між довжиною полотна і координатами осей стержнів і балочок, що контактують з полотном.

Узагальнюючи перетворені співвідношення, отримаємо:

$$B_iA_{i+1} = \sqrt{(x_i - x_{i+1})^2 + (y_i - y_{i+1})^2} - (nr_i + r_{i+1}).$$

$$r_1 = r_6 = 0$$

- для прямолінійних ділянок полотна;

$$A_iB_i = r_i \left(\frac{p}{2} + \operatorname{arctg} \frac{y_{i+1} - y_i}{x_i - x_{i+1}} - \operatorname{arccos} \frac{r_i + r_{i+1}}{\sqrt{(y_i - y_{i+1})^2 + (x_i - x_{i+1})^2}} \right),$$

$$A_iB_i = r_i \left(\frac{p}{2} + \operatorname{arctg} \frac{y_{i-1} - y_i}{x_{i-1} - x_i} - \operatorname{arccos} \frac{r_{i-1} - r_i}{\sqrt{(y_i - y_{i-1})^2 + (x_i - x_{i-1})^2}} \right),$$

- для дуг першої і другої балочок, що контактують з полотном, відповідно;

$$\begin{aligned}
A_i B_i = & r_i \left(2p - \left(\arccos \frac{nr_{i-1} + r_i}{\sqrt{(y_{i-1} - y_i)^2 + (x_{i-1} - x_i)^2}} + \right. \right. \\
& + \arcsin \frac{x_{i-1} - x_i}{\sqrt{(y_{i-1} - y_i)^2 + (x_{i-1} - x_i)^2}} + \arcsin \frac{x_i - x_{i+1}}{\sqrt{(y_{i+1} - y_i)^2 + (x_{i+1} - x_i)^2}} + \\
& \left. \left. + \arccos \frac{r_i - nr_{i+1}}{\sqrt{(y_i - y_{i+1})^2 + (x_i - x_{i+1})^2}} \right) \right),
\end{aligned}$$

де

$$n = \begin{cases} +1 \\ -1 \end{cases}, \quad (4.3)$$

при цьому $n = +1$, якщо розглядається ділянка між стержнем і балочкою і $n = -1$, якщо розглядається ділянка між двома стержнями – для дуг стержнів, що контактують з полотном.

4.5. Визначення параметрів ротаційного механізму відтяжки полотна періодичної дії

Виразимо поточні координати осей полотнонаправляючих балочок і стержнів через параметри ротаційного механізму відтяжки полотна R_j і a_{0j} (рис. 4.6):

$$\begin{aligned}
x_j(j) &= R_j \sin\left(a_{0j} + \frac{j}{2}\right) \\
y_j(j) &= R_j \cos\left(a_{0j} + \frac{j}{2}\right)
\end{aligned}$$

Підставляючи ці формули в (4.3), отримуємо залежність між довжиною ділянки активної дії механізму відтяжки полотна l_{0107} і параметрами ротаційного механізму відтяжки полотна періодичної дії: r_j , R_j , і a_{0j} , $j = 1, \dots, 6$.

Визначимо взаємозв'язок між параметрами ротаційного механізму відтяжки полотна R_j і a_{0j} при $j = 1, \dots, 6$. Для цього використовуємо розрахункову схему, зображену на рис. 4.9.:

$$l_{2,6} = 2x_2, \text{ при } j = 229^\circ.$$

На рис. 3.9 показаний момент, коли жоден стержень не діє на полотно. Із розрахункової схеми рис. 4.12 отримаємо:

$$l_{2,6} = 2\sqrt{(R_4 + r_4 - r_6)^2 + x_2^2} \text{ при } j = 65,4^\circ.$$

На схемв зображений момент максимальної дії полотно-направляючих стержнів на полотно. Звідси виходить:

$$\Delta l_{max} = l_{2,6}|_{j=65,4^\circ} - l_{2,6}|_{j=229^\circ} = 2\sqrt{(R_4 + r_4 - r_6)^2 + x_2^2} - 2x_2$$

Із знайденої формули знаходимо:

$$R_4 = \sqrt{\Delta l_{max} \left(\frac{\Delta l_{max}}{4} + x_2 \right)} + r_B - r_4; \quad a_{04} = \frac{65,4^\circ}{2}.$$

Зі схеми на рис. 4.9 знаходимо інші залежності:

$$\Delta ABC: \quad \angle BAC = \arccos \frac{r_B - r_5'}{R_5'};$$

$$\angle BAC|_{j=229^\circ} = 2p - \frac{j}{2} - a_{05'};$$

$$a_{05'} = p + a_{05};$$

$$\angle BAC = p - \frac{j}{2} - a_{05}.$$

Остаточню:

$$a_{05} = p - \arccos \frac{r_B - r_5}{R_5} - \frac{229^\circ}{2}$$

$$\Delta ABD: \quad \angle BAD = \arccos \frac{r_B - r_3}{R_3};$$

$$\angle BAD = \frac{j}{2} - a_{03};$$

$$a_{03} = \frac{229^\circ}{2} - \frac{r_B - r_3}{R_3}.$$

Для того, щоб визначити, при яких значеннях j – ий стержень входить у контакт з полотном або виходить із контакту, введемо наступний критерій. Нехай $\Omega_j(j)$ – кут обхвату стержня полотном. Тоді з формул (4.3) виходить:

$$\Omega_j(j) = \frac{A_j B_j}{r_j} = 2p - \left(\arccos \frac{(-1)^{j+1} r_{j-1} + r_j}{\sqrt{(y_{j-1} - y_j)^2 - (x_{j-1} - x_j)^2}} + \right. \\ \left. + \arcsin \frac{x_{j-1} - x_j}{\sqrt{(y_{j-1} - y_j)^2 - (x_{j-1} - x_j)^2}} + \arcsin \frac{x_j - x_{j+1}}{\sqrt{(y_j - y_{j+1})^2 - (x_j - x_{j+1})^2}} + \right. \\ \left. + \arccos \frac{(-1)^{j+1} r_{j+1} + r_j}{\sqrt{(y_{j+1} - y_j)^2 - (x_{j+1} - x_j)^2}} \right).$$

У цьому випадку, якщо

$\Omega_j(j) > 0$ - j – ий стержень перебуває в контакті з полотном;

$\Omega_j(j) = 0$ - j - ий стержень входить або виходить із контакту;

$\Omega_j(j) < 0$ - контакт відсутній.

4.6. Результати рахування програми

Розрахунок параметрів ротаційного механізму відтягнення полотна виконувався відповідно до блок-схеми, показаної на рис. 4.13, 4.14. Для розрахунку параметрів були задані наступні значення:

$r_2 = r_6 = 6$ мм – радіуси поперечного перерізу полотнонаправляючих балочок;

$r_3 = r_4 = r_5 = 3$ мм – радіуси поперечного перерізу полотна направляючих стрижнів;

$r_B = 20$ мм – радіус додаткового валу;

$x_2 = 95$ мм, $x_6 = -95$ мм – відстань від центре додаткового валу до першої та другої полотнонаправляючих балочок відповідно;

$k = 3,2$ сН/мм - коефіцієнт пружності для трикотажного полотна, виконаного переплетенням трико-сукно з віскози 6,7 текс.

Значення дійсної функції коливання натягу полотна задані в табл.3.5.

В результаті розрахунків отримано наступні результати:

$R_3 = 28$ мм, $R_4 = 28,66$ мм, $R_5 = 26$ мм – рухомі радіуси полотнонаправляючих стержнів; $\alpha_{03} = 2,70526$ рад., $\alpha_{04} = 0,94248$ рад., $\alpha_{05} = 0,23562$ рад. - початкові кути рухомих радіусів (рис. 4.4).

При таких параметрах ротаційного механізму функція оптимізації $\Delta_{\max}(R_3, R_5, j)$ досягає мінімального значення $\Delta_{\max} = 1,2544$.

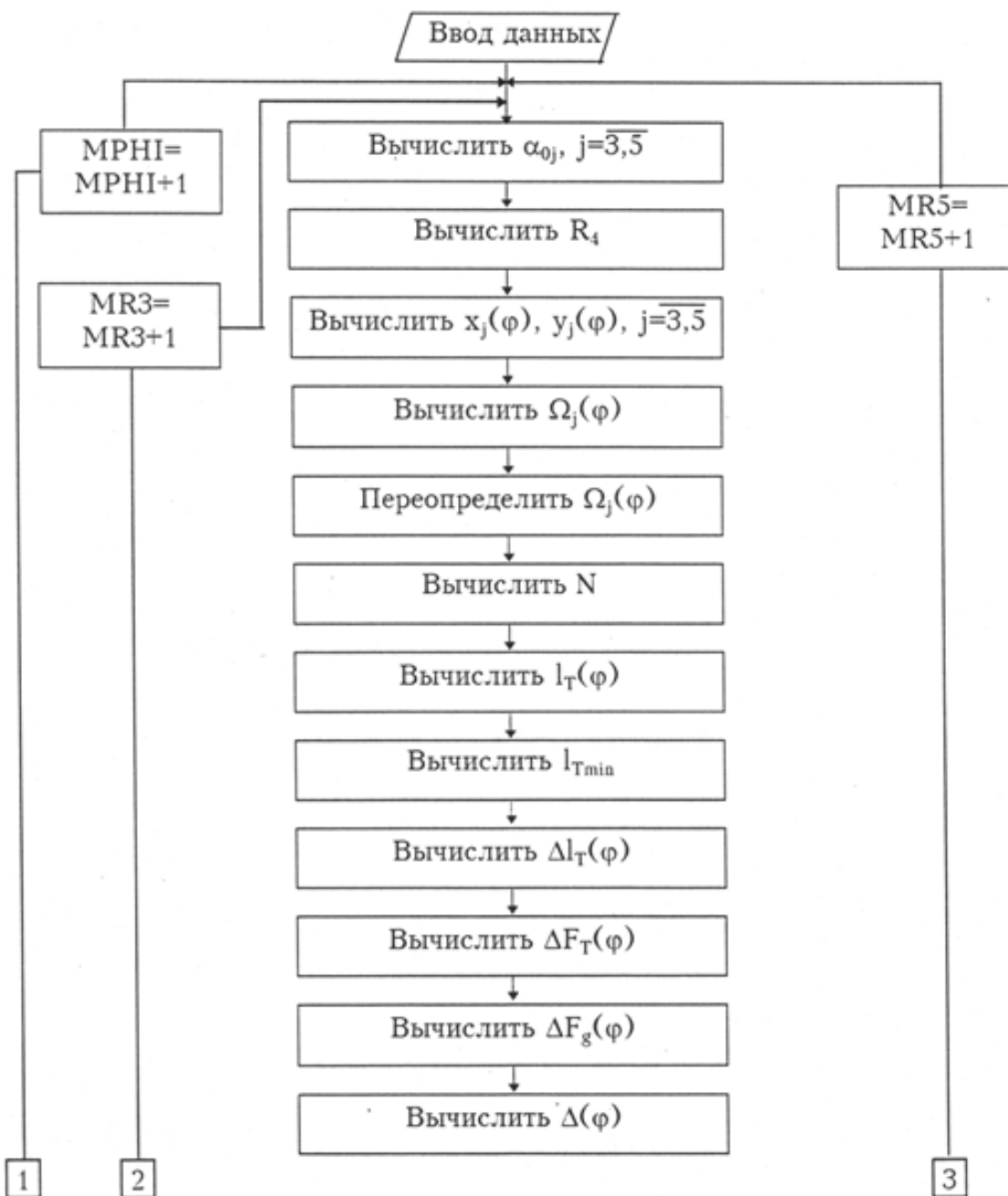


Рис. 4.13. Блок-схема програми по визначенню параметрів ротаційного механізму відтяжки полотна періодичної дії на основов'язальній машині

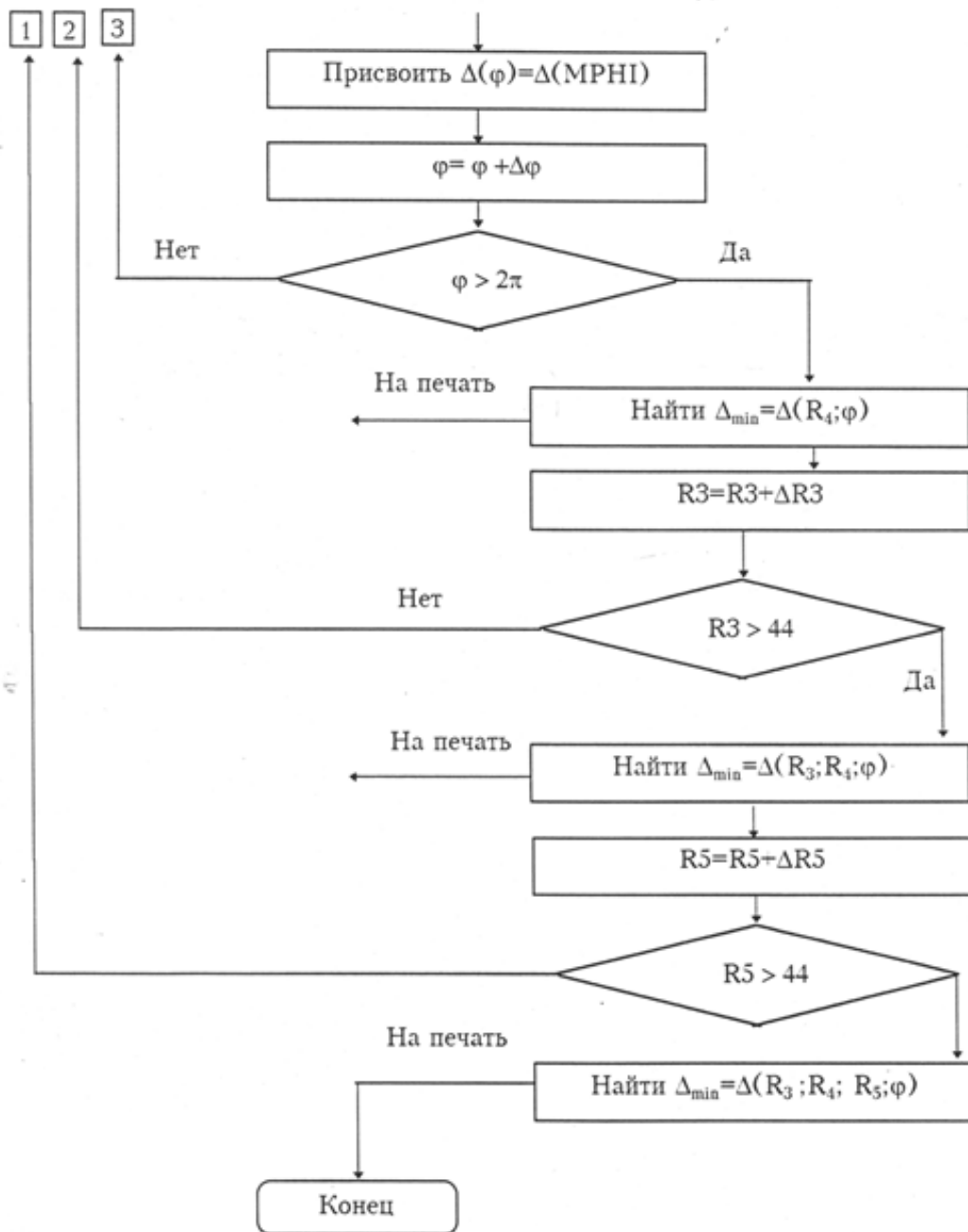


Рис. 4.14. Блок-схема програми по визначенню параметрів ротаційного механізму відтяжки полотна періодичної дії на основов'язальній машині (продовження)

4.7. Проектування електромагнітного механізму відтяжки

основов'язального полотна періодичної дії

Описаний вище ротаційний механізм відноситься до пристроїв відтяжки полотна періодичної дії механічного типу. Розглянемо електромашинні механізми відтяжки полотна.

Авторами запропоновано електромагнітний механізму відтяжки основов'язального полотна (Патент РФ №2077624, Хом'як О.Н., Параска Г.Б., Будкина Т.В., Чабан В.В. Механізм відтягнення полотна на основов'язальних машинах, заявка №5045087/12(012880), пріоритет 17.03.92).

В основу конструкції такого механізму покладені електромагніт, та дві подушки, розташованих з обох сторін полотна, закріплених на станині машини та підпружинені. При цьому електромагніт розташований під нижньою подушкою й послідовно з'єднаний з підсилювачем і задатчиком сигналу. Доцільно, щоб подушки були виконані у вигляді металевих пластин із шорсткуватою внутрішньою поверхнею (рис. 4.15).

Механізм відтяжки полотна містить верхню подушку 1, підпружинену пружиною 2, нижню подушку 3, підпружинену пружиною 4, електромагніт 5, розташований під нижньою подушкою 3 і послідовно з'єднаний з підсилювачем сигналу 6 і задатчиком сигналу 7. Полотно 8 виходить із зони петлеутворення 9, проходить між подушками 1 і 3 і відтягується системою відтяжних валів 10, кінематично зв'язаних між собою та установлених на станині основов'язальної машини. В якості підсилювача та задатчика сигналу можна вибрати будь-які відомі раніше пристрої, наприклад підсилювач постійного струму й електронну пару.

Пристрій працює таким чином: полотно 8 виходить із зони петлеутворення 9 і відтягується системою відтяжних валів 10. Зусилля відтяжки полотна виконує свою функцію в ті моменти циклу петлеутворення, коли в'язальна голка перебуває в нижньому положенні або рухається вгору, а саме в моменти формування, відтягнення, замикання і прокладання. У цей час задатчик

сигналу 7 подає сигнал на підсилювач 6, що підсилює сигнал і включає в роботу електромагніт 5. Електромагніт притягує подушку 3, утворюючи щілину між подушками 1 і 3. У результаті цього система відтяжних валів 10 відтягує полотно. В інші моменти циклу петлеутворення величина відтяжки зменшується тим, що електромагніт 5 не впливає на подушку 3 і, за допомогою пружин 2 і 4, подушки 1 і 3 затискають полотно й зусилля відтяжки від системи відтяжних валів 10 не передається на органи петлеутворення 9. При цьому незначна сили відтяжки полотна не деформує голки, що перебувають у верхньому положенні, або рухаються вниз, а також не збільшує довжину петель, що позитивно впливає на якість трикотажу.

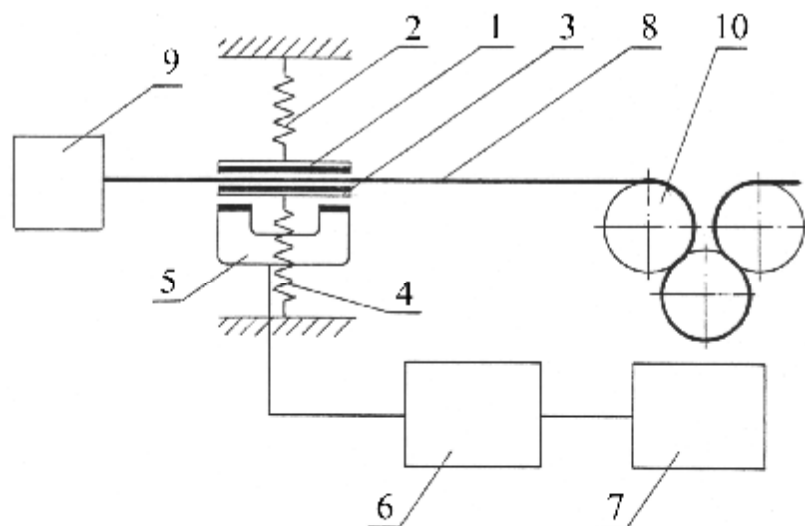


Рис. 4.15. Схема електромагнітного механізму відтяжки полотна періодичної дії за датчиком і зусиллям сигналу

Таким чином, міняючи защемлення та вільне проковзування полотна між подушками, можна наблизити теоретичну функцію коливання натягу полотна до дійсного.

Крім запропонованого вище пристрою, авторами запропонована ще одна електромагнітна система переривчастого відтягнення полотна (рис. 4.16).

Конструктивно вона аналогічна попередній, але більш проста, оскільки не містить підсилювача та задатчика сигналу. Ця система переривчастого відтягнення полотна включає додатковий вал, кінематично зв'язаний з головним валом машини, електромагніт, жорстко закріплений на валу, верхню та нижню подушки, при цьому нижня подушка жорстко закріплена на станині, а верхня підпружинена. Доцільно, щоб подушки були виконані у вигляді металевих пластин із шорсткуватою внутрішньою поверхнею, а електромагніт мав форму циліндра із двома лисками.

Виконання системи натягу полотна у вигляді верхньої підпружиненої і нижньої жорстко закріпленої подушок, взаємодіючих з електромагнітом, що регулює вплив подушок на полотно, дозволяє регулювати натяг полотна усередині циклу петлеутворення й зберігати геометрію полотна постійною. Виконання подушок у вигляді металевих пластин із шорсткуватою внутрішньою поверхнею забезпечує тісний контакт подушок з полотном, не допускаючи вільного проковзування його в процесі петлеутворення. Внутрішні поверхні пластин, які безпосередньо стикаються з полотном, можуть бути обклеєні матеріалом із шорсткуватою поверхнею, наприклад сукном, наждаковим полотном і т.п.

На рис. 4.16 представлена схема механізму відтяжки полотна основ'язальної машини. Механізм відтяжки полотна містить верхню подушку 1, підпружинену пружиною 2, нижню подушку 3, жорстко закріплену на станині машини, електромагніт 4, жорстко закріплений на валу 5 з можливістю обертання разом з ним. Полотно 6 виходить із зони петлеутворення 7, проходить між подушками 1 і 3 і відтягається системою відтяжних валів 8, кінематично зв'язаних з головним валом машини 9 і встановлених на станині.

