

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Факультет мехатроніки та комп'ютерних технологій

Кафедра комп'ютерних наук

ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему

**Алгоритмічні та програмні компоненти системи керування натягу ниток в
подовжньому напрямку**

Виконав: студент групи МГЗІТ-21
спеціальності
122 - Комп'ютерні науки

Владислав АНДРІЄВСЬКИЙ

Науковий керівник д.т.н., проф. Володимир ЩЕРБАНЬ

Рецензент д. ф.-м. н., проф. Сергій КРАСНИТСЬКИЙ

Київ 2022

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАТРОНИКИ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК
Спеціальність 122 Комп'ютерні науки
Освітня програма Комп'ютерні науки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри комп'ютерних наук

_____ Володимир Щербань
“ ” листопада 2022 року

ЗАВДАННЯ

на дипломну магістерську роботу студенту

Андрієвському Владиславу Євгеновичу

- 1. Тема роботи** Алгоритмічні та програмні компоненти системи керування натягу ниток в подовжньому напрямку
Науковий керівник роботи Щербань Володимир Юрійович, д.т.н., професор, затверджені наказом закладу вищої освіти від 28. 09. 2022 року № 180 - уч.
- 2. Строк подання студентом роботи** 01.11.2022р.
- 3. Вихідні дані до роботи** Розробка кафедри комп'ютерних наук.
- 4. Зміст дипломної роботи** (перелік питань, які потрібно розробити):
Розділ 1(математичне забезпечення); Розділ 2(алгоритмічне забезпечення);
Розділ 3(програмне забезпечення); презентація дипломної магістерської роботи з основними результатами дослідження (в роздрукованому вигляді представлена у додатках).

5. Консультанти розділів дипломної магістерської роботи.

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|----------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Вступ | Володимир ЩЕРБАНЬ, д.т.н., проф. | | |
| Розділ1 | Володимир ЩЕРБАНЬ, д.т.н., проф. | | |
| Розділ 2 | Володимир ЩЕРБАНЬ, д.т.н., проф. | | |
| Розділ3 | Володимир ЩЕРБАНЬ, д.т.н., проф. | | |
| Висновки | Володимир ЩЕРБАНЬ, д.т.н., проф. | | |

6. Дата видачі завдання 09.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН.

| № з/п | Назва етапів дипломної магістерської роботи | Терміни виконання етапів | Примітка про виконання |
|-------|---|--------------------------|------------------------|
| 1 | Вступ | 01.10.2022 р. | |
| 2 | Розділ 1. Математичне забезпечення. Система керування натягу ниток в подовжньому напрямку. | 10.10.2022 р. | |
| 3 | Розділ 2. Алгоритмічне забезпечення. Алгоритми системи керування натягу ниток в подовжньому напрямку. | 15.10.2022 р. | |
| 4 | Розділ 3. Програмне забезпечення. Система керування натягу ниток в подовжньому напрямку. | 20.10.2022 р. | |
| 5 | Висновки | 25.10.2022 р. | |
| 6 | Оформлення дипломної магістерської роботи (чистовий варіант) | 30.10.2022 р. | |
| 7 | Здача дипломної магістерської роботи на кафедру для рецензування (за 14 днів до захисту) | 01.11.2022 р. | |
| 8 | Перевірка дипломної магістерської роботи на наявність ознак плагіату (за 10 днів до захисту) | 04.11.2022 р. | |
| 9 | Подання дипломної магістерської роботи на затвердження завідувачу кафедри (з 7 днів до захисту) | 07.11.2022 р. | |

Студент _____ Владислав АНДРІЄВСЬКИЙ
 Науковий керівник роботи _____ Володимир ЩЕРБАНЬ
 Директор НМЦУПФ _____ Олена ГРИГОРЕВСЬКА

АНОТАЦІЯ

Андрієвський В. Є. Алгоритмічні та програмні компоненти системи керування натягу ниток в подовжньому напрямку. – Рукопис.

Дипломна магістерська робота за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки». – Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, 2022 рік.

Дипломну магістерську роботу присвячено дослідженню теоретичних задач та обґрунтуванню практичних напрямів удосконалення системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток на основі розробки математичних та програмних компонентів САПР.

Запропоновано основні напрями удосконалення контролера TCSM натягу ниток в подовжньому напрямку з фрикційною дисковою муфтою машин для транспортування основи при наявності коливання натягу на основі розробки математичних та програмних компонентів САПР з урахуванням коефіцієнту тертя дисків фрикціона, відносної швидкості ковзання, функції швидкості подачі і деформації основи, кутової швидкості валу фрикціона, приведеного радіусу фрикційних дисків, числа пар поверхонь тертя, кутового прискорення навою, прискорення деформації основи, діаметру навою, натягу основи, жорсткості основи в зоні навивки, сили притиснення дисків фрикціона. Результати дипломної магістерської роботи можна використовувати для зниження амплітуди автоколивань натягу основи при використанні контролера TCSM системи керування на машинах для транспортування основи в подовжньому напрямку за рахунок використання контролера натягу, зменшення моменту інерції навою і сполучених з ним деталей приводу, збільшення жорсткості основи в зоні навивки, що дозволить зменшити обриви ниток основи в робочій зоні машин для транспортування основи в подовжньому напрямку, підвищити їх продуктивність, заощадити електроенергію та підвищити якість процесу формування ткацького навою.

Ключові слова: машини для транспортування основи в подовжньому напрямку, натяг ниток основи, швидкість та прискорення деформації ниток, коефіцієнт тертя дисків фрикціона.

ANNOTATION

Andrievsky V. E. Algorithmic and software components of the thread tension control system in the longitudinal direction. - Manuscript.

Master's thesis in specialty 122 - "Computer science". - Kyiv National University of Technology and Design, Kyiv, 2022.

The master's thesis is devoted to the study of theoretical problems and the justification of practical directions for the improvement of the control system of the TCSM controller of thread tension in the longitudinal direction of machines for

transporting the base in the longitudinal direction on the basis of the development of mathematical and software components of CAD.

The main areas of improvement of the TCSM controller of thread tension in the longitudinal direction with a friction disk clutch of machines for transporting the base in the presence of tension fluctuations are proposed on the basis of the development of mathematical and software components of CAD, taking into account the coefficient of friction of the friction discs, the relative sliding speed, the function of the feed rate and deformation of the base, the angular speed of the friction shaft, the reduced radius of the friction discs, the number of pairs of friction surfaces, the angular acceleration of the nave, the acceleration of the base deformation, the nave diameter, the tension of the base, the stiffness of the base in the winding zone, the pressure force of the friction discs. The results of the master's thesis can be used to reduce the amplitude of self-oscillations of the warp tension when using the TCSM controller of the control system on machines for transporting the warp in the longitudinal direction due to the use of the tension controller, reducing the moment of inertia of the nave and drive parts connected to it, increasing the rigidity of the warp in the winding zone, which will allow to reduce breakage of warp threads in the working area of machines for transporting the warp in the longitudinal direction, increase their productivity, save electricity and improve the quality of the process of forming the weaving nave.

