

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАТРОНІКИ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Математичні і алгоритмічні компоненти програмного комплексу
для побудови інформаційної моделі пристрою натягу сировини»

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки

Освітня програма Комп'ютерні науки

Виконав: студент групи МГДІТ-22

Сцібан Богдан Євгенович

Науковий керівник д.ф., ас. Кириченко А.М.

Рецензент _____

Київ 2023

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ДИЗАЙНУ

Факультет мехатроніки та комп'ютерних технологій
Кафедра комп'ютерних наук
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 122 Комп'ютерні науки
Освітня програма Комп'ютерні науки

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри КН
Володимир ЩЕРБАНЬ.
“ ” 2023 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Сцібану Богдану Євгеновичу

- 1. Тема кваліфікаційної роботи** Математичні і алгоритмічні компоненти програмного комплексу для побудови інформаційної моделі пристрою натягу сировини,
науковий керівник роботи Кириченко Антон Миколайович, ас.,д.ф.
затверджені наказом КНУТД від “_12_”вересня_2023 року №_210-уч_
- 2. Вихідні дані до роботи:** Розробки кафедри комп'ютерних наук;
рекомендована література, додатки. _____
- 3. Зміст дипломної роботи:** Вступ; РОЗДІЛ 1 Постановка задачі; РОЗДІЛ 2 Проектування; РОЗДІЛ 3 Програмна реалізація; Висновки; Список літератури; ДОДАТОК А Окремі фрагменти програмного коду; ДОДАТОК Б Презентація.
- 4. Дата видачі завдання** 1 вересня 2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапу кваліфікаційної роботи | Орієнтовний термін виконання | Примітка про виконання |
|-------|---|------------------------------|------------------------|
| 1 | Вступ | 15.09.2023 | |
| 2 | Розділ 1. Постановка задачі | 20.09.2023 | |
| 3 | Розділ 2 Проектування | 30.09.2023 | |
| 4 | Розділ 3. Програмна реалізація | 10.10.2023 | |
| 5 | Висновки | 25.10.2023 | |
| 6 | Оформлення (чистовий варіант) | 1.11.2023 | |
| 7 | Подача кваліфікаційної роботи науковому керівнику для відгуку (за 14 днів до захисту) | 4.11.2023 | |
| 8 | Подача кваліфікаційної роботи для рецензування (за 12 днів до захисту) | 6.11.2023 | |
| 9 | Перевірка кваліфікаційної роботи на наявність ознак плагіату (за 10 днів до захисту) | 8.11.2023 | |
| 10 | Подання кваліфікаційної роботи на затвердження завідувачу кафедри (з 7 днів до захисту) | 10.11.2023 | |

З завданням ознайомлений:

Студент _____ **Богдан СЦІБАН**

Науковий керівник _____ **Антон КИРИЧЕНКО**

АНОТАЦІЯ

Сцібан Б. Є. Математичні і алгоритмічні компоненти програмного комплексу для побудови інформаційної моделі пристрою натягу сировини. – Рукопис.

Кваліфікаційна магістерська робота за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки». – Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, 2023 рік.

Кваліфікаційну магістерську роботу присвячено побудові інформаційної моделі тарілчастого пристрою з вантажними шайбами чи конічною пружиною для натягу комплексних ниток та пряжі технологічних машин текстильної та легкої промисловості. Інформаційна модель тарілчастого пристрою включає в себе математичні і алгоритмічні компоненти програмного комплексу для визначення впливу профілю тарілочок в точках входу і виходу в тарілчастий пристрій, нерівномірності перетину сировини, способу завдання попереднього натягу на величину вихідного натягу комплексних ниток та пряжі на технологічних машинах текстильної та легкої промисловості.

В кваліфікаційній магістерській роботі запропоновано основні напрями удосконалення тарілчастого пристрою з вантажними шайбами чи конічною пружиною для натягу комплексних ниток та пряжі технологічних машин текстильної та легкої промисловості на основі оптимізації натягу на базі динамічного аналізу процесу взаємодії тарілочок пристрою для натягу з поверхнею сировини з урахуванням профілю тарілочок в точках входу і виходу, нерівномірності перетину сировини, закону зміни вхідного натягу, способу завдання попереднього натягу з використанням вантажних шайб або конічної пружини.

Результати кваліфікаційної магістерської роботи можна використовувати для оптимізації натягу нерівномірних за діаметром комплексних ниток та пряжі при переробці на технологічних машинах текстильної та легкої промисловості, зменшення технологічних зусиль в робочій зоні та кількості обривів ниток по зонах заправки технологічних машин легкої та текстильної промисловості, зменшення відсотку видаленого дефектного трикотажного чи текстильного полотна, економії електроенергії, покращенню якості продукції, що випускається.

Ключові слова: пристрій натягу, інформаційна модель, профіль тарілочок в точках входу і виходу, нерівномірність перетину сировини, умови взаємодії потовщень з напрямною.

ABSTRACT

Schiban B. E. Mathematical and algorithmic components of the software complex for building an information model of the raw material tensioning device. - Manuscript.

Qualifying master's thesis in specialty 122 - "Computer science". - Kyiv National University of Technology and Design, Kyiv, 2023.

The qualifying master's thesis is devoted to the construction of an information model of a plate device with load washers or a conical spring for tensioning complex threads and yarns of technological machines of textile and light industry. The information model of the disc device includes mathematical and algorithmic components of the software complex for determining the influence of the profile of the discs at the points of entry and exit into the disc device, the unevenness of the cross section of the raw material, the method of setting the pre-tension on the value of the output tension of complex threads and yarns on technological machines of textile and light industry.

The qualifying master's thesis proposed the main areas of improvement of the plate device with load washers or a conical spring for tensioning complex threads and yarns of technological machines of textile and light industry based on the optimization of tension based on the dynamic analysis of the interaction process of the plates of the device for tension with the surface of the raw material, taking into account the profile of the plates in points of entry and exit, uneven cross-section of raw materials, the law of change of input tension, the method of applying pre-tension using load washers or a conical spring.

The results of the qualifying master's thesis can be used to optimize the tension of complex threads and yarns of uneven diameter during processing on technological machines of the textile and light industry, reduce technological efforts in the work area and the number of thread breaks in the filling zones of technological machines of the light and textile industry, reduce the percentage of removed defective knitted or textile fabric, saving electricity, improving the quality of manufactured products.

Keywords: tensioning device, information model, profile of plates at the entry and exit points, uneven cross section of the raw material, conditions of interaction of thickenings with the guide.

Зміст

| | |
|---|-----|
| Вступ | 7. |
| Розділ 1 Постановка задачі | 10. |
| 1.1. Структура лінії заправки комплексних ниток та пряжі на технологічному обладнанні | 10. |
| 1.2. Структура тарілчастих пристроїв | 20. |
| Висновки по 1 розділу | 28. |
| Розділ 2 Проектування | 29. |
| 2.1. Математичне забезпечення інформаційної моделі пристрою натягу сировини | 29. |
| 2.2. Алгоритмічне забезпечення розв'язання системи трансцендентних рівнянь | 41. |
| Висновки по 2 розділу | 48. |
| Розділ 3 Програмна реалізація | 49. |
| 3.1. Структура комп'ютерної програми для динамічного аналізу процесу взаємодії тарілочок пристрою для натягу з поверхнею сировини | 49. |
| 3.2. Транслятор формул з використанням зворотних польських записів інформаційної моделі тарілчастого пристрою | 54. |
| Висновки по 3 розділу | 68. |
| Висновки | 69. |
| Список використаних джерел | 71. |
| Додаток А | 80. |
| Додаток Б | 87. |

ВСТУП

Актуальність теми. Принцип пріоритетності розвитку частини внутрішнього ринку – ринку продукції легкої промисловості, як необхідної передумови становлення національної економіки, пройшов апробацію світовим досвідом. Текстильний сектор та легка промисловість в цілому в усьому світі є одними з провідних видів економічної діяльності, що значною мірою забезпечують формування державного бюджету та виступають важливим фактором розвитку сільського господарства, хімічної та машинобудівної промисловості тощо. Проте в Україні ці сфери діяльності вже багато років перебувають у кризовому стані. Для з'ясування причин, що перешкоджають виходові з кризи, та обґрунтування напрямів подальшого розвитку секторів легкої промисловості поряд із вивченням статистичної інформації та здійсненням ситуаційного аналізу доцільно застосувати і використати системний підхід дослідження всього комплексу проблем легкої промисловості. Текстильні, швейні та взуттєві технологічні процеси та машини відносяться к складним системам [26]. Технологічні машини текстильної, швейної та взуттєвої галузі складаються з багатьох елементів, з'єднаних послідовно у відношенні до надійності – відмова будь якого елемента визиває відмову усієї технологічно машини.

Основою процесу отримання математичних і алгоритмічних компонентів програмного комплексу для побудови інформаційної моделі пристрою натягу сировини є створення та впровадження в практику об'єктно орієнтованих систем автоматизованого проектування, цілями яких є оптимізація натягу нерівномірних за діаметром комплексних ниток та пряжі при переробці на технологічних машинах текстильної та легкої промисловості, зменшення технологічних зусиль в робочій зоні та кількості обривів ниток по зонам заправки технологічних машин[45].

Мета дослідження – побудова інформаційної моделі тарілчастого пристрою з вантажними шайбами чи конічною пружиною для натягу.

Завдання дослідження. На основі інформаційної моделі розробити напрями удосконалення тарілчастого пристрою з вантажними шайбами чи конічною пружиною для натягу комплексних ниток та пряжі технологічних машин текстильної та легкої промисловості на основі оптимізації натягу на базі динамічного аналізу процесу взаємодії тарілочок пристрою для натягу з поверхнею сировини.

Об'єкт дослідження. Технологічні процеси формування трикотажу, тканини, підготовчого виробництва, швейного виробництва.

Предмет дослідження. Тарілчастий пристрій для натягу комплексних ниток та пряжі технологічних машин.

Методи дослідження. Теоретичною основою вирішення проблеми по отриманню математичних і алгоритмічних компонентів програмного комплексу для побудови інформаційної моделі пристрою натягу сировини є праці провідних вчених в галузях чисельних методів, математичного моделювання систем, теорії алгоритмів, питань пов'язаних з розробкою об'єктно-орієнтованого програмного забезпечення. Для побудови інформаційної моделі пристрою натягу сировини, з використанням математичних і алгоритмічних компонентів програмного комплексу, використовувалися методи механіки складних систем, аналітичної геометрії, чисельного розв'язання систем трансцендентних рівнянь.

Практична цінність – Запропоновано основні напрями удосконалення тарілчастого пристрою з вантажними шайбами чи конічною пружиною для натягу комплексних ниток та пряжі технологічних машин текстильної та легкої промисловості на основі оптимізації натягу на базі динамічного аналізу процесу взаємодії тарілочок пристрою для натягу з поверхнею сировини з урахуванням профілю тарілочок в точках входу і виходу, нерівномірності перетину сировини, закону зміни вхідного натягу, способу завдання попереднього натягу з використанням вантажних шайб або конічної пружини для реалізації мети кваліфікаційної магістерської роботи за спеціальністю 122 - Комп'ютерні науки.

Елементи наукової новизни. Мають узагальнюючий характер і містять власні висновки та рекомендації по зменшенню технологічних зусиль в робочій зоні та кількості обривів ниток по зонам заправки технологічних машин легкої та текстильної промисловості, зменшенню відсотку видаленого дефектного трикотажного чи текстильного полотна на основі розробки математичних, алгоритмічних та прикладних програмних компонентів інформаційної моделі пристрою натягу сировини.

Практична значущість роботи. Результати кваліфікаційної магістерської роботи можна використовувати для оптимізації натягу нерівномірних за діаметром комплексних ниток та пряжі при переробці на технологічних машинах текстильної та легкої промисловості, зменшення технологічних зусиль в робочій зоні та кількості обривів ниток по зонам заправки технологічних машин легкої та текстильної промисловості, зменшення відсотку видаленого дефектного трикотажного чи текстильного полотна, економії електроенергії, покращенню якості продукції, що випускається. Розроблений пакет прикладного програмного забезпечення може використовуватися у відповідних проектно-конструкторських організаціях, які займаються розробкою інформаційних моделей пристрою натягу сировини.

Апробація результатів роботи. За результатами кваліфікаційної магістерської роботи отримана 1 публікація в спеціалізованому виданні.

Розділ 1 Постановка задачі.

1.1. Структура лінії заправки комплексних ниток та пряжі на технологічному обладнанні.

Методи математичного планування експерименту дозволяють отримати математичні моделі досліджуваного процесу в певному діапазоні зміни рівнів варійованих факторів, що впливають на значення цільового функціоналу. Математичне моделювання технологічних процесів легкої промисловості базується на розробці математичної моделі досліджуваного процесу для визначення впливу профілю тарілочок в точках входу і виходу в тарілчастій пристрій, нерівномірності перетину сировини. Математичний опис процесу базується на тісному взаємозв'язку теорії і експерименту[28]. Математичні моделі технологічних процесів створюються в результаті теоретичного аналізу процесу або експерименту[27].

Аналіз літературних джерел дозволив встановити, що при моделюванні технологічних процесів ткацького та трикотажного виробництва не враховуються такі важливі показники як анізотропія фрикційних властивостей[52-53]. Досліджуваний технологічний процес характеризується значеннями зовнішніх, внутрішніх і вихідних параметрів - тканина або трикотажне полотно заданої структури, щільності для визначення впливу профілю тарілочок в точках входу і виходу в тарілчастій пристрій, нерівномірності перетину сировини. Все це вимагає розробки досконаліших моделей, в яких враховуються реальні фізико-механічні властивості ниток, а також реальні умови взаємодії ниток з направляючими та робочими органами технологічного обладнання та з іншими нитками в зоні формування тканини і трикотажу [52]. Порівняння експериментальних даних з отриманими теоретичними результатами показує їх відмінність, що виходить за рамки допустимих для похибок інженерних досліджень.

До основних властивостей математичних моделей слід віднести повноту, точність, адекватність, економічність, працездатність, продуктивність, наочність

для визначення впливу профілю тарілочок в точках входу і виходу в тарілчастий пристрій, нерівномірності перетину сировини. Економічність і продуктивність математичної моделі оцінюється витратами на обчислювальні ресурси та отриманням достатньо достовірних вихідних даних. Під повнотою математичної моделі мається на увазі облік тих чинників і особливостей технологічного процесу, які цікавлять дослідника з погляду поставленої мети. Точність і адекватність математичної моделі необхідні для забезпечення прийняттого збігу реальних і знайдених за допомогою математичної моделі значень вихідних параметрів[50].

На рис.1.1.1 показані діаграми зміни відносного натягу по лінії заправки панчішних автоматів. Зростання відносного натягу суттєво впливає на збільшення сумарного часу відновлення працездатності технологічного обладнання, числа зупинок панчішних автоматів. Зростання натягу пояснюється впливом пристрою для натягу[15].

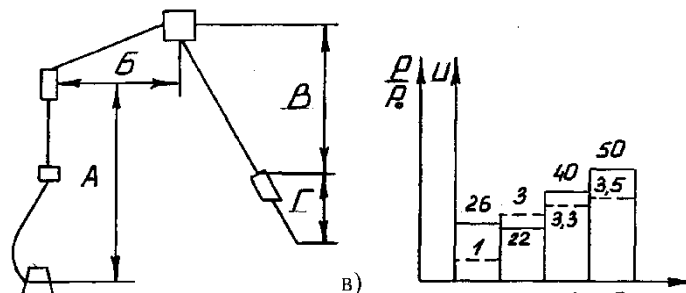


Рис.1.1.1.

На рис. 1.1.2 представлені діаграми зміни відносного натягу по лінії заправки снувальної машини [33]. Наявність пристроїв для натягу призводить до зростання натягу перед робочою зоною.

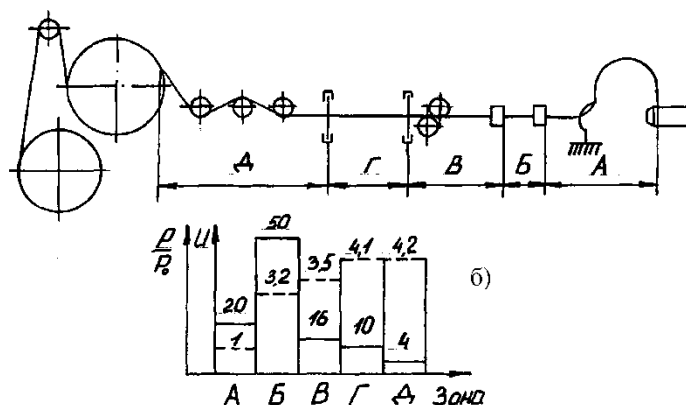


Рис.1.1.2.

На рис.1.1.3-1.1.5 наведені аналогічні діаграми зміни відносного натягу по лінії заправки ткацького верстата (рис.1.1.3), основов'язальної машини (рис.1.1.4), мотальної машини (рис.1.1.5). За даними експериментальних досліджень найбільша обривність спостерігалася в зоні Б - від пристрою для натягу нитки до контрольної коробочки. Відносний натяг збільшувалося по глибині заправки і в зоні Д. Для ткацького верстата зона А включала точку сходу нитки з поковки до скало, зона Б включала скало і до розділового приладу, зона А включала розділовий прилад до першої ремізи, зона Г включала ремізні рамки і до зони формування тканини для визначення впливу профілю тарілочок в точках входу і виходу в тарілчастий пристрій, нерівномірності перетину сировини [42].

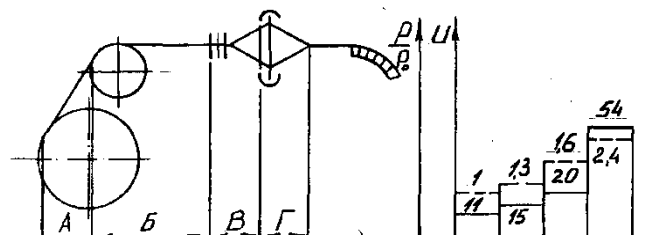


Рис.1.1.3.

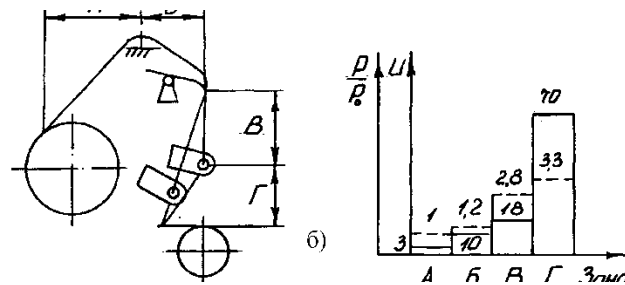


Рис.1.1.4.

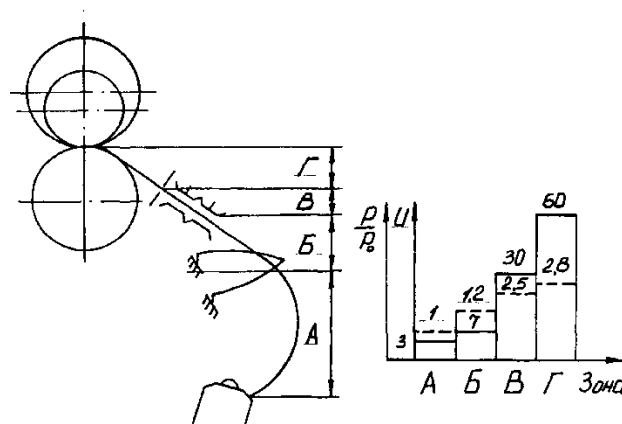


Рис.1.1.5.