Пристрій працює таким чином: полотно 6 виходить із зони петлеутворення 7 і відтягується системою відтяжних валів 8. Зусилля відтяжки полотна виконує свою функцію в ті моменти циклу петлеутворення, коли в'язальна голка

перебуває в нижньому положенні або рухається вгору, а саме в моменти формування, відтягнення, замикання та прокладання.

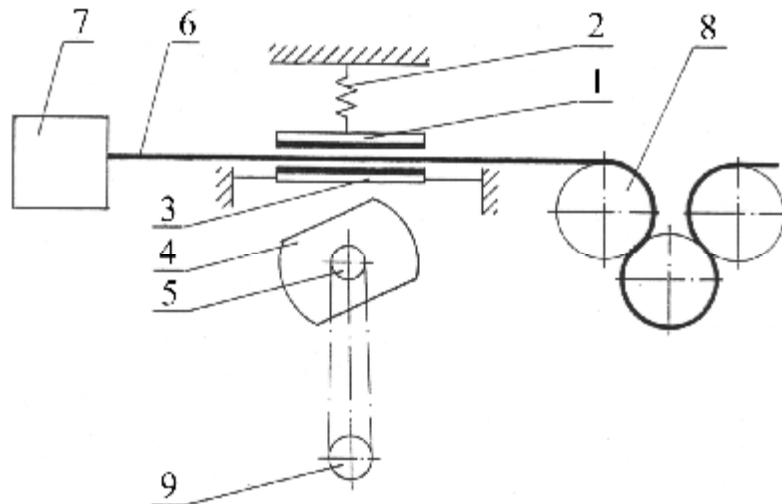


Рис. 4.16. Схема електромагнітного механізму відтяжки полотна періодичної дії з обертовим електромагнітом

У цей час додатковий вал 5 повертається на такий кут, щоб електромагніт 4 не впливав на подушки 1 і 3. У результаті цього між подушками утвориться щілина й полотно 6 відтягується системою відтяжних валів 8. В інші моменти циклу петлеутворення відтяжка полотна не потрібна. У цей час додатковий вал 5 повертається на кут 90° . При цьому електромагніт 4 впливає на подушки 1 і 3, у результаті чого подушка 1 притягається до подушки 3 і заземляє полотно 6, внаслідок цього зусилля відтяжки полотна від системи відтяжних валів 8 не передається на органи петлеутворення 7. У такий спосіб здійснюється переривчасте відтягнення полотна.

При розрахунку зусилля електромагніту використовується формула [50]:

$$F = \frac{1}{2\mu_0} B^2 S,$$

де B - індукція у середині сердечника;

S - площа зіткнення сердечника і якоря;

μ_0 - магнітна постійна, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м.

Для того, щоб спроектувати геометрію перетину електромагніту, урахуємо, що додатковий вал, на якому закріплений електромагніт, робить один оберт за два оберти головного вала. Це обумовлено тим, що маса електромагніту повинна розподілятися симетрично щодо вісі додаткового вала. Отже, головний вал машини з'єднаний з додатковим валом за допомогою ланцюгової передачі з передаточним числом 2. Як уже було сказано вище, відтяжка полотна повинна відбуватися в моменти формування, відтягнення, замикання та прокладання, що відповідає проміжку повороту головного валу від 290° до 360° і від 0° до 200° . Щоб відтяжка полотна здійснювалась, електромагніт не повинен впливати на верхню подушку (між верхньою та нижньою подушками повинна бути щілина для вільного просування полотна). Отже, у цей час електромагніт повинен бути повернутий лискою до подушок і полотна. В інші моменти циклу петлеутворення, а саме: від 200° до 290° кута повороту головного валу машини, відтяжка не повинна відбуватися. При цьому магніт за допомогою подушок повинен защемляти полотно.

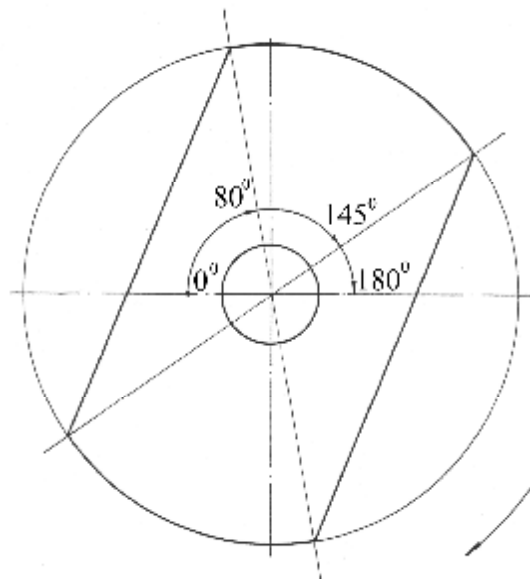


Рис. 4.17. Схема перерізу електромагніту

Виходячи із цього, перетин магніту має форму, показану на рис. 4.17. Симетричний розподіл маси електромагніта відносно осі додаткового вала дозволяє зрівноважити його та максимально збільшити частоту обертання, тобто пристрій здатний працювати на основов'язальних машинах при високих швидкостях в'язання. Установка додаткового валу в підшипники ковзання виключає істотне збільшення шуму при його експлуатації.

У результаті виконаних досліджень по розробці механізмів дискретної (переривчастої) відтяжки основов'язального полотна встановлено наступне:

1. На підставі вимог, що ставляться до механізмів відтяжки основов'язального полотна, запропонована принципова схема механізму відтяжки полотна періодичної дії.

2. На основі даних, отриманих у результаті експерименту, зроблена конструктивна розробка ротаційного механізму відтяжки полотна.

3. Основними параметрами ротаційного механізму є радіальна та кутова координати закріплення полотнонаправляючих стержнів на додатковому валу.

4. Додатковий вал повинен мати дві системи полотнонаправляючих стержнів, розташованих симетрично відносно його осі, що дозволяє зрівноважити вал і знизити частоту його обертання у два рази відносно частоти обертання головного валу машини.

5. Побудована лінійна циклограма системи дискретної відтяжки полотна.

6. Поставлено завдання визначення основних параметрів механізму переривчастої відтяжки основов'язального полотна.

7. Побудовано математичну модель ротаційного механізму відтяжки полотна, що розглядає три можливих варіанти :

- додатковий вал не впливає на полотно;
- с полотном контактує один полотнонаправляючий стержень;
- с полотном контактують два полотнонаправляючі стержні.

8. Розроблено програму та визначені параметри ротаційного механізму відтягнення полотна періодичної дії; встановлено, що радіальні координати

полотнонаправляючих балочок повинні бути такими: 28 мм; 28,66 мм; 26 мм, а кутові – $13,5^\circ$; 54° і 155° .

9. При таких параметрах ротаційного механізму функція оптимізації досягає свого мінімального значення $\Delta_{\min} = 1,2544$.

10. Запропоновано принципові схеми двох видів електромагнітних механізмів відтяжки основовазального полотна періодичної дії: зі стаціонарно встановленим електромагнітом та обертовим електромагнітом.

РОЗДІЛ 5

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОТАЦІЙНОГО МЕХАНІЗМУ ВІДТЯЖКИ ОСНОВОВ'ЯЗАЛЬНОГО ПОЛОТНА

5.1. Стенд для експериментальних досліджень ротаційного механізму відтяжки полотна

Виходячи із призначення системи дискретної відтяжки полотна, розроблювальний стенд для експериментальних досліджень ротаційного механізму відтяжки основов'язального полотна повинен відповідати наступним вимогам:

- відтворювати практично будь-який закон збурюючої сили відтяжки полотна як по характеру, так і по швидкості дії;
- забезпечити запис функції збурювання, функції компенсації коливання натягу полотна, а також їхню сумарну функцію;
- забезпечити можливість установки на стенді будь-якого виду системи дискретної відтяжки основов'язального полотна.

Відповідно до зазначених вимог авторами був розроблений стенд, що включає кілька блоків:

- блок задання функції збурювання I (рис. 5.1);
- блок компенсації II (рис. 5.1);
- блок реєстрації III (рис. 5.2).

Блок задання функції збурювання (рис. 5.1) являє собою кулачковий механізм. Кулачок 1 з'єднаний із двигуном постійного струму 2 за допомогою головного валу та з роликком 3 за допомогою пружини 4. Ролик 3 з'єднаний із щупом 5, що взаємодіє з полотном 6.

Блок задання функції збурювання діє таким чином: кулачок 1 одержує обертовий рух від двигуна постійного струму 2 і передає його ролику 3. Від ролика 3 рух передається щупу 5, що робить зворотно - поступальний рух у

вертикальному напрямку і, взаємодіючи з полотном, відтворює коливання натягу полотна при роботі основов'язальної машини.

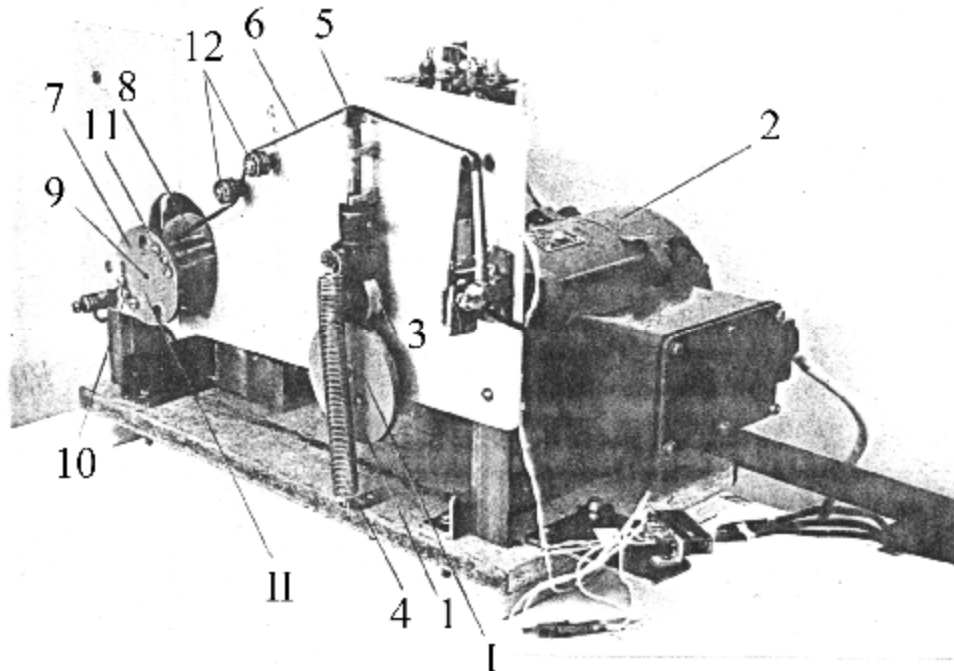


Рис. 5.1: I – блок функції збурювання; II – блок компенсації натягу основов'язального полотна

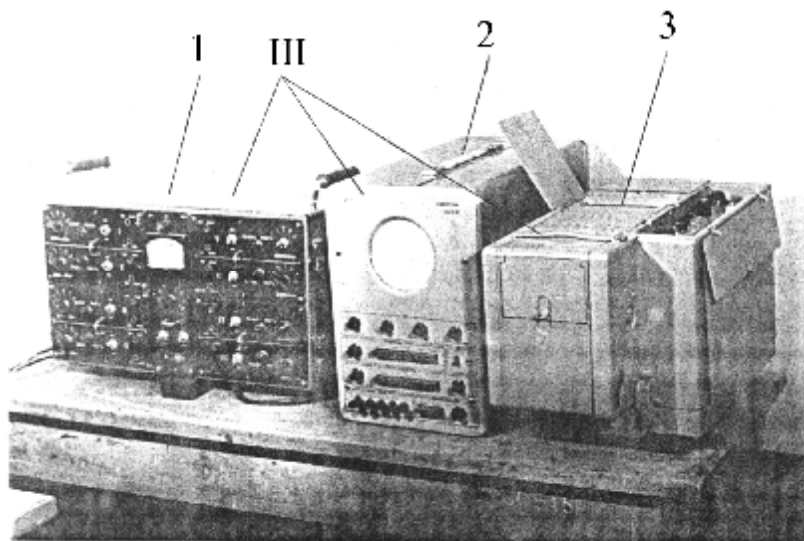


Рис. 5.2. Блок реєстрації натягу основов'язального полотна (III)

Блок компенсації являє собою ротаційний механізм (рис. 5.1), виконаний у вигляді двох дисків 7 і 8, насаджених на вісь 9, на яких закріплені дві групи полотнонаправляючих стержнів 10, 11. Кожна група складається із трьох стержнів, які взаємодіють з полотном 6 протягом одного циклу петлеутворення. Для напрямку руху полотна були використані полотнонаправляючі балочки 12. Таким чином, ротаційний механізм повинен обертатися зі швидкістю у два рази меншою швидкості обертання кулачкового механізму. З цією метою вісь 9 з'єднана із двигуном постійного струму 2 ланцюговою передачею 1 з передаточним числом 2 (рис. 5.3).

Для реєстрації коливань натягу полотна на стенді встановлений тензодатчик 13 (рис. 5.1), з'єднаний з реєструючою апаратурою (рис. 5.2).

Кут повороту головного валу фіксувався за допомогою датчика положення (рис. 5.3) через кожні 15° . Датчик положення складається з диска з отворами 2, з'єданого за допомогою ланцюгової передачі 1 з головним валом, і фотоелемента 3.

Тензодатчик 13 (рис. 5.1) був перевірений на відповідність умові (2.1). Експеримент проводився при швидкості 375 об/хв. Частота реєструючого процесу склала $f = 6,25 \text{ с}^{-1}$, а власна частота коливань вимірювальних елементів $f_0 = 75,13 \text{ с}^{-1}$, $a = f/f_0 = 0,08318 \leq 0,1$. Отже, умова виконана.

5.2. Методика проведення експерименту

Метою експерименту є перевірка працездатності запропонованого в попередньому розділі ротаційного механізму відтяжки полотна.

Суть експерименту полягає в записі осцилограми коливань натягу основ'язального полотна протягом кожного циклу петлеутворення за умови застосування ротаційного механізму відтяжки полотна.

Під час кожного циклу петлеутворення в результаті зміни взаємного розташування петлеутворюючих органів, натяг полотна змінюється. На стенді ці зміни відтворені за допомогою блоку задання функції збурювання. Осцилограма коливань натягу полотна показана на рис. 5.4. Вона точно повторює осцилограму коливань натягу полотна, отриману в попередньому експерименті (рис. 2.5). Блок компенсації, що представляє собою ротаційний механізм, впливає на полотно й створює коливання його натягу, рівні по амплітуді й протилежні по фазі тим коливанням, які створює блок збурення. Осцилограма коливань натягу полотна, створених блоком компенсації, показана на рис. 5.5. Вона отримана при роботі стенда без підключення блоку задання функції збурення.

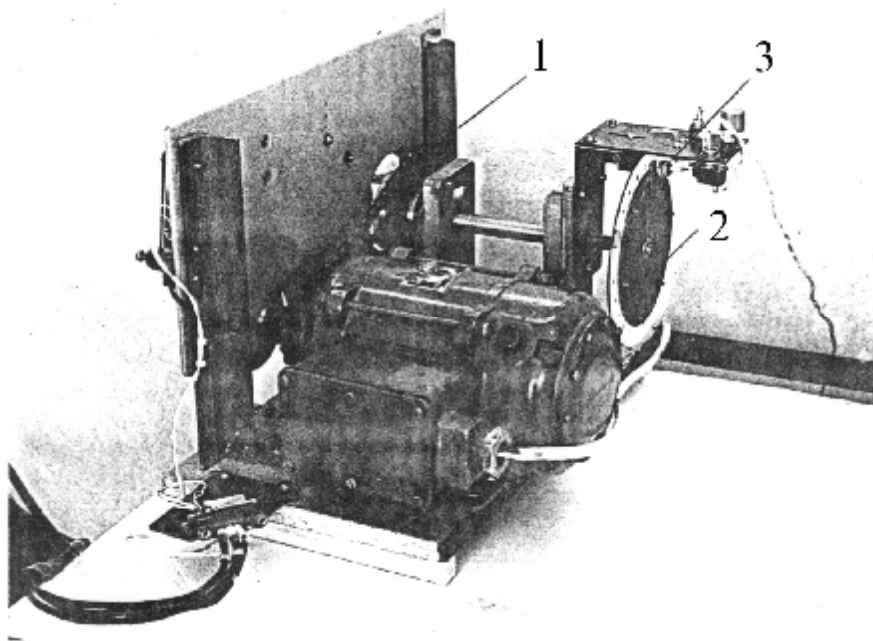


Рис. 5.3. Датчик положення (кута повороту головного вала)

При одночасній роботі блоку збурення та блоку компенсації коливання складаються й практично повністю компенсують один одного. Величина натягу полотна прагне до деякої середньої величини. Осцилограма коливання натягу

полотна при роботі ротаційного механізму відтяжки показана на рис. 5.6, з якої видно, що амплітуда коливань натягу полотна значно скоротилася.

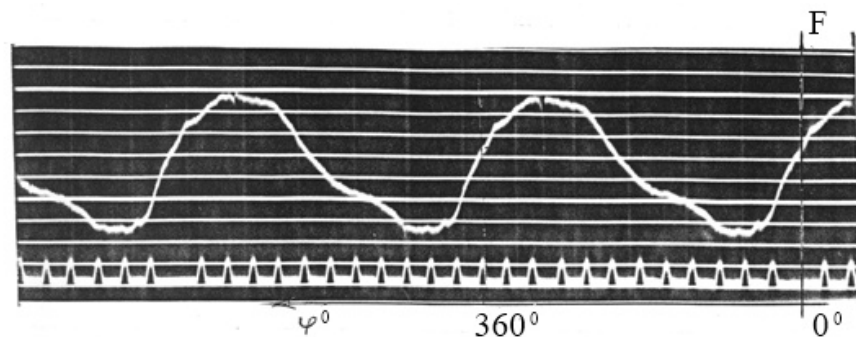


Рис. 5.4. Осцилограма коливань натягу полотна при роботі стенду з блоком задання функції збурення, тобто з механізмом відтяжки основов'язального полотна постійної дії

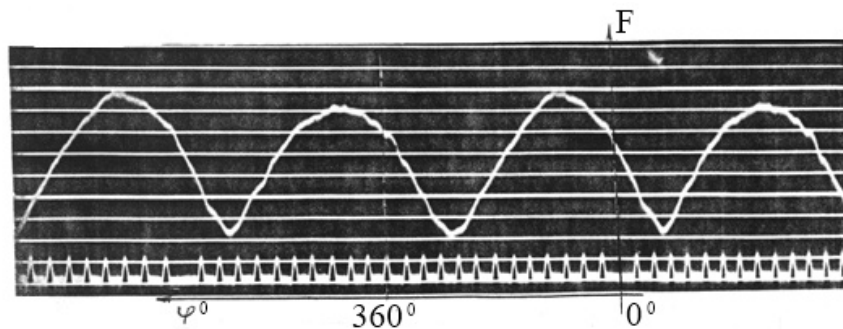


Рис. 5.5. Осцилограма коливань натягу полотна, створених блоком компенсації (ротаційним механізмом відтяжки)

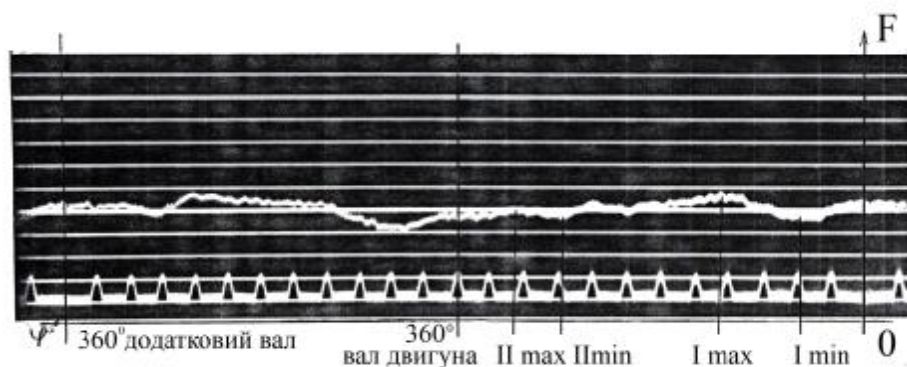


Рис. 5.6. Осцилограма коливань натягу полотна при роботі стенду з механізмом відтяжки періодичної дії

5.3. Обробка результатів експерименту

Аналіз осцилограм коливань натягу полотна, отриманих в результаті експерименту, показує, що за час одного циклу петлеутворення натяг полотна досягає двох мінімальних і двох максимальних значень.

Перший локальний максимум досягає 4,162 сН на один петельний стовпчик і відповідає $123,135^\circ$ кута повороту вала двигуна. Другий максимум досягає 4,12 сН на один петельний стовпчик, що відповідає $300,593^\circ$ кута повороту вала двигуна. Локальний мінімум дорівнює 3,98 сН на один петельний стовпчик при куті повороту вала рівному $59,46^\circ$, а другий – 4,046 сН на один петельний стовпчик, що відповідає $268,76^\circ$ кута повороту вала двигуна.

При проведенні експерименту коливання натягу полотна були простежені за час 20 циклів. Обсяг вибірки визначався на основі рекомендацій роботи [42].