Keywords: machines for transporting the base in the longitudinal direction, the tension of the base threads, the speed and acceleration of the deformation of the threads, the coefficient of friction of the friction disks.

ЗМІСТ

| | |
|--|-----|
| Вступ | 7. |
| Розділ 1. Математичне забезпечення. | 10. |
| 1.1. Система керування натягу ниток в подовжньому напрямку | 10. |
| Висновки по 1 розділу | 21. |
| Розділ 2. Алгоритмічне забезпечення. | 22. |
| 2.1. Алгоритми системи керування натягу ниток в подовжньому напрямку | 22. |
| 2.2. Алгоритм розв'язання диференційних рівнянь при аналізі системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток | 25. |
| 2.3. Варіанти 1 та 2. Результати розрахунків значення параметрів системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток | 34. |
| 2.4. Варіанти 3 та 4. Результати розрахунків значення параметрів системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток | 37. |
| Висновки по 2 розділу | 41. |
| Розділ 3. Програмне забезпечення. | 43. |
| 3.1. Система керування натягу ниток в подовжньому напрямку | 43. |
| Висновки по 3 розділу | 56. |
| Висновки | 57. |
| Список використаних джерел | 59. |
| Додаток 1 | 68. |
| Додаток 2 | 69. |
| Додаток 3 | 72. |

ВСТУП

Актуальність теми. Рішення задач, що стоять перед текстильною і легкою промисловістю по збільшенню випуску тканин на основі росту продуктивності технологічного обладнання з використанням системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток, сучасних технологій САПР механічних комплексів з контролером TCSM натягу основи, що базуються на останніх досягненнях науки, має важливе економічне і технічне значення. Досвід ведучих галузей промисловості свідчить, що найбільш прогресивною та перспективною основою процесу проектування системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток, а також управління якістю є створення та впровадження в практику об'єктне орієнтованих системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток, загальними цілями яких є зниження амплітуди автоколивань натягу основи за рахунок використання контролера натягу, зменшення моменту інерції навою і сполучених з ним деталей приводу, збільшення жорсткості основи в зоні навивки, що дозволить зменшити обриви ниток основи в робочій зоні машин для транспортування основи в подовжньому напрямку.

Мета дослідження. Удосконалення системи керування натягу ниток в подовжньому напрямку.

Завдання дослідження. Розробити відповідні математичні моделі системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток, алгоритм для їх реалізації на ЕОМ, програмне забезпечення для реалізації розробленого алгоритму.

Об'єкт дослідження. Технологічні процеси підготовчого виробництва.

Предмет дослідження. Системи керування натягу ниток в подовжньому напрямку.

Методи дослідження. Теоретичною основою при вирішенні науково-технічної проблеми по удосконаленню системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток на основі розробки математичних та програмних компонентів САПР є праці провідних вчених в галузях технології текстильного та трикотажного виробництв, текстильного матеріалознавства, механіки нитки, теорії пружності, математичного моделювання. У теоретичних дослідженнях використано методи інтегрального та диференційного числення, теоретичної механіки, теорії механізмів та машин, опору матеріалів.

Практична цінність. Запропоновано основні напрями удосконалення контролера TCSM натягу ниток в подовжньому напрямку з фрикційною дисковою муфтою машин для транспортування основи при наявності коливання натягу на основі розробки математичних та програмних компонентів САПР з урахуванням коефіцієнту тертя дисків фрикціона, відносної швидкості ковзання, функції швидкості подачі і деформації основи, кутової швидкості валу фрикціона, приведенного радіусу фрикційних дисків, числа пар поверхонь тертя, кутового прискорення навою, прискорення деформації основи, діаметру навою, натягу основи, жорсткості основи в зоні навивки, сили притиснення дисків фрикціона для реалізації мети дипломної магістерської роботи за спеціальністю 122 - Комп'ютерні науки.

Елементи наукової новизни. Мають узагальнюючий характер і містять власні висновки та рекомендації по удосконаленню системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток на основі розробки математичних та програмних компонентів САПР.

Практична значущість роботи. Результати дипломної магістерської роботи можна використовувати для зменшення обривів ниток основи в робочій зоні машин для транспортування основи в подовжньому напрямку, підвищення їх продуктивність, заощадження електроенергії та

підвищення якості процесу формування ткацького навою, розроблений пакет прикладного програмного забезпечення може використовуватися у відповідних проектно-конструкторських організаціях, які займаються вирішенням аналогічних та суміжних проблем.

Апробація результатів роботи. За результатами дипломної магістерської роботи отримана 1 публікація.

Питання пов'язані з розробкою алгоритмічних та програмних компонентів САПР системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток є дуже важливою задачею, яка стоїть перед текстильною промисловістю. Вирішення проблеми розробки алгоритмічних та програмних компонентів САПР системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток дозволить зменшити обриви ниток основи в робочій зоні машин для транспортування основи в подовжньому напрямку, підвищити їх продуктивність, заощадити електроенергію та підвищити якість процесу формування ткацького навою. Результати дипломної магістерської роботи можна використовувати для зниження амплітуди автоколивань натягу основи на шліхтувальних машинах за рахунок зниження амплітуди автоколивань натягу основи при використанні контролера TCSM системи керування на машинах для транспортування основи в подовжньому напрямку за рахунок використання контролера натягу, зменшення моменту інерції навою і сполучених з ним деталей приводу, збільшення жорсткості основи в зоні навивки, що дозволить зменшити обриви ниток основи в робочій зоні машин для транспортування основи в подовжньому напрямку, підвищити їх продуктивність, заощадити електроенергію та підвищити якість процесу формування ткацького навою.

РОЗДІЛ 1. МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.

1.1. Система керування натягу ниток в подовжньому напрямку.

У системах керування коливаннями натягу основи на машинах для транспортування ниток в подовжньому напрямку навивка основи на навій здійснюється через фрикційну дискову муфту. Схема такої системи керування коливаннями натягу основи на машинах для транспортування ниток в подовжньому напрямку представлена на рис. 1.1. Момент від провідного диска 1 фрикційної муфти силами тертя передається веденому диску 2. Сила притиснута дисків Q визначає момент, що крутить, необхідний для створення певної сили P натягнення основи, постійність якої при навивки на навій 3 є одним з основних вимог системи керування коливаннями натягу основи на машинах для транспортування ниток в подовжньому напрямку.