Вибір такого переліку устаткування дозволяє широко охопити всю область технологічної переробки ниток, починаючи від підготовчого виробництва і закінчуючи виготовленням безпосередньо тканини і трикотажу для визначення впливу профілю тарілочок в точках входу і виходу в тарілчастий пристрій, нерівномірності перетину сировини. Для мотальної машини зона А відповідає відстані від точки сходу нитки з бобіни до пристрою, зона Б включає прилад і до приладу для натягу нитки, зона А включає прилад для натягу нитки і до контрольно-очисного пристрою, зона Г включає контрольно-очисний пристрій і до точки намотування включно. Аналіз залежностей показав, що максимальна обривність і величина відносного натягу буде в зоні Г.

До основних причин, що викликають обривність можна віднести: порушення технологічного режиму; стан робочих органів технологічного обладнання; величину натягу; якість ниток, наявність на них дефектних ділянок; умови багаторазового навантаження ниток основи; форму заправної лінії пружної системи заправки; умови взаємодії ниток з робочими органами технологічного обладнання. Форма пружної системи заправки робить вплив на величину натягу і обривності ниток. Специфіка переробки ниток на технологічному устаткуванні приводить до того, що останні випробовують багатократні дії з боку робочих органів. Це приводить до стирання зовнішніх філаментов, їх руйнування. Форма розриву при цьому носить явно виражений хаотичний характер. До цього особливо схильні високоанізотропні волокна.

Лінію заправки нитки на круглов'язальній машині КТ можна умовно розбити на наступні ділянки для визначення впливу профілю тарілочок в точках входу і виходу в тарілчастий пристрій, нерівномірності перетину сировини: від вихідного отвору торцевого кронштейну пальцевого натягувача нитки до вхідного отвору контролера обриву нитки; від вхідного отвору горизонтального контролера обриву нитки до вихідного отвору горизонтального контролера обриву нитки; від вертикального накопичувача

нитки барабанного типу до вхідного отвору вертикального контролера обриву нитки; від вхідного отвору вертикального контролера обриву нитки до вихідного отвору вертикального контролера обриву нитки; від бобіни до спрямовувача нитки; від спрямовувача нитки до вхідного отвору торцевого кронштейну пальцевого натягувача нитки; від вхідного отвору торцевого кронштейну пальцевого натягувача нитки до циліндричної поверхні пальцевого натягувача; від циліндричної поверхні пальцевого натягувача до вихідного отвору торцевого кронштейну пальцевого натягувача нитки; від вихідного отвору горизонтального контролера обриву нитки до вертикального накопичувача нитки барабанного типу; від вихідного отвору вертикального контролера обриву нитки до вхідного отвору водія нитки; від вхідного отвору водія нитки до кулірного колеса[38].

Велике значення при вивченні обривності ниток відіграє можливість її прогнозування з використанням статистичних моделей на основі застосування нормального і логарифмічного нормального закону розподілу. У випадку, коли поряд з випадковими причинами на процес впливають систематичні причини, то відбувається порушення стійкості процесу та спотворення закону розподілу обривності. У результаті обробки експериментальних даних було встановлено, що нормальному закону підпорядковується розподіл циклічних характеристик, а логарифмічно нормальному закону підпорядковується розподіл багаточиклічних характеристик і показників стирання. Формули для визначення натягу по глибині заправки наведені нижче. Діаграма зміни відносного натягу по глибині заправки представлені на рис.1.1.6.



Рис.1.1.6.

$$\begin{aligned}
 P_{kt(i+1)} = & P_{kt(i)} \left[1 + \frac{(R_{kt(j)} + r)}{[R_{kt(j)} + r(1 - \delta_{0kt(j)})]} \times \right. \\
 & \times \left(e^{\frac{\beta_{kt(j)}}{\sin \beta_{kt(j)}} \frac{a}{P_{kt(i)}^b} R_{kt(j)}^b \varphi_{kt(j)} - 1 \right) + \\
 & + \left[\frac{(c_0 + c_1 K_r + c_2 K_r^2)}{2[R_{kt(j)} + r(1 - \delta_{0kt(j)})]^2} \right] - \left[\frac{(c_0 + c_1 K_r + c_2 K_r^2)}{2[R_{kt(j)} + r(1 - \delta_{0kt(j)})]^2} \right] \times \\
 & \times \left[1 + \frac{(R_{kt(j)} + r)}{[R_{kt(j)} + r(1 - \delta_{0kt(j)})]} \left(e^{\frac{\beta_{kt(j)}}{\sin \beta_{kt(j)}} \frac{a}{P_{kt(i)}^b} R_{kt(j)}^b \varphi_{kt(j)} - 1 \right) \right],
 \end{aligned}$$

Лінію заправки нитки на круглов'язальній машині МС можна умовно розбити на наступні ділянки для визначення впливу профілю тарілочок в точках входу і виходу в тарілчастий пристрій, нерівномірності перетину сировини: від вихідного отвору на поверхні рухомої рейки механізму розкладання нитки до вхідного отвору контролера обриву нитки; від вхідного отвору на поверхні рухомої рейки механізму розкладання нитки до поверхні циліндричного барабана, вкритого резиною, механізму активної подачі нитки; від бобіни до спрямовувача нитки; від спрямовувача нитки до вхідного отвору контролера обриву нитки; від вхідного отвору контролера

обриву нитки до вихідного отвору контролера обриву нитки; від вихідного отвору контролера обриву нитки до спрямовувача нитки; від спрямовувача нитки до вхідного отвору на поверхні рухомої рейки механізму розкладання нитки; від поверхні циліндричного барабана, вкритого резиною, механізму активної подачі нитки до вихідного отвору на поверхні рухомої рейки механізму розкладання нитки; від вхідного отвору контролера обриву нитки до вихідного отвору обриву нитки; від вихідного отвору контролера обриву нитки до вхідного отвору водія нитки; від вхідного отвору водія нитки до зони в'язання[46].

Для круглов'язальної машини МС натяг нитки на має змінний характер і він буде відповідати натягу, який має нитка при сході з бобіни. Для спрощення розрахунків будемо вважати його постійним. Діаграма зміни відносного натягу по глибині заправки представлені на рис.1.1.7.



Рис.1.1.7.

Лінію заправки нитки на круглов'язальній машині ДЛ можна умовно розбити на наступні ділянки для визначення впливу профілю тарілочок в точках входу і виходу в тарілчастий пристрій, нерівномірності перетину сировини: від вхідного отвору контролера обриву нитки до вихідного отвору контролера обриву нитки; від вихідного отвору контролера обриву нитки до вертикального накопичувача нитки барабанного типу; від вихідного отвору торцевого кронштейну пальцевого натягувача нитки до вхідного отвору

контролера обриву нитки; від бобіни до спрямовувача нитки; від спрямовувача нитки до вхідного отвору контролера обриву нитки; від вихідного отвору контролера обриву нитки до спрямовувача нитки; від спрямовувача нитки до спрямовувача нитки; від спрямовувача нитки до вхідного отвору торцевого кронштейну пальцевого натягувача нитки; від вхідного отвору торцевого кронштейну пальцевого натягувача нитки до циліндричної поверхні пальцевого натягувача; від циліндричної поверхні пальцевого натягувача до вихідного отвору торцевого кронштейну пальцевого натягувача нитки; від вертикального накопичувача нитки барабанного типу до вхідного отвору контролера обриву нитки; від вхідного отвору контролера обриву нитки до вихідного отвору контролера обриву нитки; від вихідного отвору контролера обриву нитки до вхідного отвору водія нитки; від вхідного отвору водія нитки до зони в'язання. Діаграма зміни відносного натягу по глибині заправки представлені на рис.1.1.8.



Рис.1.1.8.

Лінію заправки нитки на круглов'язальній машині КЛК можна умовно розбити на наступні ділянки: від вхідного отвору контролера обриву нитки до вихідного отвору контролера обриву нитки; від циліндричної поверхні пальцевого натягувача до вихідного отвору торцевого кронштейну пальцевого натягувача нитки; від вихідного отвору контролера обриву

нитки до спрямовувача нитки; від бобіни до вхідного отвору торцевого кронштейну пальцевого натягувача нитки; від вхідного отвору I торцевого кронштейну пальцевого натягувача нитки до циліндричної поверхні пальцевого натягувача; від вихідного отвору торцевого кронштейну пальцевого натягувача нитки до вхідного отвору контролера обриву нитки; від спрямовувача нитки до спрямовувача нитки; від спрямовувача нитки до вхідного отвору водія нитки; від вхідного отвору водія нитки до зони в'язання [58]. Діаграма зміни відносного натягу по глибині заправки представлені на рис.1.1.9.

Лінію заправки нитки на круглов'язальній машині М можна умовно розбити на наступні ділянки для визначення впливу профілю тарілочок в точках входу і виходу в тарілчастий пристрій, нерівномірності перетину сировини: від вхідного отвору спрямовувача нитки до вхідного отвору спрямовувача нитки; від вертикального накопичувача нитки барабанного типу до вхідного отвору спрямовувача нитки; від вхідного отвору контролера обриву нитки до вихідного отвору контролера обриву нитки; від вхідного отвору спрямовувача нитки до вхідного отвору контролера обриву нитки; від бобіни до вхідного отвору фідера; від вхідного отвору фідера до перехідного коліна фідера; від перехідного коліна фідера до перехідного коліна фідера; від перехідного коліна фідера до шайбового натягувача нитки; від шайбового натягувача нитки до вхідного отвору спрямовувача нитки; від вхідного отвору спрямовувача нитки до вертикального накопичувача нитки барабанного типу; від вихідного отвору контролера обриву нитки до вхідного отвору водія нитки; від вхідного отвору водія нитки до зони в'язання [53]. Діаграма зміни відносного натягу по глибині заправки представлені на рис.1.1.10.



Рис.1.1.9.



Рис.1.1.10.

Лінію заправки нитки на круглов'язальній машині Р можна умовно розбити на наступні ділянки: від вхідного отвору спрямовувача нитки до вхідного отвору контролера обриву нитки; від вхідного отвору спрямовувача нитки до вертикального накопичувача нитки барабанного типу; від вхідного отвору контролера обриву нитки до вихідного отвору контролера обриву нитки; від бобіни до вхідного отвору фідера машини Р; від вхідного отвору фідера до перехідного коліна фідера; від перехідного коліна фідера до перехідного коліна фідера; від перехідного коліна фідера до шайбового натягувача нитки; від шайбового натягувача нитки до вхідного отвору спрямовувача нитки; від вертикального накопичувача нитки барабанного типу до вхідного отвору спрямовувача нитки; від вхідного отвору спрямовувача нитки до вхідного отвору спрямовувача нитки; від вихідного

отвору контролера обриву нитки до вхідного отвору водія нитки; від вхідного отвору водія нитки до зони в'язання[54]. Діаграма зміни відносного натягу по глибині заправки представлений на рис.1.1.11.



Рис.1.1.11.

1.2. Структура тарілчастих пристроїв.

Технологічна оснастка є однією з основних складових технологічного оснащення. Призначення технологічної оснастки – забезпечувати, змінювати й розширювати технологічні можливості обладнання. У діючому виробництві потрібне постійне оновлення технологічного оснащення, а при зміні номенклатури виробів або вимог до їхнього виготовлення для заданого складу обладнання нові виробничі умови забезпечуються завдяки повній або частковій її заміні.

На рис.1.2.1 представлена схема пристрою для натягу з однією рухомою тарілочкою [45].

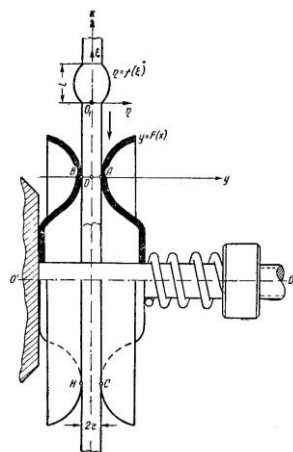


Рис.1.2.1.

Джерелом нерівномірності натягу створюваного тарілчастим пристроєм натягу є наявність на нитки вузлів та потовщень. Динамічна складова натягу залежить від форми та маси тарілок, форми потовщення нитки, від кута перегину нитки в тарілчастому пристрою для натягу. Зменшення нерівномірності натягу можливо досягти при зменшенні кривизни поверхні тарілок, що стикається з ниткою, і при зменшенні кута перегину нитки в пристрої для натягу.

Декілька слів необхідно сказати про механічні властивості ниток і вузлів при їх поперечному стисканні. Це особливо важливо виходячи з того, що щільність самої нитки і вузла значно різняться. Встановлено, що щільність вузла набагато вище ніж у комплексної нитки або пряжі того ж волокнистого складу. При цьому в першому випадку тиск рівномірно площею контакту, а в другому випадку тиск нерівномірний. На рис. 1.2.2 показана схема тарілчастого пристрою для натягу з пружиною.

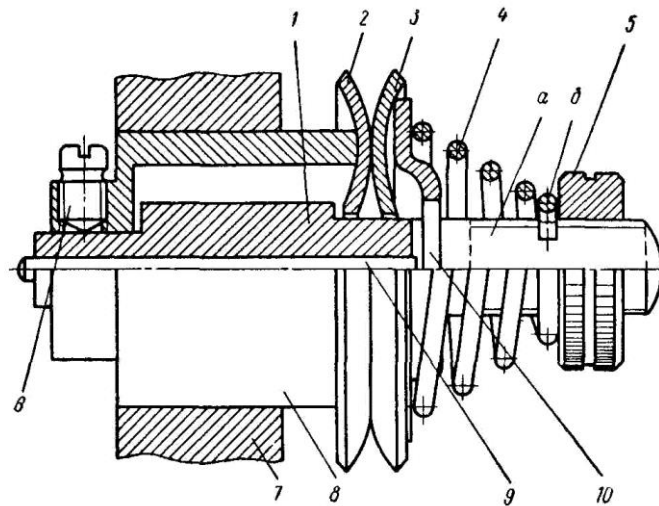


Рис.1.2.2.

Тарілчастий пристрій складається з центрального стрижня з одягненими на нього двома тарілочками [45]. Нитка заправляється між цими тарілочками. Сила притискання тарілок один до одного регулюється конічною пружиною. Гайка регулює силу тиску пружини. Правий кінець

стрижня має поздовжній проріз, куди входить відігнутий кінець пружини. Ці виключається поворот пружини навколо осі при обертанні гайки.

На рис.1.2.3 представлений натягувач верхньої голкової нитки швейної машини з пружиною [62]. Гальмівне зусилля, яке створюється елементами, може регулюватися в залежності від необхідного натягу нитки. Одним з елементів є плоска пружина, яка закріплена на тримачі та має на вільному кінці вічко. Пружина притиснута до іншого гальмівного елемента-циліндра, встановленого поперек осі пружини на важелі утримувача.

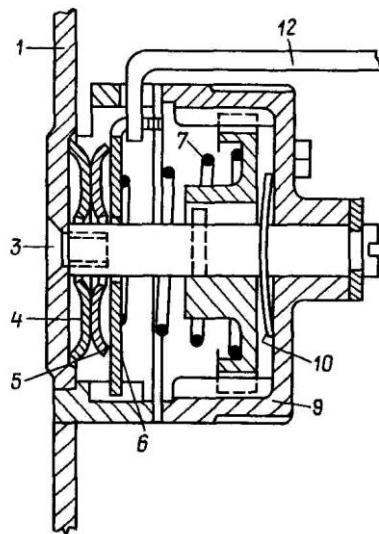


Рис.1.2.3.

Даний пристрій призначений для фіксації верхньої нитки голки в момент підйому притискної лапки швейної машини після закінчення процесу обрізки. Корпус натягувача прикріплений до зовнішньої панелі головки швейної машини. Усередині корпусу розміщені дві притискні тарілочки. Для створення необхідної сили притискання використовується пружина. Зусилля притискання передається через пластину. Зусилля притискання тарілочок здійснюється за допомогою поворотного регулятора.

До складу технологічної оснастки входить сукупність робочого, вимірювального інструменту й пристосувань, що використовуються для базування, закріплення та контролю оброблюваних деталей на різному технологічному обладнанні: металообробних верстатах, пресах,

вимірювальних машинах та ін. Залежно від призначення технологічного обладнання розрізняється і його оснастка.

Механізація та автоматизація процесу закріплення заготовок поряд зі зростанням продуктивності обробки забезпечує: підвищення точності завдяки стабільності сили закріплення, зниження похибки закріплення; скорочення частки ручної праці; зниження фізичного навантаження робітників; можливість багатOVERстатного обслуговування, оскільки робітник звільняється від необхідності тривалої присутності біля одного верстата; регламентацію циклу обробки, що є передумовою для автоматизації процесу загалом.

Метою проектування є створення ефективних засобів підвищення продуктивності і точності обробки, складання й контролю, зниження собівартості виробів, полегшення умов і підвищення безпеки праці. Під час проектування засобів ТО, зокрема пристосування, беруть участь фахівці технологічного та конструкторського відділів. До завдань технолога входять: вибір заготовки й технологічних баз; установлення маршруту обробки; уточнення змісту технологічних операцій із розробленням ескізів, що дають уявлення про встановлення й закріплення заготовки; визначення проміжних розмірів за операціями та допусками на них; установлення режимів різання; визначення штучного часу на операцію; вибір типу й моделі верстата.

Для виключення контакту нитки зі стрижнем тарілчастого пристрою для натягу пропонується конструкція наведена на рис.1.2.4. У пропонованому тарілчастому пристрої дві шайби розташовуються на осі і притискаються одна до іншої пружиною, зусилля стиснення якої регулюється за допомогою гайки. Пропонований пристрій містить дві притискні тарілки, між якими розташовується голка. Сила притискання між тарілками регулюється за допомогою поворотної рукоятки, що впливає на скобоподібну пружину. Конічна пружина стиснення забезпечує можливість регулювання нитки у необхідному діапазоні. Звільнення голкової нитки після підйому притискної лапки та обрізки здійснюється за допомогою штовхача,

який з одного боку впливає на одну з притискних тарілочок, а з іншого пов'язаний з головним валом швейної машини [54].

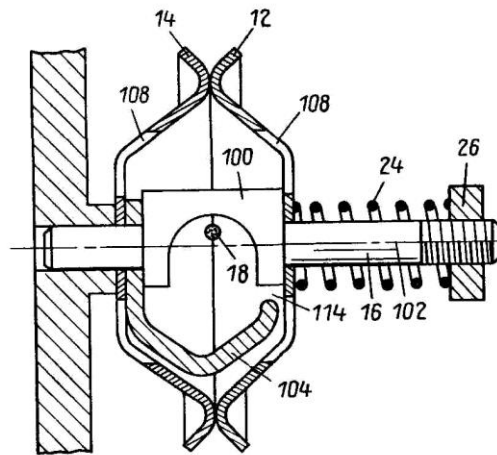


Рис.1.2.4.

До завдань конструктора входять: конкретизація прийнятої технологом схеми установлення; вибір конструкції та розмірів основних елементів; визначення сили закріплення; уточнення схеми й розмірів затискного пристрою; визначення розмірів направляючих деталей; загальне компонування пристосування; установлення допусків на виготовлення пристосування. Не дивлячись на чітке розділення функцій, технолог і конструктор мають працювати спільно. Це підвищить ефективність проектування й забезпечить раціональну побудову технологічних операцій та іншої схеми пристосування. Проектування засобів тісно пов'язане з розробкою технологічного процесу виготовлення деталей. Найскладнішою й трудомісткою частиною є пристосування, тому на їхньому прикладі розглянемо методику проектування.