Метою обробки результатів експерименту є побудова кривої, точками якої є дійсні значення натягу полотна в певні моменти циклу петлеутворення. Таких точок було обрано 24, тобто з інтервалом 15° кута повороту вала двигуна. Таке рішення обґрунтоване тим, що при записі осцилограми коливань натягу полотна був використаний датчик положення, у диску якого було 24 отворів у результаті чого на фотоплівці з осцилограмою відображено 24 точки, що дозволяють співвіднести отриману криву з кутом повороту вала двигуна. У такий спосіб можна одержати графік по 24 точках, абсцисами яких є значення кута повороту вала двигуна, а ординатами – величини натягу полотна у відповідний момент. Для того, щоб знайти дійсне значення ординати кожної із цих точок, була використана методика, викладена в п.2.2.2.

Отримані результати зведені в таблицю 5.1.

Значення натягу полотна за один цикл петлеутворення при наявності ротаційного механізму відтяжки полотна

$$t_a(n) \Big|_{\substack{a=0,9 \\ n=20}} = 1.73, \quad F = \bar{F} \pm \Delta F$$

№ точки	j^0	$\bar{F} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_i,$ сН/ 1 пет. ст.	$\Delta A = t_a(n) \cdot \Delta S_F$	$e = \frac{\Delta F}{\bar{F}} 100\%$
1	0	4.022	0.01146	0.2849
2	15	4.020	0.00932	0.2318
3	30	4.018	0.00517	0.1287
4	45	4.003	0.01254	0.3133
5	60	3.999	0.00860	0.2151
6	75	4.027	0.01112	0.2761
7	90	4.115	0.01345	0.3269
8	105	4.138	0.00977	0.2361
9	120	4.161	0.01090	0.2620
10	135	4.147	0.00912	0.2199
11	150	4.124	0.01135	0.2752
12	165	4.123	0.00874	0.2120
13	180	4.095	0.01450	0.3541
14	195	4.069	0.00720	0.1769
15	210	4.085	0.01327	0.3248
16	225	4.073	0.01021	0.2507
17	240	4.057	0.01281	0.3158
18	255	4.048	0.00335	0.0828
19	270	4.046	0.01149	0.2840
20	285	4.095	0.00533	0.1302
21	300	4.120	0.01246	0.3024
22	315	4.123	0.01164	0.2823
23	330	4.094	0.01321	0.3227
24	345	4.025	0.01285	0.3193
1 лок. мін.	59.46	3.999	0.01614	0.4036
1лок. макс.	123.135	4.162	0.01468	0.3527
2лок. мін.	268.76	4.046	0.01237	0.3057
2лок. макс.	300.593	4.120	0.01421	0.3449

Відповідно до отриманих результатів, середнє значення амплітуди коливань натягу полотна становить 4,1003958 сН на один петельний стовпчик.

5.4. Визначення ступеня стабілізації коливань натягу полотна ротаційним механізмом відтяжки

Виходячи з призначення ротаційного механізму відтяжки полотна – компенсація коливань натягу полотна усередині кожного циклу петлетворення, основою для оцінки ефективності роботи ротаційного механізму відтяжки полотна є циклограми коливань натягу полотна.

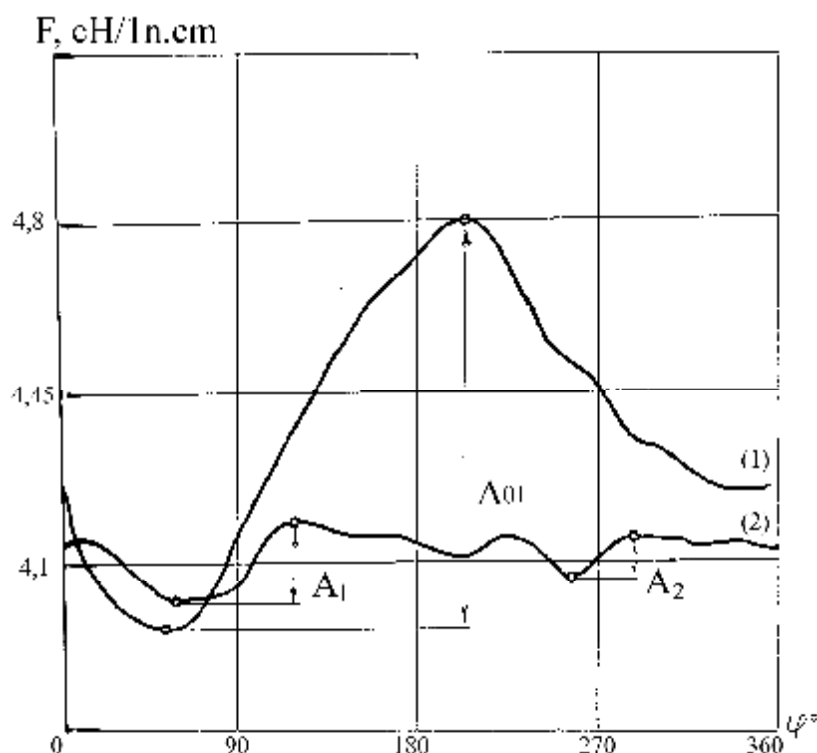


Рис. 5.7. Суміщені графіки коливань натягу полотна при роботі механізму відтяжки постійної дії (1) і ротаційного механізму (2)

На рис. 5.7 представлені циклограми коливань натягу полотна при роботі механізму відтяжки постійної дії (1) і ротаційного механізму відтяжки (2). Із графіків видно, що амплітуда коливань натягу полотна при роботі механізму відтяжки полотна постійної дії становить 0,7481 сН/1 пет. ст., а амплітуди коливань при роботі ротаційного механізму відтяжки полотна періодичної дії становлять 0,63 сН/1 пет. ст. і 0,07 сН/1 пет. ст.

Порівняння значень максимальних амплітуд дозволяє зробити висновок про перевагу ротаційного механізму відтяжки полотна в порівнянні з механізмом відтяжки полотна постійної дії. Абсолютне зменшення амплітуди коливань становить:

$$\min (A_{0i}-A_i)|_{i=1,2} = \min (0.5851; 0.6381) = 0.5851 \text{ сН/1 пет. ст.}$$

Величину відносного зменшення максимального розмаху коливань натягу полотна назвемо коефіцієнтом стабілізації ротаційного механізму відтяжки полотна:

$$b_i = \frac{A_{0i} - A_i}{A_{0i}},$$

де b_i - коефіцієнт стабілізації ротаційного механізму відтяжки полотна;

A_{0i} - амплітуда коливань натягу полотна при роботі механізму відтяжки постійної дії;

A_i - амплітуда коливань натягу полотна при роботі ротаційного механізму відтяжки полотна;

$i = 1, 2, 3, \dots$ - номер значимого розмаху коливань натягу полотна, оскільки за один цикл петлеутворення може бути кілька коливань натягу.

$b_1 = (0,7481 - 0,163) / 0,7481 = 0,7821$, тобто ступінь стабілізації становить 78.2%.

$b_2 = (0,7481 - 0,11) / 0,7481 = 0,8169$, тобто ступінь стабілізації становить 81.7%.

Із цих двох значень вибираємо менше:

$$\min(b_1; b_2) = \min(0.782; 0.817) = 0.782.$$

Отже, ступінь стабілізації коливань натягу полотна ротаційним механізмом відтяжки становить 78.2%.

5.5. Оцінка працездатності ротаційного механізму

відтяжки полотна на великих швидкостях

Одним з основних напрямків розвитку сучасних основов'язальних машин є збільшення швидкості їхньої роботи. Тому поряд з оцінкою працездатності ротаційного механізму відтяжки полотна у звичайному режимі роботи машини, варто оцінити його працездатність і на більших швидкостях.

На рис. 5.5 показана осцилограма коливань натягу полотна, які задає ротаційний механізм відтяжки при швидкості роботи станда 375 об/хв. Для сучасних основов'язальних машин це досить низька швидкість. Підвищуючи швидкість роботи станда до 750 об/хв., одержимо осцилограму коливань натягу полотна, показану на рис. 5.8.

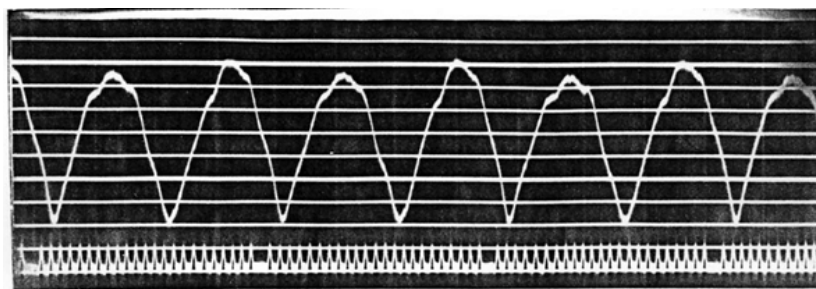


Рис. 5.8. Осцилограма коливань натягу полотна при роботі станду на швидкості 750 об/хв.

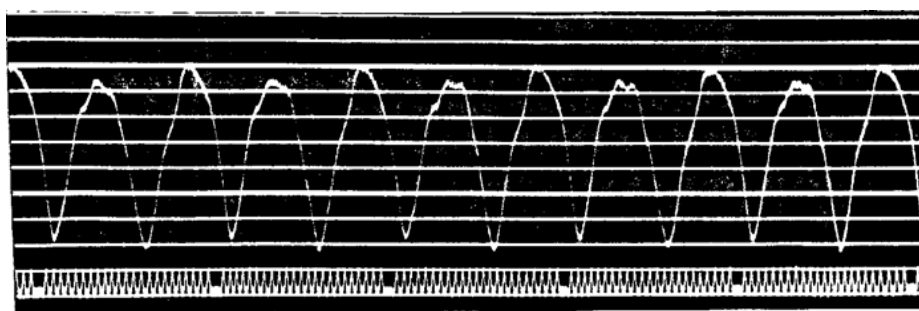


Рис. 5.9. Осцилограма коливань натягу полотна при роботі станду на швидкості 1000 об/хв.

Аналогічно одержимо осцилограму при швидкості роботи станда на швидкості 1000 об/хв. (рис. 5.9). Швидкість запису осцилограм становить 250

мм/с. Аналіз отриманих осцилограм показує, що характер і амплітуда коливань, які задає ротаційний механізм відтяжки полотна, не змінюються зі збільшенням швидкості роботи станда, а значить ротаційний механізм зможе забезпечити компенсацію коливань натягу полотна й при більш високих швидкостях. Отже, як на малих, так і на великих швидкостях роботи машини можна використати ротаційну систему дискретної відтяжки полотна.

У результаті експериментального дослідження механізму дискретної відтяжки полотна отримані наступні результати:

1. Розроблено стенд для проведення експерименту по перевірці працездатності ротаційного механізму відтяжки полотна.

2. Стенд відповідає всім вимогам працездатності і складається із трьох блоків: задання функцій збурювання, компенсації та реєстрації.

3. У результаті експерименту отримана осцилограма коливання натягу полотна при роботі механізму відтяжки періодичної дії.

4. Із аналізу осцилограм видно, що за один цикл натяг полотна два рази досягає максимального та два рази мінімального значень. Перший локальний мінімум настає при куті повороту $59,46^\circ$ і досягає $3,999$ сН/1 пет. ст., другий - при $268,76^\circ$ і досягає $4,046$ сН/1 пет. ст. Перший локальний максимум настає при куті повороту $123,135^\circ$ і дорівнює $4,162$ сН/1 пет. ст., а другий - при $300,59^\circ$ і дорівнює $4,12$ сН/1 пет.ст.

5. При використанні ротаційного механізму відтяжки полотна розмах коливань значно скоротився. Ступінь стабілізації ротаційного механізму становить $78,2\%$.

6. Експерименти показують, що амплітуда та характер коливань натягу полотна, створюваних ротаційним механізмом на швидкостях $750 - 1000$ об/хв. не змінюються, що дозволяє зробити висновок про те, що ротаційний механізм працездатний і на високих швидкостях.

РОЗДІЛ 6

АНАЛІЗ ВПЛИВУ НАТЯГУ НИТОК ОСНОВИ НА КОЛИВАННЯ НАТЯГУ ОСНОВОВ'ЯЗАЛЬНОГО ПОЛОТНА

6.1. Зміна натягу нитки при переході через направляючу

Аналіз коливань натягу полотна дозволив з'ясувати їхній характер. Експериментальні дослідження підтвердили отримані результати, а також дали можливість оцінити величину розмаху коливань. Однак, в аналітичних дослідженнях (п.2.1) для спрощення приймалося, що натяг основної нитки, що надходить на петлеутворюючі органи, постійний. При постановці експерименту вплив коливань натягу нитки на коливання натягу полотна враховувалися автоматично, тому що вивчався натяг полотна в реальному процесі його вироблення на основов'язальній машині. Для подальших досліджень становить інтерес можливість визначення тих факторів, які впливають на коливання натягу полотна, одним із яких є коливання натягу нитки, а також аналітичне визначення величини цього впливу. Зміну натягу ділянки нитки з моменту його сходу з навою й до моменту перетворення в петлю основов'язаного трикотажу можна обчислити, користуючись методикою, викладеної нижче.

У процесі петлеутворення нитка перед тим як потрапити в петлеутворюючу зону проходить ряд направляючих, включаючи скало й вушковину. Ці напрямні мають постійний або змінний радіус поперечного перерізу, співставимий з радіусом перетину нитки, або набагато переважаючий його, що впливає на залежність між натягом вхідної та вихідної гілок нитки. Крім того, у процесі петлеутворення в кожний момент часу міняється кут охоплення напрямної ниткою, що також приводить до зміни натягу нитки при переході її через направляючу. При цьому варто враховувати механічні властивості самої нитки, такі як жорсткість на згин та зминання, що істотно

впливає на її натяг, особливо в тих випадках, коли радіус поперечного перерізу направляючої співставимий з радіусом перетину нитки.

З огляду на всі перераховані вище фактори, простежимо рух елементарної ділянки нитки з моменту сходу її з навою до моменту перетворення в полотно, визначаючи при цьому зміни, які перетерплює натяг нитки за час одного циклу петлеутворення.

На рис. 6.1 показана схема руху нитки на основов'язальній машині типу "Кокетт-2". Нитка сходить з навою O , обгинає гребінку A , скало B , попадає у вушковину і потім на гачок пазової голки. Аналогічним чином нитка рухається як на верхній, так і на нижній основі. Будемо вважати, що натяг нитки при сході з навою P_0 за час одного циклу петлеутворення не змінюється $P_0 = \text{const}$. Кут, утворений напрямком нитки в точці сходу з навою й горизонталлю дорівнює γ .

При огинанні ниткою прямої гребінки A кут охоплення дорівнює α , а натяг гільки, що сходить – P_1 .

Розглянемо натяг нитки при огинанні нею циліндричної прямої (рис. 6.2). Нехай діаметр нитки дорівнює $2r$, а радіус прямої – R . Реальний кут обхвату дорівнює $-j_p$. Тоді:

$$j = j_p + j_{CM1} + j_{CM2} - j_{Ж1} - j_{Ж2}, \quad (6.1)$$

де j_{CM1}, j_{CM2} – складові, на які збільшується кут охоплення за рахунок зминання нитки;

$j_{Ж1}, j_{Ж2}$ – складові, на які зменшується кут охоплення за рахунок жорсткості нитки на згин.

Їх величини знаходяться із умови [51], [52]:

$$j_{CM1} + j_{CM2} = \arccos \left(1 - d_0 \left(\frac{2r}{R} \right)^2 \right) + \arccos \left(1 - d_1 \left(\frac{2r}{R} \right)^2 \right); \quad (6.2)$$

$$j_{СЖ1} + j_{СЖ2} = \arccos \left(1 - \frac{B_0}{2P_0(R+r)^2} \right) + \arccos \left(1 - \frac{B_0}{2P_1(R+r)^2} \right), \quad (6.3)$$

де d_1, d_0 - відносна деформація поперечного перерізу нитки в точках входу та

сходу з напрямної, $d_1 = \frac{r - r_x}{r}$; $d_1 = d_0 e^{mj p}$;

r_x - відстань від осі нитки до напрямної в довільній точці;

m - коефіцієнт тертя;

B_0 - жорсткість нитки на згин, $B_0 = JE$;

E - модуль пружності нитки при стиску;

J - момент інерції перетину нитки, $J = \frac{\rho d^4}{64}$.

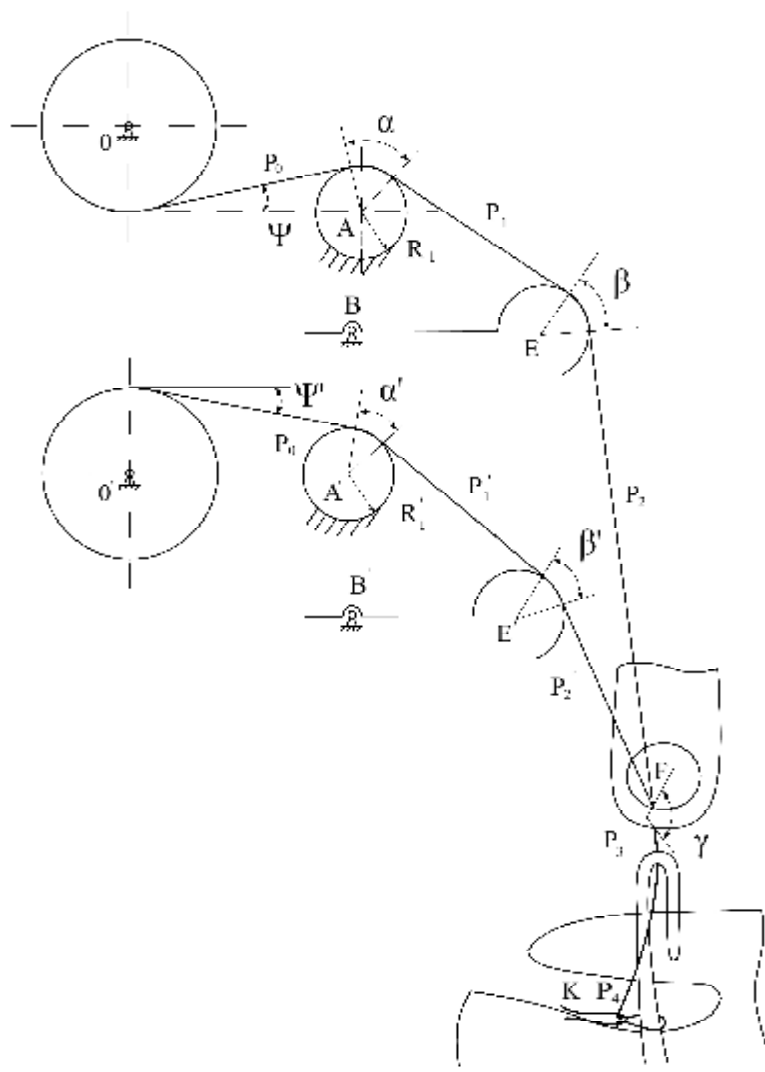


Рис. 6.1. Схема руху нитки на основов'язальній машині «Кокетт-2»

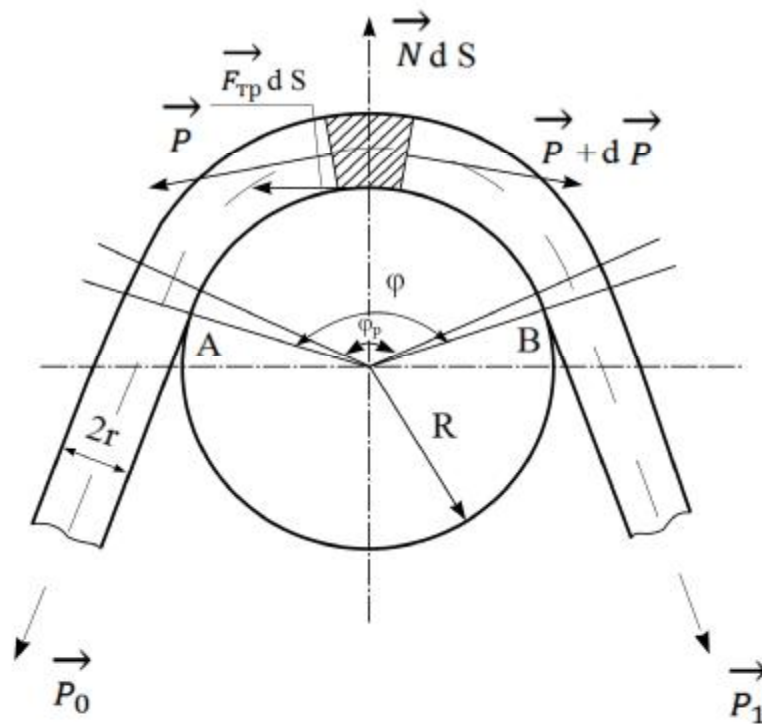


Рис. 6.2. Натяг нитки при огинанні ціліндрічної направляючої

Підставляючи (6.2) і (6.3) у рівняння (6.1), одержимо вираз для реального кута охоплення

На вільні ділянки нитки (до й після зіткнення з направляючою) діють, крім натягу P , перерізаюча сила та згинаючий момент. Система диференціальних рівнянь для цих ділянок має вигляд:

$$\begin{cases} \frac{\partial P}{\partial S} - KQ = 0 \\ \frac{\partial Q}{\partial S} + KP = 0 \\ \frac{\partial M}{\partial S} - Q = 0 \\ M = B_0 K \end{cases},$$

де Q – перерізаюча сила;

M - згинаючий момент у перетині;

K - кривизна осі нитки в довільній точці;

S – дугова координата.