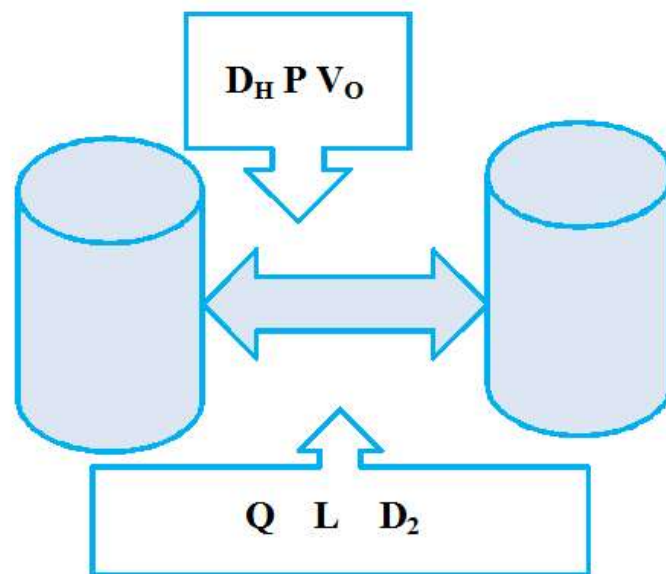


Рис.1.1. Схема приводу намотування текстильних матеріалів з фрикційною дисковою муфтою

Результати розрахунку системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток.

S2: 0,1260; 0,1260; 0,1259; 0,1258; 0,1257; 0,1255; 0,1253;
 0,1251; 0,1248; 0,1244; 0,1241; 0,1237; 0,1232; 0,1228; 0,1223;
 0,1217; 0,1211; 0,1205; 0,1198; 0,1191; 0,1184; 0,1176; 0,1168;

0,1160; 0,1151; 0,1142; 0,1132; 0,1123; 0,1113; 0,1102; 0,1091;
 0,1080; 0,1069; 0,1057; 0,1045; 0,1032; 0,1019; 0,1006; 0,0993;
 0,0979; 0,0965; 0,0951; 0,0936; 0,0922; 0,0906; 0,0891; 0,0875;
 0,0859; 0,0843; 0,0827; 0,0810; 0,0793; 0,0776; 0,0758; 0,0741;
 0,0723; 0,0705; 0,0686; 0,0668; 0,0649; 0,0630.

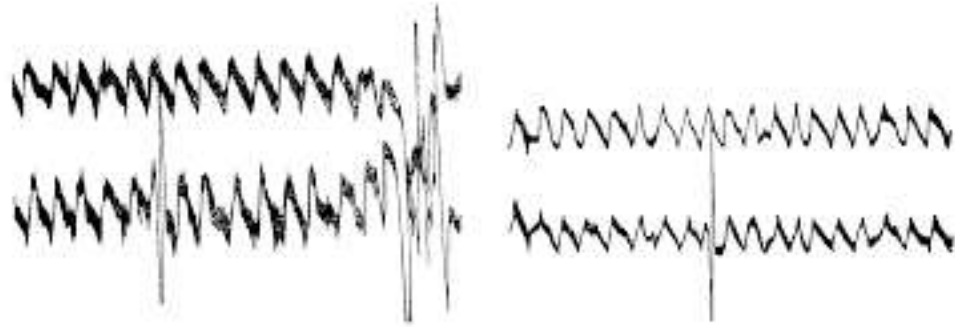


Рис.1.2. Приклад запису коливань натягнення ниток основи системи керування коливаннями натягу основи на машинах для транспортування ниток в подовжньому напрямку

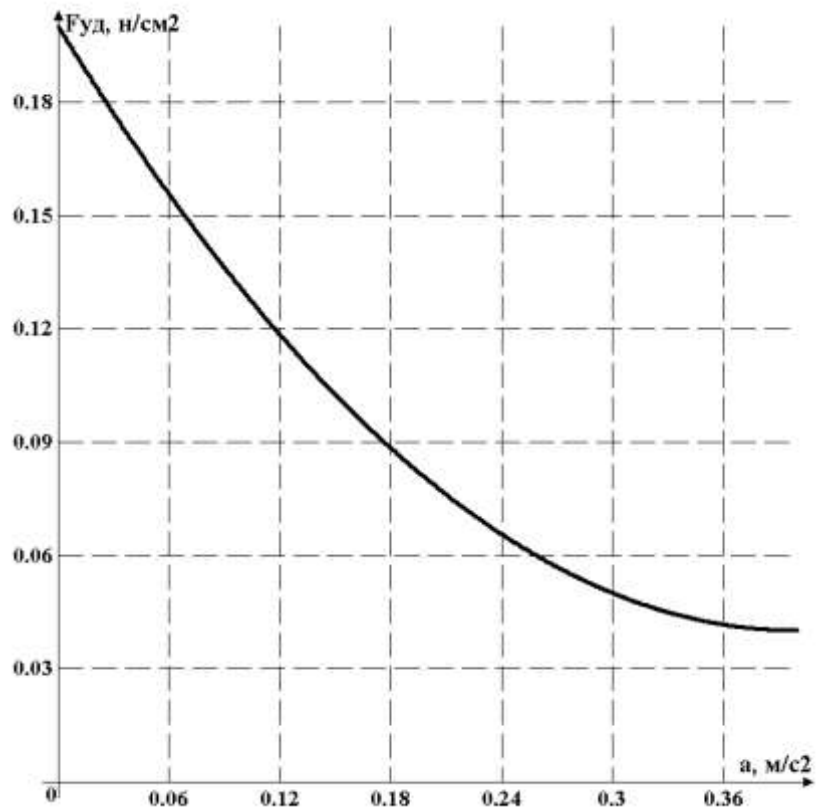


Рис.1.3. Крива залежності питомої сили тертя фрикційної муфти приводу системи керування коливаннями натягу основи на машинах для

транспортування ниток в подовжньому напрямку від швидкості ковзання

Результати розрахунку системи керування контролером TCSM.

F2: 0,0000; 0,0022; 0,0044; 0,0066; 0,0088; 0,0110; 0,0132;
 0,0154; 0,0175; 0,0197; 0,0219; 0,0240; 0,0262; 0,0283; 0,0305;
 0,0326; 0,0347; 0,0368; 0,0389; 0,0410; 0,0431; 0,0452; 0,0472;
 0,0492; 0,0512; 0,0532; 0,0552; 0,0572; 0,0592; 0,0611; 0,0630;
 0,0649; 0,0668; 0,0686; 0,0705; 0,0723; 0,0741; 0,0758; 0,0776;
 0,0793; 0,0810; 0,0827; 0,0843; 0,0859; 0,0875; 0,0891; 0,0906;
 0,0922; 0,0936; 0,0951; 0,0965; 0,0979; 0,0993; 0,1006; 0,1019;
 0,1032; 0,1045; 0,1057; 0,1069; 0,1080; 0,1091.

Експериментальні дослідження роботи дискової фрикційної муфти, проведені авторами системи керування коливаннями натягу основи на шліхтувальних машинах, що діють, дозволили виявити коливання натягнення нитки основи при навивки на навої (рис. 1.2), причому стійкі коливання виникали при швидкостях ковзання фрикційної пари 0,003—0,2 м/секунд.

Результати розрахунку системи керування контролером TCSM натягу основи.