Для забезпечення рівномірного зносу робочих поверхонь притискних тарілочок пропонується натягувач, представлений на рис.1.2.5. Даний тарілчастий натягувач використовується на трикотажних і текстильних машинах і складається з двох шайб вільно сидячих на осі і стискаються конічною пружиною. Сила стиску регулюється гайкою. Характерною особливістю даного натягувача є те, що закріплена в стані на ділянці. На

цій ділянці розташовується сережка 32 з квадратним отвором. Серезки мають носик із зазором. Нитка розташовується у внутрішньому просторі серезки нижче осі.

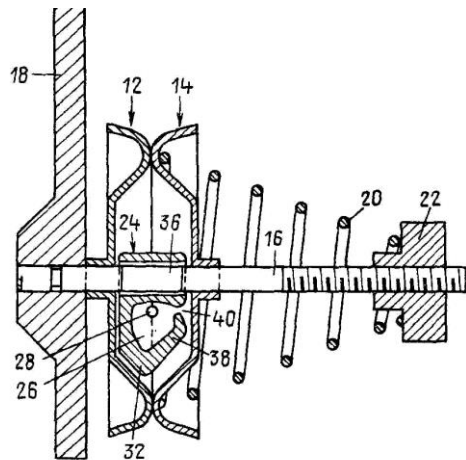


Рис.1.2.5.

Для швейної машини стібка зигзагоподібного пропонується натягувач для голкової нитки показаний на рис.1.2.6. Даний натягувач працює спільно з натягувачем швейної машини. Встановлений на штанзі з використанням пружини кручення напрямник, на кінці якого є отвір, який служить для заправки нитки. Зміщення останнього здійснюється за допомогою рамки, яка змонтована на вертикальній штанзі і отримує рух від важеля механізму відхилення голки швейної машини поперек лінії рядка [52].

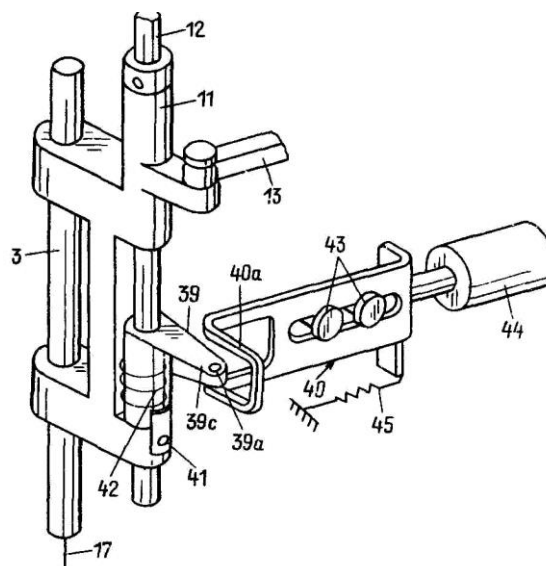


Рис.1.2.6.

У тарілчастому компенсаторі натягу нитки з автоматичним регулюванням натяг регулюється за допомогою фігурного важеля, який здійснює коливальний рух щодо осі закріплення при зміні вхідного натягу. При збільшенні натягу відбувається поворот важеля проти годинникової стрілки. Це призводить до підйому верхньої тарілочки, що зменшує її тиск на нитку. При зменшенні натягу спостерігається зворотна картина (рис.1.2.6).

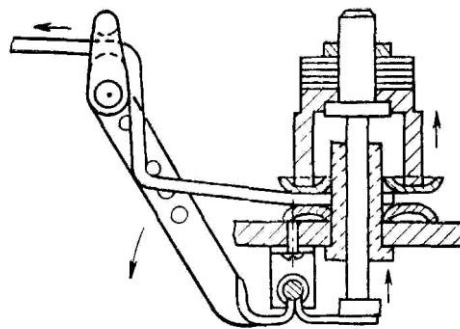


Рис.1.2.6.

Натяжний пристрій МУЛ-320 рекомендується не тільки для роботи з синтетичними стрічками, але й при натягуванні поліпропіленових стрічок шириною від 16 мм і вище при пакуванні важких вантажів. МУЛ-320 обладнаний механізмом автоматичного повернення барабану у вихідне найбільш зручне положення для заправлення стрічки. Передбачений механізм, що виключає зворотно-поступальний рух рухливого притиску, що запобігає взаємному стиранню їх поверхонь при холостому ході. Також є захисний екран, що звільняє зону скріплення від накручуваної на барабан стрічки [52].

Натяг нитки в швейній машині означає, скільки нитки машина пропускає для формування кожного стібка. Це включає як верхню, так і нижню нитку. Натяг верхньої нитки забезпечується набором дисків, встановлених у важелі, який проходить над голковою пластиною. Ви також можете побачити це під назвою «натяг голки» або «верхнє натяг».

Круглов'язальні машини використовуються для виробництва трикотажних виробів безперервної трубчастої форми. Вони складаються з ряду компонентів, які разом створюють кінцевий продукт. У цьому есе ми обговоримо організаційну структуру круглов'язальної машини та її різні компоненти. Основним компонентом круглов'язальної машини є голкове ложе, яке відповідає за утримання голок, які утворюють петлі полотна. Пристрій в'язання зазвичай складається з двох частин: циліндра та циферблата. Циліндр є нижньою частиною голкового ложа і утримує нижню половину голок, а циферблат утримує верхню половину голок [42].

Самі голки також є важливим компонентом машини. Вони бувають різних форм і розмірів і виготовлені з різних матеріалів, таких як сталь або пластик. Вони призначені для переміщення вгору та вниз по голковому ложу, утворюючи петлі пряжі під час руху. Іншим важливим компонентом круглов'язальної машини є пристрої подачі пряжі. Ці живильники відповідають за подачу пряжі до голок. Залежно від типу машини зазвичай є одна або дві системи подачі. Вони призначені для роботи з різними видами пряжі, від тонкої до об'ємної. Кулачкова система є ще одним важливим компонентом машини. Він контролює рух голок і визначає малюнок стібка, який буде створено. Система кулачків складається з різних кулачків, кожен з яких має унікальну форму та функцію. Коли кулачок обертається, він переміщує голки певним чином, створюючи потрібний малюнок стібка.

Велике значення на величину вихідного натягу надає профіль тарілочок. Дослідження різних тарілчастих пристроїв машин легкої і текстильної промисловості дозволило встановити, що профіль тарілочок в точках входу і виходу нитки може бути представлений прямою лінією або колом. Приведена вище інформація використовувалася при виборі об'єктів дослідження.

Для як найповнішого дослідження умов взаємодії поверхні сировини з тарілчастими пристроями для натягу були узяті тарілчастий пристрій, де сила притиснення верхньої рухомої тарілочки регулювалася за допомогою

спеціальних вантажних шайб, а другим був тарілчастий пристрій, де сила притиснення верхньої рухомої тарілочки регулювалася за допомогою конічної пружини.

Висновки по 1 розділу.

1. Проведено огляд літературних джерел по проблемі розробки математичних і алгоритмічних компонентів програмного комплексу для побудови інформаційної моделі пристрою натягу сировини з профілю тарілочок в точках входу і виходу, нерівномірності перетину сировини, закону зміни вхідного натягу, способу завдання попереднього натягу з використанням вантажних шайб або конічної пружини. Сформульовано мету та задачі дослідження по проблемі удосконалення тарілчастого пристрою з вантажними шайбами чи конічною пружиною для натягу комплексних ниток та пряжі технологічних машин текстильної та легкої промисловості на основі оптимізації натягу на базі динамічного аналізу процесу взаємодії тарілочок пристрою для натягу з поверхнею сировини.
2. Аналіз показує, що профілі шайб у точках входу нитки та виходу мають комбіновану форму. Так для пристрою для натягу з вантажними шайбами його можна апроксимувати прямою і дугою кола, але враховуючи реальні геометричні розміри потовщень сировини достатньо представляти профіль як дугу кола.

Розділ 2 Проектування.

2.1. Математичне забезпечення інформаційної моделі пристрою натягу сировини.

Аналіз умов взаємодії тарілчастого пристрою для натягу з потовщеннями на поверхні комплексних ниток та пряжі дозволив встановити, що верхня, рухома тарілка бере участь в двох рухах. Переносний рух обумовлений ударною дією на тарілки з боку потовщень у момент зіткнення. Відносним рухом є рух верхньої рухомої тарілочки пристрою для натягу по поверхні потовщення.

У реальних умовах має місце поворот рухомої шайби щодо точки контакту з нижньою тарілочкою. Дослідження відносного руху верхньої рухомої шайби показало, що вона здійснює прямолінійний рух у вертикальній площині щодо стрижня пристрою для натягу. Враховуючи, що величина переміщень складає вельми малу величину таке допущення цілком прийнятне [57].

На рис.2.1 представлена розрахункова схема взаємодії потовщення з рухомою тарілочкою для випадку коло-коло. Цей процес відповідає початковому моменту взаємодії, коли відбувається зіткнення поверхні потовщення з рухомою тарілочкою. Це відповідає моменту, коли вузол переміщає рухому шайбу вертикально вгору щодо направляючого стрижня шайбового нитенатяжного пристрою.

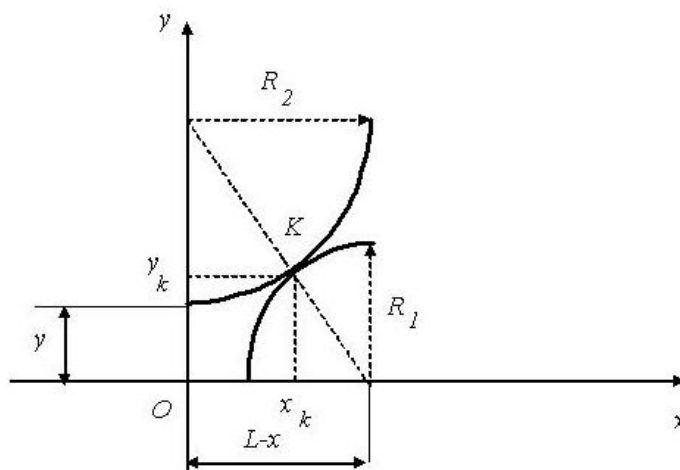


Рис.2.1.

Визначаємо відстань L тарілчастого пристрою від центру потовщення до початку координат. У точці K_o первинного контакту з тарілочкою нитенатяжного пристрою матимемо загальну дотичну. Рівняння контурної форми потовщення і тарілчастого пристрою мають вигляд

$$(x - L)^2 + y^2 = R_1^2, \quad x^2 + (y - R_2)^2 = R_2^2, \quad (2.1)$$

де R_1, R_2 - відповідно радіус контуру тарілчастого пристрою потовщення та шайби.

Виражаємо величину y для тарілчастого пристрою

$$y = \sqrt{R_1^2 - (x - L)^2}, \quad y = -\sqrt{R_2^2 - x^2} + R_2. \quad (2.2)$$

Визначаємо для тарілчастого пристрою похідні рівнянь контуру потовщення та шайби. Для цього про диференціюємо вирази і прирівняємо отримані похідні

$$-\frac{(x_{ko} - L)}{\sqrt{R_1^2 - (x_{ko} - L)^2}} = \frac{x_{ko}}{\sqrt{R_2^2 - x_{ko}^2}}. \quad (2.3)$$

Вирішуємо рівняння відносно x_{ko} , отримаємо для тарілчастого пристрою

$$x_{ko} = \frac{R_2 L}{R_1 + R_2}.$$

Зазначимо, що у точці контакту K_o тарілчастого пристрою маємо загальну ординату y_{ko} . Прирівнюємо праві частини рівнянь системи (2.2)

$$\sqrt{R_1^2 - (x_{ko} - L)^2} = -\sqrt{R_2^2 - x_{ko}^2} + R_2. \quad (2.4)$$

Звідки для тарілчастого пристрою, отримаємо

$$R_1^2 - (x_{ko} - L)^2 + 2\sqrt{[R_1^2 - (x_{ko} - L)^2](R_2^2 - R_1^2)} + R_2^2 - x_{ko}^2 = R_2^2. \quad (2.5)$$

З урахуванням виразу (2.4), представимо (2.5) у вигляді

$$R_1^2 - \frac{L^2(R_1^2 + R_2^2)}{(R_1 + R_2)^2} + 2\sqrt{[R_1^2 - (L - x_{ko})^2](R_2^2 - x_{ko}^2)} + R_2^2 = R_2^2.$$

Перетворимо останнє рівняння і позбавимося від радикала

$$\frac{[(R_1 + R_2)^2 - L^2] R_1^2 R_2^2}{(R_1 + R_2)^4} = \frac{[L^2 (R_1^2 + R_2^2) - R_1^2 (R_1 + R_2)^2]^2}{4(R_1 + R_2)^4}.$$

Для тарілчастого пристрою відстань від центру потовщення до початку координат

$$L = \sqrt{R_1^2 + 2R_1 R_2}. \quad (2.6)$$

Після перетворень для тарілчастого пристрою, отримаємо

$$y = \sqrt{(R_1 + R_2)^2 - (L - x)^2} - R_2..$$

Враховуючи, що потовщення взаємодіє з верхньою рухомою і нижньою нерухомою шайбами, отримаємо

$$y = 2[\sqrt{(R_1 + R_2)^2 - (L - x)^2} - R_2].$$

Для тарілчастого пристрою, з урахуванням (2.6), остаточного

$$y = 2[\sqrt{(R_1 + R_2)^2 - (\sqrt{R_1^2 + 2R_1 R_2} - x)^2} - R_2]. \quad (2.7)$$

На рис.2.2 представлені графічні залежності зміни переміщення рухомої шайби тарілчастого пристрою. На рис.2.2 представлені графічні залежності зміни переміщення рухомої шайби тарілчастого пристрою у разі збільшення потовщення.

На рис.2.3 представлена розрахункова схема взаємодії потовщення з рухомою тарілочкою тарілчастого пристрою для випадку пряма-коло.

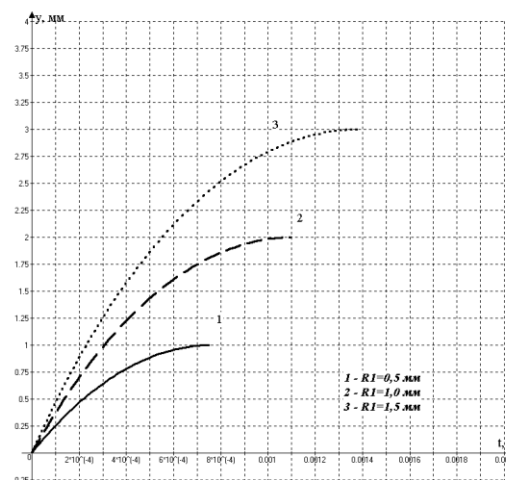


Рис.2.2.

Рівняння контурної форми потовщення і шайби мають вигляд

$$y = x \operatorname{tg} \alpha, \quad (x - L)^2 + y^2 = R_1^2, \quad (2.8)$$

де α - кут нахилу утворюючої контурної форми верхньої шайби тарілчастого пристрою до осі рухомої нитки.

Для визначення відстані від центру потовщення до початку координат тарілчастого пристрою визначимо перші похідні

$$y'_{ko} = \frac{dy_{ko}}{dx_{ko}} = \operatorname{tg} \alpha, \quad y'_{ko} = \frac{dy_{ko}}{dx_{ko}} = -\frac{(x_{ko} - L)}{\sqrt{R_1^2 - (x_{ko} - L)^2}}.$$

Прирівнюємо праві частини останньої системи і після перетворень отримаємо

$$\operatorname{tg}^2 \alpha R_1^2 = (L - x_{ko})^2 (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha)..$$

Остаточно

$$x_{ko} = L - \sin \alpha R_1. \quad (2.9)$$

Для визначення відстані від центру потовщення до початку координат вирішуємо спільно рівняння (2.8) -(2.9)

$$(L - R_1 \sin \alpha - L)^2 + (\operatorname{tg} \alpha L - R_1 \operatorname{tg} \alpha \sin \alpha)^2 = R_1^2,$$

Для тарілчастого пристрою, після перетворень, остаточно отримаємо

$$L = \frac{R_1}{\sin \alpha}. \quad (2.10)$$

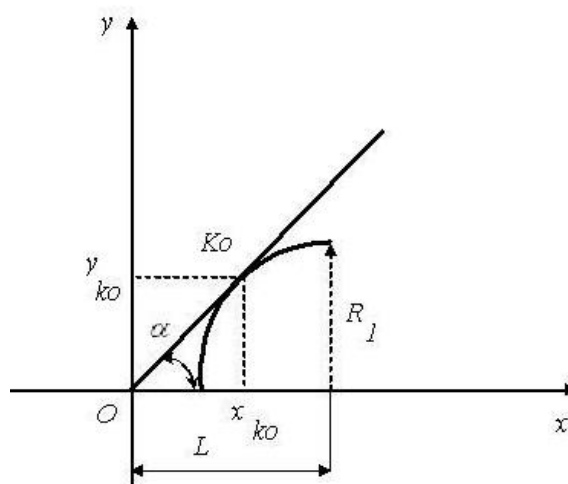


Рис.2.3.

На рис.2.4 для випадку пряма-коло (тарілчастий нитконатягувач з конічною пружиною взаємодіє з потовщенням) представлені графічні залежності зміни переміщення рухомої шайби.

Для випадку пряма-коло на рис.2.4 (тарілчастий нитконатягувач з конічною пружиною взаємодіє з потовщенням) представлені графічні залежності зміни переміщення рухомої шайби. Результати розрахунків

5,6596; 5,6641; 5,6685; 5,6730; 5,6773; 5,6816; 5,6859; 5,6901;
 5,6943; 5,6984; 5,7025; 5,7065; 5,7105; 5,7144; 5,7183; 5,7221;
 5,7258; 5,7295; 5,7331; 5,7367; 5,7403; 5,7437; 5,7472; 5,7505;
 5,7538; 5,7571; 5,7602; 5,7634; 5,7664; 5,7695; 5,7724; 5,7753;
 5,7781; 5,7809; 5,7836; 5,7862; 5,7888; 5,7913; 5,7938; 5,7962;
 5,7985; 5,8008; 5,8030; 5,8051; 5,8072; 5,8092; 5,8112; 5,8131;
 5,8149; 5,8166; 5,8183; 5,8200; 5,8215; 5,8230; 5,8245; 5,8258;
 5,8271; 5,8284; 5,8295; 5,8306; 5,8317.

Розглянемо два наступні варіанти взаємодії рухомої шайби і потовщення: коло-парабола; пряма-парабола (тарілчастий натягувач нитки з конічною пружиною взаємодіє з потовщенням).

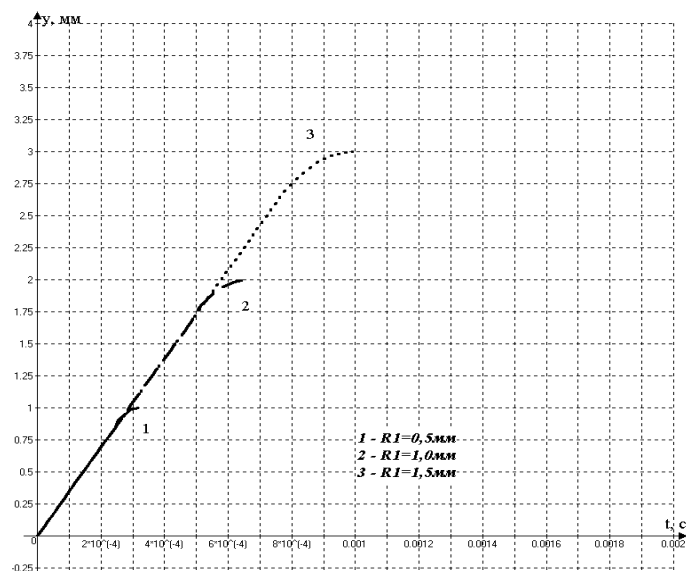


Рис.2.4.