Інтегруючи дану систему диференціальних рівнянь, визначимо натяг нитки в точках входу та сходу нитки з напрямної [51]:

$$\begin{cases} P_A = P_0 \left(1 - \frac{B_0}{2P_0(R+r(1-d_0))^2} \right) \\ P_B = P_1 \left(1 - \frac{B_0}{2P_1(R+r(1-d_1))^2} \right). \end{cases} \quad (6.4)$$

Розглянемо ділянку нитки довжиною dS , що стикається з напрямною. На неї впливають наступні сили: натягу \dot{P} , тертя \dot{F}_{TP} і сила нормального тиску \dot{N} . Система диференціальних рівнянь для цієї ділянки має вигляд:

$$\begin{cases} \frac{\partial P}{\partial S} = mN \\ \left(\frac{1}{R+r} - \frac{dr}{(R+r)^2} + r \frac{\partial^2 d}{\partial S^2} \right) P = N \\ N = bEd(1 - b_3 d^{b_4}) \end{cases} \quad (6.5)$$

де b - ширина сліду контакту.

Після інтегрування системи (6.5) одержимо зв'язок між натягом нитки в точках А і В:

$$\begin{aligned} P_B &= P_A \left(1 + \frac{R+r}{R+r(1-d_0)} * (e^{mj} - 1) \right); \\ d_0 &= \frac{P_0(R+r)}{rP_0 + Eb(R+r)^2}. \end{aligned} \quad (6.6)$$

Розв'язуючи систему (6.6) з урахуванням (6.4), визначимо основну функцію зміни натягу нитки при переході через циліндричну напрямну з урахуванням зминання та жорсткості нитки на згин:

$$\begin{aligned} P_1 &= P_0 \left(1 + \frac{R+r}{R+r(1-d_0)} * (e^{mj} - 1) \right) + \frac{B_0}{2(R+r(1-d))^2} - \frac{B_0}{2(R+r(1-d))^2} * \\ &* \left(1 - \frac{R+r(e^{mj} - 1)}{R+r(1-d_0)} \right), \end{aligned} \quad (6.7)$$

де j знаходимо по формулі (6.1).

Зі збільшенням реального кута охоплення j та зі збільшенням радіуса напрямної R , розрахунковий кут охоплення j_p наближається до j . Отже, зі збільшенням радіуса кривизни напрямної зменшується вплив жорсткості на згин та зминання нитки на величину натягу вітки нитки, що сходить з напрямної. Крім того, зі збільшенням R зростає натяг P_1 вітки, що сходить, за рахунок росту коефіцієнта тертя, що обумовлено збільшенням площі контакту нитки з напрямною. При рішенні даної задачі варто враховувати, що коефіцієнт тертя не є постійною величиною. Його значення залежить від натягу вхідної вітки нитки та радіуса напрямної:

$$m_1 = \frac{a}{\left(\frac{P_0}{R_1}\right)^b}, \quad (6.8)$$

де a та b - деякі постійні коефіцієнти, одержувані експериментальним шляхом для кожної пари контактуючих поверхонь; наприклад, для сталевий направляючої та віскозної комплексної нитки 16,7 текс $a = 0,1580$, $b = 0,1140$ [51].

Таким чином, визначена основна розрахункова формула (6.7) для обчислення натягу вітки нитки, що сходить, при проходженні її через гребінку:

$$P_1 = P_0 \left(1 + \frac{R+r}{R_1+r(1-d_0)} * (e^{mj} - 1) \right) + \frac{B_0}{2(R_1+r(1-d))^2} - \frac{B_0}{2(R_1+r(1-d))^2} * \left(1 - \frac{R_1+r(e^{mj} - 1)}{R+r(1-d_0)} \right), \quad (6.9)$$

де $d_1 = d_0 e^{m_1 a_1}$.

Наступним кроком буде проходження нитки через скало. Скало являє собою пружний елемент, з'єднаний через важіль із елементом, що

безпосередньо контактує з нитками основи і представляє циліндричну напрямну. У періоди росту натягу ниток основи пружний елемент деформується під дією ниток, переміщаючи скало у бік зони петлеутворення, що веде до зниження швидкості збільшення натягу ниток. У періоди зменшення натягу ниток основи пружний елемент розправляється, переміщаючи скало від зони петлеутворення, що веде до зниження швидкості зменшення натягу ниток.

Натяг веденої гілки нитки P_1 перед скало і ведучої після проходження скало P_2 можна визначити на основі рішення диференціального рівняння коливання скало [53] (рис. 6.3):

$$J \frac{d^2 I}{dt^2} = -T_y - T_T + F \cos I_1 l_{dk} - F_u \cos I_1 l_{dk} + n(P_3 \cos(g_2 - I_1) l_{ED_2} + P_3 \sin(g_2 - I_1) l_{D_2 D} - P_2 \cos(g_1 + I_1) l_{SD_1} - P_2 \sin(g_1 + I_1) l_{D_1 D}), \quad (6.10)$$

де J - момент інерції скало;

T_y – момент від сил пружності підскальних пружин;

T_T – момент від сил тертя, що виникають у підскальних опорах;

F - сила ваги;

F_u - сила інерції, що діє на механізм за рахунок коливань основов'язальної машини;

P_1 - натяг веденої вітки нитки;

P_2 - натяг ведучої вітки нитки;

I - кут повороту скало;

n - число ниток у заправці.

Будемо вважати, що точка А нерухома, тоді $x_A, y_A = \text{const}$, точка G змінює своє положення; u - швидкість подачі нитки з навоїв - величина постійна.

Величина кута повороту скала $I_1 = I + I_0$,

де I - поточне значення кута повороту скала;

I_0 – величина кута повороту, що відповідає статичній рівновазі скала,

$I_0 = \text{const}$.

де m_2 - коефіцієнт тертя між ниткою основи та напрямна скало,

$$m_2 = a \frac{R_2^b}{P_1^b},$$

де R_2 - радіус напрямної скала.

Кут охоплення ниткою напрямної скала дорівнює:

$$b = b_1 + b_2,$$

де b_1 - постійна, а b_2 - змінна складові кута охоплення ниткою скала.

Натяг нитки можна представити як добуток деформації нитки на відповідний коефіцієнт жорсткості. Припустимо, що в статичному положенні нитка мала деякий початковий натяг, що відповідає її попередній деформації Δ_0 . Розглянемо розрахункову схему натягу нитки, представлену на рис. 6.4.

Довжина нитки, що надходить із навою дорівнює ut . Натяг веденої та ведучої віток нитки визначаємо по формулах:

$$\begin{aligned} P_1 &= (\Delta_0 - ut + 1) \cdot c_0; \\ P_2 &= (z + \Delta_0 e^{m_2 b} - 1) \cdot c_1, \end{aligned} \quad (6.12)$$

де z - функція споживання нитки при в'язанні полотна;

c_0, c_1 - коефіцієнти жорсткості на розтягання ділянок AS та EG.

$$z = \sqrt{(x_E - x_G)^2 + (y_G - y_E)^2} - \sqrt{(x_E - x_{G_0})^2 + (y_{G_0} - y_E)^2}$$

З формул (6.11) та (6.12) виходить:

$$l = \frac{zc_1 + e^{m_2 b} (\Delta_0 c_1 - \Delta_0 c_0 + c_0 ut)}{c_1 + c_0 e^{m_2 b}}.$$

Підставляємо значення l в формулу (6.12):

$$\begin{aligned} P_1 &= (\Delta_0 - ut)c_0 + \frac{zc_1 c_0 + c_0 - c_0 e^{m_2 b} (\Delta_0 c_1 - \Delta_0 c_0 + c_0 ut)}{c_1 + c_0 e^{m_2 b}}; \\ P_2 &= (z + \Delta_0 e^{m_2 b})c_1 - \frac{zc_1^2 + c_1 e^{m_2 b} (\Delta_0 c_1 - \Delta_0 c_0 + c_0 ut)}{c_1 + c_0 e^{m_2 b}}. \end{aligned}$$

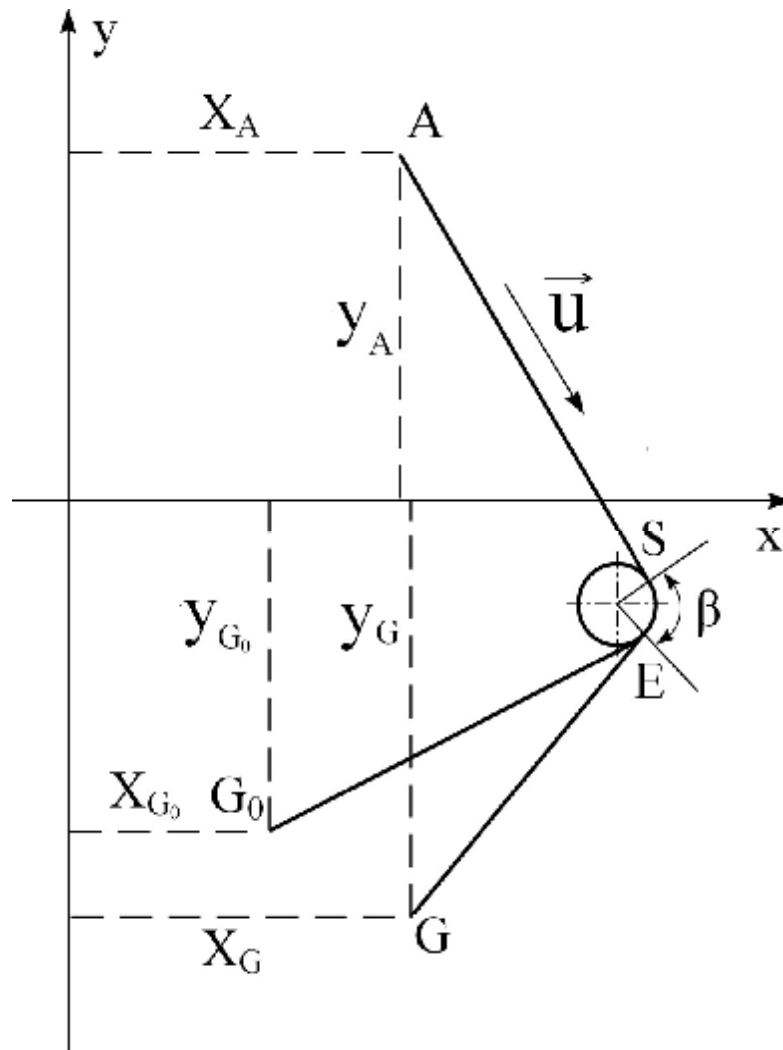


Рис. 6.4. Розрахункова схема натягу нитки при переході через скало

Якщо прийняти, що швидкість подачі нитки значно менша кутової швидкості обертання, то вирази для натягу віток нитки можна спростити:

$$P_1 = \Delta_0 c_0 + \frac{z c_1 c_0 + c_0 - c_0 e^{m_2 b} (\Delta_0 c_1 - \Delta_0 c_0)}{c_1 + c_0 e^{m_2 b}};$$

$$P_2 = (z + \Delta_0 e^{m_2 b}) c_1 - \frac{z c_1^2 + c_1 e^{m_2 b} (\Delta_0 c_1 - \Delta_0 c_0)}{c_1 + c_0 e^{m_2 b}}. \quad (6.13)$$

Функцію споживання нитки при в'язанні основов'язального полотна можна представити у вигляді ряду [54]:

$$z = -B_0 \sin(A_0 t) - B_1 \sin(A_1 t) - \dots - B_n \sin(A_n t) = - \sum_{k=0}^n B_k \sin(A_k t)$$

і обмежитися першим членом ряду для апроксимації кривої споживання:

$$z = -B_0 \sin(A_0 t), \quad (6.14)$$

де A_0, B_0 – деякі постійні величини, які підбираються із графіка апроксимації.

Таким чином, для знаходження натягу нитки після проходження нею скала одержимо систему рівнянь, що складається з рівнянь натягу ведучої та веденої віток (6.13), функції споживання нитки (6.14) і спрощеного диференціального рівняння коливання скала:

$$J \frac{d^2 I}{dt^2} = -c(I_0 + I) + nP_2 (\cos(b_2 - I_1) l_{ED_2} + \sin(b_2 - I_1) l_{D_2 D}) - \\ - nP_1 (\cos(b_1 + I_1) l_{SD_1} + \sin(b_1 + I_1) l_{DD_1}).$$

Крім того, виходячи з конструктивних особливостей та заправки ниток на машині "Кокетт", маємо $b_2 = 0$, $b_1 = p/2$, тоді:

$$\begin{aligned} \cos(b_2 - I_1) &= \cos I_1 = 1; \\ \sin(b_2 - I_1) &= -\sin I_1 \approx -I; \\ \cos(b_2 + I_1) &= -\sin I_1 \approx -I; \\ \sin(b_2 + I_1) &= \cos I_1 = 1. \end{aligned}$$

Враховуючи, що відстані $l_{ED_2} = l_{SD_1} = l$, а $l_{DD_2} = l_{DD_1} = 0$ і якщо вважати, що $\Delta_0 \rightarrow 0$, тоді система рівнянь приймає вигляд:

$$\begin{cases} J \frac{d^2 I}{dt^2} = -c(I + I_0) + n(P_2 l - P_1 I l) \\ P_1 = \frac{z c_1 c_0}{c_1 + c_0 e^{m_2 b}} \\ P_2 = z c_1 - \frac{z c_1^2}{c_1 + c_0 e^{m_2 b}} \\ z = -B_0 \sin A_0 t. \end{cases} \quad (6.15)$$

Після проходження скала нитка з натягом P_2 попадає у вушковину. Цей випадок принципово відрізняється від раніше розглянутих тим, що, по-перше, радіус кривизни поверхні яку обгинає нитка співрозмірний з радіусом самої нитки, а по-друге, вушковина має некруглий поперечний переріз, тобто не є циліндричною напрямною. З першої особливості витікає той факт, що при розрахунку натягу нитки не можна зневажити впливом зминання та жорсткості нитки на згин, а із другої - що формулу для розрахунку натягу нитки, що обгинає циліндричну напрямну, у цьому випадку використати не можна.

Розглянемо нитку, що рухається через вушковину [55], товщина якої порівнянна з діаметром нитки. Будемо вважати, що нитка невагома та пружна на згин, а її рух рівномірний під дією зусиль P_2 і P_3 . Припустимо також, що на кінцях нитки O і M її кривизна та згинаючі моменти дорівнюють нулю та у кожний момент часу напрямки зусиль P_2 , P_3 постійні, отже форма вигнутої ділянки нитки зберігається незмінною. На ділянці OC (рис. 6.5) кривизна нитки буде збільшуватися від нуля до $1/r$, де r - радіус кривизни центральної осі нитки. На ділянці CD нитка стикається з вушковиною з кутом охоплення g_1 ; а кривизна залишається постійною $1/r$. На ділянці DE кривизна нитки знижується до деякого значення $1/r_1$. а на ділянці EK знову приймає значення $1/r$, тому що перетин вушковини симетричний відносно центральної осі. Після точки K кривизна нитки знову зменшується і у точці M досягає нуля. Натяг P_3 повинен бути таким, щоб перебороти натяг вхідної вітки нитки P_2 , силу тертя нитки по вушковині та пружні сили згину.

Знайдемо спочатку складову P_3 , що йде на подолання пружних сил згину нитки. Для цього розглянемо елементарну ділянку нитки, що відповідає деякому малому куту dg і обмежену перетинами A і B . Нехай M_A - момент опору сил згину нитки, що діє з боку ділянки OA , тоді в

точці В повинен діяти момент M_B , що перевищує M_A на деяку величину dM : $M_B = M_A + dM$. Момент dM урівноважується моментом пружних сил опору згину нитки, викликаним парою сил R , прикладених до перетинів А та В.

$$R = \frac{dM}{AB};$$

$$AB = 2r \sin \frac{dg}{2} = rdl \Rightarrow R = \frac{dM}{rdg}.$$

Розкладаючи сили R на нормальну та дотичну складові, враховуємо, що нормальні складові N не впливають на поздовжнє переміщення нитки, а дотичні складові dt є елементарними зусиллями натягу нитки:

$$dt = R \sin \frac{dg}{2} \approx R \frac{dg}{2} \text{ або } dt = \frac{dM}{2r}.$$

Рівнодіюча дотичних складових пари сил R $d\dot{T} = 2d\dot{t}$ або $dT = 2dt \cos(dg/2)$, але так як $\cos(dg/2) = 1$, то $dT = dM/r$.

Відомо, що момент, що діє в перетині вигнутого пружного елемента й кривизна цього перетину зв'язані залежністю:

$$1/r = M/EJ. \quad (6.16)$$

Отже $dT = MdM/EJ$. Проінтегрувавши цей вираз, одержимо натяг, викликаний силами опору згину ділянки нитки між двома перетинами, в яких діють моменти M и M_0 :

$$T = \int_{M_0}^M \frac{MdM}{EJ} = \frac{M^2}{2EJ} - \frac{M_0^2}{2EJ}$$

або, підставляючи формулу (6.16):

$$T = \frac{EJ}{2r^2} - \frac{EJ}{2r_0^2},$$

якщо кривизна початкового перетину ділянки нитки $1/r_0$, а кінцевого перетину $1/r$.

Таким чином, для ділянки нитки ОС, де в точці О кривизна дорівнює нулю, а в точці С - $1/r$: $T_{oc} = EJ/(2r^2)$, а загальна сила P_c в точці С необхідна для подолання натягу P_2 та сил опору згину дорівнює:

$$P_c = P_2 + EJ/(2r^2).$$

На ділянці нитки CD радіус кривизни є постійною величиною і дорівнює $1/r$, отже не буде додаткових зусиль для подолання сил опору згину. Однак на цій ділянці додається сила тертя нитки по вушковині. Це збільшення виражається формулою Ейлера:

$$P_D = P_c e^{m_3 g_1} = \left(P_2 + \frac{EJ}{2r^2} \right) e^{m_3 l_1},$$

де m_3 - коефіцієнт тертя;

P_D – натяг нитки в перетині D,

g_1 - кут охоплення ниткою вушковини.

На ділянці DE можливі два варіанти: якщо натяг не занадто великий, нитка трохи розпрямляється і за рахунок цього не торкається горизонтальної площадки профілю вушковини або ж нитка повністю розпрямляється і ковзає по горизонтальній площадці, якщо натяг ведучої нитки великий.

У першому випадку кривизна нитки зменшиться до деякої величини $1/r$, тоді натяг нитки на ділянці DE стане $EJ/(2r^2) - EJ/(2r_1^2)$ але при русі до точки Е кривизна нитки знову прийме значення $1/r$, тому натяг $P_E = P_D$. Для ділянки ЕК визначаємо аналогічно:

$$P_K = P_E e^{m_3 g_2} = \left(P_2 + \frac{EJ}{2r^2} \right) e^{m_3 g_2}.$$

На ділянці КМ кривизна нитки знову впаде до нуля і натяг понизиться на $EJ/(2r^2)$ і в перетині М

$$P_M = P_K - \frac{EJ}{2r^2}, \quad P_3 = P_4 e^{m(g_1+g_2)} + \frac{EJ}{2r^2} (e^{m_3(g_1+g_2)} - 1). \quad (6.17)$$

У другому випадку, коли нитка ковзає по горизонтальній ділянці профілю вушковини, після проходження точки D натяг відразу понизиться на $EJ/(2r^2)$ і при вході на горизонтальну площадку

$$P_{D_1} = P_D - \frac{EJ}{2r^2}.$$

При подальшому русі нитки виникає сила тертя F і, при підході до точки E, натяг буде дорівнювати $P_{E1} = P_{D1} + F$. У перетині E нитка зігнеться до радіуса

$$\text{кривизни } r \text{ і } P_E = P_{E1} + \frac{EJ}{2r^2} \text{ або } P_E = (P_{D1} + F) + \frac{EJ}{2r^2} = P_D + F.$$

У перетині K натяг $P_K = (P_D + F)e^{m_3 g_2}$ і після розпрямлення нитки

$$P = P_K - \frac{EJ}{2r^2} = (P_D + F)e^{m_3 g_2} - \frac{EJ}{2r_2}$$

$$\text{або } P_3 = P_2 e^{m_3(g_1+g_2)} + \frac{EJ}{2r^2} (e^{m_3(g_1+g_2)} - 1) + F e^{m_3 g_2}. \quad (6.18)$$

Отримані формули (6.17) і (6.18) дозволяють визначити натяг нитки після проходження нею вушковини з урахуванням жорсткості на згин. Для того, щоб урахувати зминання нитки, розглянемо схему, представлену на рис. 6.6. Кут охоплення ниткою вушковини збільшується за рахунок зминання на деяку величину Δg , радіус кривизни центральної осі нитки в зоні зминання зменшується на величину $r - r_x$. Тоді

$$r' = r - (r - r_x) = r - r(r - r_x)/r = r_{напр} + r - rd = r_{напр} + r(1 - d),$$

де $r_{напр}$ - радіус кривизни прямої поверхні, тобто вушковини;

r' - радіус кривизни центральної осі нитки при зминанні;

r - радіус поперечного перерізу нитки.

Отже, для урахування змінання нитки, у формулі (6.18) r замінимо на r' , а розрахункові кути g_1 і g_2 на реальні $(g_1 + \Delta g_1)$ і $(g_2 + \Delta g_2)$. Зменшення кута охоплення за рахунок жорсткості на згин вже враховані в g_1 і g_2 .