F7: -0,0248; -0,0247; -0,0247; -0,0247; -0,0248; -0,0248; -0,0249; -
 0,0251; -0,0252; -0,0254; -0,0257; -0,0259; -0,0262; -0,0266; -0,0269; -
 0,0273; -0,0278; -0,0282; -0,0287; -0,0293; -0,0298; -0,0305; -0,0311; -
 0,0318; -0,0325; -0,0332; -0,0340; -0,0349; -0,0357; -0,0366; -0,0376; -
 0,0385; -0,0396; -0,0406; -0,0417; -0,0428; -0,0440; -0,0452; -0,0465; -
 0,0478; -0,0491; -0,0505; -0,0519; -0,0534; -0,0549; -0,0564; -0,0580; -
 0,0596; -0,0613; -0,0630; -0,0647; -0,0665; -0,0683; -0,0701; -0,0720; -
 0,0740; -0,0759; -0,0779; -0,0799; -0,0820; -0,0841.

При великих швидкостях ковзання коливань натягнення основи не спостерігалось. Таке положення легко пояснюється теорією автоколивань, згідно якої стійкі коливання виникають лише за умови, коли із збільшенням швидкості ковзання коефіцієнт тертя зменшується. Отримана авторами

експериментально залежність питомої сили тертя (при постійному питомому тиску) від швидкості ковзання для фрикціонів системи керування коливаннями натягу основи на шліхтувальних машинах(рис.1.3) дійсно має спадаючу гілку, в області швидкостей ковзання до 0,2 м/секунд і що зростає при її збільшенні. Рівняння руху системи (рис. 1.1) має вигляд

$$Q\mu R_{np}n = j\ddot{\varphi} + P\frac{D_H}{2}, \quad (1.1)$$

де $\mu = F(v_C)$ - коефіцієнт тертя дисків фрикціона, залежний від швидкості ковзання;

$v_C = R_{np}(w_B - \frac{v_0 + \dot{x}}{R_H})$ - відносна швидкість ковзання дисків фрикціона у

функції від швидкості подачі і деформації основи;

w_B - кутова швидкість провідного валу фрикціона;

$\dot{x} = v_0\varepsilon(t)$ - швидкість деформації основи;

$\varepsilon(t)$ - деформація у функції часу, залежна від натягнення основи, зв'язаного, у свою чергу, з коефіцієнтом тертя, не постійним в часі;

$R_{np} = \frac{1}{3} \frac{D_1^3 - D_2^3}{D_1^2 - D_2^2}$ - приведений радіус фрикційних дисків;

n - число пар поверхонь тертя;

j - момент інерції навою і ведених дисків;

$\ddot{\varphi} = \frac{2\ddot{x}}{D_H}$ - кутове прискорення навою, що виникає при зміні деформації

основи;

\ddot{x} - прискорення деформації основи;

D_H - діаметр навою;

$P = kx$ - натягнення основи;

x - деформація основи, що знаходиться в зоні навивки (у одиницях довжини);

k - жорсткість основи, що знаходиться в зоні навивки;

Q - сила притиснення дисків фрикціона.

Результати розрахунку системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток.

F11: -2,1078; -2,1560; -2,2043; -2,2527; -2,3010; -2,3494; -2,3977; -
2,4461; -2,4945; -2,5428; -2,5912; -2,6395; -2,6877; -2,7360; -2,7841; -
2,8322; -2,8803; -2,9282; -2,9760; -3,0237; -3,0712; -3,1186; -3,1658; -
3,2128; -3,2595; -3,3060; -3,3522; -3,3981; -3,4436; -3,4888; -3,5335; -
3,5777; -3,6215; -3,6647; -3,7072; -3,7492; -3,7904; -3,8309; -3,8706; -
3,9094; -3,9472; -3,9840; -4,0198; -4,0544; -4,0878; -4,1199; -4,1507; -
4,1800; -4,2078; -4,2340; -4,2586; -4,2814; -4,3024; -4,3216; -4,3388; -
4,3540; -4,3671; -4,3782; -4,3871; -4,3938; -4,3983.

Необхідно відзначити, що визначаючи $\ddot{\phi}$, ми не враховуємо кутове прискорення, що виникає за рахунок зміни діаметру навою, оскільки розглядається короткий, в сенсі зміни діаметру навою, проміжок часу.

Жорсткість основи приймається постійною в межах навантажень, що мають місце при навивці основи на навої. За наявними даними графік «подовження - навантаження» для віскозних ниток має пряму ділянку в межах зміни навантаження від 0 до 0,9 Н/нитку. У наших дослідях оптимальне натягнення не перевищувало 0,65 Н/нитку.

Аналітично залежність коефіцієнта тертя від швидкості $F(v_C)$ для будь-якої фрикційної пари можна виразити в області v_0 многочленом відносно \dot{x}

$$\mu = F(v_C) = E + Av_C + Bv_C^2 + Cv_C^3, \quad (1.2)$$

де E, A, B, C - постійні коефіцієнти.

Результати розрахунку системи керування контролером TCSM.

F13: -4,5660; -4,5571; -4,5475; -4,5373; -4,5267; -4,5157; -4,5044; -
4,4931; -4,4817; -4,4703; -4,4592; -4,4483; -4,4378; -4,4278; -4,4183; -
4,4095; -4,4013; -4,3939; -4,3874; -4,3818; -4,3772; -4,3736; -4,3712; -
4,3698; -4,3696; -4,3707; -4,3730; -4,3765; -4,3814; -4,3877; -4,3953; -
4,4042; -4,4146; -4,4264; -4,4396; -4,4543; -4,4704; -4,4879; -4,5070; -

4,5275; -4,5496; -4,5731; -4,5982; -4,6247; -4,6528; -4,6825; -4,7136; -
4,7463; -4,7804; -4,8160; -4,8529; -4,8912; -4,9307; -4,9713; -5,0128; -
5,0552; -5,0981; -5,1413; -5,1845; -5,2275; -5,2699.

Розкривши значення величин, що входять в рівняння (1.2), і, виконавши елементарні перетворення, приводимо його до вигляду

$$\ddot{z} + \alpha\dot{z} + \beta z^2 + \gamma z^3 + w^2 z = 0, \quad (1.3)$$

де α, β, γ - постійні;

$$w = \sqrt{\frac{kD_H^2}{4j}} \quad (1.4) \quad \text{- частота коливань навою;}$$

$z = x - x_0$ - відхилення деформації основи від статичної при автоколиваннях.

Тоді z_{\max} рівно амплітуді автоколивань.

Результати розрахунку системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток.

F14: -4,2252; -4,0997; -3,9716; -3,8412; -3,7084; -3,5734; -3,4362; -
3,2971; -3,1560; -3,0131; -2,8685; -2,7223; -2,5746; -2,4255; -2,2751; -
2,1235; -1,9708; -1,8172; -1,6626; -1,5073; -1,3514; -1,1949; -1,0379; -
0,8806; -0,7230; -0,5652; -0,4074; -0,2497; -0,0921; 0,0653; 0,2223;
0,3789; 0,5349; 0,6903; 0,8449; 0,9987; 1,1515; 1,3032; 1,4538;
1,6030; 1,7509; 1,8972; 2,0419; 2,1848; 2,3258; 2,4649; 2,6019;
2,7366; 2,8690; 2,9990; 3,1265; 3,2515; 3,3737; 3,4932; 3,6100;
3,7240; 3,8352; 3,9436; 4,0493; 4,1523; 4,2527.