На рис.2.5 представлена розрахункова схема для варіанту коло-парабола.

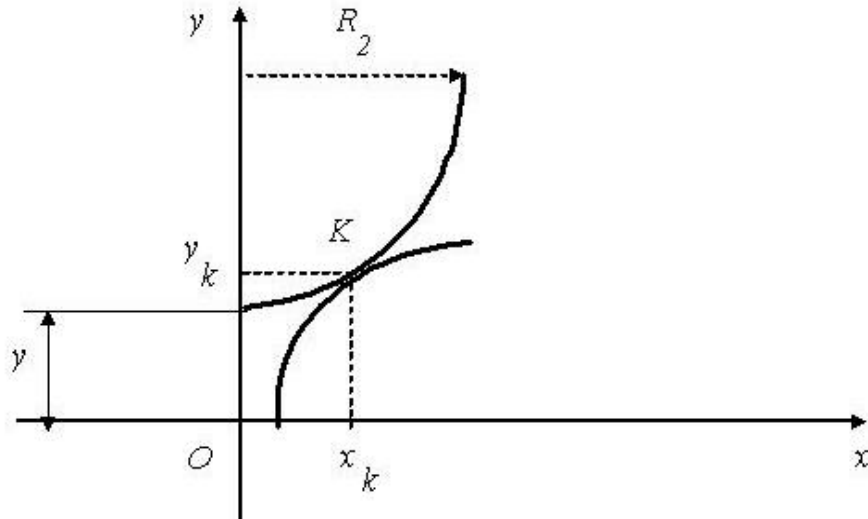


Рис.2.5.

Рівняння для варіанту коло-парабола тарілчастого пристрою контурної форми потовщення і тарілочкою мають вигляд

$$x^2 + (y - R_2)^2 = R_2^2, \quad y = b(x - l_k) - a(x - l_k)^2, \quad (2.11)$$

де a, b - коефіцієнти в рівняннях параболи, яка описує контурну форму потовщення; l_k - горизонтальна координата (відстань від осі у до початку потовщення). Результати поточних розрахунків 1,4120; 1,3820; 1,3514; 1,3201; 1,2882; 1,2557; 1,2225; 1,1888; 1,1544; 1,1194; 1,0839; 1,0477; 1,0110; 0,9737; 0,9359; 0,8975; 0,8586; 0,8192; 0,7793; 0,7389; 0,6981; 0,6569; 0,6152; 0,5731; 0,5307; 0,4879; 0,4447; 0,4013; 0,3575; 0,3135; 0,2693; 0,2249; 0,1802; 0,1355; 0,0905; 0,0455; 0,0004; -0,0447; -0,0898; -0,1350; -0,1801; -0,2251; -0,2700; -0,3148; -0,3595; -0,4039; -0,4482; -0,4922; -0,5359; -0,5793; -0,6224; -0,6652; -0,7075; -0,7495; -0,7910; -0,8320; -0,8726; -0,9127; -0,9522; -0,9912; -1,0296.

Для моменту торкання система (2.11) прийме вигляд

$$x_{ko}^2 + (y_{ko} - R_2)^2 = R_2^2, \quad y_{ko} = b(x_{ko} - l_{ko}) - a(x_{ko} - l_{ko})^2, \quad (2.12)$$

де x_{ko}, y_{ko} - координати точки дотику шайби і потовщення; l_{ko} - горизонтальна координата (відстань від осі у до початку потовщення у момент торкання).

Для тарілчастого пристрою знайдемо похідну виразу (2.12)

$$y'_{ko} = \frac{dy_{ko}}{dx_{ko}} = \frac{x_{ko}}{\sqrt{R_2^2 - x_{ko}^2}}, \quad y'_{ko} = \frac{dy_{ko}}{dx_{ko}} = b - 2a(x_{ko} - l_{ko}).$$

Прирівнюючи праві частини в останній системі і в (2.12) отримаємо систему двох трансцендентних рівнянь для визначення невідомих величин x_{ko}, y_{ko}, L , які використовуються для визначення величини вертикального переміщення верхньої шайби тарілчастого пристрою

$$R_2 - \sqrt{R_2^2 - x_{ko}^2} = b(x_{ko} - l_{ko}) - a(x_{ko} - l_{ko})^2, \\ \frac{x_{ko}}{\sqrt{R_2^2 - x_{ko}^2}} = b - 2a(x_{ko} - l_{ko}). \quad (2.13)$$

Виходячи з основних геометричних співвідношень, а також отримаємо вираз для визначення переміщення верхньої рухомої шайби тарілчастого пристрою

$$y = 2[(y_{ko} + V_1 t) + \sqrt{R_2^2 - (x_{ko} - V_2 t)^2} - R_2], \\ V_1 = \left(\frac{b^2}{4a} - y_{ko}\right) \frac{V}{L}, \quad V_2 = \frac{x_{ko} V}{L}. \quad (2.14)$$

Для випадку коло-парабола на рис.2.6 представлені графічні залежності переміщення рухомої шайби. Раніше представлена розрахункова схема взаємодії потовщення з рухомою шайбою для випадку пряма-парабола.

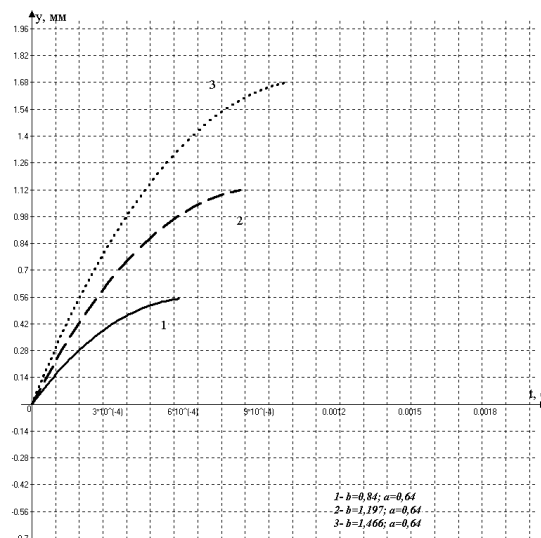


Рис.2.6.

Для визначення величин L, l_{ko} , отримаємо

$$\frac{(b + 2al_{ko} - tg\alpha)tg\alpha}{2a} = b\left(\frac{b + 2al_{ko} - tg\alpha}{2a} - l_{ko}\right) - a\left(\frac{b + 2al_{ko} - tg\alpha}{2a} - l_{ko}\right)^2.$$

Для тарільчастого пристрою перетворимо вираз (2.15) до вигляду

$$b + 2al_{ko} - tg\alpha = \frac{2ab}{tg\alpha}\left(\frac{b - tg\alpha}{2a}\right) - \frac{2a^2}{tg\alpha}\left(\frac{b - tg\alpha}{2a}\right)^2.$$

Підставляємо (3.2.20) у вираз (3.2.18), отримаємо

$$x_{ko} = \left(\frac{b - tg\alpha}{2a}\right)\frac{b}{tg\alpha} - \frac{a}{tg\alpha}\left(\frac{b - tg\alpha}{2a}\right)^2. \quad (2.15)$$

Для визначення величини L тарільчастого пристрою, отримаємо

$$L = \frac{b}{2a} + \left(\frac{b - tg\alpha}{2a}\right)\left(\frac{b}{tg\alpha} - 1\right) - \frac{a}{tg\alpha}\left(\frac{b - tg\alpha}{2a}\right)^2. \quad (2.16)$$

Для інтервалу $0 \leq x \leq x_{ko}$ величина переміщення верхньої рухомої шайби тарільчастого пристрою визначається з системи

$$\frac{y}{y_k} = \frac{tg\alpha\left[\frac{y_k}{y_k} - (x_{ko} - x)\right]}{y_k},$$

$$y = y_k + tg\alpha(x - x_{ko}). \quad (2.17)$$

Динамічний аналіз роботи тарільчастого пристрою з вантажними шайбами.

У тарільчатому пристрої з вантажними шайбами (рис.2.7) необхідний натяг нитки створюється за рахунок сил тяжіння верхньої шайби і вантажних шайб [52]. Верхня шайба в зоні взаємодії з вузлом має форму сектора кола радіусу

$R_2=5$ мм. Результати поточних розрахунків 0,3657; 0,3660; 0,3663; 0,3666; 0,3669; 0,3672; 0,3675; 0,3678; 0,3681; 0,3684; 0,3687; 0,3689; 0,3692; 0,3695; 0,3697; 0,3700; 0,3702; 0,3705; 0,3707; 0,3709; 0,3712; 0,3714; 0,3716; 0,3718; 0,3720; 0,3722; 0,3724; 0,3726; 0,3728; 0,3730; 0,3732; 0,3733; 0,3735; 0,3737; 0,3738; 0,3740; 0,3742; 0,3743; 0,3744; 0,3746; 0,3747; 0,3748; 0,3750; 0,3751; 0,3752; 0,3753; 0,3754; 0,3755; 0,3757; 0,3757; 0,3758;

0,3759; 0,3760; 0,3761; 0,3762; 0,3763; 0,3763; 0,3764; 0,3765;
0,3765; 0,3766.

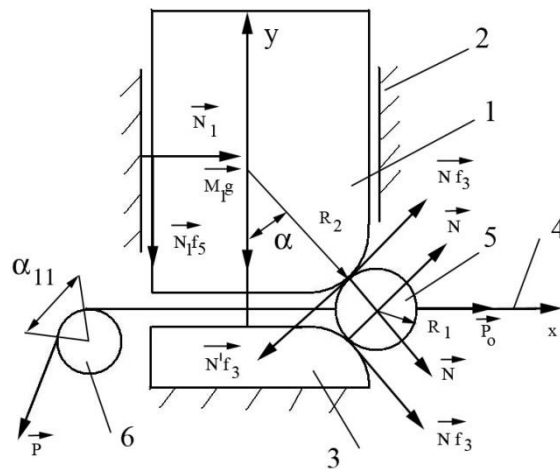


Рис.2.7.

Прийняті наступні позначення: M_1 - маса рухомої шайби разом з вантажними шайбами; g - прискорення вільного падіння; P - натяг нитки після нитконатягувача; P_o - натяг нитки до нитконатягувача; N - сила нормального тиску між вузлом і верхньою і нижньою шайбами; N_1 - сила нормального тиску верхньої рухомої шайби 1 на вертикальний направляючий стрижень 6; f_3, f_5 - коефіцієнти тертя відповідно потовщення по поверхні тарілочок і рухомої шайби по поверхні вертикального направляючого стрижня; α - кут між силою нормального тиску N і вертикальною віссю y ; α_{11} - кут обхвату ниткою вертикального направляючого стрижня. Переміщення верхньої шайби в процесі переміщення потовщення з урахуванням деформації в зоні контакту визначається по формулі

$$y(t) = b_1 t^3, \quad b_1 = \frac{K_1 C_H V}{M_1}, \quad (2.18)$$

де $y(t)$ - переміщення верхньої шайби тарілкового пристрою з урахуванням деформації в зоні контакту.

Визначимо вираз для визначення деформації поверхні потовщення залежно від часу

$$\delta(t) = 2 \left[\sqrt{(R_1 + R_2)^2 - (L - bVt)^2} - R_2 \right] - \frac{K_1 C_H V t^3}{M_1},$$

$$L = \sqrt{R_1^2 + 2R_1 R_2}, \quad b = \frac{L}{L_\Sigma},$$
(2.19)

Визначимо швидкість зміни деформації

$$\dot{\delta}(t) = \frac{2 \frac{L}{L_\Sigma} V (\sqrt{R_1^2 + 2R_1 R_2} - \frac{L}{L_\Sigma} V t)}{\sqrt{(R_1 + R_2)^2 - (L - \frac{L}{L_\Sigma} V t)^2}} - 3 \frac{K_1 C_H V t^2}{M_1}.$$
(2.20)

Вираз (2.20) дозволяє визначити швидкість розповсюдження пружних хвиль при деформації матеріалу потовщення. Якщо час проходження цих хвиль через тіло потовщення менше часу удару, то впливом пружних коливань можна нехтувати і рахувати характер контактних взаємодій при ударі таким же як в статичному стані.

Перейдемо до визначення натягу нитки. Для цього складемо рівняння проєкцій всіх сил на вісь x і y враховуючи, що

$$\vec{N} = -\vec{N}', \quad N = N',$$

$$N_1 - N \sin \alpha - N f_3 \cos \alpha = 0,$$
(2.21)

$$M_1 \frac{d^2 y}{dt^2} = -M_1 g - N_1 f_5 + N \cos \alpha - N f_3 \sin \alpha.$$

З першого рівняння визначимо

$$N_1 = N(\sin \alpha + f_3 \cos \alpha)..$$

Підставляємо отриманий результат в друге рівняння системи (2.21)

$$M_1 \frac{d^2 y}{dt^2} = -M_1 g - N f_5 (\sin \alpha + f_3 \cos \alpha) + N \cos \alpha - N f_3 \sin \alpha.$$

Після перетворень, з урахуванням (1), отримаємо вираз для визначення сили нормального тиску

$$N = \frac{M_1 \left(g + \frac{6K_1 C_H V t}{M_1} \right)}{[\cos \alpha (1 - f_3 f_5) - \sin \alpha (f_3 + f_5)]}.$$

Остаточно

$$P = \left\{ P_o + \frac{2M_1 \left(g + \frac{6K_1 C_H V t}{M_1} \right) (f_3 \cos \alpha + \sin \alpha)}{[\cos \alpha (1 - f_3 f_5) - \sin \alpha (f_3 + f_5)]} \right\} e^{f_3 \alpha_{11}}, \quad (2.22)$$

$$\alpha = \arctan \left[\frac{\sqrt{R_1^2 + 2R_1 R_2} - \frac{L}{L_2} V t}{\left(R_2 + \frac{y(t)}{2} \right)} \right].$$

На рис.2.8 показані відповідні графічні залежності.

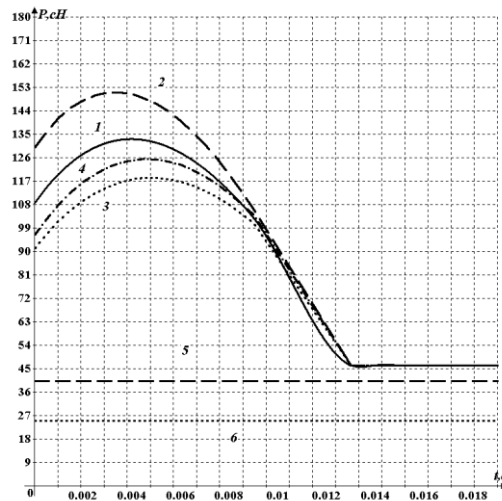


Рис.2.8.

Динамічний аналіз роботи шайбового нитенатяжного пристрою з пружиною.

Тарілчастий пристрій для натягу з пружиною є універсальний нитконатягувач, який може розташовуватися як у вертикальній, так і в горизонтальній площинках. Результати розрахунку

| | | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0,3158; | 0,3158; | 0,3159; | 0,3159; | 0,3160; | 0,3161; | 0,3162; | 0,3163; |
| 0,3165; | 0,3166; | 0,3168; | 0,3170; | 0,3172; | 0,3174; | 0,3176; | 0,3179; |
| 0,3181; | 0,3184; | 0,3187; | 0,3190; | 0,3193; | 0,3196; | 0,3199; | 0,3203; |
| 0,3206; | 0,3210; | 0,3214; | 0,3218; | 0,3221; | 0,3225; | 0,3230; | 0,3234; |
| 0,3238; | 0,3242; | 0,3247; | 0,3251; | 0,3256; | 0,3260; | 0,3265; | 0,3270; |
| 0,3275; | 0,3280; | 0,3284; | 0,3289; | 0,3294; | 0,3300; | 0,3305; | 0,3310; |

0,3315; 0,3320; 0,3325; 0,3331; 0,3336; 0,3341; 0,3347; 0,3352; 0,3357; 0,3363; 0,3368. Верхня шайба в зоні взаємодії з вузлом має утворюючу у формі прямої лінії, яка утворює з площиною рухи нитки кут рівний $\alpha = 30^\circ$. Величина вихідного натягу визначатиметься по формулі

$$N_1 - N \sin 30^\circ - N f_3 \cos 30^\circ = 0,$$

$$M_1 \frac{d^2 y}{dt^2} = -[M_1 g + C_n (y_o + y)] - N_1 f_5 + N \cos 30^\circ - N f_3 \sin 30^\circ, \quad (2.23)$$

Після перетворень отримаємо

$$M_1 \frac{d^2 y}{dt^2} = -[M_1 g + C_n (y_o + y)] + N [\cos 30^\circ (1 - f_3 f_5) - \sin 30^\circ (f_3 + f_5)].$$

Звідки визначаємо величину нормальної реакції

$$N = \frac{M_1 (g + \ddot{y}) + C_n (y_o + y)}{[\cos 30^\circ (1 - f_3 f_5) - \sin 30^\circ (f_3 + f_5)]} \quad (2.24)$$

Для шайбового нитенатяжного пристрою з пружиною вираз матиме вигляд

$$y(t) = b_1 t^3, \quad b_1 = \frac{K_{11} C_H V}{M_1 C_n y_o}, \quad (2.25)$$

де K_{11} - коефіцієнт, що враховує умови взаємодії поверхні потовщень із утворюючою рухомою шайби.

Отримаємо вираз для визначення вихідного натягу нитки після шайбового пристрою для натягу

$$P = \left\{ P_o + \frac{2M_1 [(g + 6b_1 t) + C_n (y_o + y)] (f_3 \cos 30^\circ + \sin 30^\circ)}{[\cos 30^\circ (1 - f_3 f_5) - \sin 30^\circ (f_3 + f_5)]} \right\} e^{f_3 \alpha_{11}}.$$

На рис.2.9 представлені побудовані графічні залежності вихідного натягу від часу.

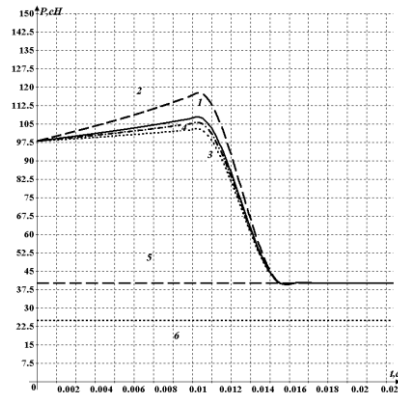


Рис.2.9.

2.2. Алгоритмічне забезпечення розв'язання системи трансцендентних рівнянь.

Процес розв'язання нелінійних рівнянь на ЕОМ розбивається на три етапи [55]:

- а) дослідження розташування коренів (у загальному випадку - на комплексній площині) та їх кратність;
- б) відокремлення коренів, тобто виділення областей, що містять тільки один корінь;
- в) обчислення кореня з заданою точністю за допомогою одного з ітераційних алгоритмів.

Методи розв'язування нелінійних рівнянь поділяють на прямі та ітераційні. Прямі дають змогу отримати розв'язок безпосередньо за допомогою формул і тому забезпечують точні значення коренів. Як приклад можна навести формули для визначення коренів квадратного та кубічного рівнянь. Існує також спосіб обчислення коренів алгебраїчного рівняння четвертого порядку ($n = 4$), проте він настільки складний, що практично його не застосовують.