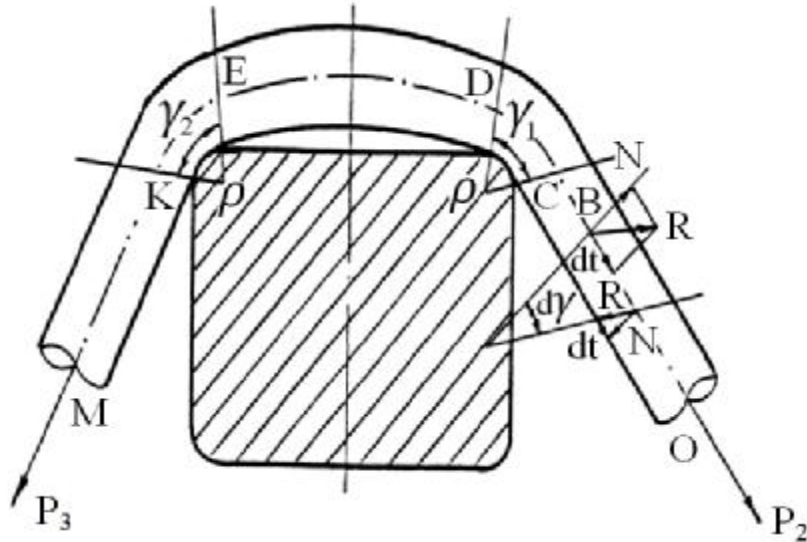


Рис. 6.5. Перехід нитки через направляючу, товщина якої співрозмірна з діаметром нитки

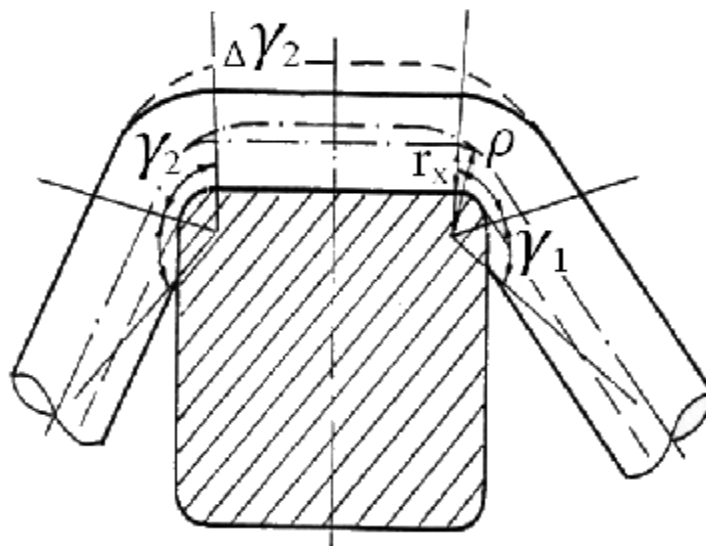


Рис. 6.6. Перехід нитки через направляючу, товщина якої співрозмірна з діаметром нитки при врахуванні змінання

В результаті одержимо формулу для визначення вихідного натягу нитки з урахуванням змінання та жорсткості на згин:

$$P_3 = P_2 e^{m_3(g_1 + \Delta g_1 + g_2 + \Delta g_2)} + \frac{EJ}{2(r_{\text{прив}} + r(1-d))^2} \times (e^{m_3(g_1 + \Delta g_1 + g_2 + \Delta g_2)} - 1) + F e^{m_3(g_2 + \Delta g_2)}. \quad (6.19)$$

При контакті нитки із платиною розрахунок зміни натягу ведеться по тій же формулі (6.19). Відмінність полягає в тому, що довжина горизонтальної площадки в платині значно більша, ніж у вушковині, отже збільшиться площа контакту нитки з платиною, а значить і сила тертя F . Після проходження вушковини нитка попадає на гачок голки, що має круглий перетин. Формулу для визначення натягу нитки при її русі по направляючій круглого перетину діаметром, співрозмірним з діаметром нитки, визначаємо в такий спосіб: через відсутність горизонтальної площадки $F=0$ і $g = g_1 + g_2$, тоді формула (6.18) прийме вигляд:

$$P_4 = P_5 e^{m_4 q} + \frac{EJ}{2r^2} (e^{m_4 q} - 1), \quad m_4 = \frac{a}{(P_3/R_4)^b}.$$

З урахуванням змінання:

$$P_4 = P_5 e^{m_4(q + \Delta q)} + \frac{EJ}{2(R_4 + r(1-d))^2} (e^{m_4(q + \Delta q)} - 1), \quad (6.20)$$

де q – кут обхвату ниткою гачка, $\Delta q = \Delta q_1 + \Delta q_2$;

R_4 – радіус перетину гачка.

Будемо вважати, що точка К на рис. 6.1 відповідає точці переходу нитки в полотно. Розглянемо цей момент більш докладно. Нехай основов'язальна машина виробляє полотно переплетінням трико-сукно. Схема розташування нитки верхньої основи в цьому переплетенні показана на рис. 6.7. На петлю впливають натяги з боку двох її віток, а також з боку віток старої петлі. Для того, щоб петля перебувала в рівновазі, необхідно, щоб натяг полотна P урівноважувався натягом нитки $T : \dot{P} = -\dot{T}$

Натяг полотна являє собою суму натягів обох віток старої петлі і протягання нової петлі. У розглянутому переплетенні протягання спрямоване під кутом 45° до осі абсцис і натяг полотна дорівнює:

$$P = t_2 \sin b + t_3 + t_4$$

Оскільки натяг у вітках старої петлі рівний, позначимо $t_3 = t_4 = t$.

Тоді

$$P = \frac{t_2}{\sqrt{2}} + 2t.$$

Натяг нитки T залежить тільки від t_1 . У вже сформованій петлі t_1 утворить із віссю ОХ кут $\alpha = 45^\circ$. Під час циклу петлеутворення цей кут міняється і його величина залежить від взаємного розташування вушкової та пазової голок. Тому $T = t_1 \sin \alpha$. Отже, абсолютна величина натягу полотна:

$$P = t_1 \sin \alpha. \quad (6.21)$$

Таким чином, знаючи натяг нитки й кут, утворений проекцією нитки на горизонтальну площину з віссю абсцис (рис. 6.7), можна знайти натяг полотна в цей момент циклу петлеутворення. Натяг нитки одержуємо, використовуючи викладену вище методику, а кут α обчислимо графічно в кожний розглянутий момент часу. Таким чином, можна знайти величину натягу полотна в кожний момент циклу петлеутворення, тобто одержати залежність коливання натягу полотна від кута повороту головного валу машини.

Узагальнюючи все вищесказане, можна зробити висновок про те, що отримані формули (6.9), (6.15), (6.19) і (6.20) дають можливість простежити за зміною натягу нитки починаючи від точки сходу її з навою і закінчуючи точкою перетворення нитки в полотно.

Зв'язок між натягом нитки й полотна визначається формулою (6.21). Однак, в усі ці формули входить невідома величина α – кут обхвату

ниткою направляючої, яка є функцією часу й підлягає визначенню. З формули (6.1) відомо, що реальний кут обхвату дорівнює розрахунковому куту, збільшеному на деяку величину за рахунок зминання нитки й зменшеному за рахунок жорсткості нитки на згин. Розрахунковий кут обхвату змінюється протягом кожного циклу петлеутворення через зміну взаємного розташування направляючих. Отже, кут обхвату є функцією координат центрів направляючих.

Величини кутів обхвату ниткою направляючих знаходимо з розрахункової схеми (рис. 6.8). Поперечний переріз гребінки зображений колом з центром у точці А, а поперечний переріз скала – колом з центром у точці Е. Точка Е відповідає вушковиці. Гребінка жорстко закріплена на станині й не міняє свого положення в просторі. Радіус навою будемо вважати постійним протягом одного циклу петлеутворення. Тому кут обхвату ниткою гребінки розіб'ємо на дві складові, постійну та змінну: $\mathbf{a} = \mathbf{a}_1 + \mathbf{a}_2$

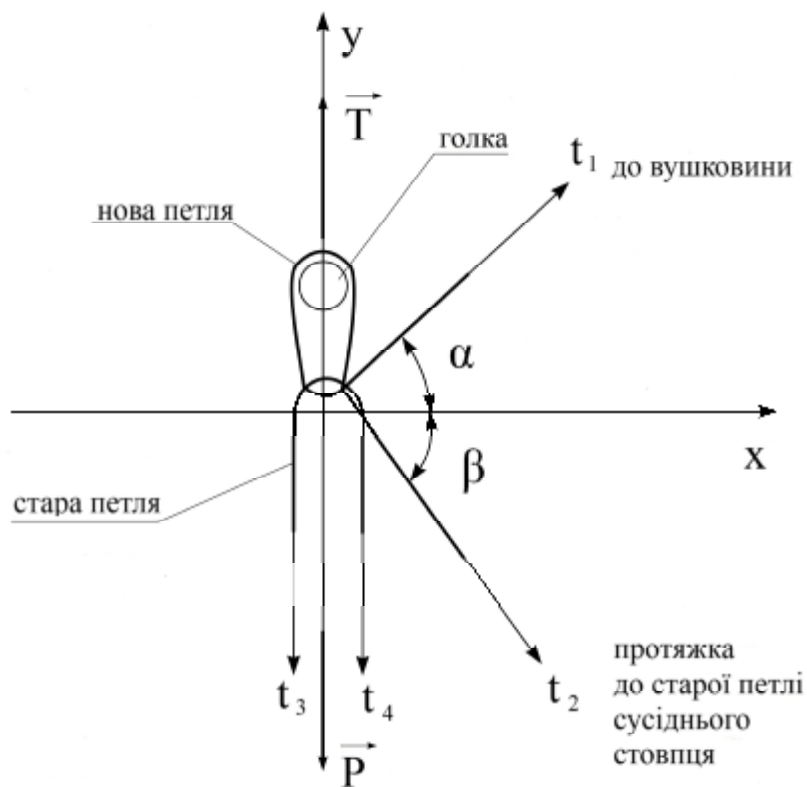


Рис. 6.7. Зв'язок натягу нитки в петлі основов'язаного трикотажу з натягом полотна

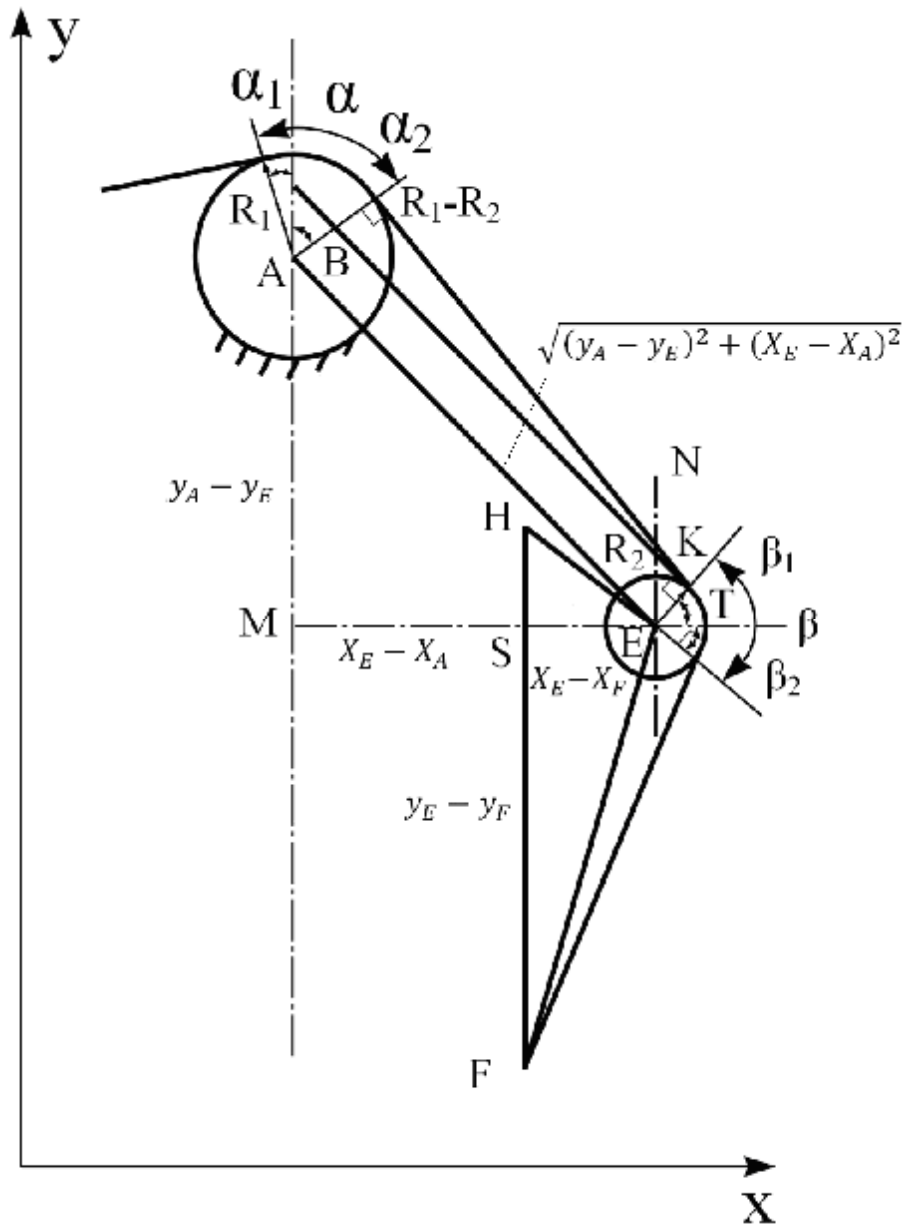


Рис. 6.8. Розрахункова схема величин кутів охоплення ниткою направляючих

На основі рішення геометричного задач для реальної схеми закріплення визначаємо:

$$a = a_1 + 2p - \arccos \frac{R_1 - R_2}{\sqrt{(y_A - y_E)^2 + (x_A - x_E)^2}} - \operatorname{arctg} \frac{x_E - x_A}{y_A - y_E}.$$

Змінна складова куту обхвату a_{i2} є функцією координат центрів направляючих x_A, y_A, x_E, y_E , де $x_A = \text{const}$, $y_A = \text{const}$, а координати центру направляючої скала в свою чергу є функціями часу $x_E = x_E(t)$, $y_E = y_E(t)$. Зв'язок між законом руху скала та функцією зміни куту обхвату гребінки ниткою буде мати вигляд: $a_i = a_{i1} + f(x_E(t), y_E(t))$.

Функція кута обхвату скала залежить не тільки від зміни координат направляючої скала, але й від зміни координат вушківини, тому що

$$x_F = x_F(t); \quad y_F = y_F(t).$$

Тоді:
$$b = y(x_E(t), y_E(t), x_F(t), y_F(t)).$$

Розіб'ємо кут b на дві складові: $b = b_1 + b_2$ обидві з яких є змінними величинами. З розрахункової видно, що $b = p/2 - a_2$, а $b_2 = \angle SEP$

$$b = -\frac{3p}{2} + \arccos \frac{R_1 - R_2}{\sqrt{(y_A - y_E)^2 + (x_A - x_E)^2}} + \text{arctg} \frac{x_E - x_A}{y_A - y_E} + \\ + \arcsin \frac{x_E - x_F}{\sqrt{(y_F - y_E)^2 + (x_F - x_E)^2}} + \arcsin \frac{R_2}{\sqrt{(y_F - y_E)^2 + (x_F - x_E)^2}}.$$

Кути обхвату ниткою вушківини, гачка й платини, а також переміщення органів петлеутворення визначимо зі схем взаємного розташування петлеутворюючих органів у найбільш характерні моменти циклу. Відомі розміри робочих органів [56] (рис. 6.9, 6.10, табл. 6.1).

Діаметр нитки знаходимо по формулі:

$$F = \frac{k\sqrt{T_k}}{31.6},$$

де T_k - текс нитки;

k - коефіцієнт, що залежить від питомої ваги нитки, $k = 1,128/g$.

Наприклад, для віскози 6,7 текс $k=1,3$.

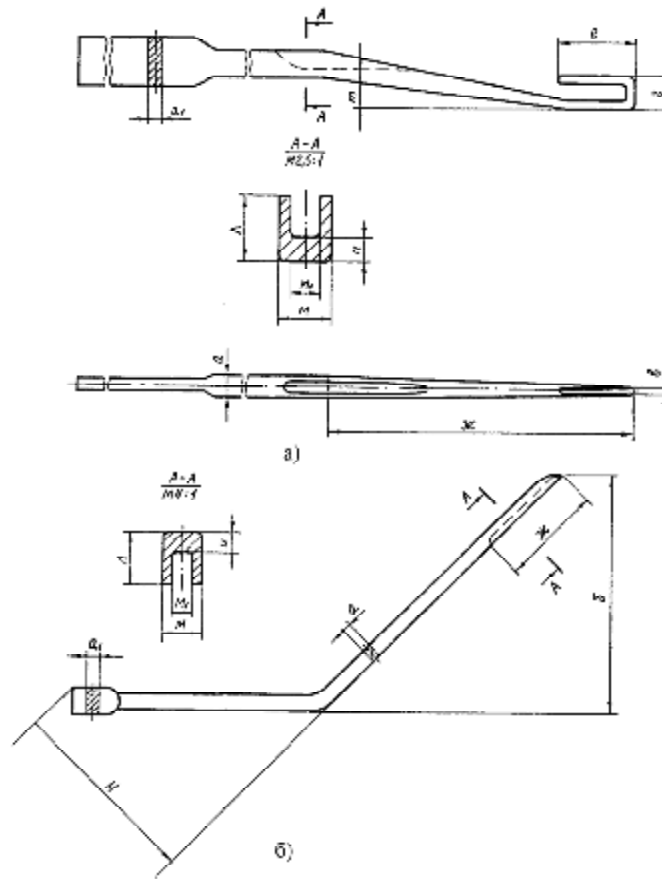


Рис. 6.9. Розміри пазової голки і замкача

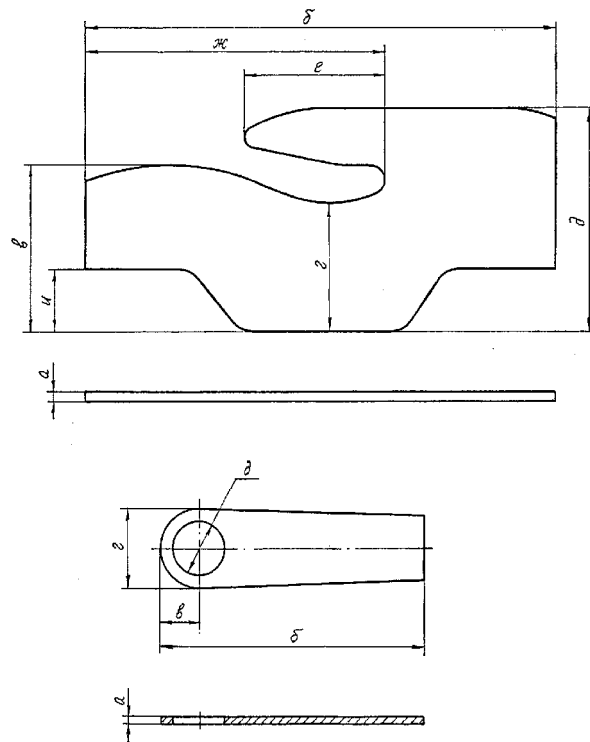


Рис. 6.10. Розміри платини і вушківини

Таблиця 6.1.

Розміри голко-платинових виробів для основов'язальної машини
"Кокетт-2" моделі 5219 (мм)

Позначення	Пазова голка	Замикач	Платина	Вушкова голка
а	0.5	0.3	0.18	0.36
а ₁	0.4	0.14	-	-
б	-	7.1	28.0	15.0
в	0.23	-	7.0	1.25
г	0.76	-	4.0	2.4
д	-	-	7.2	1.5
е	1.55	-	4.3	-
ж	23.0	3.2	16.3	-
и	0.31	0.22	2.0	-
л	0.86	0.4	-	-
м	0.52	0.28	-	-
м ₁	0.36	0.2	-	-
н	-	6.3	-	-
а	-	135°	-	-

6.2. Зміна натягу нитки в зоні петлеутворення

Кожний цикл петлеутворення на основов'язальній машині з пазовими голками, як уже говорилося вище, можна розбити на десять характерних моментів: заключення, прокладання, винесення, пресування, нанесення, з'єднання, кулірування, скидання, формування та відтягнення.

Для спрощення будемо вважати, що:

- голки рухаються вертикально;

- платини та вушковини рухаються горизонтально;
- на голці може перебувати тільки одна петля;
- прокладається тільки одна нитка верхнього навою.

За вихідне положення петлеутворюючих органів будемо вважати момент закінчення процесу відтягнення (рис. 6.11). Систему координат зв'яжемо з самою нижньою точкою горловин платин у вихідному положенні. Тоді вісь абсцис співпадає з відбійною площиною О-О. У розглянутий момент пазова голка перебуває в максимально нижньому положенні і відстань від внутрішньої точки вершини петлі до відбійної площини дорівнює h_{max} . Величина h_{max} залежить від товщини нитки і необхідної щільності трикотажу і підраховується по формулі [8]:

$$h_{max} = 0,5\sqrt{(l_{0max})^2 - T^2},$$

де l_{0max} - максимальна довжина петлі до перетяжки;

T - голковий крок.

Знайдемо також діаметр нитки по формулі:

$$F = \frac{k\sqrt{T_k}}{31.6},$$

де k - коефіцієнт, що залежить від питомої ваги нитки g , для віскози $k=1,3$;

T_k - текс нитки, для розглянутого заправлення $T_k=6.7$, тоді $F=0.1063$ мм.

Нехай натяг старої петлі визначає натяг полотна. Одна вітка старої петлі йде до сусіднього петельного стовпчика, а інша, огинаючи носик платини, направляється до вушковини. Кінець замикача перебуває на рівні нижньої кромки платини. Вушківина розташовується на максимально віддаленому від спинки голки відстані і також займає вихідне положення

для утворення нової петлі. З вихідного положення починається процес петлеутворення.

Першим його моментом є *заключення*, (рис. 6.12), що полягає в тому, що голка із самого нижнього положення піднімається так, що вершина гачка голки досягає рівня верхньої крайки платини. Переміщення вершини гачка становить h_{\max} плюс відстань від відбійної площини до верхньої кромки платини.