Нелінійне диференціальне рівняння другого порядку має рішення, виконане в роботі виходячи з припущення, що $z = Y(t)\cos wt$, де величину $Y(t)$ при зміні на декілька періодів можна вважати практично постійною і, отже, $z_{\max} = Y$.

При $t \rightarrow \infty$ и $\alpha > 0$ отримуємо

$$Y = \frac{2}{w} \sqrt{-\frac{\alpha}{3\gamma}}. \quad (1.5)$$

Це i є амплітуда сталих автоколивань деформації основи при навивці на навий.

Загальне максимальне натягнення основи $P = (x_0 + Y)k$. Розкриваючи значення величин, що входять в рівняння (1.5), отримаємо

$$Y = \frac{4}{D_{np}} \sqrt{-\frac{j(A + 2Ba + 3Ca^2)}{3Ck}}, \quad (1.6)$$

де a - швидкість ковзання, визначувана без урахування деформації основи;

$$a = R_{np} w_B - \frac{R_{np}}{R} v_0. \quad (1.7)$$

Величина амплітуди коливань натягнення основи визначається рівнянням

$$\Delta P = Yk. \quad (1.8)$$

Результати розрахунку системи керування контролером TCSM.

F15: 0,0000; -0,0106; -0,0211; -0,0317; -0,0422; -0,0527; -0,0632; -0,0737; -0,0842; -0,0946; -0,1050; -0,1154; -0,1257; -0,1361; -0,1463; -0,1565; -0,1667; -0,1768; -0,1869; -0,1969; -0,2069; -0,2167; -0,2266; -0,2363; -0,2460; -0,2556; -0,2651; -0,2746; -0,2839; -0,2932; -0,3024; -0,3115; -0,3205; -0,3294; -0,3382; -0,3469; -0,3555; -0,3640; -0,3724; -0,3806; -0,3888; -0,3968; -0,4047; -0,4125; -0,4201; -0,4277; -0,4351; -0,4423; -0,4495; -0,4564; -0,4633; -0,4700; -0,4766; -0,4830; -0,4893; -0,4954; -0,5014; -0,5072; -0,5129; -0,5184; -0,5238.

Приведемо приклад розрахунку амплітуди коливань натягнення основи за початковими даними досвіду, представленого осцилограмою на рис. 1.2. Початкові дані: число ниток в основі $N = 8100$; товщина нитки - 13 текс, довжина навою - 1,48 м; діаметр навою $D_H = 0,38$ м; приведений діаметр дисків фрикціона $D_{np} = 0,33$ м; кутова швидкість провідного валу фрикціона $\omega_B = 1,16$ радіан / секунду; довжина основи в зоні навивки $L = 2,5$ м.

Аналітична залежність коефіцієнта тертя від швидкості ковзання (1.2) має

той же вигляд, що і залежність питомої сили тертя від швидкості ковзання при постійному питомому тиску q

$$F_{y\partial} = E' + A'v_C + B'v_C^2 + C'v_C^3,$$

де $E = \frac{E'}{q}$, $A = \frac{A'}{q}$, $B = \frac{B'}{q}$, $C = \frac{C'}{q}$.

Після підстановки значень A , B і C в рівняння (1.6), з обліком (1.4), отримаємо

$$Y = \frac{2}{w} \sqrt{\frac{A' + 2B'a + 3C'a^2}{3C' \left(\frac{D_{np}}{D_n}\right)^2}}.$$

Результати розрахунку системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток.

F16: 0,6048; 0,6047; 0,6044; 0,6040; 0,6033; 0,6025; 0,6015;
 0,6003; 0,5989; 0,5974; 0,5956; 0,5937; 0,5916; 0,5893; 0,5868;
 0,5842; 0,5814; 0,5784; 0,5752; 0,5718; 0,5683; 0,5646; 0,5608;
 0,5567; 0,5525; 0,5481; 0,5436; 0,5389; 0,5340; 0,5290; 0,5238;
 0,5184; 0,5129; 0,5072; 0,5014; 0,4954; 0,4893; 0,4830; 0,4766;
 0,4700; 0,4633; 0,4564; 0,4495; 0,4423; 0,4351; 0,4277; 0,4201;
 0,4125; 0,4047; 0,3968; 0,3888; 0,3806; 0,3724; 0,3640; 0,3555;
 0,3469; 0,3382; 0,3294; 0,3205; 0,3115; 0,3024.

Експериментальні дані (рис. 1.3), оброблені методом найменших квадратів дозволили встановити, наступну залежність питомої сили тертя системи керування коливаннями натягу основи на машинах для транспортування ниток в подовжньому напрямку від швидкості ковзання в області швидкостей ковзання від 0 до 0,2 м/секунд

$$F_{y\partial} = 0.18 - 0.22a + 2.7a^3.$$

Результати розрахунку системи керування контролером TCSM.

F17: 0,0349; 0,0512; 0,0677; 0,0844; 0,1012; 0,1182; 0,1353;
 0,1525; 0,1699; 0,1873; 0,2049; 0,2225; 0,2402; 0,2580; 0,2759;

0,2937; 0,3116; 0,3295; 0,3474; 0,3653; 0,3832; 0,4009; 0,4187;
 0,4363; 0,4539; 0,4713; 0,4886; 0,5057; 0,5226; 0,5393; 0,5559;
 0,5721; 0,5881; 0,6038; 0,6192; 0,6343; 0,6490; 0,6632; 0,6771;
 0,6905; 0,7035; 0,7159; 0,7279; 0,7393; 0,7500; 0,7602; 0,7698;
 0,7787; 0,7869; 0,7944; 0,8012; 0,8072; 0,8124; 0,8169; 0,8205;
 0,8234; 0,8254; 0,8266; 0,8269; 0,8264; 0,8251.

Таким чином, $A' = 0,22$; $C' = 2,7$; $B' = 0$.

Частота автоколивань по рівнянню (1.4) $\omega = 31$ рад. Згідно рівнянню (1.6) $Y = 0,52$ см.

Результати розрахунку системи керування контролером TCSM.

F29: 0,0000; -0,7053; -0,6857; -0,6665; -0,6477; -0,6293; -0,6115; -
 0,5941; -0,5772; -0,5609; -0,5452; -0,5300; -0,5155; -0,5016; -0,4884; -
 0,4758; -0,4639; -0,4527; -0,4422; -0,4323; -0,4232; -0,4147; -0,4069; -
 0,3998; -0,3933; -0,3875; -0,3822; -0,3776; -0,3734; -0,3698; -0,3667; -
 0,3640; -0,3618; -0,3598; -0,3581; -0,3567; -0,3555; -0,3543; -0,3532; -
 0,3520; -0,3507; -0,3493; -0,3476; -0,3455; -0,3430; -0,3400; -0,3364; -
 0,3322; -0,3271; -0,3213; -0,3145; -0,3067; -0,2979; -0,2879; -0,2766; -
 0,2641; -0,2503; -0,2351; -0,2184; -0,2003; -0,1806.