Для трансцендентних рівнянь та систем нелінійних рівнянь прямих методів обчислення коренів не існує. Тому на практиці найчастіше застосовують наближені методи розв'язування цих рівнянь, які дають змогу

за допомогою скінченного набору арифметичних операцій обчислити корені будь-якого нелінійного рівняння чи системи нелінійних рівнянь з достатньою точністю. Особливо ефективні наближені методи при реалізації на ПК, оскільки використовувані для цього алгоритми є простими, зручними, легко програмуються.

Універсальні алгоритми обчислення коренів нелінійних рівнянь ґрунтуються на тому, що виходять з будь-якого вже відомого наближеного значення $x(0)$ одного з коренів, якщо розв'язується одне рівняння, або значень $x_1(0), x_2(0), \dots, x_n(0)$, якщо розв'язується система рівнянь (n – порядок системи). Ці значення далі уточнюються до заданого ступеня точності. При цьому несуттєво, як знайдено початкове значення обчислюваного кореня (коренів). Часто початкове наближення отримують за допомогою грубого попереднього підрахунку, графіка або аналізу фізичної суті задачі. Алгоритм наближеного обчислення коренів нелінійного рівняння складається з двох етапів:

1. Знаходження достатньо малих відрізків (інтервалів), у кожному з яких міститься один і тільки один корінь. Цей етап називають відокремленням коренів (або визначенням відрізків ізоляції кореня).

2. Обчислення кореня з наперед заданою точністю ϵ , якщо відоме його деяке початкове наближення в інтервалі, що не містить інших коренів. Цей етап називають уточненням наближених значень коренів.

Відокремити корені можна кількома способами – графічним, аналітичним або методом послідовного перебирання. Останній метод зручний при використанні ПК.

Багатьом із тих, хто стикається з науковими та інженерними розрахунками часто доводиться оперувати наборами значень, отриманих експериментальним шляхом чи методом випадкової вибірки. Як правило, на підставі цих наборів потрібно побудувати функцію, зі значеннями якої могли б з високою точністю збігатися інші отримувані значення. Така задача називається апроксимацією кривої. Інтерполяцією називають такий різновид

апроксимації, при якій крива побудованої функції проходить точно через наявні точки даних. Існує також близька до інтерполяції задача, що полягає в апроксимації якої-небудь складної функції іншою, простішою функцією. Якщо деяка функція занадто складна для продуктивних обчислень, можна спробувати обчислити її значення в декількох точках, а за ними побудувати, тобто інтерполювати, простішу функцію. Зрозуміло, використання спрощеної функції не дозволяє одержати такі ж точні результати, які давала б початкова функція. Але, для деяких класів задач, досягнутий вигравш у простоті і швидкості обчислень може переважити отриманий огріх у результатах. Варто також згадати і зовсім інший різновид математичної інтерполяції, відому за назвою «інтерполяція операторів». Вибір необхідного алгоритму для розв'язку рівнянь залежить від характеру задачі, яка розглядається. Розглянемо основні теоретичні поняття та практичні рекомендації при розв'язку нелінійних рівнянь на ЕОМ [46].

Відокремити корені – це означає розбити всю область допустимих значень x (ОДЗ) на відрізки, в кожному з яких міститься один корінь. Відокремлення коренів можна здійснити двома способами – графічним та аналітичним.

Графічний метод. Будується графік функції $y=f(x)$ для рівняння виду $f(x)=0$. Значення дійсних коренів рівняння є абсцисами точок перетину графіка функції $y=f(x)$ з віссю x . Відрізки, в яких знаходиться тільки по одному кореню, легко знаходяться наближено.

Аналітичний метод. Аналітично корні рівняння $f(x)=0$ можна відокремити, використовуючи деякі властивості функцій за однією з розглянутих нижче теорем.

Теорема про збіжність ітераційної послідовності може бути сформульована таким чином. Допустимо, що функція $f_1(x)$ визначена і має похідну на відрізку $[a, b]$, причому всі її значення $f_1(x) \in [a, b]$. Тоді з використанням умови $\left| \frac{df_1(x)}{dx} \right| \leq q < 1$ (при $a < x < b$) отримуємо, що процес ітерації

$x_{n+1} = f_1(x_n)$ сходиться незалежно від початкового значення $x_0 \in [a, b]$ і граничне значення $\xi = \lim_{n \rightarrow \infty} x_n$ є єдиним коренем рівняння $x = f_1(x)$ на відрізку $[a, b]$.

Теорема залишається правильною, якщо функція $f_1(x)$ визначена і має похідну на інтервалі $] -\infty, +\infty[$. Для оцінки наближення скористаємося нерівністю

$$|\xi - x_{n+1}| \leq \frac{q}{1-q} |x_{n+1} - x_n|.$$

Для відокремлення коренів аналітичним методом можна рекомендувати наступний алгоритм:

1. Дослідити дане рівняння на монотонність і неперервність, визначити область допустимих та граничних значень.
2. Знайти $f'(x)$ – першу похідну, прирівняти її до нуля та знайти критичні точки.
3. Скласти таблицю знаків функції $f(x)$, використовуючи для x значення критичних точок, граничних значень з ОДЗ і точок, отриманих на першому кроці при аналізі даного рівняння.
4. Визначити інтервали, на кінцях яких функція приймає значення протилежних знаків. Всередині цих інтервалів існує по одному і тільки одному кореню.

Розглянемо суть другого етапу наближеного розв'язання нелінійних рівнянь – уточнення коренів, тобто доведення їх до заданого ступеня точності. Для уточнення коренів нелінійного рівняння з заданою похибкою ξ на деякому відрізку $[a, b]$ за допомогою ЕОМ на практиці найбільш широко використовують:

- метод половинного ділення (метод дихотомії);
- метод хорд (метод пропорційних частин);
- метод дотичних (метод Ньютона).

Всі ці методи є ітераційними, тобто побудовані на алгоритмах, в яких

одна з їх частин повторюється багаторазово, при чому кількість повторень залежить від початкових даних (від заданої користувачем похибки, від відрізка дослідження та інше).

Перейдемо до розгляду методу ділення відрізка $[a, b]$ навпіл (метод дихотомії). Суть методу полягає в побудові ітераційної послідовності вкладених один в одного відрізків $[a_n, b_n]$, кінці яких представляють монотонні послідовності $\{a_n\}, \{b_n\}$, причому

$$a_n \leq \xi, \quad b_n \geq \xi, \quad n = 1, 2, \dots$$

де ξ - корінь трансцендентного рівняння (2.3) на відріжку $[a, b]$.

Збіжність даного методу повільна. Проте при будь-якій ширині відрізання $[a, b]$ збіжність гарантована.

Вважатимемо, що $f(a)f(b) < 0$ и $f(a) < 0, f(b) > 0$. Тоді візьмемо середню точку відрізка $[a, b]$

$$\xi_1 = \frac{a+b}{2} \dots$$

Обчислюємо в даній крапці значення функції $f(x)$. Припустимо, що $f(\xi_1) = 0$. В цьому випадку процес визначення кореня трансцендентного рівняння закінчується. Якщо $f(\xi_1) \neq 0$, то розглядаємо два відрізка $[a, \xi_1]$ и $[\xi_1, b]$. Вибираємо той з них, де виконується умова $f(a)f(\xi_1) < 0$ або $f(\xi_1)f(b) < 0$. Вибраний відрізок знову поділяємо навпіл приймаючи

$$a_1 = a, \quad b_1 = \xi_1 \quad \text{або} \quad a_1 = \xi_1, \quad b_1 = b$$

$$\xi_2 = \frac{a_1 + b_1}{2}.$$

Метод хорд. Метод хорд є одним з найбільш поширених методів розв'язання алгебраїчних і трансцендентних рівнянь. В літературі він також зустрічається під назвою "метод лінійного інтерполювання" і "метод пропорційних частин". Розглянемо рівняння $f(x)=0$, де $f(x)$ неперервна

нелінійна функція, яка на відрізку a, b монотонна, диференційована і має єдиний корінь ξ ($f(a) f(b) < 0$).

За допомогою графічного методу визначаємо початкове наближення кореня x_0 трансцендентного рівняння $f(x)=0$. Рівняння дотичної до графіка функції $f(x)$ з координатою x_0 має вигляд

$$f_K = f(x_0) + f'(x_0)(x - x_0) \text{ , ,}$$

де $f'(x_0)$ - значення похідної функції $f(x)$ в точці x_0 .

При $x = x_1$, $f_K = 0$. Тоді з (4.2.19) отримаємо

$$x_1 = x_0 - \frac{f(x_0)}{f'(x_0)} \text{ . .}$$

Продовжуючи процес побудови ітераційної послідовності $\{x_n\}$, отримаємо наступну рекурентну формулу для здійснення ітераційного процесу сходження до кореню трансцендентного рівняння

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

Метод Ньютона (метод дотичних). Метод послідовних наближень, розроблений Ньютоном, дуже широко використовується при побудові ітераційних алгоритмів. Його популярність обумовлена тим, що на відміну від двох попередніх методів замість інтерполяції за двома значенням функції в методі Ньютона здійснюється екстраполяція за допомогою дотичної до кривої в одній точці.

Нехай корінь рівняння $f(x)=0$ відокремлений на відрізку a, b , на якому нелінійна функція $f(x)$ монотонна і має різні знаки на кінцях відрізка, причому похідні $f'(x)$ та $f''(x)$ неперервні та зберігають постійні знаки на всьому відрізку a, b .

Метод Ньютона, що реалізовується при допомозі (2.9), володіє високою швидкістю збіжності, проте він дуже чутливий до вибору початкового наближення x_0 . Вибір як початкове наближення x_{01} (точка A на $f(x)=0$, яка розташовується далі від шуканого кореня ξ ніж x_0) приводить вже на

першому кроці до випадання точки x_A з меж відрізка $[a, b]$. Це обриває процес побудови ітераційної послідовності $\{x_n\}$. Даний метод забезпечує швидку (квадратичну) збіжність якщо

$$f(x_0)f''(x_0) > 0.$$

У якості x_0 вибирають те значення з $[a, b]$, де знаки $f(x_0)$ і $f''(x_0)$ співпадають.

Коли $|f'(x)| \geq m > 0$, $|f''(x)| \leq M$, $x \in [a, b]$ (m – найменше значення похідної $f'(x)$ в $[a, b]$; M – найбільше значення похідної $f''(x)$ в $[a, b]$), то знайдеться таке $\delta > 0$ ($\delta \leq \min(\xi - a, b - \xi)$), що при будь-якому виборі початкового наближення на відріжку $[\xi - \delta, \xi + \delta] \in [a, b]$ існує нескінченна ітераційна послідовність (2.9) і ця послідовність сходиться до кореню ξ трансцендентного рівняння (2.3). Дане твердження формалізує теорему про збіжність методу Ньютона. Її доказ побудований з використанням основного рекурентного співвідношення методу простих ітерацій (2.4)

$$x = f_1(x), \quad f_1(x) = x - \frac{f(x)}{f'(x)},$$

$$f_1'(x) = \frac{f(x)f''(x)}{[f'(x)]^2}, \quad \lim_{x \rightarrow \xi} f(x) = f(\xi) = 0,$$

$$|f_1'(x)| \leq \frac{M}{m^2} |f(x)|, \quad |f(x) - f(\xi)| = |f(x)| \leq \frac{m^2}{2M},$$

$$|f_1'(x)| \leq q = 0,5.$$

Для оцінки погрішності n – го наближення x_n можна використовувати формулу

$$|\xi - x_n| \leq \frac{|f(x_n)|}{m_1},$$

Висновки по 2 розділу.

1. На основі кінематичного та динамічного аналізу процесу взаємодії поверхні шайби пристрою для натягу з поверхнею потовщення капронової нитки чи пряжі отримані математичні залежності для програмного комплексу інформаційної моделі з урахуванням профілю тарілочок в точках входу і виходу, нерівномірності перетину сировини, закону зміни вхідного натягу, способу завдання попереднього натягу з використанням вантажних шайб або конічної пружини.
2. Обрані алгоритмічні компоненти програмного комплексу для чисельного розв'язання системи трансцендентних рівнянь, які є складовою частиною інформаційної моделі шайбового пристрою для визначення впливу профілю тарілочок в точках входу і виходу в тарілчастій пристрій, нерівномірності перетину сировини, способу завдання попереднього натягу на величину вихідного натягу комплексних ниток та пряжі на технологічних машин текстильної та легкої промисловості [18].

Розділ 3 Програмна реалізація.

3.1. Структура комп'ютерної програми для динамічного аналізу процесу взаємодії тарілочок пристрою для натягу з поверхнею сировини.

Для реалізації алгоритму розв'язання системи трансцендентних рівнянь для визначення координат точки дотику тарілочки пристрою для натягу і поверхні комплексних ниток була розроблена комп'ютерна програма. Комп'ютерна програма для визначення координат точки дотику робочих елементів пристрою для натягу та потовщень на поверхні сировини включає дві форми: $TfrmSTUMN1 = class(TForm);$ $TfrmSTUMN1 = class(TForm)$. На рис.3.1 представлена перша форма. Вона включає наступні основні компоненти

```

lb11STUMN1: TLabel; lb12STUMN1: TLabel;
lb13STUMN1: TLabel; lb14STUMN1: TLabel;
btn1STUMN1: TButton; lb15STUMN1: TLabel;
LabelSchiba1: TLabel;
LabelSchiba2: TLabel;
LabelSchiba3: TLabel;
Image1: TImage;
LabelSchiba4: TLabel;

```

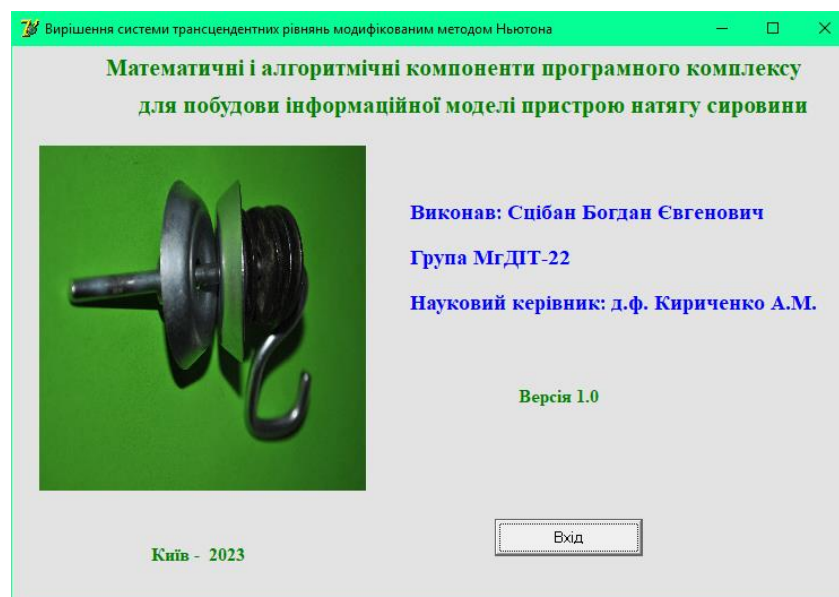


Рис.3.1.

На рис.3.2 представлена основна форма комп'ютерної програми. Вона включає наступні основні компоненти

```

btnschiba1STUMN2: TButton;
lblschiba1STUMN2: TLabel;
edtschiba1STUMN2: TEdit;
mem1STUMN2: TMemo;
btnschiba2STUMN2: TButton;
lblschiba2STUMN2: TLabel;
edtschiba2STUMN2: TEdit;
lblschiba3STUMN2: TLabel;
edtschiba3STUMN2: TEdit;
Memo1: TMemo;
lblschiba4STUMN2: TLabel;
btnschiba3STUMN2: TButton;
lblschiba5STUMN2: TLabel;
edtschiba4STUMN2: TEdit;
lblschiba7STUMN2: TLabel.

```

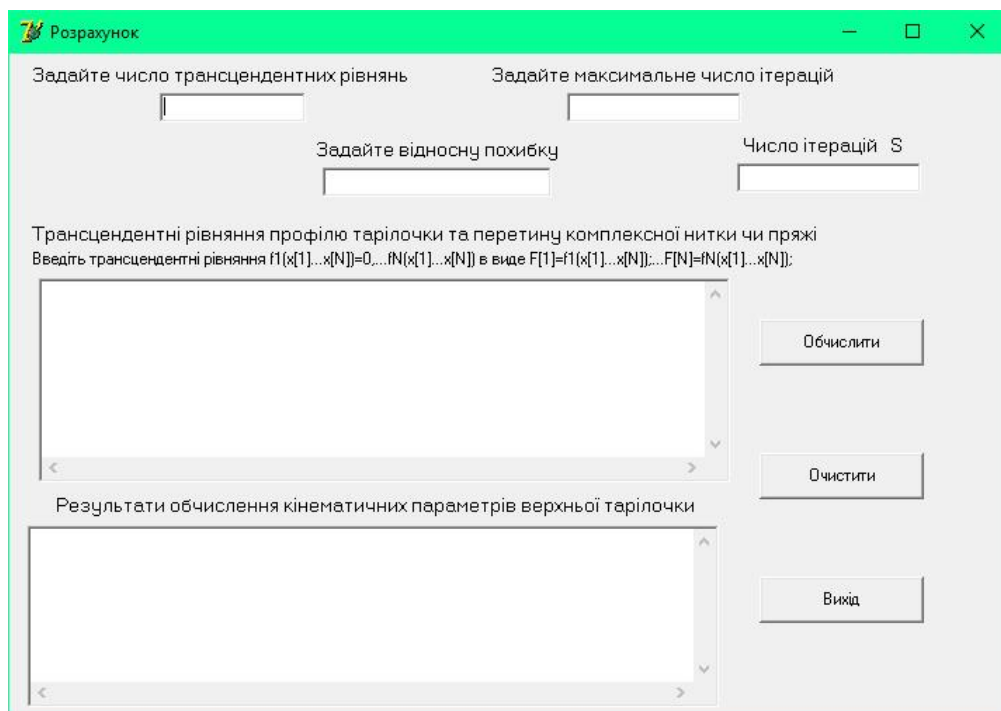


Рис.3.2.

Одно строкові вікна слугують для завдання: числа трансцендентних рівнянь для визначення кінематичних параметрів верхньої тарілочочки пристрою для натягу (контур бічною направляючої апроксимується колом) при взаємодії з потовщенням на комплексній нитці; максимального числа ітерацій при визначенні кінематичних параметрів; величини відносної похибки при

визначенні коренів системи трансцендентних рівнянь; числа ітерацій.

Багато строкові вікна редагування призначені: для уведення системи трансцендентних рівнянь у форматі придатному для обробки транслятором формул з використанням зворотних польських записів інформаційної моделі тарілкового пристрою; для виводу результатів обчислення коренів системи трансцендентних рівнянь, які представляють кінематичні параметри верхньої тарілки пристрою для натягу комплексних ниток та пряжі з нерівномірною структурою форми бічної поверхні.

Три кнопки призначені для виконання процедур запуску процесу обчислення, очищення одно строкових вікон та багато строкових вікон, виходу з комп'ютерної програми для визначення координат точки дотику робочих елементів пристрою для натягу.

Початок обчислення коренів системи трансцендентних рівнянь починається з запиту уведення початкового значення першого кореня значення горизонтальної координати точки контакту верхньої тарілки та форми бічної поверхні сировини (рис.3.3).