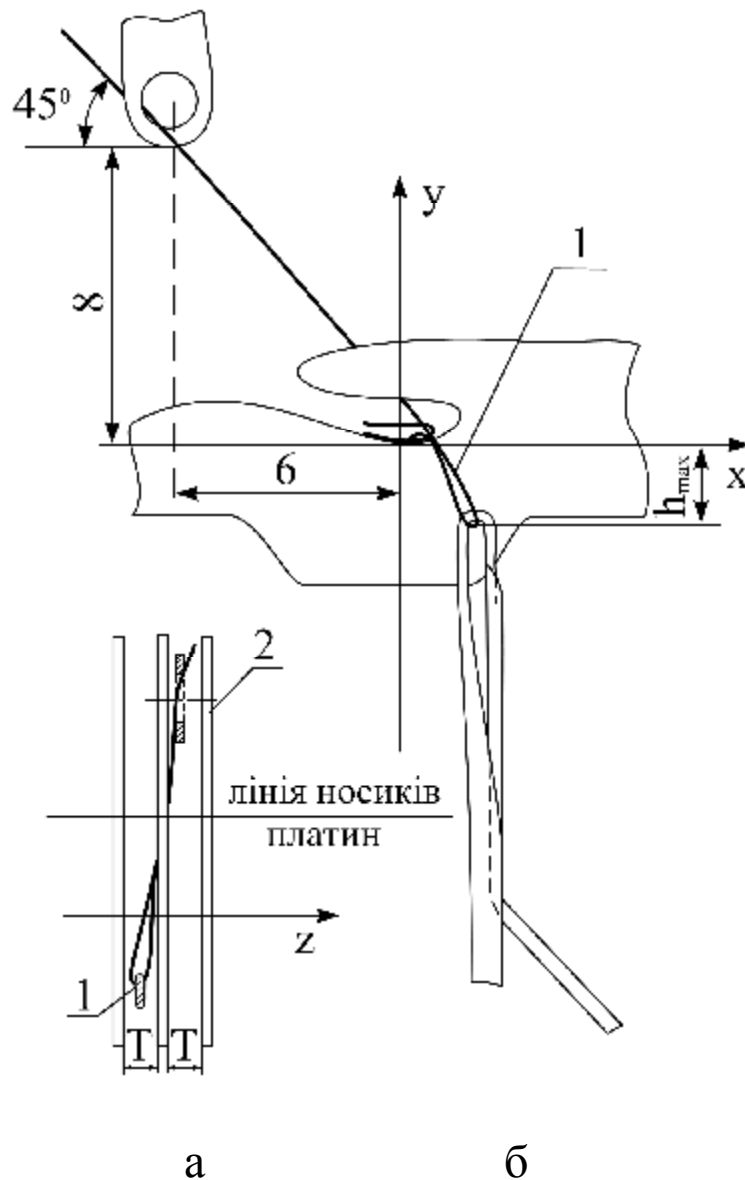


Рис. 6.11. Початкове положення петлеутворюючих органів:
1 – гачок голки (а); 1 – стара петля (б); 2 – вушковина (а)

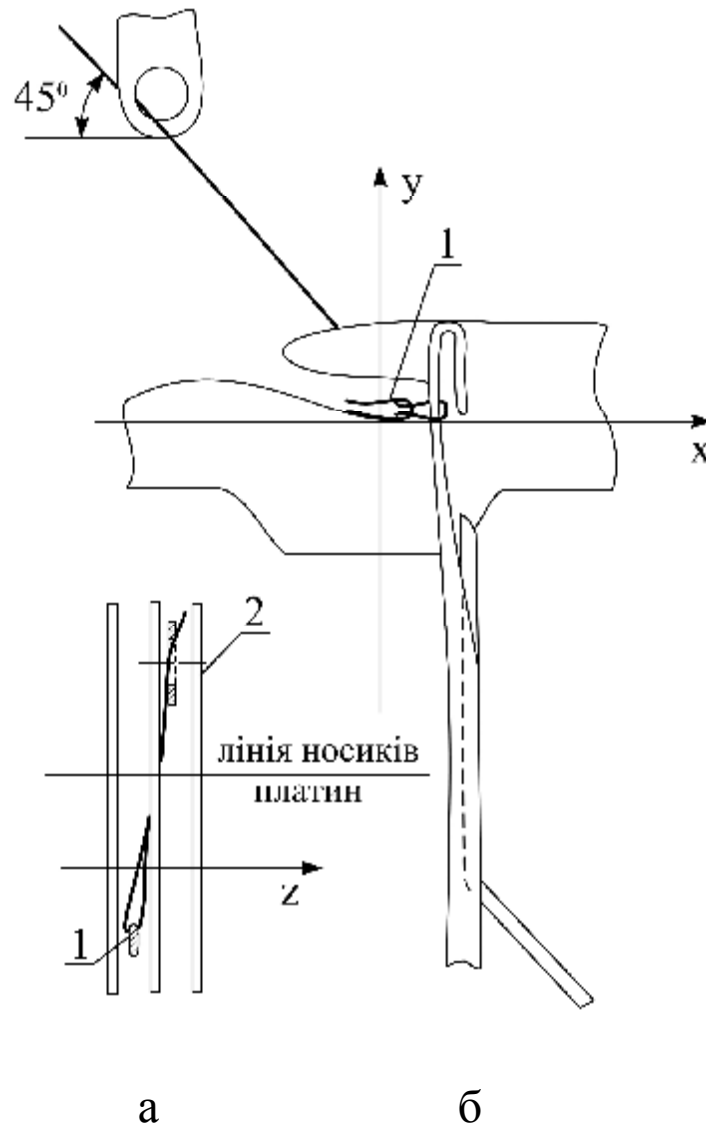


Рис. 6.12. Положення петлеутворюючих органів при куті поваороту головного валу $\varphi = 30^\circ$:

1 – гачок голки (а); 1 – стара петля (б); 2 – вушковина (а)

При цьому стара петля зсковзує з гачка голки на його стержень. Замикач, платина й вушковина під час заклучення нерухомі, отже кути охоплення ниткою вушковини й платини не змінюються. При піднятті пазової голки натяг старої петлі зменшується, отже натяг нитки при заклученні падає.

Під час *прокладання* (рис. 6.13 - 6.16) голка продовжує підніматися. При куті повороту головного валу $j = 60^\circ$ (рис. 6.13) вушковина, платина й

замикач нерухомі, а гачок пазової голки піднявся вище верхньої кромки платини. Коли кут повороту j досягає 90° (рис. 6.14) вушківина починає прокачування до центру машини й наближається до гачків голок. У той момент, коли вушківина перетинає лінію голок, натяг нитки досягає першого локального мінімуму, оскільки в цей момент відстань між старою петлею й вушківиною мінімальна. При цьому голка повинна перекивати $0,75$ діаметра отвору вушківини. У цей же час платина трохи зміщується до центру машини, послабляючи натяг старої петлі й даючи можливість вільного просування голки вгору. Зсув платини становить $2 - 2,5$ мм, після чого вона знову зупиняється. Продовжуючи прокачування (рис. 6.15 - 6.16) вушківина досягає положення, максимально віддаленого від лінії голок ($j = 150^\circ$). У міру просування вушківини натяг нитки поступово зростає. Голка й платина в цей час нерухомі.

Після цього вушківина робить зсув перед гачками голок на один голковий крок ($j = 180^\circ$, рис. 6.17) і починає рухатися у зворотному напрямку.

Коли j досягає 200° , прокладання закінчується й настає **винесення**. При $j = 210^\circ$ вушківина в другий раз перетинає лінію голок і висота гачка збігається з вершиною отвору вушківини. Це максимально високе положення голок, після чого вони починають опускатися. У цей же час починається рух вгору замкача. Під час прокладання й винесення натяг нитки перетерплює наступні зміни: з моменту зсуву вушківини нитка починає обгинати гачок голки й тому для нитки з'являється нова напрямна, отже натяг нитки різко зростає. При подальшому переміщенні вушківини від центру машини кут охоплення ниткою пазової голки увесь час збільшується, поки не досягне 180° (рис. 6.18). Це відбувається в той момент, коли вушківина в другий раз перетне лінію пазових голок, тобто при $j = 210^\circ$ і натяг нитки досягне першого локального максимуму.

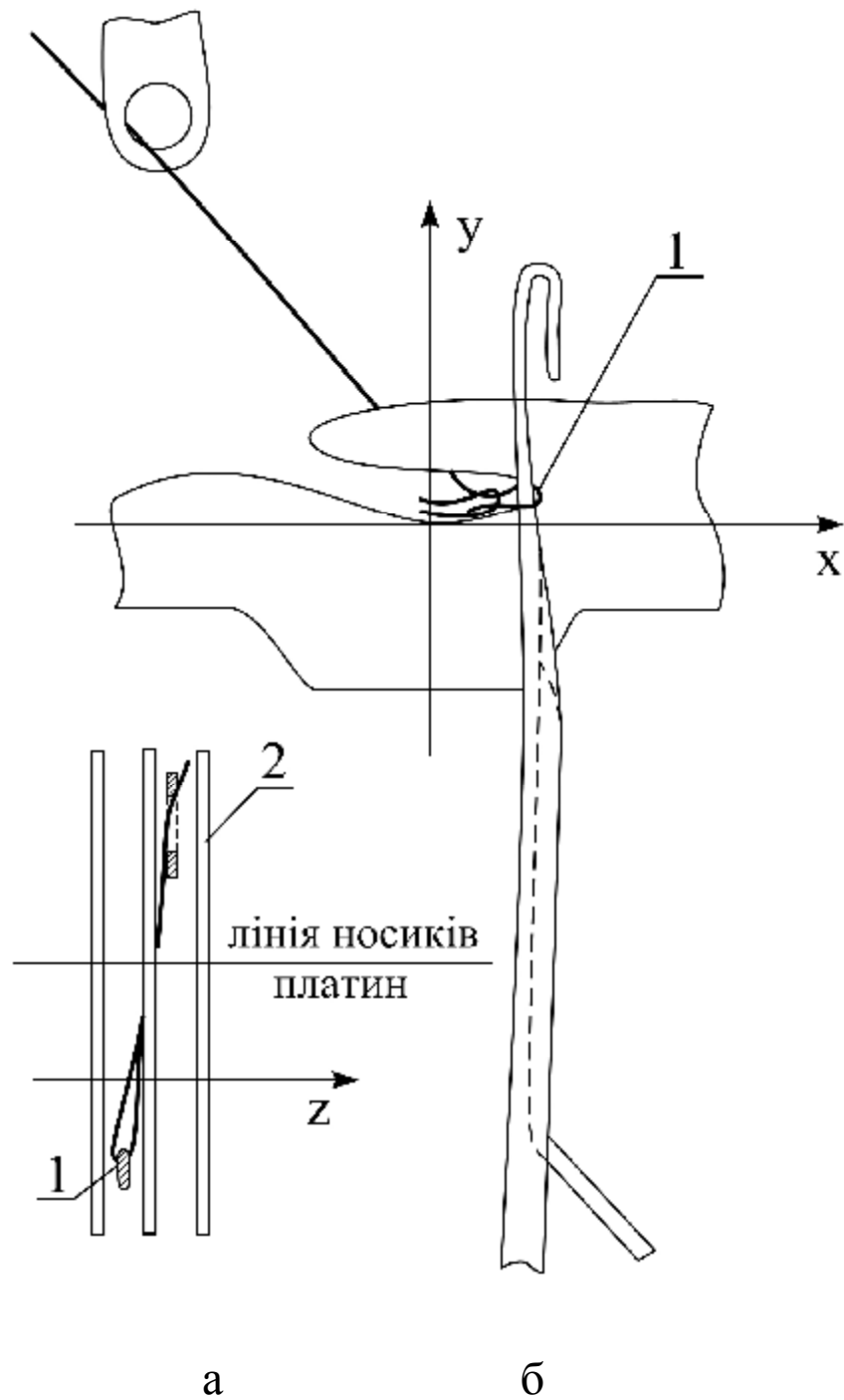


Рис. 6.13. Положення петлеутворюючих органів при куті повороту головного валу $\varphi = 60^\circ$:
 1 – гачок голки (а); 1 – стара петля (б); 2 – вушковина (а)

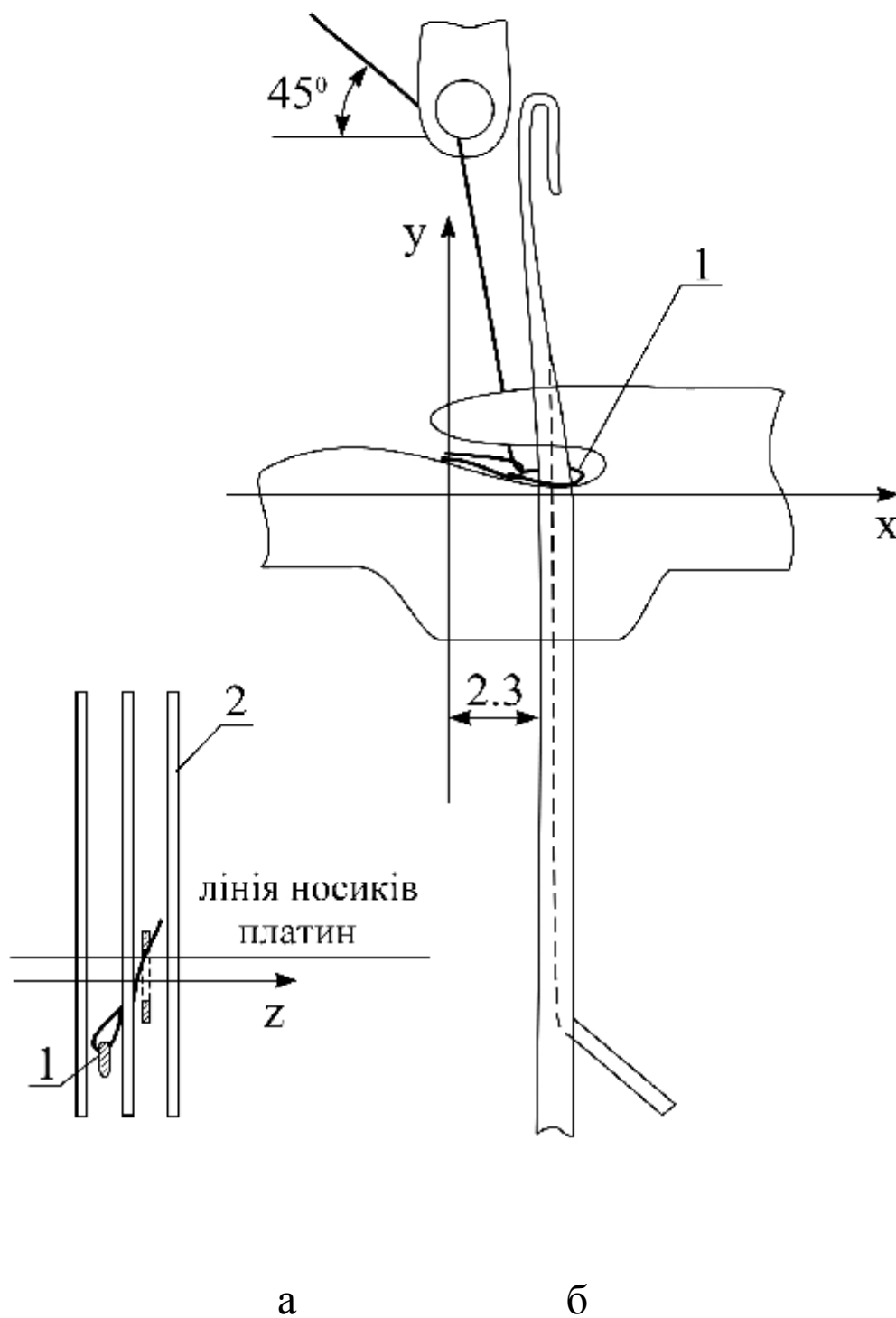


Рис. 6.14. Положення петлеутворюючих органів при куті повороту головного валу $\varphi = 90^\circ$:
 1 – гачок голки (а); 1 – стара петля (б); 2 – вушковина (а)

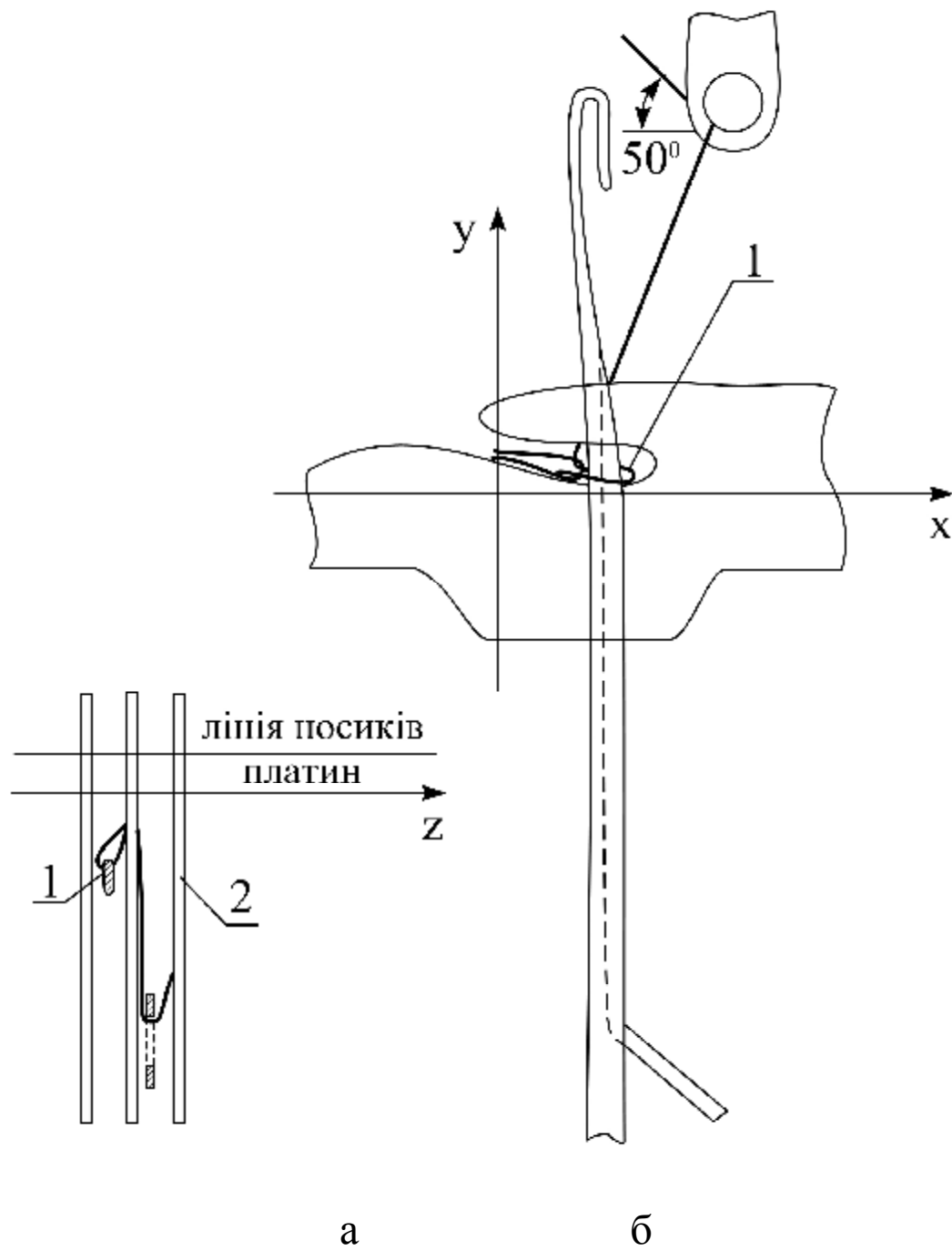


Рис. 6.15. Положення петлеутворюючих органів при куті повороту головного валу $\varphi = 120^\circ$:
 1 – гачок голки (а); 1 – стара петля (б); 2 – вушковина (а)

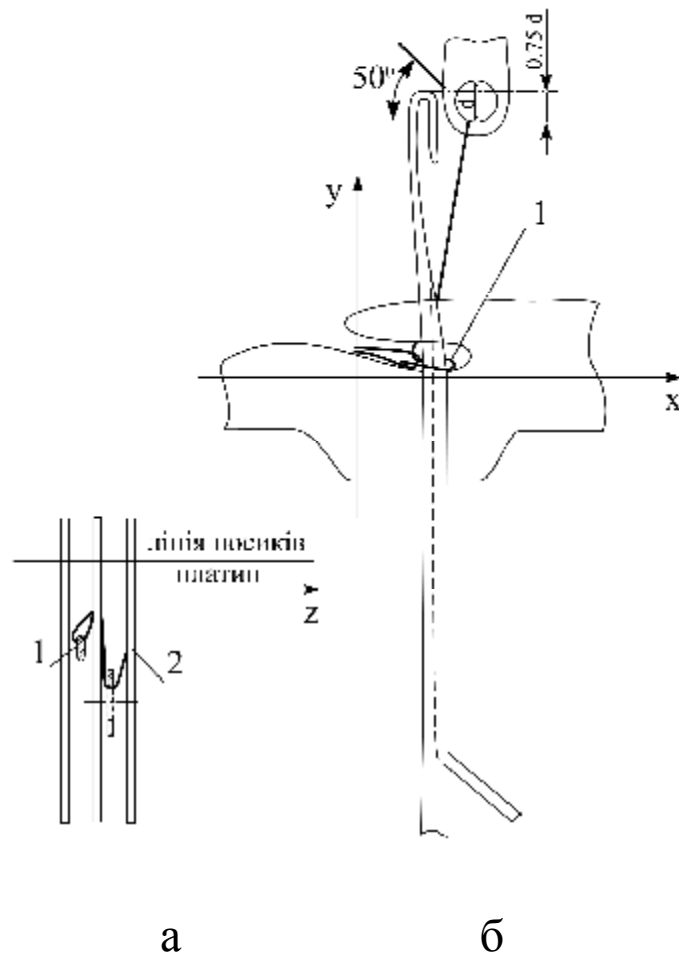


Рис. 6.16. Положення петлеутворюючих органів при куті повороту головного валу $\varphi = 150^\circ$:
 1 – гачок голки (а); 1 – стара петля (б); 2 – вушковина (а)