Амплітуда коливань натягнення одиничної нитки по рівнянню (1.8) буде

$$\Delta P = Y \frac{k}{N} = 0,1 \text{ н/нитку.}$$

Згідно осцилограмі рис. 1.2 експериментально набуті значень: $\Delta P = 0,115$ н/нитку и $\omega = 34$ рад.

Таким чином, аналітичні залежності, знайдені в роботі, справедливі і дають значення визначуваних величин, близькі до експериментальних.

Експериментальні дослідження натягнення ниток основи (рис. 1.2) проводилися на спеціальному пристосуванні (рис.1.4).

Результати розрахунку системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток.

F28: 0,8195; 0,7937; 0,7668; 0,7387; 0,7094; 0,6790; 0,6474;

0,6147; 0,5809; 0,5459; 0,5099; 0,4727; 0,4344; 0,3951; 0,3547;
 0,3133; 0,2708; 0,2274; 0,1830; 0,1376; 0,0913; 0,0441; -0,0040; -
 0,0530; -0,1028; -0,1533; -0,2046; -0,2567; -0,3094; -0,3627; -0,4167; -
 0,4711; -0,5261; -0,5815; -0,6372; -0,6933; -0,7496; -0,8061; -0,8627; -
 0,9193; -0,9758; -1,0322; -1,0884; -1,1442; -1,1996; -1,2544; -1,3086; -
 1,3620; -1,4146; -1,4662; -1,5167; -1,5661; -1,6141; -1,6606; -1,7057; -
 1,7491; -1,7908; -1,8307; -1,8687; -1,9047; -1,9387.

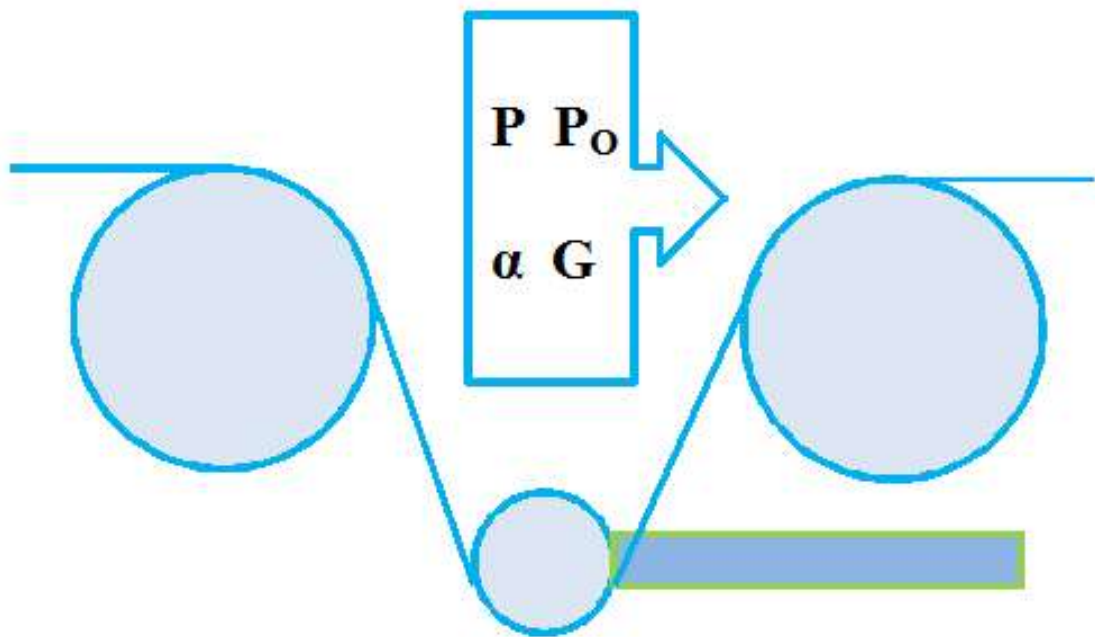


Рис.1.4. Пристосування для вимірювання натягнення нитки

Результати розрахунку системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток.

F3: 3,1965; 3,2041; 3,2117; 3,2192; 3,2266; 3,2340; 3,2413;
 3,2485; 3,2556; 3,2626; 3,2696; 3,2764; 3,2831; 3,2898; 3,2963;
 3,3027; 3,3090; 3,3151; 3,3212; 3,3271; 3,3328; 3,3384; 3,3439;
 3,3492; 3,3544; 3,3593; 3,3641; 3,3687; 3,3732; 3,3774; 3,3814;
 3,3852; 3,3888; 3,3922; 3,3953; 3,3982; 3,4008; 3,4032; 3,4054;
 3,4072; 3,4088; 3,4101; 3,4111; 3,4117; 3,4121; 3,4122; 3,4119;
 3,4113; 3,4103; 3,4091; 3,4074; 3,4054; 3,4030; 3,4003; 3,3972;
 3,3937; 3,3898; 3,3855; 3,3809; 3,3759; 3,3704.

Вимірювальним елементом пристосування є сталева балка 1, на яку

наклеєні тензометричні датчики 2. Сигнал від тензометричних датчиків записувався на плівці осцилографа Н-102.

Експериментальним дослідженням встановлено, що амплітуда автоколивань натягнення ниток основи істотно залежить від їх товщини. Її максимальні значення досягали 0,25 н/нить (для нитки 22 текс), складаючи до 60% від встановленого середнього натягнення 0,4 н/нить.

Результати розрахунку системи керування контролером TCSM.

F30: 0,0000; -0,7053; -0,6857; -0,6665; -0,6477; -0,6293; -0,6115; -0,5941; -0,5772; -0,5609; -0,5452; -0,5300; -0,5155; -0,5016; -0,4884; -0,4758; -0,4639; -0,4527; -0,4422; -0,4323; -0,4232; -0,4147; -0,4069; -0,3998; -0,3933; -0,3875; -0,3822; -0,3776; -0,3734; -0,3698; -0,3667; -0,3640; -0,3618; -0,3598; -0,3581; -0,3567; -0,3555; -0,3543; -0,3532; -0,3520; -0,3507; -0,3493; -0,3476; -0,3455; -0,3430; -0,3400; -0,3364; -0,3322; -0,3271; -0,3213; -0,3145; -0,3067; -0,2979; -0,2879; -0,2766; -0,2641; -0,2503; -0,2351; -0,2184; -0,2003; -0,1806.

В результаті автоколивань навою натягнення змінювалося в межах 0,15 - 0,65 н/нить. Такі значні коливання в зоні навивки основи на навої приводять до руйнування плівки шліхти, оскільки характеристика «деформація - навантаження» шліхти відхиляється від характеристики ниток основи. При максимальних амплітудах автоколивань натягнення ниток основи запас міцності, і подовження їх досягають значень нижче допустимих. Наприклад, натягнення 0,65 н/нить перевищує допустима межа в 15 - 20% від розривного навантаження. Перевантаження ниток основи і руйнування плівки шліхти негативно позначаються на обривності в ткацтві, частота ж автоколивань їх натягнення не перевищувала в досліді 6 герц. Отже, процес автоколивань є низькочастотним і не відбивається на втомній міцності ниток основи.