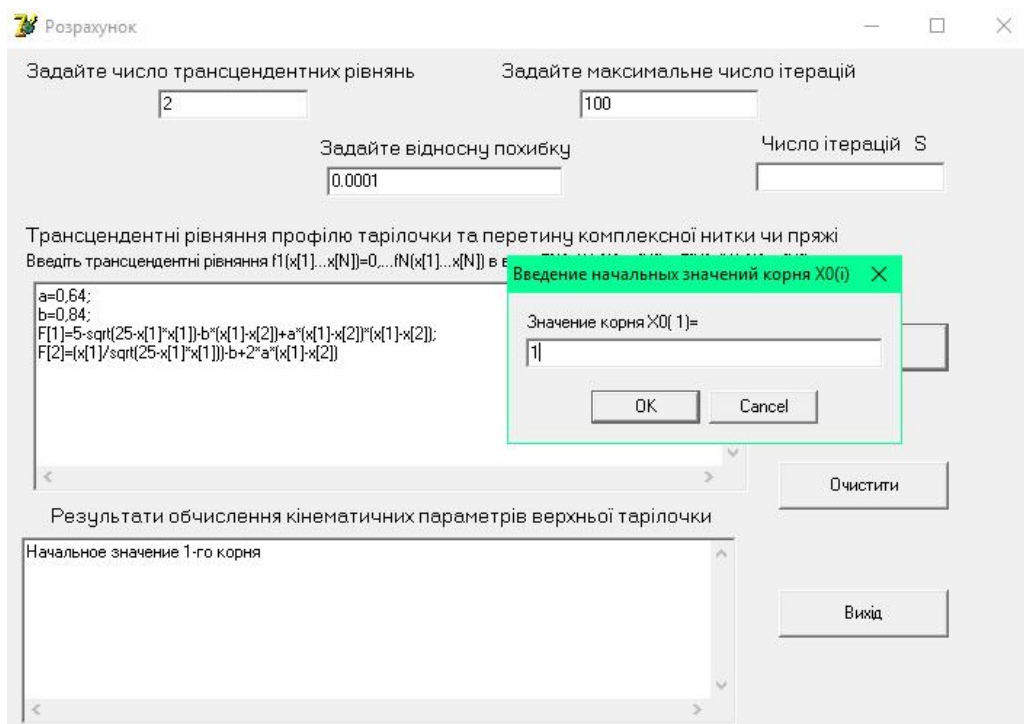


Рис.3.3.

На другому етапі слідє запит уведення початкового значення другого кореня значення вертикальної координати точки контакту верхньої тарілочки (рис.3.4).

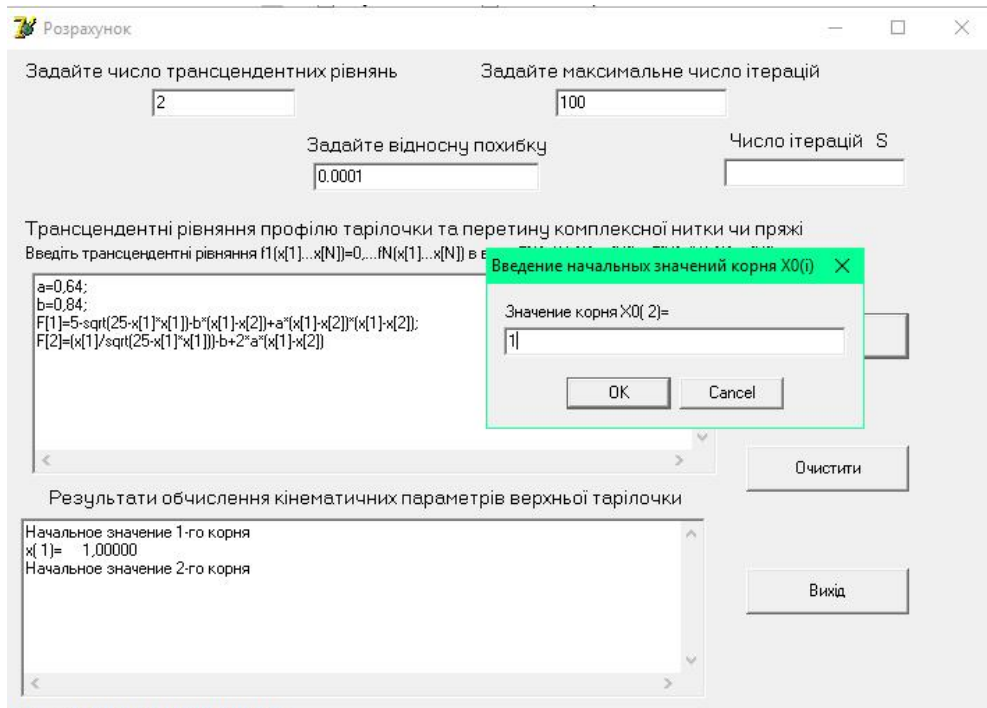


Рис.3.4.

На рис.4.5 представлені результати розрахунку кінематичних параметрів верхньої тарілочки пристрою для натягу при взаємодії з потовщенням на комплексній нитці.

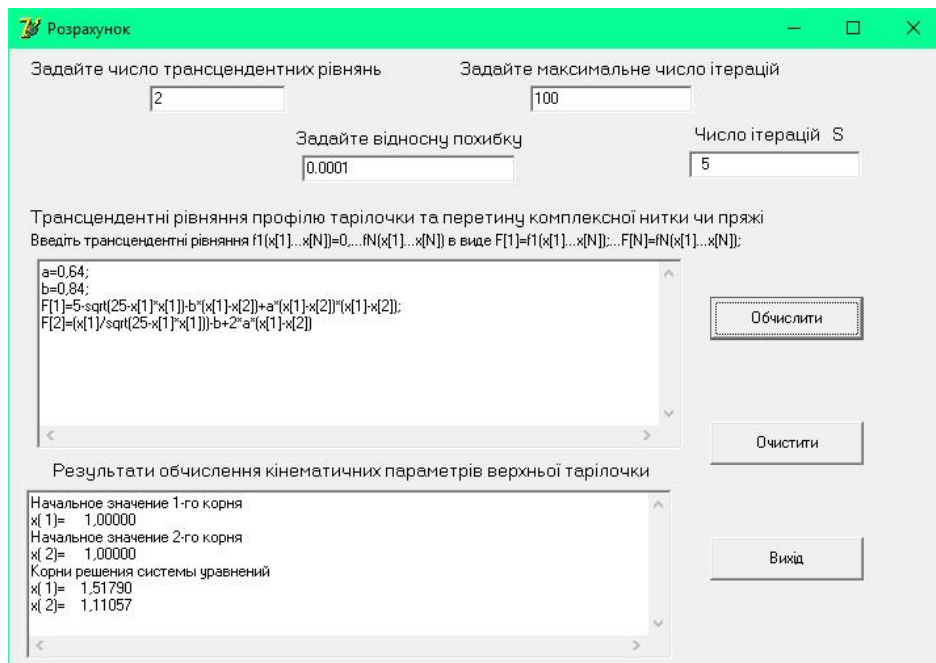


Рис.4.5

При реалізації транслятора формул з використанням зворотних польських записів в комп'ютерній програмі реалізований модуль *uerrors* для контролю правильності уведення системи трансцендентних рівнянь у форматі придатному для обробки транслятором формул з використанням зворотних польських записів. На рис.3.7 представлений відповідний модуль.

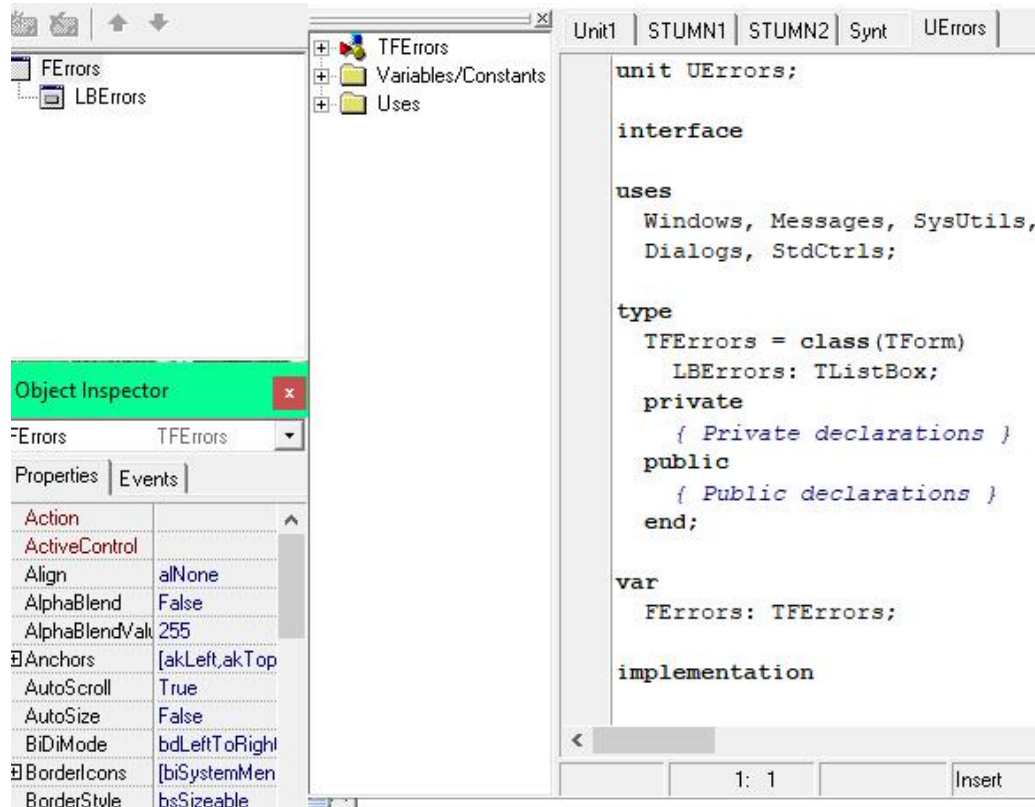


Рис.3.6.

Інструкція користувача.

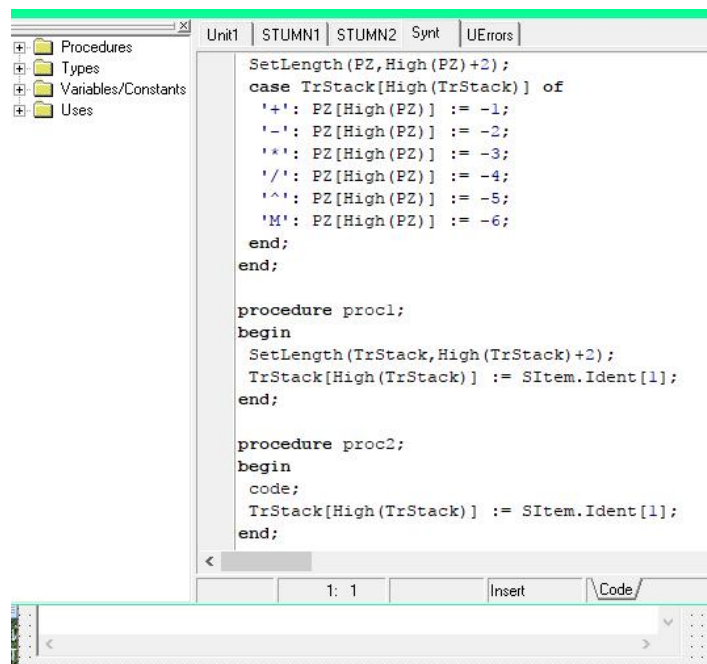
1. Задати число трансцендентних рівнянь для визначення кінематичних параметрів.
2. Задати максимальне число ітерацій при визначенні кінематичних параметрів.
3. Задати величину відносної похибки при визначенні коренів системи трансцендентних рівнянь.
4. Задати число ітерацій.
5. В багато строкове вікно ввести систему трансцендентних рівнянь інформаційної моделі тарілчастого пристрою.
6. Виконати процедуру запуску процесу обчислення.

7. Виконати запит стосовно уведення початкового значення першого кореня значення горизонтальної координати точки контакту верхньої тарілочки та форми бічної поверхні сировини.

8. Виконати запит стосовно уведення початкового значення другого кореня значення вертикальної координати точки контакту верхньої тарілочки пристрою для натягу.

3.2. Транслятор формул з використанням зворотних польських записів інформаційної моделі тарілкового пристрою

На рис.3.7 представлений фрагмент програмного коду транслятора формул з використанням зворотних польських записів інформаційної моделі тарілкового пристрою. Транслятор формул реалізований за допомогою модуля *Synt*.



```

Unit1 | STUMN1 | STUMN2 | Synt | UErrors |
SetLength(PZ,High(PZ)+2);
case TrStack[High(TrStack)] of
'+': PZ[High(PZ)] := -1;
'-': PZ[High(PZ)] := -2;
'*': PZ[High(PZ)] := -3;
'/': PZ[High(PZ)] := -4;
'^': PZ[High(PZ)] := -5;
'M': PZ[High(PZ)] := -6;
end;
end;

procedure proc1;
begin
SetLength(TrStack,High(TrStack)+2);
TrStack[High(TrStack)] := SItem.Ident[1];
end;

procedure proc2;
begin
code;
TrStack[High(TrStack)] := SItem.Ident[1];
end;

```

Рис.3.7.

Зворотній польський запис– це математичний запис виразу, в якому кожен оператор слідує за своїми операндами. Вона відома як постфіксна нотація і не містить дужок, якщо кожен оператор має фіксовану кількість операндів. Результати розрахунків 0,2028; 0,2028; 0,2027; 0,2025;

0,2023; 0,2020; 0,2017; 0,2013; 0,2008; 0,2003; 0,1997; 0,1991;
 0,1984; 0,1976; 0,1968; 0,1959; 0,1949; 0,1939; 0,1929; 0,1918;
 0,1906; 0,1893; 0,1880; 0,1867; 0,1853; 0,1838; 0,1823; 0,1807;
 0,1791; 0,1774; 0,1756; 0,1738; 0,1720; 0,1701; 0,1681; 0,1661;
 0,1641; 0,1620; 0,1598; 0,1576; 0,1554; 0,1531; 0,1507; 0,1483;
 0,1459; 0,1434; 0,1409; 0,1383; 0,1357; 0,1330; 0,1304; 0,1276;
 0,1249; 0,1220; 0,1192; 0,1163; 0,1134; 0,1105; 0,1075; 0,1044;
 0,1014. Проглядаючи послідовність символів інфікс запису, операнди

записуємо у вихідний файл у порядку зустрічі, а знаки операцій і дужки заносимо у стек, дотримуючись таких правил:

- якщо стек порожній, то символ записуємо у стек;
- символ «виштовхує» зі стека всі попередні символи з більшим або однаковим пріоритетом у вихідний файл;
- якщо черговий символ інфікс запису є дужкою (, що відкриває, то заносимо її у стек;
- дужка), що закриває, «виштовхує» всі операції зі стека до найближчої дужки (, що відкриває, а самі дужки у вихідний файл не записуємо;
- по завершенні перегляду інфікс запису всі символи стеку записуємо у вихідний файл.

На вхід програми надходить вираз, що складається з одно символних ідентифікаторів та арифметичних знаків. Потрібно перетворити цей вислів на зворотний польський запис або повідомити про помилку. Тип запису з ім'ям та значенням змінної або іменованої константи.

```
TData = record
  Name: string;
  Data:real;
```

Максимальна кількість числових констант, масив повідомлень про помилки, масив зумовлених констант запису, масив значень та імен змінних та іменованих констант, читання чергової лексеми в тексті.

```

NConst: integer = 100;
ErrorList: TStringList;
PZ: array of integer;
DataList: array of TData;
const
  MConst = 2;
procedure SyntItem(S:string; First:boolean=false; Pos:Integer=1);

```

Формування польського запису по черговому читанню лексем з тексту, розрахунок за польським записом, завдання змінної Name значення Data, отримання значення змінної Name.

```

function CreatePZ(S:string):boolean;
function Calculate(var R:real):boolean;
function SetData(Name:string; Data:real):boolean;
function GetData(Name:string; var Data:real):boolean;
implementation
uses Sysutils, Math, Dialogs, TUDI2, UErrors;

```

Тип лексем, тип запису з характеристиками прочитаної лексеми.

```

TType = (None, Number, Divider, Ident, Func, Part, All);
TSynt = record
  mode: TType;
  Number:real;
  Ident:string;
  Error:boolean;
  Pos1,Pos2:integer;
end;

```

Зворотний польський запис ідеально підходить для обчислення формул на комп'ютері зі стек. Формула складається з n символів, кожен із яких є або операндом, або оператором. Алгоритм для обчислення формули у зворотному польському записі з використанням стеку простий. Потрібно просто прочитати зворотний польський запис зліва направо. Якщо зустрічається операнд, його слід помітити у стек. Якщо зустрічається оператор, потрібно виконати задану операцію.

Як приклад розглянемо обчислення наступного виразу: $(8+2*5)/(1+3*2-4)$. Відповідна формула у зворотному польському записі виглядає так: $825*+132*+4-/\$.

Число на вершині стека – правий операнд (а не лівий). Це дуже важливо для операцій поділу, віднімання та зведення в ступінь, оскільки порядок проходження операндів у даному випадку має значення (на відміну від операцій складання та множення). Іншими словами, операція поділу діє наступним чином: спочатку в стек міститься чисельник, потім знаменник, і тоді операція дає правильний результат. Зазначимо, що перетворити зворотний польський запис на машинний код дуже легко: потрібно просто рухатися за формулою у зворотному польському записі, записуючи по одній команді для кожного символу. Якщо символ є константою або змінною, потрібно вписувати команду приміщення цієї константи або змінної у стек, якщо символ є оператором, потрібно вписувати команду виконання цієї операції. Безліч символів, які використовуються під час запису числа, безліч символів – розділювачів, безліч символів, що використовуються під час запису ідентифікаторів, кількість різних функцій, масив ідентифікаторів функцій.

```
const
SetNum: set of char=['0'..'9', '.'];
SetDiv: set of char=[';', '(', ')', '=', '+', '-', '/', '*', '^',
                    '{', ' ', #13];
SetChar: set of char=['a'..'z', 'A'..'Z', '_'];
NFunc = 9;
Functions: array[1..NFunc] of string =
('exp', 'sin', 'cos', 'sqrt', 'abs', 'ln', 'tg', 'arctan', 'arccos');
```

Змінна, що містить характеристику прочитаної лексеми, стек, що використовується під час трансляції, масив числових констант, поточна позиція трансляції, розпізнавання синтаксичних елементів рядка. Польська нотація (запис), також відома як префікс нотація (запис), це форма запису логічних, арифметичних та алгебраїчних виразів. Характерна риса такого

запису - оператор розташований ліворуч від операндів. Якщо оператор має фіксовану визначення, то в такому записі відсутні круглі дужки і вона може бути інтерпретована без неоднозначності. Потрібно просто прочитати зворотний польський запис зліва направо. Якщо зустрічається операнд, його слід помітити у стек. Якщо зустрічається оператор, потрібно виконати задану операцію. Число на вершині стека – правий операнд (а не лівий). Зворотний польський запис ідеально підходить для обчислення формул на комп'ютері зі стек. Формула складається з n символів, кожен із яких є або операндом, або оператором. Алгоритм для обчислення формули у зворотному польському записі з використанням стеку простий.

```

var
  SItem: TSynt;
  TrStack: array of char;
  ConstList: array of real;
  Position: Integer;
procedure SyntItem(S:string;First:boolean=false;Pos:Integer=1);
var i:integer;
begin
  if (S = "") then begin
    SItem.mode := All;
    exit;
  end;
  if(First) then Position := Pos;
  repeat
    if (S[Position] = '{')
    then begin
      repeat
        Inc(Position)
      until (Position >= Length(S)) or (S[Position] = '}');
      Inc(Position);
    end;
  if(Position <= Length(S)) then
    while ((S[Position] = ' ')or
    (S[Position] = #13)or
    (S[Position] = #10)or
    (S[Position] = #0))
    do Inc(Position);

```

Алгоритм переведення у зворотний польський запис:

- зчитуємо по черзі всі лексеми, принагідно прибираючи прогалини;
- якщо лексема — це чи змінна, то додаємо їх у результуючий список;
- якщо лексема - це функція, то додаємо її в стек;
- якщо лексема - це дужка, що відкриває, то додаємо її в стек;
- якщо лексема - це дужка, що закриває, то:
 - поміщаємо елементи з стеку в результуючий рядок поки не зустрінемо дужку, що відкриває, притому відкриває дужка видаляється з стеку, але в результуючий рядок не додається;
 - якщо на вершині стека виявляється символ функції, то ми поміщаємо його зі стеку в результуючий рядок;
 - якщо стрибка не була зустрінута, то дужки не узгоджені;
 - якщо лексема - це оператор, то:
 - якщо це останній символ виразу, то вираз некоректний;
 - якщо це мінус, то додаємо його до стек;
 - інакше:
 - виштовхуємо верхні елементи стека в результуючий рядок, поки пріоритет поточного оператора менше або дорівнює пріоритету оператора, що знаходиться на вершині стека;
 - поміщаємо поточний оператор у стек;
 - коли всі дані зчитані, виштовхуємо всі елементи стеку в результуючий рядок; якщо в стеку опинилися символи не операторів, то дужки не узгоджені.