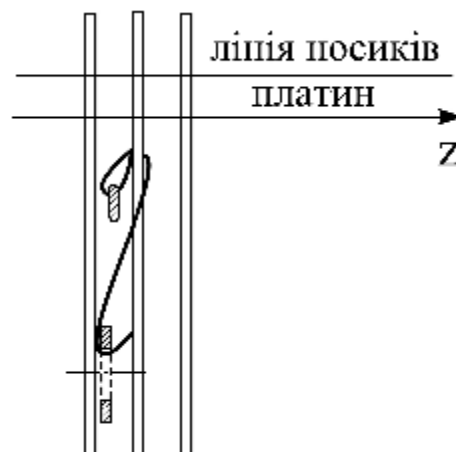


Рис. 6.17. Здвиг вушкової гребінки на 1 голковий крок (кут повороту головного валу $\varphi = 180^\circ$)

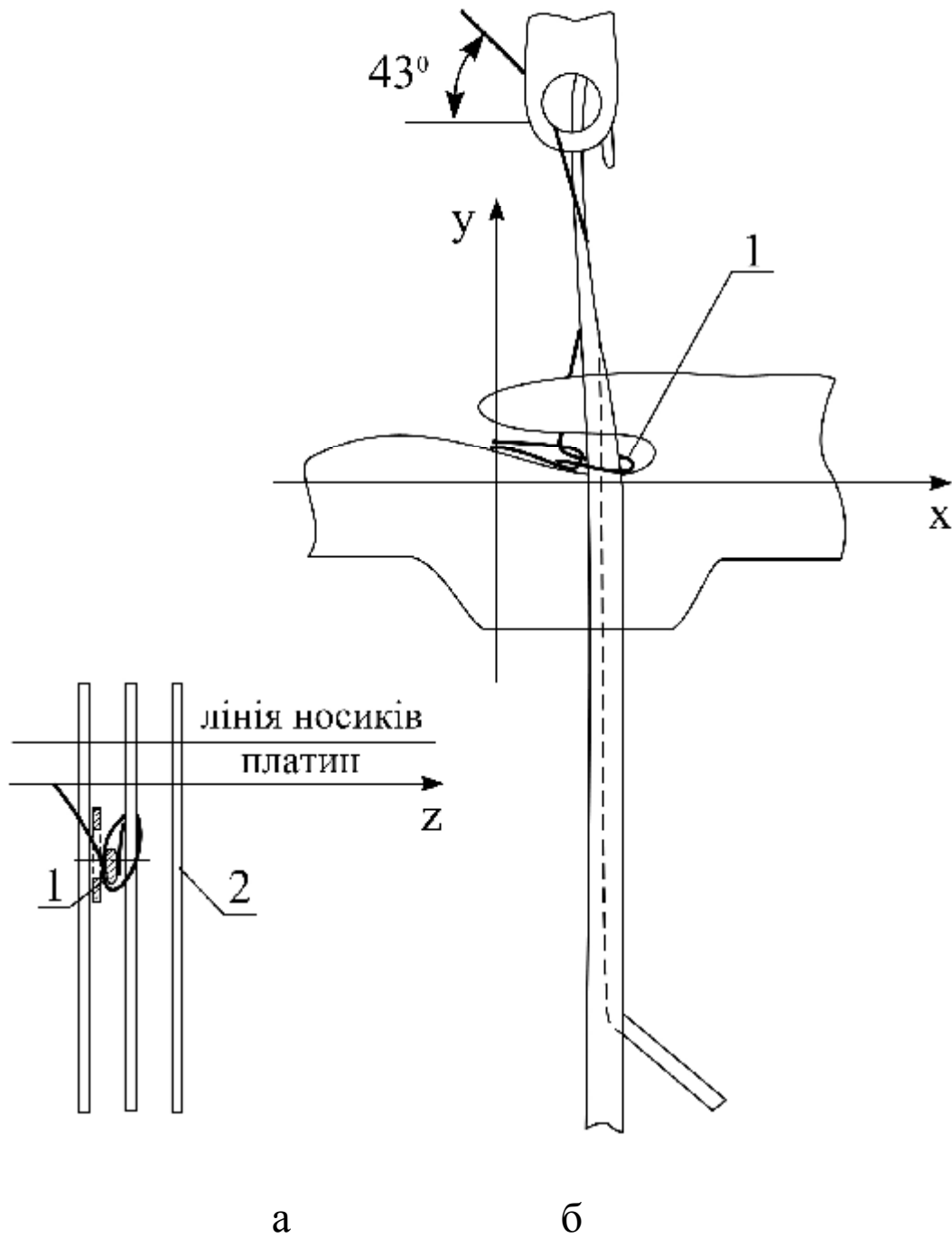


Рис. 6.18. Положення петлеутворюючих органів при куті повороту головного валу $\varphi = 210^\circ$:
 1 – гачок голки (а); 1 – стара петля (б); 2 – вушковина (а)

Крім вищезгаданої причини, ріст натягу нитки обумовлений ще й тим фактом, що при русі пазової голки вгору, нитка зміщується із більше тонкої ділянки стержня голки на ділянку з більшим діаметром, що збільшує площу контакту голки й нитки, а значить і силу тертя. Для зменшення сили тертя знову прокладеної нитки об стержень голки, у момент досягнення найбільшої швидкості підйому голки, платина незначно зміщається назад до центру машини, трохи звільняючи стару петлю, у такий спосіб зм'якшуючи різкий характер зростання натягу нитки. Наприкінці винесення, коли вушківина в другий раз перетнула лінію пазових голок, голки починають опускатися. У цей момент нитка зсковзує зі стержня голки на гачок, діаметр якого менший діаметра стержня, і натяг нитки починає зменшуватися.

Далі відбувається *пресування* (рис. 19), при якому замикач піднімається так, що покриває гачок голки, вушківина продовжує рух від центру а платина знову зміщається до центру звільняючи стару петлю, а також її носик вислизає з під нитки, тим самим звільняючи нитку від напрямної, а значить знижуючи її натяг. Крім того, нитка виявляється запресованою під гачком голки, тобто обгинає в цей час саме тонку її ділянку, що також веде до зниження натягу. Таким чином, натяг нитки досягає другого локального мінімуму.

При повороті головного вала від 260° до 275° відбувається *нанесення* (рис. 6.20). Голка опускається так, що сама широка її частина, а саме місце з'єднання гачка й замикача, приходиться на рівень брюшків платин і стара петля охоплює гачок разом із замикачем. Збільшення натягу в старій петлі веде за собою збільшення натягу нитки. Вушківина при цьому досягає положення максимально віддаленого від стержня голки, платина нерухома.

З'єднання, кулірування, скидання і формування відбуваються при подальшому опусканні голки (рис. 6.21, $j = 300^\circ$). Платина й вушківина нерухомі.

За допомогою *відтяжки* (рис. 6.22) знову сформована петля приймає свій максимальний розмір (який згодом у готовому полотні може зменшитися за рахунок перетяжки). У цей момент голка досягає найнижчого положення, максимально натягуючи знову сформовану петлю, а платина висувається вперед від центру машини, збільшуючи натяг старої петлі. Коли платина зупиниться, натяг нитки досягне другого локального максимуму, хоча по абсолютній величині він буде набагато меншим першого. У цей момент петлеутворюючі органи знову будуть знаходитись у вихідному положенні для початку наступного циклу петлеутворення.

6.3. Порівняльна характеристика коливань натягу ниток та полотна

Провівши порівняльну характеристику коливань натягу нитки в зоні петлеутворення та коливань натягу полотна, можна зробити наступні висновки:

- натяг нитки в зоні петлеутворення досягає два рази мінімального та два рази максимального значення: перший локальний мінімум приходить на початок прокладання, другий - на кінець пресування, при цьому перший локальний мінімум є глобальним. Першого локального максимуму натяг нитки досягає в середині винесення, а другого - наприкінці відтягнення, тобто у вихідному положенні, при цьому по абсолютній величині перший локальний максимум набагато більший другого;

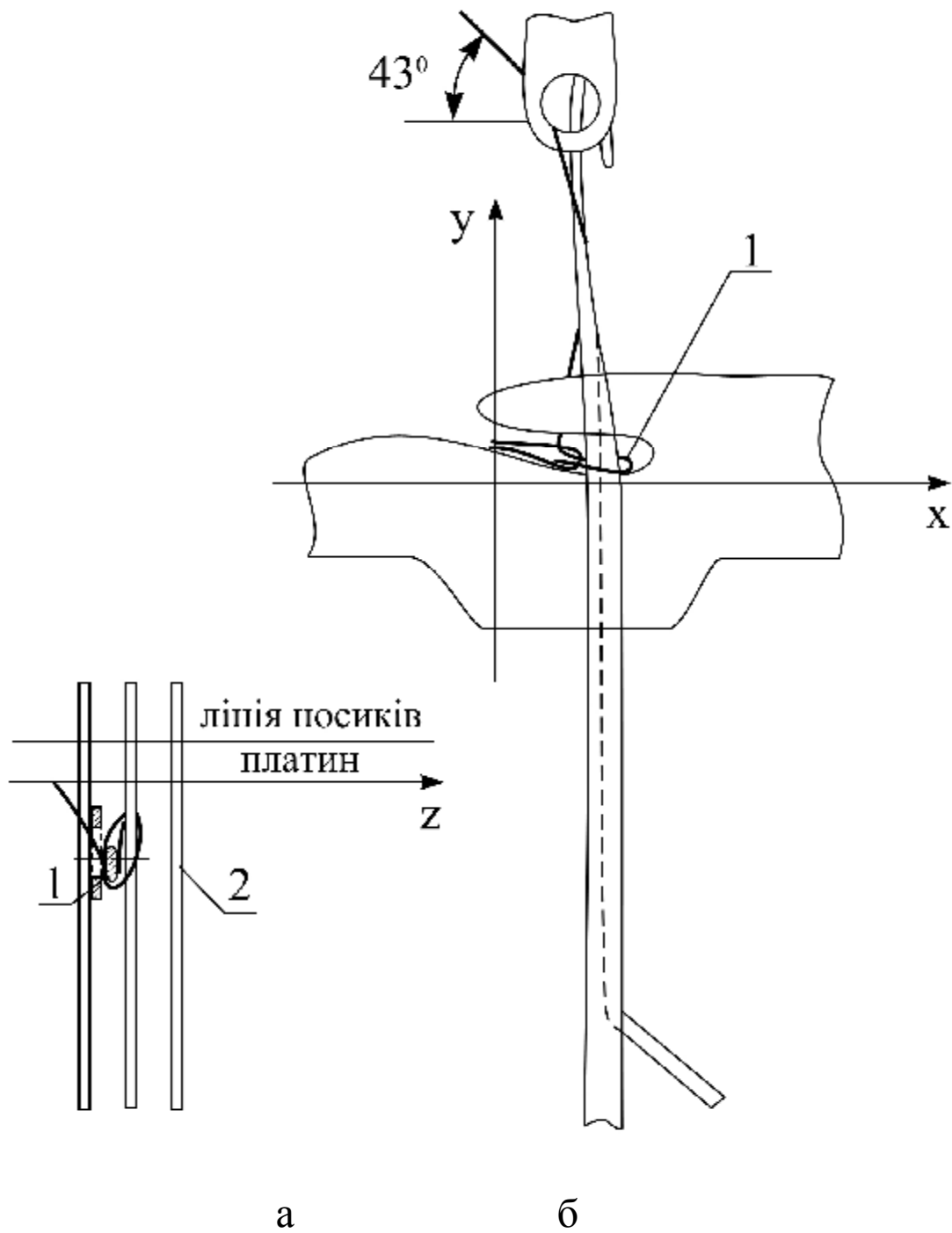


Рис. 6.19. Положення петлеутворюючих органів при куті повороту головного валу $\varphi = 240^\circ$:
 1 – гачок голки (а); 1 – стара петля (б); 2 – вушковина (а)

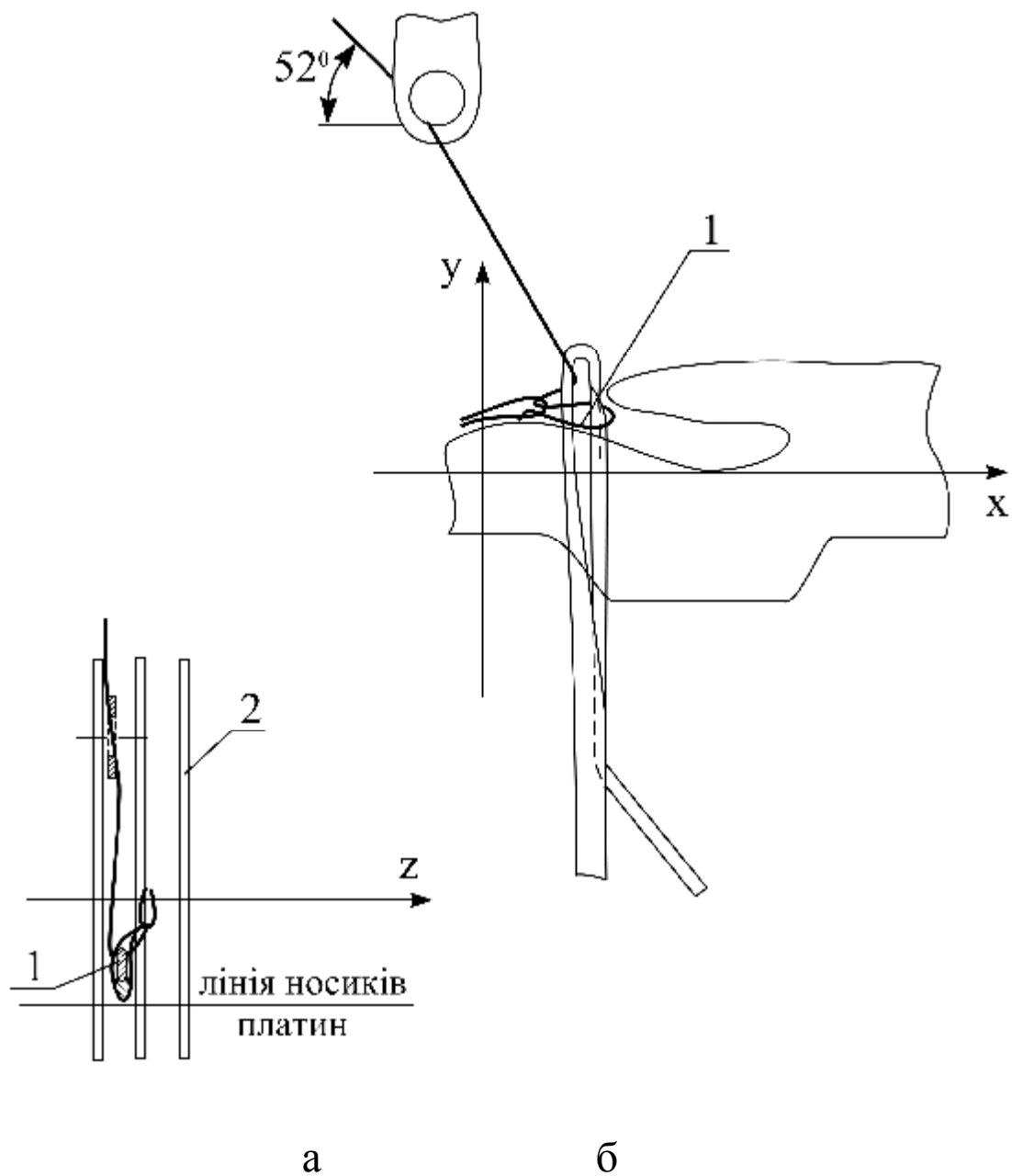


Рис. 6.20. Положення петлеутворюючих органів при куті повороту головного валу $\varphi = 270^\circ$:
 1 – гачок голки (а); 1 – стара петля (б); 2 – вушковина (а)

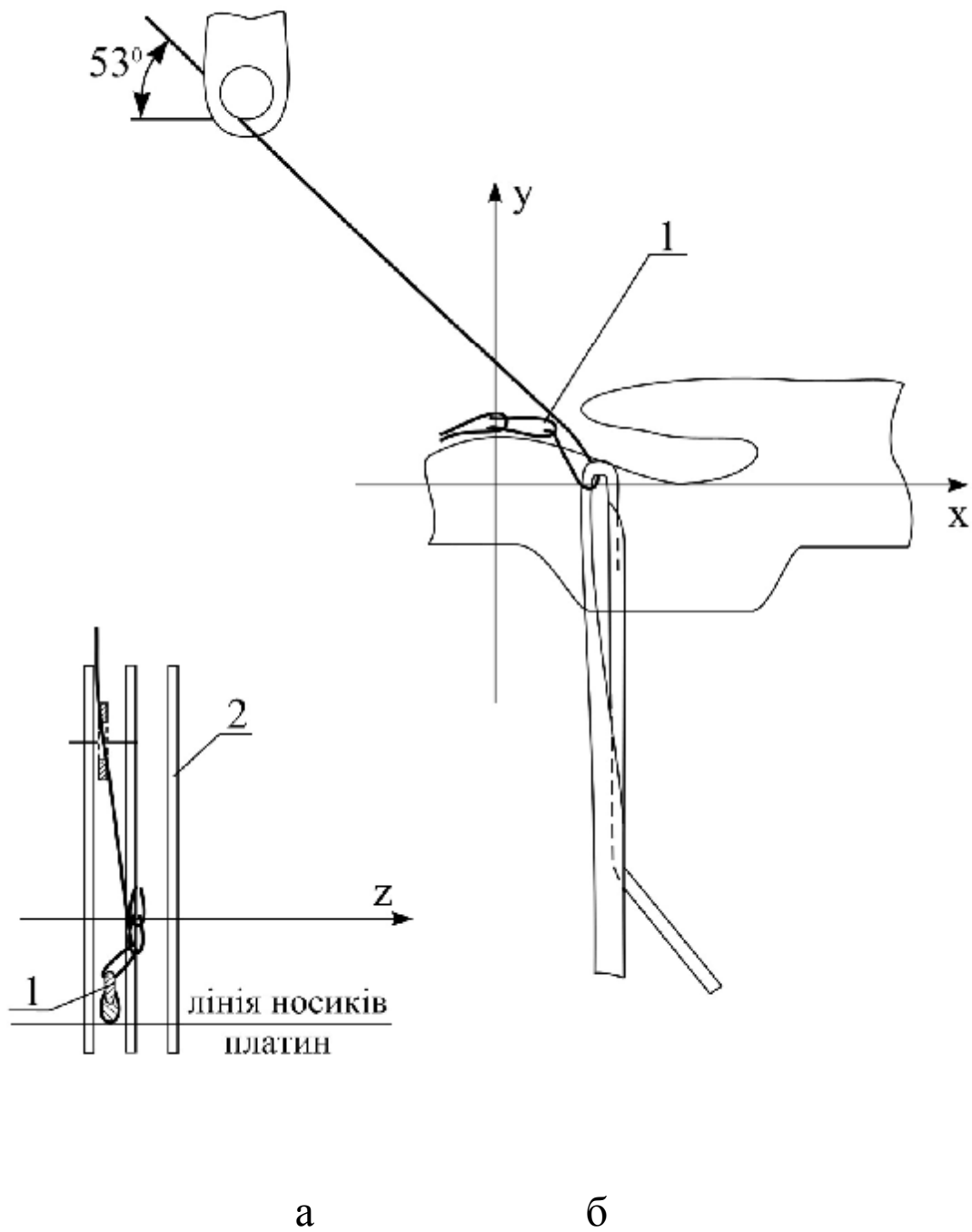


Рис. 6.21. Положення петлеутворюючих органів при куті повороту головного валу $\varphi = 300^\circ$:
 1 – гачок голки (а); 1 – стара петля (б); 2 – вушковина (а)