Аналізуючи рівняння (1.6), неважко встановити, що при збільшенні жорсткості основи k амплітуда автоколивань зменшується, а при збільшенні моменту інерції навою і сполучених з ним деталей приводу j амплітуда автоколивань росте.

ВИСНОВКИ ПО 1 РОЗДІЛУ.

1. Проведено огляд літературних джерел по проблемі розробки системи керування натягу ниток в подовжньому напрямку. Сформульовано мету та задачі дослідження по проблемі удосконалення системи керування натягу ниток в подовжньому напрямку на основі розробки математичних та програмних компонентів САПР.
2. Отримані відповідні аналітичні залежності для аналогів лінійних та кутових швидкостей та прискорень контролера TCSM натягу основи в подовжньому напрямку при коливанні натягу ниток на машинах для транспортування на машинах для транспортування, динамічних проєкцій реакцій в шарнірних парах початкової ланки, проміжної ланки контролера, замикаючого важеля контролера TCSM натягу основи та повних динамічних реакцій при коливанні натягу основи на машинах для транспортування з урахуванням коефіцієнту тертя дисків фрикціона, відносної швидкості ковзання, функції швидкості подачі і деформації основи, кутової швидкості валу фрикціона, приведеного радіусу фрикційних дисків, числа пар поверхонь тертя, кутового прискорення навою, прискорення деформації основи, діаметру навою, натягу основи, жорсткості основи в зоні навивки, сили притиснення дисків фрикціона.

РОЗДІЛ 2. АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.

2.1. Алгоритми системи керування натягу ниток в подовжньому напрямку.

Алгоритмічний ланцюг математичних рівнянь руху контролера TCSM натягу ниток в подовжньому напрямку з фрикційною дисковою муфтою машин для транспортування основи при наявності коливання натягу з урахуванням коефіцієнту тертя дисків фрикціона, відносної швидкості ковзання, функції швидкості подачі і деформації основи, кутової швидкості валу фрикціона, приведеного радіусу фрикційних дисків, числа пар поверхонь тертя, кутового прискорення навою, прискорення деформації основи, діаметру навою, натягу основи, жорсткості основи в зоні навивки, сили притиснення дисків фрикціона має наступну форму.

Перша алгоритмічна гілка математичних закономірностей руху контролера TCSM натягу ниток в подовжньому напрямку з фрикційною дисковою муфтою машин для транспортування основи при наявності коливання натягу з урахуванням коефіцієнту тертя дисків фрикціона, відносної швидкості ковзання, функції швидкості подачі і деформації основи представляється наступною системою

$$Q\mu R_{np} n = j\ddot{\varphi} + P \frac{D_H}{2},$$

$$v_C = R_{np} \left(w_B - \frac{v_0 + \dot{x}}{R_H} \right)$$

$$R_{np} = \frac{1}{3} \frac{D_1^3 - D_2^3}{D_1^2 - D_2^2}$$

Результати поточних розрахунків представлені нижче.

F5: -0,1755; -0,1754; -0,1753; -0,1753; -0,1752; -0,1752; -0,1752; -
 0,1752; -0,1753; -0,1753; -0,1754; -0,1756; -0,1757; -0,1759; -0,1761; -
 0,1764; -0,1767; -0,1770; -0,1773; -0,1777; -0,1781; -0,1785; -0,1790; -
 0,1795; -0,1801; -0,1807; -0,1813; -0,1820; -0,1827; -0,1834; -0,1842; -
 0,1851; -0,1860; -0,1869; -0,1879; -0,1889; -0,1900; -0,1911; -0,1923; -
 0,1935; -0,1948; -0,1961; -0,1975; -0,1989; -0,2004; -0,2019; -0,2035; -

0,2052; -0,2068; -0,2086; -0,2104; -0,2123; -0,2142; -0,2161; -0,2181; -
0,2202; -0,2223; -0,2244; -0,2266; -0,2289; -0,2311.

$$\mu = F(v_C) = E + Av_C + Bv_C^2 + Cv_C^3,$$

$$\ddot{z} + \alpha\dot{z} + \beta\dot{z}^2 + \gamma\dot{z}^3 + w^2z = 0,$$

$$Y = \frac{2}{w} \sqrt{-\frac{\alpha}{3\gamma}}.$$

$$Y = \frac{4}{D_{np}} \sqrt{-\frac{j(A + 2Ba + 3Ca^2)}{3Ck}},$$

$$a = R_{np}w_B - \frac{R_{np}}{R}v_0.$$

$$F_{y\partial} = E' + A'v_C + B'v_C^2 + C'v_C^3,$$

$$Y = \frac{2}{w} \sqrt{-\frac{A' + 2B'a + 3C'a^2}{3C'(\frac{D_{np}}{D_n})^2}}.$$

$$x_{Ai} + l_{2i} \cos \varphi_{2i} + l_{3i} \cos \varphi_{3i} + l_{4i} \cos \varphi_{4i} = 0,$$

$$y_{Ai} + l_{2i} \sin \varphi_{2i} + l_{3i} \sin \varphi_{3i} + l_{4i} \sin \varphi_{4i} = 0.$$

Друга алгоритмічна гілка математичних рівнянь у вигляді систем нелінійних алгебраїчних функцій руху контролера TCSM натягу ниток в подовжньому напрямку з фрикційною дисковою муфтою машин для транспортування основи представляється наступною системою

$$wx_{Ai} - l_{2i}\varepsilon_{2i} \sin \varphi_{2i} - l_{2i}\omega_{2i}^2 \cos \varphi_{2i} - l_{3i}\varepsilon_{3i} \sin \varphi_{3i} - l_{3i}\omega_{3i}^2 \cos \varphi_{3i} = 0,$$

$$wy_{Ai} + l_{2i}\varepsilon_{2i} \cos \varphi_{2i} - l_{2i}\omega_{2i}^2 \sin \varphi_{2i} + l_{3i}\varepsilon_{3i} \cos \varphi_{3i} - l_{3i}\omega_{3i}^2 \sin \varphi_{3i} = 0.$$

$$\varphi_{2i} = f1(x_{Ai}, y_{Ai}, l_{2i}, l_{3i}, \varphi_{3i}, l_{4i}, \varphi_{4i}),$$

$$\omega_{2i} = f2(vx_{Ai}, vy_{Ai}, l_{2i}, l_{3i}, \varphi_{3i}, l_{4i}, \varphi_{4i}, \varphi_{2i}),$$

$$\varepsilon_{2i} = f3(wx_{Ai}, wy_{Ai}, \omega_{2i}, vx_{Ai}, vy_{Ai}, l_{2i}, l_{3i}, \varphi_{3i}, l_{4i}, \varphi_{4i}, \varphi_{2i}, \omega_{3i}),$$

$$\varphi_{3i} = f4(x_{Ai}, y_{Ai}, l_{2i}, l_{3i}, \varphi_{3i}, l_{4i}, \varphi_{4i}),$$