Продовження формування ідентифікатора чи числа, нескінченний цикл, формування польського запису, завершення операцій наприкінці формування запису виразу. Результати розрахунку 2,1183; 2,1252; 2,1312; 2,1365; 2,1410; 2,1448; 2,1478; 2,1501; 2,1516; 2,1525; 2,1528; 2,1523; 2,1513; 2,1496; 2,1473; 2,1445; 2,1410; 2,1370; 2,1324; 2,1272; 2,1215; 2,1153; 2,1085; 2,1012; 2,0933; 2,0850; 2,0761; 2,0667; 2,0567; 2,0462; 2,0353; 2,0237; 2,0117; 1,9991; 1,9860; 1,9724; 1,9582; 1,9434; 1,9281; 1,9123; 1,8959; 1,8789; 1,8613;

1,8432; 1,8245; 1,8052; 1,7853; 1,7648; 1,7436; 1,7219; 1,6996;
 1,6766; 1,6530; 1,6288; 1,6039; 1,5784; 1,5523; 1,5255; 1,4981;
 1,4700; 1,4413.

Алгоритм обчислення значення виразу у зворотній польській нотації:

- якщо запису зустріли число, то кладемо їх у стек;
- якщо в записі зустріли функцію або мінус, то:
- витягаємо зі стеку верхній елемент;
- застосовуємо функцію щодо нього;
- кладемо елемент назад у стек;

якщо в записі зустріли бінарний оператор, то:

- витягаємо зі стеку два верхні елементи;
- виконуємо з них операцію;
- кладемо у стек результат виконання операції;
- виводимо останній елемент стеку.

```

else SItem.Ident := SItem.Ident + S[Position];
until false;
end;
procedure ClearPZ;
begin
  ErrorList.Clear;
  SetLength(ConstList,0);
  SetLength(DataList,MConst);
  SetLength(PZ,0);
end;
function CreatePZ(S:string):boolean;
var
  lend:boolean;

```

Допустимість операції, адреса пересилання результату, характер попередньої лексеми, перший символ попередньої лексеми, запис у стек коду арифметичної операції. Результати визначення параметрів 5,1345; 5,1344;
 5,1345; 5,1347; 5,1351; 5,1356; 5,1363; 5,1372; 5,1381; 5,1392;
 5,1405; 5,1419; 5,1434; 5,1451; 5,1469; 5,1488; 5,1508; 5,1530;
 5,1553; 5,1577; 5,1602; 5,1629; 5,1656; 5,1685; 5,1715; 5,1745;
 5,1777; 5,1810; 5,1843; 5,1878; 5,1914; 5,1950; 5,1987; 5,2026;

5,2065; 5,2104; 5,2145; 5,2186; 5,2228; 5,2271; 5,2315; 5,2359;
 5,2404; 5,2449; 5,2495; 5,2542; 5,2589; 5,2637; 5,2685; 5,2734;
 5,2784; 5,2833; 5,2884; 5,2934; 5,2985; 5,3037; 5,3089; 5,3141;
 5,3194; 5,3247; 5,3300. Побудова в оперативній пам'яті ПК орієнтованого
 дерева, що відповідає зворотнім польським записам, з використанням
 динамічного розподілу пам'яті вимагає детального опису алгоритму, який
 українською мовою далі не подано. Зате подано прокоментований код
 програми для обчислення арифметичного виразу сталих величин (присутні
 лише бінарні операції — арифметичні дії). Кінці дуг з однаковим кінцем
 поділено на ліві й праві нащадки за місцем в інфікс записі. Для аналізу коду
 програми рекомендуємо будувати графічні ілюстрації дій щодо створення
 нових вершин і дуг дерева на етапі його побудови та перетворення дерева на
 етапі обчислення величини арифметичного виразу. Обхід листків розпочато з
 того, для якого шлях від кореня був весь час до лівого нащадку, поки не
 потрапили у листок. Подану далі програму можна удосконалити на випадок
 використання функцій багатьох змінних після визначення послідовностей
 символів, що позначатимуть функції 1, 2, 3 змінних.

```
Assign:boolean;
Adress: integer;
OldMode: TType;
OldS: char;
procedure code;
begin
  SetLength(PZ,High(PZ)+2);
  case TrStack[High(TrStack)] of
    '+': PZ[High(PZ)] := -1;
    '-': PZ[High(PZ)] := -2;
    '*': PZ[High(PZ)] := -3;
    '/': PZ[High(PZ)] := -4;
    '^': PZ[High(PZ)] := -5;
    'M': PZ[High(PZ)] := -6;
  end;
end;
```

Якщо буде достатньо лише символів, то істотних змін структура програми щодо обчислення виразу не зазнає. Інакше доведеться або

використовувати умовні оператори, або вкладати оператори один в інший. При цьому тип поля *a* типу запису *b* потрібно буде змінити. Аналог для функцій. Зворотний польський запис (постфіксний) дуже нагадує простий польський запис, лише тут функція вводиться в останню чергу.

```

procedure proc1;
begin
  SetLength(TrStack,High(TrStack)+2);
  TrStack[High(TrStack)] := SItem.Ident[1];
end;
procedure proc2;
begin
  code;
  TrStack[High(TrStack)] := SItem.Ident[1];
end;
procedure proc3;
begin
  code;
  SetLength(TrStack,High(TrStack));
  lend:=false;
end;
procedure proc4;
begin
  SetLength(TrStack,High(TrStack));
end;

```

Переваги: значно заощаджує час, натискати менше кнопок; логічна, тому що користувач спочатку вводить число, а потім задає дію, яку необхідно зробити з цим числом. При обчисленні не потрібно постійно стежити за відкритими та закритими дужками. Введення нагадує той спосіб, яким ми вирішуємо приклади на папері.

Можна бачити проміжні результати під час обчислення, а чи не чекати кінця введення даних. Дуже зручно щодо логіки. Проміжний результат обчислення дозволяє користувачеві перевіряти відповідь та легко виправляти помилки, якщо вони є. Взагалі за процесом обчислення у такий спосіб стежити простіше. У цьому користувач визначає черговість операцій.

```

begin
  SetLength(TrStack,High(TrStack)+2);
  TrStack[High(TrStack)] := Chr(127+Round(SItem.Number));
end;
procedure proc6;
// Аналог proc3 для функций
begin
  SetLength(PZ,High(PZ)+2);
  PZ[High(PZ)] := -Ord(TrStack[High(TrStack)])+27;
  SetLength(TrStack,High(TrStack));
end;

```

Однак така граматики є неоднозначною, і розібрані з її допомогою вирази не матимуть коректний порядок операцій (з урахуванням пріоритету множення та поділу над додаванням та відніманням). Облік пріоритету операцій зазвичай надається на відкуп складнішим варіантам пар серів, що дозволяє вказати список пріоритетів окремо від основного блоку правил виведення.

Однак, шляхом помітного ускладнення правил виведення, можна домогтися однозначності граматики та коректного розбору виразів і без допоміжних засобів.

Лексичний аналізатор є процесор або, інакше кажучи, сканер (кінцевий автомат) для розбору та класифікації лексем, пов'язаний з деякими семантичними процедурами. На вхід такого процесора послідовно подаються символи вихідної програми, причому кожен символ вхідний викликає зміну стану сканера. Якщо аналізований символ означає кінець лексеми, що розбирається, то з переходом пов'язується деяка семантична процедура, що дозволяє або визначити код лексеми за таблицею (у разі службових слів, роздільників, операцій), або поповнити таблиці (для констант та ідентифікаторів), а потім у вихідний рядок видати черговий код лексеми у внутрішньому поданні. Результати розрахунку горизонтальної координати

| | | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0,6113; | 0,6626; | 0,7130; | 0,7628; | 0,8117; | 0,8600; | 0,9074; | 0,9541; |
| 1,0000; | 1,0452; | 1,0895; | 1,1331; | 1,1758; | 1,2178; | 1,2590; | 1,2993; |
| 1,3389; | 1,3776; | 1,4154; | 1,4525; | 1,4887; | 1,5241; | 1,5586; | 1,5923; |

1,6251; 1,6570; 1,6881; 1,7183; 1,7476; 1,7760; 1,8036; 1,8302;
 1,8560; 1,8808; 1,9048; 1,9278; 1,9500; 1,9712; 1,9915; 2,0109;
 2,0293; 2,0469; 2,0635; 2,0792; 2,0940; 2,1079; 2,1208; 2,1329;
 2,1440; 2,1542; 2,1634; 2,1718; 2,1793; 2,1859; 2,1915; 2,1963;
 2,2002; 2,2032; 2,2054; 2,2067; 2,2071.

```
SyntItem(S,true);
if(SItem.mode = All)
then begin
  Result := false;
  exit;
end;
repeat
if((OldMode = Func)and(SItem.Ident[1] <> '('))
case SItem.mode of
  Number: begin
    if((OldMode <> Divider)and(OldMode <> None)and
      (OldMode <> Part))
    if(SItem.Error)
    else begin
      SetLength(ConstList,High(ConstList)+2);
      ConstList[High(ConstList)] := SItem.Number;
      SetLength(PZ,High(PZ)+2);
      PZ[High(PZ)] := High(ConstList);
    end;
```

При трансляції вихідної програми в об'єктний код машинною мовою адреси звернення до елементів масиву мають бути правильно оформлені. Для цього необхідно обчислити так звану функцію впорядкування, яка встановлює взаємно однозначну відповідність між багатовимірним масивом і одновимірним масивом, що його відображає. Але оскільки в програмах може використовуватися безліч масивів, потрібно ще й вибрати відповідну даному масиву функцію впорядкування. Зазвичай вся ця інформація, що стосується кожного масиву, збирається транслятором визначальний вектор масиву, а самі визначальні вектори розміщуються в тимчасову таблицю транслятора. Таким чином, звернення до відповідного елемента багатовимірного масиву пов'язане з обробкою визначальних векторів та обчисленням функції

упорядкування, що є семантичною процедурою, що ховається за символом операції.

Результати розрахунку вертикального зміщення тарілки 1,0870;
 1,0819; 1,0769; 1,0720; 1,0672; 1,0625; 1,0578; 1,0533; 1,0488;
 1,0444; 1,0401; 1,0359; 1,0318; 1,0278; 1,0239; 1,0200; 1,0163;
 1,0126; 1,0090; 1,0055; 1,0021; 0,9988; 0,9955; 0,9924; 0,9893;
 0,9863; 0,9834; 0,9805; 0,9778; 0,9751; 0,9725; 0,9700; 0,9676;
 0,9652; 0,9630; 0,9608; 0,9586; 0,9566; 0,9546; 0,9527; 0,9509;
 0,9492; 0,9475; 0,9459; 0,9444; 0,9429; 0,9415; 0,9402; 0,9390;
 0,9378; 0,9367; 0,9356; 0,9347; 0,9338; 0,9329; 0,9322; 0,9315;
 0,9308; 0,9303; 0,9298; 0,9293.

Відмінною рисою зворотної польської нотації і те, що це аргументи (чи операнди) розташовані перед знаком операції. У загальному вигляді запис виглядає так:

- запис набору операцій складається з послідовності операндів та знаків операцій. Операнди у виразі під час письмового запису поділяються пробілами;

- вираз ідентифікується зліва направо. Коли у виразі зустрічається знак операції, виконується відповідна операція над двома останніми операндами, що зустрілися перед ним, в порядку їх запису. Результат операції замінює у виразі послідовність її операндів та її знак, після чого вираз обчислюється далі за тим самим правилом;

- результатом обчислення виразу стає результат останньої обчисленої операції.

```

then begin
  try
    case -PZ[i]-100 of
      1: Stack[High(Stack)]:=Exp(Stack[High(Stack)]);
      2: Stack[High(Stack)]:=Sin(Stack[High(Stack)]);
      3: Stack[High(Stack)]:=Cos(Stack[High(Stack)]);
      4: Stack[High(Stack)]:=Sqrt(Stack[High(Stack)]);
      5: Stack[High(Stack)]:=Abs(Stack[High(Stack)]);
      6: Stack[High(Stack)]:=Ln(Stack[High(Stack)]);
      7: Stack[High(Stack)]:=Tan(Stack[High(Stack)]);
      8: Stack[High(Stack)]:=ArcTan(Stack[High(Stack)]);
      9: Stack[High(Stack)]:=ArcCos(Stack[High(Stack)]);
    end
  except
    Result := false;
    exit;
  end;
  if(FloatToStr(Stack[High(Stack)]) = 'NaN') or
    (FloatToStr(Stack[High(Stack)]) = 'INF') or
    (FloatToStr(Stack[High(Stack)]) = '-INF')
  then begin
    Result := false;
    exit;
  end
end
else if PZ[i] < 0

```

На відміну від інфікованого запису, неможливо використовувати одні й самі знаки для запису бінарних операцій. Так, в інфікс записі вираз $5 * (-3 + 8)$ використовує знак «мінус» як символ операції (зміна в знаках числа), а вираз $(10 - 15) * 3$ застосовує цей же знак для позначення бінарної операції (віднімання). неможливо визначити, що «мінус» після 5 і 3 позначає не віднімання; в результаті буде зроблено спробу обчислити спочатку $5 - 3$, потім $2 + 8$, після чого з'ясується, що для операції множення не вистачає операндів.

```

then begin
  try
    case -PZ[i] of
      1: Stack[High(Stack)-1]:=
        Stack[High(Stack)-1]+Stack[High(Stack)];
      2: Stack[High(Stack)-1]:=
        Stack[High(Stack)-1]-Stack[High(Stack)];
      3: Stack[High(Stack)-1]:=
        Stack[High(Stack)-1]*Stack[High(Stack)];
      4: Stack[High(Stack)-1]:=
        Stack[High(Stack)-1]/Stack[High(Stack)];
      5: Stack[High(Stack)-1]:=
        Power(Stack[High(Stack)-1],Stack[High(Stack)]);
      6: Stack[High(Stack)]:= -Stack[High(Stack)];
      7: DataList[PZ[i+1]-NConst].Data := Stack[High(Stack)];
    end;

```

Щоб все ж таки записати цей вираз, доведеться або переформулювати його, або ввести для операції зміни в знаках окреме позначення, наприклад, «±»: $5\ 3 \pm 8 + *$.

```

      then SetLength(Stack,High(Stack));
    end
  else begin
    SetLength(Stack,High(Stack)+2);
    if (PZ[i] < NConst)
      then Stack[High(Stack)]:=ConstList[PZ[i]]
      else Stack[High(Stack)]:=DataList[PZ[i]-NConst].Data;
    end;
  end;
Result := true;
R :=Stack[High(Stack)];
end;
function SetData(Name:string; Data:real):boolean;
for i:=MConst to High(DataList) do
  if (UpperCase(Name) = DataList[i].Name)
  then begin
    DataList[i].Data := Data;
    Result:=true;
    exit;
  end;

```

Конкретна операція визначається тим, як і позиції перебуває знак. Зворотний польський запис не дозволяє: запис $5\ 3 - 8 + *$ (умовний аналог першого виразу) буде інтерпретований як помилковий, оскільки

Через відсутність дужок зворотний польський запис коротший за інфікс запис. За цей рахунок при обчисленнях на калькуляторах підвищується швидкість роботи оператора (зменшується кількість клавіш, що натискаються), а в програмованих пристроях скорочується обсяг тих частин програми, які описують обчислення. Останнє може бути важливо для портативних та вбудованих обчислювальних пристроїв, що мають жорсткі обмеження на об'єм пам'яті.

Висновки по 3 розділу.

1. Розроблена комп'ютерна програма з транслятором формул, з використанням зворотних польських записів інформаційної моделі, та модулем контролю уведення інформації про систему трансцендентних рівнянь для динамічного аналізу процесу взаємодії тарілочок пристрою для натягу з поверхнею сировини з урахуванням профілю тарілочок в точках входу і виходу, нерівномірності перетину сировини, закону зміни вхідного натягу, способу завдання попереднього натягу з використанням вантажних шайб або конічної пружини.
2. Визначені основні напрями удосконалення тарілчастого пристрою з вантажними шайбами чи конічною пружиною для натягу комплексних ниток та пряжі технологічних машин текстильної та легкої промисловості на основі оптимізації натягу на базі динамічного аналізу процесу взаємодії тарілочок пристрою для натягу з поверхнею сировини.

Висновки.

1. Проведено огляд літературних джерел по проблемі розробки математичних і алгоритмічних компонентів програмного комплексу для побудови інформаційної моделі пристрою натягу сировини з профілю тарілочок в точках входу і виходу, нерівномірності перетину сировини, закону зміни вхідного натягу, способу завдання попереднього натягу з використанням вантажних шайб або конічної пружини. Сформульовано мету та задачі дослідження по проблемі удосконалення тарілчастого пристрою з вантажними шайбами чи конічною пружиною для натягу комплексних ниток та пряжі технологічних машин текстильної та легкої промисловості на основі оптимізації натягу на базі динамічного аналізу процесу взаємодії тарілочок пристрою для натягу з поверхнею сировини.
2. Аналіз показує, що профілі шайб у точках входу нитки та виходу мають комбіновану форму. Так для пристрою для натягу з вантажними шайбами його можна апроксимувати прямою і дугою кола, але враховуючи реальні геометричні розміри потовщень сировини достатньо представляти профіль як дугу кола.
3. На основі кінематичного та динамічного аналізу процесу взаємодії поверхні шайби пристрою для натягу з поверхнею потовщення капронової нитки чи пряжі отримані математичні залежності для програмного комплексу інформаційної моделі з урахуванням профілю тарілочок в точках входу і виходу, нерівномірності перетину сировини, закону зміни вхідного натягу, способу завдання попереднього натягу з використанням вантажних шайб або конічної пружини.
4. Обрані алгоритмічні компоненти програмного комплексу для чисельного розв'язання системи трансцендентних рівнянь, які є складовою частиною інформаційної моделі шайбового пристрою для визначення впливу профілю тарілочок в точках входу і виходу в тарілчастій пристрій, нерівномірності перетину сировини, способу завдання попереднього натягу на величину

вихідного натягу комплексних ниток та пряжі на технологічних машинах текстильної та легкої промисловості.