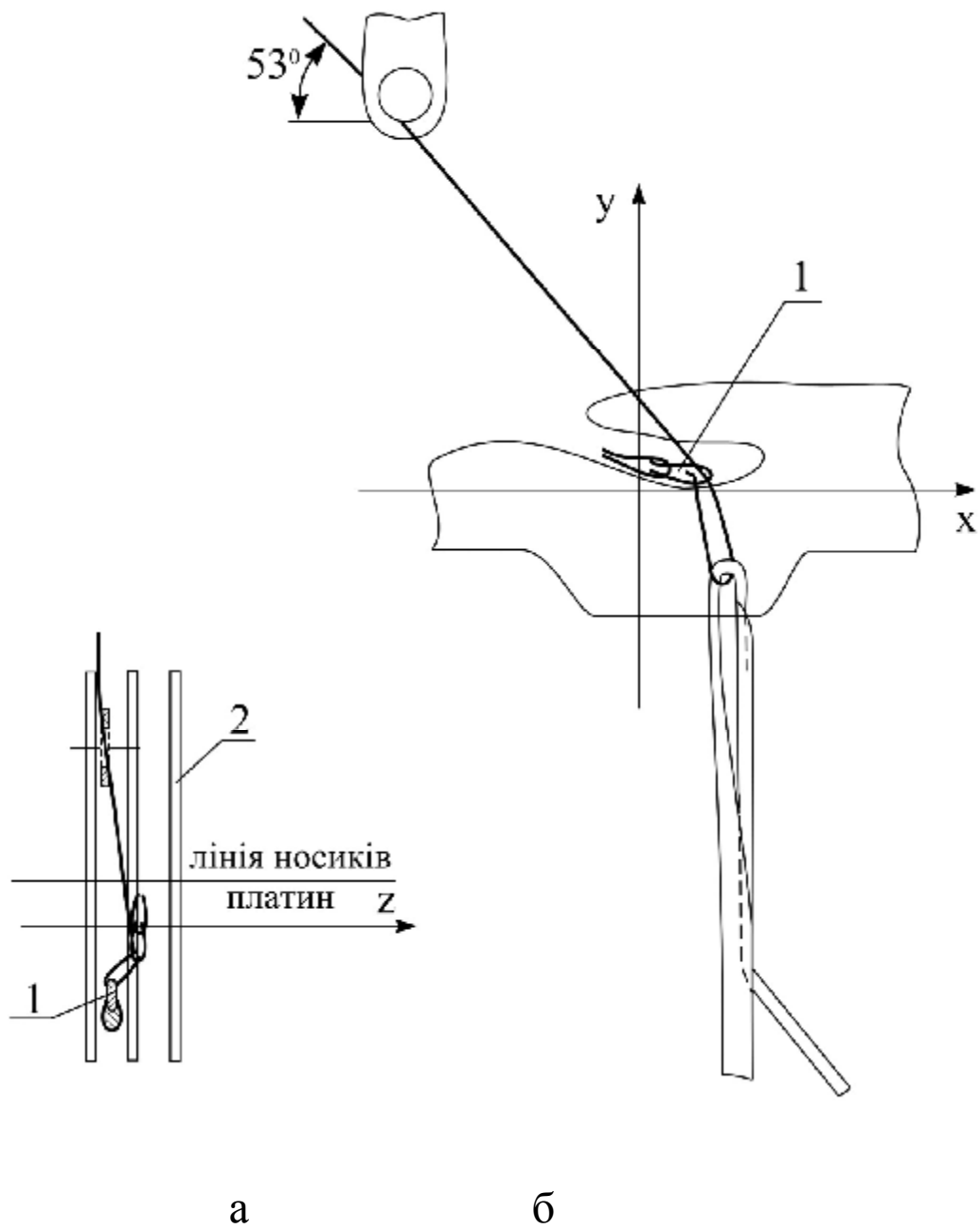


Рис. 6.22. Положення петлеутворюючих органів при куті повороту головного валу $\varphi = 330^\circ$:
 1 – гачок голки (а); 1 – стара петля (б); 2 – вушковина (а)

- натяг полотна досягає одного максимального та одного мінімального значення: мінімум проходиться на початок прокладання, а максимум - на середину винесення, що збігається із глобальними максимумом і мінімумом коливання натягу нитки;

- коливання натягу нитки й полотна ідентичні й взаємозалежні. Вимірявши натяг нитки при сході з навою, можна, користуючись методикою, викладеної в п. 6.1, обчислити його значення перед зоною петлеутворення в будь-який момент часу. Знаючи кути охоплення ниткою петлеутворюючих органів у кожний момент циклу петлеутворення, можна не тільки з'ясувати характер коливання натягу полотна, але й одержати чисельні значення натягу в будь-який момент циклу.

Аналіз впливу натягу нитки на коливання натягу полотна при роботі основов'язальної машини показав:

1. Натяг нитки залежить від ряду факторів:

- кількості направляючих;
- величини радіуса поперечного перерізу направляючих;
- від того, яким, постійним або змінним, є радіус направляючої;
- кута охоплення направляючої ниткою;
- механічних властивостей нитки, таких як жорсткість на згин та зминання.

2. Простежено рух фіксованої точки нитки з моменту її сходу з навою до моменту перетворення нитки в полотно для основов'язальної машини типу "Кокетт".

3. Розроблено методику розрахунку натягу нитки при проходженні нею всіх направляючих, включаючи скало.

4. Розроблено методику розрахунку натягу нитки в зоні петлеутворення.

5. Отримано порівняльну характеристику коливань натягу нитки в зоні петлеутворення та коливань натягу полотна.

6. Встановлено, що коливання натягів нитки і полотна ідентичні та взаємозалежні. Натяг нитки два рази досягає максимального та два рази мінімального значень, при цьому більший з максимумів і менший з мінімумів збігаються з максимумом і мінімумом натягу полотна.

ВИСНОВКИ

1. Відтяжка полотна на основов'язальних та в'язально-прошивних машинах впливає на якість полотна та на довговічність роботи петлеутворюючих органів.

2. Підвищення якості основов'язального полотна може бути досягнуте шляхом використання механізму переривчастої (дискретної) відтяжки полотна. На основі цього твердження запропонована класифікація механізмів відтяжки полотна за принципом дії та конструктивних особливостей.

3. У проведених раніше дослідженнях відзначалися труднощі створення механізму дискретної відтяжки полотна, пов'язані з інерційністю механізмів відтяжки.

4. Розроблений принципово новий підхід до створення механізму дискретної відтяжки основов'язального полотна, при якому дискретність відтяжки забезпечується не відтяжними валами, а додатковим механізмом.

5. Проведено аналітичне дослідження впливу петлеутворюючих органів на натяг полотна протягом одного циклу петлеутворення.

6. В результаті аналітичних досліджень визначені основні фактори, що впливають на закон коливання натягу полотна, а також ті моменти циклу петлеутворення, у які натяг полотна досягає мінімального й максимального значення.

7. Проведено експеримент по вивченню коливання натягу полотна протягом кожного циклу петлеутворення.

8. В результаті експерименту отримана осцилограма коливання натягу полотна, з якої видно, що за один цикл петлеутворення натяг полотна один раз досягає максимального і один раз мінімального значення.

9. Встановлено, що експериментальні дані підтверджують аналітично зроблені висновки.

10. В результаті експерименту отримані чисельні значення величини максимального та мінімального натягу полотна: 4.8 сН/1 пет. ст. і 3.9 сН/1 пет. ст. Натяг полотна досягає мінімуму при куті повороту головного валу машини на 60° , що відповідає початку прокладання, а максимуму – при куті повороту 220° , що відповідає закінченню винесення.

11. На основі експериментальних даних розроблена математична модель коливання натягу полотна.

12. Функція коливання натягу полотна описана рядом Фур'є, і, таким чином, отримана аналітична формула, що задає закон коливання

13. Побудований графік функції, заданої отриманим рівнянням, за допомогою програмного пакета EXCEL 5.0 і встановлено, що відхилення аналітично заданої кривої від отриманої експериментально не перевищує 0.25% і не виходить за рамки довірчого інтервалу, отриманого при обробці експериментальних даних.

14. За допомогою методів диференціального вирахування знайдені екстремуми функції коливання натягу полотна протягом одного циклу петлеутворення та встановлено, що вони практично збігаються з експериментальними значеннями.

15. На основі експериментальних даних спроектований та конструктивно розроблений ротаційний механізм переривчастої відтяжки полотна (Патент України на винахід №21891, DO4B 27/00, Хом'як

О.Н.,Параска Г.Б., Будкина Т.В. Механізм відтягнення полотна на основов'язальних машинах, заявка №5045086/10, пріоритет 17.03.92).

16. Розроблено математичну модель ротаційного механізму відтяжки полотна, метою якого був розрахунок кількості, а також радіальних і кутових координат полотнонаправляючих балочок додаткового валу

17. На основі математичної моделі написана програма для реалізації на персональному комп'ютері, за допомогою якої визначені параметри ротаційного механізму відтяжки полотна періодичної дії.

18. Розроблені конструкції двох нових типів електромагнітних механізмів відтяжки полотна періодичної дії (Патент РФ №2077624, Хом'як О.Н., Параска Г.Б., Будкина Т.В., Чабан В.В. Механізм відтягнення полотна на основов'язальних машинах, заявка №5045087/12(012880), пріоритет 17.03.92).

19. Розроблено стенд для проведення експерименту по перевірці працездатності ротаційного механізму відтяжки полотна.

20. Отримано осцилограму коливань натягу полотна при використанні ротаційного механізму відтяжки.

21. Встановлено, що ступінь стабілізації коливань натягу полотна ротаційним механізмом відтяжки періодичної дії становить 78.2%.

22. Проведено експериментальну перевірку працездатності ротаційного механізму відтяжки полотна при високих швидкостях роботи двигуна.

23. Отримані осцилограми коливань натягу основов'язального полотна при роботі ротаційного механізму відтяжки на швидкостях 750 - 1000 об/хв. Встановлено, що характер і амплітуда коливань зі збільшенням швидкості не міняється, із чого можна зробити висновок, що на високих швидкостях ротаційний механізм відтяжки полотна зберігає свою працездатність.

24. Коливання натягу полотна залежать не тільки від переміщень петлеутворюючих органів, але й від коливань натягу ниток основи.

25. На натяг ниток основи впливає ряд факторів, таких як кількість і величина радіуса поперечного перерізу напрямних, кут охоплення напрямною ниткою, механічні властивості нитки.

26. Простежено рух фіксованої ділянки нитки з моменту його сходу з навою до моменту перетворення в полотно, і зміна при цьому його натягу.

27. Розроблено методику розрахунку натягу нитки при проходженні нею усіх напрямних, радіус яких значно перевищує радіус нитки, а також напрямних, радіус яких співпадає з радіусом нитки, а саме в зоні петлеутворення.

28. Отримано порівняльну характеристику коливань натягу нитки в зоні петлеутворення та коливань натягу полотна. Встановлено, що коливання натягу нитки в зоні петлеутворення та коливання натягу полотна ідентичні й взаємозалежні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Далидович А.С. Технология трикотажного производства, М., Гизлегпром, Часть 1, 1939, 544 с, Часть 2, 1940, 612 с.
2. Далидович А.С. Основы теории вязания, М., Легкая индустрия, 1970, 432 с.
3. Михайлов К.Д., Харитонов Л.Ф., Гусева А.А. Технология трикотажа, М., Гизлегпром, 1956.
4. Харитонов Л.Ф. Изучение причин неравномерности деформаций рашелевого полотна и их устранение, дисс, М., 1947.
5. Харитонов Л.Ф. Пути повышения скорости рашель-машин, Сборник научно-исследовательских трудов МТИ, т. XVI, 1955.
6. Бабинец СВ. Анализ причин дефектности вертелочных полотен с целью повышения их качества, Сборник научно-исследовательских трудов МТИ, т. XVI, 1955, с. 28-40.
7. Симин С.Х. Быстроходные основовязальные машины, М., Гизлегпром, 1955, 280 с.
8. Гарбарук В.Н. Расчет и конструирование трикотажных машин, Л., Машиностроение, 1980, 472 с.
9. Каценеленбоген А.М., Галанина О.Д. Машины и технология основовязального производства, М., Легкая индустрия, 1966, 263 с.
10. Стайняк К.И. Регулировка плотности на основовязальных машинах с помощью оттяжного валика, ж. Technik Wtokienny, №5, 1958.
11. Далидович А.С., Ботерашвили Ш.А. Влияние заправочного натяжения на длину петли в двухгребенчатом основовязальном трикотаже, Текстильная промышленность №2, 1970.
12. Юсупов Э.М., Гусева А.А. Исследования влияния натяжения нити на длину петли в основовязальных переплетениях, Трикотажная промышленность, №3, 1968, с. 36-38.

13. Лазаренко В.М. О процессе кулирования на машинах, работающих вязальным способом, Известия вузов "Технология легкой промышленности", №1, 1969.
14. Лазаренко В.М. Влияние оттяжки на скорость потребления нити в процессе кулирования, Известия вузов "Технология легкой промышленности", №2, 1969.
15. *Бабинец С.В. Анализ причин дефектности вертелечных полотен с целью повышения их качества, Автореферат диссертации, М., 1954.*
16. *Гарбарук В.Н. Изучение машин при помощи скоростной киносъемки, Легкая промышленность, №9, 1957.*
17. *Мильченко И.С, Кухнов Д.А., Козлов Б.П. Способ пуска и останова основовязальных машин, Авторское свидетельство СССР, класс 25 с, 15/10 21 с, 62165 №100777, 26.07.54.*
18. *Warp Knitting, Economic Scope of new FNF, 168 in Machine, "Hosiery Times", 1955, vol 28, №316.*
19. *Brook E. R., Warp Knitting faults analysed, Hosiery Trade Journal, 1967, 74, №885.*
20. *Лазарева Л.В. Уменьшение видимости поперечных полос в вертелочном полотне, Легкая промышленность, №1, 1956.*
21. *Моисеенко Ф.А., Радзиевский В.А. Исследование причин образования поперечной полосатости полотна и путей ее устранения, сообщение 1, Известия вузов "Технология легкой промышленности", №3, 1962, с. 93-104.*
22. *Моисеенко Ф.А., Радзиевский В.А. Исследование причин образования поперечной полосатости полотна и путей ее устранения, сообщение 4, Известия вузов "Технология легкой промышленности", №4, 1963, с. 153-159.*

23. Моисеенко Ф.А., Радзиевский В.А. Исследование причин образования поперечной полосатости полотна и путей ее устранения, сообщение 5, Известия вузов "Технология легкой промышленности", №1, 1965.
24. Гржибовский В.В., Радзиевский В.А. Регулирование основязального процесса, Доклады на научно-технической конференции по механизации и автоматизации основных и вспомогательных процессов.
25. Радзиевский В.А. О некоторых технологических особенностях основязального процесса, Легка і текстильна промисловість, №6, Техника, Киев, 1971.
26. Гржибовский В.В., Радзиевский В.А. Потребление нити в процессе основязания, Известия вузов "Технология легкой промышленности", №2, 1970.
27. Гржибовский В.В., Радзиевский В.А. Влияние натяжения нитей основы и силы оттяжки полотна на длину основязанной петли, Известия вузов "Технология легкой промышленности", №1, 1971.
28. Гржибовский В.В., Радзиевский В.А. Экспериментальное исследование основязального процесса, Легка і текстильна промисловість, №5, Техника, Киев, 1971.
29. Радзиевский В.А., Бондарь В.М. Автоматическое регулирование и контроль нитеподачи на быстроходных основязальных машинах, Легкая индустрия, М., 1971.
30. Наговский Ш.К. Исследование перетяжки нити в основязальных машинах, Автореферат диссертации, Л., 1973.
31. Бахматов К.И. Исследование товароприемных механизмов основязальных машин, Автореферат диссертации, Л., 1974.
32. Пищиков В.А., Федоров Ю.Д., Черяк Ю.В. Исследование процесса оттяжки и накатки полотна быстроходных основязальных машин, Отчет КТИЛПа, Киев, 1967.

33. Пищиков В.А., Федоров Ю.Д., Черяк Ю.В. Исследование процесса оттяжки полотна на быстроходных основвязальных машинах с крючковыми иглами, Отчет КТИЛПа, Киев, 1967.
34. Пейсах Э.Е., Вульфсон И.И., Сизачева В.В. Расчетно - исследовательские и экспериментальные работы по механизмам петлеобразования основвязальных машин, Отчет ЛИТЛП по теме №99/69, Л., 1969.
35. Большакова Н.И., Цитович И.Г. К исследованию процесса оттяжки петель на плоскофанговых машинах, Известия вузов " Технология легкой промышленности", №5, 1972.
36. Цитович И.Г., Большакова Н.И., Строганов Б.И. Зависимость натяжения нити в старых петлях от усилия оттяжки и фрикционных свойств нити, Известия вузов " Технология легкой промышленности", 1975.
37. Офферман П., Тауш-Мартон Х. Основы технологии трикотажного производства, М., Легкая и пищевая промышленность, 1981.
38. Черемовский Ю.Ф., Соловьев Л.И., Немыгин Б.В. Механизм оттяжки товара на вязально-прошивной машине, Авторское свидетельство СССР, класс Д04В 27/34, №361239, 07.12.72.
39. Каценеленбоген А.М., Верховина Л.Д. Устройство, работа и обслуживание основвязальных машин, М., Легкая и пищевая промышленность, 1982, 248 с.
40. Коритыцкий Я.И. Колебания в текстильных машинах, М., Машиностроение, 1973, 320 с.
41. Беляев Н.М. Сопротивление материалов, М., Наука, 1965, 856 с.
42. Степнов М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний, Справочник, М., Машиностроение, 1985, 232 с.
43. Кассандрова О.Н., Лебедев В.В. Обработка результатов наблюдений, М., Наука, 1970, 103 с.

44. Румшинский Л.З. *Математическая обработка результатов эксперимента*, М., Наука, 1971, 191 с.
45. Волощенко В.П., Пипа Б.Ф., Шипуков СТ. *Эксплуатационная надежность машин трикотажного производства*, Киев, Техтка, 1977, 131 с.
46. Грег Харвей *Excel 5.0 for Dummies*, Диалектика, Киев, Информейшн Компьютер Энтерпрайз, М., 1994, 288 с.
47. Фихтенгольц Г.М. *Основы математического анализа*, II том, Государственное издательство технико-теоретической литературы, М., 1956, 464 с.
48. Сулима И.М., Гавриленко СИ., Радчик И.А., Юдицкий Я.А. *Основные численные методы и их реализация на МК*, Вища школа, К., 1987, 310 с.
49. Левитская О.Н., Левитский Н.И. *Курс теории механизмов и машин*, М., Высшая школа, 1985, 279 с.
50. Калашников С.Г. *Электричество*, М., Наука, 1985, 576 с.
51. Щербань В.Ю. Особенности взаимодействия сминаемых, жестких на изгиб нитей с рабочими органами трикотажных и швейных машин. *Известия вузов "Технология легкой промышленности"*, 1988, №4, с. 126-130.
52. Щербань В.Ю. О критериях выбора размеров нитенаправителей машин легкой промышленности, *Известия вузов "Технология легкой промышленности"*, 1989, №4, с. 95-97.
53. Чабан В.В. *Исследование и разработка устройств для стабилизации натяжения нитей основы на основовязальных машинах*, К., КТИЛП, Автореферат диссертации, 1991, 219 с.
54. Параска Г.Б. *Стабилизация натяжения нитей основы на основовязальных машинах*, Автореферат канд. диссертации, К., КТИЛП, 1988, 23 с.

55. *Лазаренко В.М. Процессы петлеобразования, М, Легпромбытиздат, 1986, 136 с.*
56. *Каталог-справочник на игльно-латинные изделия для трикотажной промышленности, Часть I, II, III, М., Цинтилегпром, 1960, 204 с. , 412 с, 179 с.*

ЗМІСТ

ВСТУП	С.	3
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ ВІДТЯЖКИ ПОЛОТНА НА ОСНОВОВ'ЯЗАЛЬНИХ МАШИНАХ		5
1.1. Роль відтяжки полотна в основов'язальному процесі		5
1.2. Конструктивні особливості механізмів відтяжки основов'язального полотна		12
1.3. Класифікація механізмів відтяжки основов'язального полотна		23
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВІДТЯЖКИ ПОЛОТНА НА ОСНОВОВ'ЯЗАЛЬНИХ МАШИНАХ		29
2.1. Аналітичні дослідження впливу руху петлеутворюючих органів основов'язальної машини на натяг полотна		29
2.2. Експериментальні дослідження процесу відтяжки полотна на основов'язальних машинах		35
2.2.1. Методика проведення експерименту		35
2.2.2. Обробка результатів експерименту		38
РОЗДІЛ 3. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КОЛИВАННЯ НАТЯГУ ПОЛОТНА НА ОСНОВОВ'ЯЗАЛЬНІЙ МАШИНІ		47
3.1. Постановка завдання		47
3.2. Теоретична база для рішення поставленого завдання		48
3.3. Алгоритм рішення задачі		51
3.4. Результати рішення задачі		55
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА МЕХАНІЗМІВ ДИСКРЕТНОЇ ВІДТЯЖКИ ОСНОВОВ'ЯЗАЛЬНОГО ПОЛОТНА		62
4.1. Ротаційний механізм відтяжки полотна		62

4.2.	Вибір конструктивних параметрів ротаційного механізму відтяжки полотна	65
4.3.	Оптимізація робочих параметрів ротаційного механізму відтяжки полотна	69
4.4.	Математична модель ротаційного механізму відтяжки полотна	69
4.5.	Визначення параметрів ротаційного механізму відтяжки полотна періодичної дії	83
4.6.	Результати рахування програми	85
4.7.	Проектування електромагнітного механізму відтяжки основов'язального полотна періодичної дії	88
РОЗДІЛ 5. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОТАЦІЙНОГО МЕХАНІЗМУ ВІДТЯЖКИ ОСНОВО-В'ЯЗАЛЬНОГО ПОЛОТНА		
5.1.	Стенд для експериментальних досліджень ротаційного механізму відтяжки полотна	95
5.2.	Методика проведення експерименту	97
5.3.	Обробка результатів експерименту	100
5.4.	Визначення ступеня стабілізації коливань натягу полотна ротаційним механізмом відтяжки	102
5.5.	Оцінка працездатності ротаційного механізму відтяжки полотна на великих швидкостях	104
РОЗДІЛ 6 АНАЛІЗ ВПЛИВУ НАТЯГУ НИТОК ОСНОВИ НА КОЛИВАННЯ НАТЯГУ ОСНОВОВ'ЯЗАЛЬНОГО ПОЛОТНА		
6.1.	Зміна натягу нитки при переході через направляючу	106
6.2.	Зміна натягу нитки в зоні петлеутворення	128

6.3. Порівняльна характеристика коливань натягу ниток та полотна	139
ВИСНОВКИ.....	146
ЛІТЕРАТУРА	150