5. Розроблена комп'ютерна програма з транслятором формул, з використанням зворотних польських записів інформаційної моделі, та модулем контролю уведення інформації про систему трансцендентних рівнянь для динамічного аналізу процесу взаємодії тарілочок пристрою для натягу з поверхнею сировини з урахуванням профілю тарілочок в точках входу і виходу, нерівномірності перетину сировини, закону зміни вхідного натягу, способу завдання попереднього натягу з використанням вантажних шайб або конічної пружини.

6. Визначені основні напрями удосконалення тарілчастого пристрою з вантажними шайбами чи конічною пружиною для натягу комплексних ниток та пряжі технологічних машин текстильної та легкої промисловості на основі оптимізації натягу на базі динамічного аналізу процесу взаємодії тарілочок пристрою для натягу з поверхнею сировини.

Список використаних джерел.

1. Національний класифікатор України: «Класифікатор професій» ДК 003:2010.–К. : Видавництво «Соцінформ», 2010.
2. ДСТУ 7239:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація.[Чинний від 01–08–2011]. К.: Держспоживстандарт України, 2011. 11 с.
3. Перелік галузей знань і спеціальностей –<http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/266-2015-п>.
4. Закон «Про вищу освіту» -<http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>.
5. Закон «Про освіту» -<http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/2145-19>.
6. Державний класифікатор України: Класифікація видів економічної діяльності ДК009:2005. -Київ: Держстандарт України,2006.
7. Національна рамка кваліфікацій –<http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1341-2011-п>.
8. Shcherban' V.Yu. Interaction of stiff yarns with the working parts of knitting and sewing machines/V.Yu. Shcherban' // Textile industry. -1988. - № 10. - pp.53.
9. Shcherban' V., Melnyk G. , Sholudko M. and Kalashnyk V. Warp yarn tension during fabric formation/V. Shcherban' , G. Melnyk , M. Sholudko, V. Kalashnyk // Fibres and Textiles. – 2018. – Volume 25. - №2. – pp. 97-104.
10. Shcherban' V., Melnyk G. , Sholudko M., Kolysko O. and Kalashnyk V. Yarn tension while knitting textile fabric/V. Shcherban' , G. Melnyk , M. Sholudko , O. Kolysko, V. Kalashnyk// Fibres and Textiles. – 2018. - Volume 25. - №3. - pp. 74-83.
11. Щербань В.Ю., Іщенко В. Д., Колиско О.З., Гольдберг М.І., Щербань Ю.Ю. Комп'ютерна реалізація алгоритму Дейкстри для визначення форми заправки нитки на основі пошуку оптимального шляху графа / В.Ю. Щербань, В. Д. Іщенко, О.З. Колиско, М.І. Гольдберг, Ю.Ю.

- Щербань // Вісник Хмельницького національного університету. – 2022, №3 (309). – С. 217-220.
12. Щербань В.Ю., Іщенко В. Д., Колиско О.З., Гольдберг М.І., Щербань Ю.Ю. Визначення вагових функцій ребр неорієнтованого графа при комп'ютерному пошуку оптимального шляху з використанням алгоритму Дейкстри / В.Ю. Щербань, В. Д. Іщенко, О.З. Колиско, М.І. Гольдберг, Ю.Ю. Щербань // Вісник Хмельницького національного університету. – 2022, №4 (311). – С. 270-273. Vasilchenko V.N. Steady motion of a textile yarn with two anchoring points over a rough surface / V.N. Vasilchenko, V.Yu. Shcherban, Ts.V. Apokin // Technology of the textile industry. - 1985. - № 4. - P.54-56.
 13. Shcherban' V., Kolysko O., Melnyk G., Sholudko M., Shcherban' Y. and Shchutska G. Determining tension of yarns when interacting with guides and operative parts of textile machinery having the torus form / V. Shcherban', O. Kolysko, G. Melnyk, M. Sholudko, Y. Shcherban' and G. Shchutska // Fibres and Textiles. – 2020. - Volume 27 - № 4 - pp. 87-95.
 14. Shcherban' V., Korogod G., Kolysko O., Kolysko M., Shcherban' Yu., Shchutska G. Computer simulation of logarithmic transformation function to expand the range of high-precision measurements / V. Shcherban', G. Korogod, O. Kolysko, M. Kolysko, Yu. Shcherban', G. Shchutska // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. - 2021. - Volume 2. - №9 (110). – pp. 27-36.
 15. Щербань В.Ю., Колиско О.З., Колиско М.І., Кириченко А.М., Щербань Ю.Ю. Комп'ютерна реалізація алгоритму рекурсії для гребінчатого пристрою натягу панчішних автоматів / В.Ю. Щербань, О.З. Колиско, М.І. Колиско, А.М. Кириченко, Ю.Ю. Щербань // Вісник Хмельницького національного університету. – 2022, №2 (307). – С. 194-197.
 16. Yakubitskaya I.A. Differential equations of the relative motion of the filament element on the end sections of the coil of the winding drum / I.A.

- Yakubitskaya, V.V. Chugin, V.Yu. Shcherban // Technology of the textile industry. - 1997. - №6. - P.50-54.
17. Shcherban' V., Melnyk G. , Sholudko M., Kolysko O. and Kalashnyk V. Improvement of structure and technology of manufacture of multilayer technical fabric/V. Shcherban' , G. Melnyk , M. Sholudko , O. Kolysko, V. Kalashnyk// Fibres and Textiles. – 2019. - Volume 26 - № 2 - pp. 54-63.
18. Щербань В.Ю. Базове проектуєчне забезпечення САПР в індустрії моди/ В.Ю.Щербань, Ю.Ю.Щербань, О.З. Колиско, Г.В. Мельник, М.І. Шолудько, В.Ю. Калашник. – К.: Освіта України, 2018. – 902 с.
19. Scherban V.Yu. Determination of technological efforts in the process of surf during the formation of multilayer technical fabric / V.Yu. Shcherban // Technology of the textile industry. - 1990. - №3. - P.44-47.
20. Vasilchenko V.N. Equilibrium of a filament of a root base in the zone of formation of a multilayer technical fabric / V.N. Vasilchenko, V.Yu. Shcherban // Technology of the textile industry. - 1986. - № 5. - P.44-47.
21. Vasilchenko V.N. Influence of the twist of a Capron complex filament on the value of its flexural rigidity / V.N. Vasilchenko, V.Yu. Shcherban // Technology of the textile industry. - 1986. - №4. - P.8-9.
22. Scherban V.Yu. Determination of the geometric characteristics of the shape of the filament axis moving along the deformable guide surface / V.Yu. Shcherban // Technology of the textile industry. - 1990. - №6. - P.52-55.
23. Yakubitskaya I.A. Dynamic analysis of layout conditions on the end sections of the groove of the winding drum / I.A. Yakubitskaya, V.V. Chugin, V.Yu. Shcherban // Technology of the textile industry. - 1997. - №5. - P.33-37.
24. Щербань В. Ю. Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/ В.Ю. Щербань.-К.: Освіта України, 2019. – 252 с.
25. Щербань В.Ю. Комп'ютерне проектування систем: програмні та алгоритмічні компоненти / В.Ю.Щербань, О.З. Колиско, Г.В. Мельник, М.І. Шолудько, В.Ю. Калашник. – К.: Освіта України, 2019. – 902 с.

- 26.Щербань В. Ю. Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/В.Ю.Щербань – К.: Освіта України: ФОП Масляков, 2020. – 236 с.
- 27.Щербань В. Ю. Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві / В.Ю.Щербань – К.: Освіта України, 2021. – 248 с.
- 28.Щербань В.Ю. Алгоритмічне та математичне забезпечення при комп'ютерному проектуванні складних систем / В.Ю.Щербань, О.З. Колиско, Ю.Ю.Щербань, Г.В. Мельник, М.І. Колиско, В.Ю. Калашник. – К.: Освіта України, 2021. – 930 с.
- 29.Щербань В.Ю., Колиско О.З., Щербань Ю.Ю., Шолудько М.І., Мельник Г.В. Структура програмних модулів та процедур комп'ютерної програми для основних елементів системи при реалізації алгоритму рекурсії / В.Ю.Щербань, О.З. Колиско, Ю.Ю.Щербань, М.І. Шолудько, Г.В. Мельник// Вісник Хмельницького національного університету. - 2020, № 5(289).– С.302-306.
- 30.Щербань В.Ю., Петко А.К., Колиско О.З., Щербань Ю.Ю., Колиско М.І. База фрикційних властивостей комп'ютерної програми для визначення натягу нитки при реалізації алгоритму рекурсії / В.Ю.Щербань, А.К. Петко, О.З. Колиско, Ю.Ю.Щербань, М.І. Колиско // Вісник Хмельницького національного університету. - 2021, № 1(293).– С.234-237.
- 31.Щербань В.Ю., Петко А.К., Колиско О.З., Щербань Ю.Ю., Галавська Л.Є. Програмні модулі та процедури комп'ютерної програми для визначення натягу кевларової нитки при в'язанні з використанням алгоритму рекурсії / В.Ю.Щербань, А.К. Петко, О.З. Колиско, Ю.Ю.Щербань, Л.Є. Галавська // Вісник Хмельницького національного університету. - 2021, № 2(295).– С.271-274.
- 32.Щербань В.Ю., Макаренко Ю.В., Колиско О.З., Щербань Ю.Ю., Галавська Л.Є. Комп'ютерна реалізація алгоритму рекурсії при визначенні натягу ниток при формуванні багат шарових тканин з

- поліетиленових ниток / В.Ю. Щербань, Ю.В. Макаренко, О.З. Колиско, Ю.Ю. Щербань, Л.Є. Галавська // Вісник Хмельницького національного університету. – 2021, №3 (297). – С. 204-207.
- 33.Щербань В.Ю., Макаренко Ю.В., Колиско О.З., Щербань Ю.Ю., Колиско М.І. Реалізація програмних модулів процедури рекурсії при комп'ютерному визначенні натягу основних ниток багат шарової тканини для військового спорядження / В.Ю. Щербань, Ю.В. Макаренко, О.З. Колиско, Ю.Ю. Щербань, М.І. Колиско // Вісник Хмельницького національного університету. – 2021, №4 (299). – С. 155-159.
- 34.Shcherban' V., Kolysko O., Melnyk G., Sholudko M., Shcherban' Yu., Shchutska G. and Kolva N. Determination of tension for polyamide and basalt multifilament yarns while weaving industrial fabrics / V. Shcherban', O. Kolysko, G. Melnyk, M. Sholudko, Yu. Shcherban', G. Shchutska, N. Kolva // *Fibres and Textiles*. – 2021. - Volume 28 - № 1 - pp. 75-85.
- 35.Shcherban' V., Korogod G., Chaban V., Kolysko O., Shcherban' Yu., Shchutska G. Computer simulation methods of redundant measurements with the nonlinear transformation function / V. Shcherban', G. Korogod, V. Chaban, O. Kolysko, Yu. Shcherban', G. Shchutska // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. - 2019. - Volume 98. -№2/5. – pp.16-22.
- 36.Первая Н.В., Андреева О.А., Щербань В.Ю. Дослідження технологічних параметрів процесу формування верху взуття / Н.В. Первая, О.А. Андреева, В.Ю. Щербань// Вісник Хмельницького національного університету.- 2020.-№ 1 (281). - С.175-181.
- 37.Shcherban' V., Korogod G., Kolysko O., Kolysko M., Shcherban' Yu., Shchutska G. Computer simulation of multiple measurements of logarithmic transformation function by two approaches / V. Shcherban', G. Korogod, O. Kolysko, M. Kolysko, Yu. Shcherban', G. Shchutska // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. - 2020. - Volume 6. -№4 (108). – pp. 6-13.

- 38.Щербань В.Ю., Колиско О.З., Колиско М.І., Кириченко А.М., Щербань Ю.Ю. Комп'ютерні процедури програмного комплексу для визначення напруженості процесу подачі нитки на круглов'язальних машинах / В.Ю. Щербань, О.З. Колиско, М.І. Колиско, А.М. Кириченко, Ю.Ю. Щербань // Вісник Хмельницького національного університету. – 2022, №1 (305). – С. 256-259.
39. Vasilchenko V.N., Shcherban' V.Yu., Apokin Ts.V. Attachment for holding multilayer fabrics in the clamps of a universal tensile tester/ V.N. Vasilchenko , V.Yu. Shcherban', Ts.V. Apokin // Textile industry. – 1987. - №8. - pp.62.
- 40.Shcherban' V., Makarenko J., Melnyk G., Shcherban' Y., Petko A., Kirichenko A. Effect of the yarn structure on the tension degree when interacting with high-curved guides/ V. Shcherban', J. Makarenko, G. Melnyk, Y. Shcherban', A. Petko, A. Kirichenko // Fibres and Textiles. – 2019. - Volume 26 - № 4 - pp. 59-68.
- 41.Shcherban' V., Makarenko J., Petko A., Melnyk G., Shcherban' Yu., Shchutska G. Computer implementation of a recursion algorithm for determining the tension of a thread on technological equipment based on the derived mathematical dependences / V. Shcherban', J. Makarenko, A. Petko, G. Melnyk, Yu. Shcherban', G. Shchutska // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. - 2020. - volume 104. -№2/1. – pp.41-50.
- 42.Ресурсоощадні технології виробництва текстилю, одягу та взуття: монографія: в 2 т. Т.1/Теоретичні основи та методи розроблення ресурсоощадних технологій та обладнання для виробництва текстилю, одягу та взуття/ В.Ю.Щербань, Б.Ф. Піпа, В.В. Чабан та ін. – К.:КНУТД, 2016. – 373 с.
- 43.Scherban V.Yu. Investigation of the process of duck surf during the formation of multilayer technical fabric / V.Yu. Shcherban // Technology of the textile industry. - 1990. - №4. - P.41-44.
- 44.Ресурсоощадні технології виробництва текстилю, одягу та взуття: монографія: в 2 т. Т.2/Підвищення надійності ресурсоощадних

- виробництв текстилю, одягу і взуття на основі новітніх технологій та системного управління/ В.Ю.Щербань, Б.Ф.Піпа, В.В.Чабан. – К. : КНУТД, 2016. – 214 с.
- 45.Ресурсоощадні технології та обладнання швейної та текстильної промисловості: монографія: в 2 ч. Ч.1/Наукові основи та інженерні методи проектування ресурсоощадних технологій і обладнання швейної та текстильної промисловості/ В.Ю.Щербань, Г.Б.Параска, Б.В.Орловський. – К. : КНУТД, 2015. – 339 с.
- 46.Ресурсоощадні технології та обладнання швейної та текстильної промисловості: монографія: в 2 ч. Ч.2/Шляхи підвищення ефективності швейної та текстильної галузей України на базі новітніх технологій та управління/ В.Ю.Щербань, Г.Б.Параска, Б.В.Орловський. – К.: КНУТД, 2015. – 270 с.
- 47.Прогнозування фізико-механічних властивостей текстильних матеріалів побутового призначення/А.М. Слізков , В.Ю. Щербань ,С.М. Краснитський , О.Б. Демківський. –К.:КНУТД, 2013. – 223 с.
- 48.Щербань В. Ю. Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/В.Ю.Щербань.-К.:КНУТД, 2016. – 184 с.
- 49.Щербань В. Ю. Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/В.Ю. Щербань.-К.: Освіта України, 2017. – 238 с.
- 50.Щербань В.Ю. Алгоритмічні, програмні та математичні компоненти САПР в індустрії моди/ В.Ю.Щербань, О.З. Колиско, М.І. Шолудько, В.Ю. Калашник. – К.: Освіта України, 2017. – 745 с.
51. Прогнозування процесів на основі моделювання часових рядів: навч. Посібник./ П.І. Бідюк, В.Ю.Щербань, Є.О. Демківський, Т.І. Демківська.- К.:КНУТД, 2017.-324 с.
- 52.Щербань В.Ю. Математичні та програмні компоненти САПР технологічних процесів та обладнання текстильної та взуттєвої галузі/ В.Ю.Щербань, О.З. Колиско, М.І. Шолудько, В.Ю. Калашник. – К.: Бумсервіс, 2016. – 588 с.

- 53.Слізков А.М., Щербань В.Ю., Кизимчук О.П. Механічна технологія текстильних матеріалів. Частина II. (Ткацьке, трикотажне та неткане виробництво): підручник / А.М. Слізков, В.Ю.Щербань, О.П. Кизимчук. – К.:КНУТД, 2018. – 276 с.
- 54.Щербань В.Ю. Механіка нитки/В.Ю.Щербань. – К.: Видавництво «Укрбланковидав». – 2018. – 533 с.
<https://ER.KNUTD.EDU.UA/HANDLE/123456789/9517>
- 55.Щербань В. Ю. Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/ В.Ю. Щербань.-К.: Освіта України, 2018. – 257 с.
- 56.Щербань В.Ю. Використання рекурсивного підходу для визначення натягу ниток в робочій зоні технологічного обладнання/В.Ю.Щербань, Н.І.Мурза, А.М. Кириченко, Г.В. Мельник, М.І.Шолудько//Вісник ХНУ.- 2018.-№ 3(261). - С.7-11.
- 57.Щербань В.Ю. Взаємодія текстильних ниток з напрямними великої кривини у випадку наявності радіального охоплення/В.Ю.Щербань, Н.І.Мурза, А.М. Кириченко, Г.В. Мельник, М.І.Шолудько// Вісник Хмельницького національного університету.- 2018.-№ 2 (259). - С.12-16.
- 58.Щербань В.Ю. Удосконалення системи подачі ниток на основі оптимізації пружної системи заправки круглов'язальних машин/В.Ю.Щербань, Г.В. Мельник, Н.І. Мурза, А.М. Кириченко, М.І. Шолудько // Вісник Хмельницького національного університету.- 2018.-№ 4 (263). - С.11-16.
- 59.Щербань В.Ю. Структура комп'ютерної програми реалізації алгоритму рекурсії для визначення технологічних зусиль/В.Ю. Щербань, А.К. Петко, О.З. Колиско, Ю.Ю. Щербань, М.І. Шолудько// Вісник Хмельницького національного університету.- 2020.-№ 1 (281). - С.249-253.
- 60.Щербань В.Ю. Програмні модулі комп'ютерної програми реалізації алгоритму рекурсії для випадку змінного вхідного натягу/ В.Ю.Щербань, А.К. Петко, О.З. Колиско, Ю.Ю.Щербань, М.І. Шолудько// Вісник

Хмельницького національного університету.- 2020.-№ 2 (283). - С.213-218.

- 61.Щербань В.Ю., Петко А.К., Колиско О.З., Щербань Ю.Ю., Шолудько М.І. Комп'ютерна реалізація алгоритму рекурсії для випадку змінного діаметру сировини / В.Ю.Щербань, А.К. Петко, О.З. Колиско, Ю.Ю.Щербань, М.І. Шолудько // Вісник Хмельницького національного університету.- 2020, № 3(285). – С.263-267.
- 62.Щербань В.Ю., Колиско О.З., Щербань Ю.Ю., Шолудько М.І., Мельник Г.В. Алгоритмічні та програмні компоненти при комп'ютерному визначенні натягу для шайбового натягувача з використанням рекурсії / В.Ю.Щербань, О.З. Колиско, Ю.Ю.Щербань, М.І. Шолудько, Г.В. Мельник // Вісник Хмельницького національного університету. Том 1.- 2020, № 4(287).– С.252-256.