$$\omega_{3i} = f5(vx_{Ai}, vy_{Ai}, l_{2i}, l_{3i}, \varphi_{3i}, l_{4i}, \varphi_{4i}, \varphi_{2i}),$$

$$\varepsilon_{3i} = f6(wx_{Ai}, wy_{Ai}, \omega_{2i}, vx_{Ai}, vy_{Ai}, l_{2i}, l_{3i}, \varphi_{3i}, l_{4i}, \varphi_{4i}, \varphi_{2i}, \omega_{3i}, \omega_{2i}).$$

$$\begin{aligned}
vx_{Ai} - l_{2i}\omega_{2i} \sin \varphi_{2i} - l_{3i}\omega_{3i} \sin \varphi_{3i} &= 0, \\
vy_{Ai} + l_{2i}\omega_{2i} \cos \varphi_{2i} + l_{3i}\omega_{3i} \cos \varphi_{3i} &= 0. \\
-l_2 \sin \varphi_2 \frac{d\varphi_2}{dt} &= l_1 \sin \varphi_1 \frac{d\varphi_1}{dt} + l_3 \sin \varphi_3 \frac{d\varphi_3}{dt}, \\
l_2 \cos \varphi_2 \frac{d\varphi_2}{dt} &= -l_1 \cos \varphi_1 \frac{d\varphi_1}{dt} - l_3 \cos \varphi_3 \frac{d\varphi_3}{dt}. \\
w_2 &= w_1 \frac{l_1 \sin(\varphi_1 - \varphi_3)}{l_2 \sin(\varphi_3 - \varphi_2)}, \\
w_3 &= w_1 \frac{l_1 \sin(\varphi_2 - \varphi_1)}{l_3 \sin(\varphi_3 - \varphi_2)}.
\end{aligned}$$

Третя алгоритмічна гілка математичних рівнянь у вигляді систем нелінійних алгебраїчних функцій руху контролера TCSM натягу ниток в подовжньому напрямку з фрикційною дисковою муфтою машин для транспортування основи представляється наступною системою

$$\begin{aligned}
-l_2 w_2^2 \cos \varphi_2 - l_2 \frac{dw_2}{dt} \sin \varphi_2 &= l_1 w_1^2 \cos \varphi_1 + l_3 w_3^2 \cos \varphi_3 + l_3 \frac{dw_3}{dt} \sin \varphi_3, \\
l_2 w_2^2 \sin \varphi_2 - l_2 \frac{dw_2}{dt} \cos \varphi_2 &= -l_1 w_1^2 \sin \varphi_1 - l_3 w_3^2 \sin \varphi_3 + l_3 \frac{dw_3}{dt} \cos \varphi_3. \\
-l_2 w_2^2 \cos \varphi_2 - l_2 \varepsilon_2 \sin \varphi_2 &= l_1 w_1^2 \cos \varphi_1 + l_3 w_3^2 \cos \varphi_3 + l_3 \varepsilon_3 \sin \varphi_3, \\
l_2 w_2^2 \sin \varphi_2 - l_2 \varepsilon_2 \cos \varphi_2 &= -l_1 w_1^2 \sin \varphi_1 - l_3 w_3^2 \sin \varphi_3 + l_3 \varepsilon_3 \cos \varphi_3. \\
\varepsilon_2 &= \frac{l_1 w_1^2 \cos(\varphi_1 - \varphi_3) + l_3 w_3^2 + l_2 w_2^2 \cos(\varphi_2 - \varphi_3)}{l_2 \sin(\varphi_3 - \varphi_2)}, \\
\varepsilon_3 &= \frac{l_1 w_1^2 \cos(\varphi_1 - \varphi_3) + l_2 w_2^2 + l_3 w_3^2 \cos(\varphi_3 - \varphi_2)}{l_3 \sin(\varphi_2 - \varphi_3)}.
\end{aligned}$$

Четверта алгоритмічна гілка математичних рівнянь у вигляді систем нелінійних алгебраїчних функцій руху контролера TCSM натягу ниток в подовжньому напрямку з фрикційною дисковою муфтою машин для транспортування основи представляється наступною системою

$$\begin{aligned}
\begin{bmatrix} x_{S2} \\ y_{S2} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} x_A \\ y_A \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos \varphi_2 & -\sin \varphi_2 \\ \sin \varphi_2 & \cos \varphi_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} AB/2 \\ 0 \end{bmatrix}, \\
\begin{bmatrix} x_{S3} \\ y_{S3} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} x_B \\ y_B \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos \varphi_3 & -\sin \varphi_3 \\ \sin \varphi_3 & \cos \varphi_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} BO_2/2 \\ 0 \end{bmatrix}.
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \mathcal{G}_{S2x} \\ \mathcal{G}_{S2y} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \mathcal{G}_{Ax} \\ \mathcal{G}_{Ay} \end{bmatrix} + w_2 \begin{bmatrix} -\sin \varphi_2 & -\cos \varphi_2 \\ \cos \varphi_2 & -\sin \varphi_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} AB/2 \\ 0 \end{bmatrix}, \\ \begin{bmatrix} \mathcal{G}_{S3x} \\ \mathcal{G}_{S3y} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \mathcal{G}_{Bx} \\ \mathcal{G}_{By} \end{bmatrix} + w_3 \begin{bmatrix} -\sin \varphi_3 & -\cos \varphi_3 \\ \cos \varphi_3 & -\sin \varphi_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} BO_2/2 \\ 0 \end{bmatrix}, \\ \begin{bmatrix} a_{S2x} \\ a_{S2y} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} a_{Ax} \\ a_{Ay} \end{bmatrix} + \varepsilon_2 \begin{bmatrix} -\sin \varphi_2 & -\cos \varphi_2 \\ \cos \varphi_2 & -\sin \varphi_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} AB/2 \\ 0 \end{bmatrix} + w_2^2 \begin{bmatrix} -\cos \varphi_2 & \sin \varphi_2 \\ -\sin \varphi_2 & -\cos \varphi_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} AB/2 \\ 0 \end{bmatrix}, \\ \begin{bmatrix} a_{S3x} \\ a_{S3y} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} a_{Bx} \\ a_{By} \end{bmatrix} + \varepsilon_3 \begin{bmatrix} -\sin \varphi_3 & -\cos \varphi_3 \\ \cos \varphi_3 & -\sin \varphi_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} BO_2/2 \\ 0 \end{bmatrix} + w_3^2 \begin{bmatrix} -\cos \varphi_3 & \sin \varphi_3 \\ -\sin \varphi_3 & -\cos \varphi_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} BO_2/2 \\ 0 \end{bmatrix}. \end{aligned}$$

2.2. Алгоритм розв'язання диференціальних рівнянь при аналізі системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток

Залежно від характеру граничних умов диференціальні рівняння системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку можна розбити на три класи: одно точечці; з двома точками і багато точкові. До першого класу відносяться звичайні диференціальні рівняння системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку, всі граничні умови яких повинні виконуватися в одній точці. До другого класу відносяться диференціальні рівняння системи керування контролером TCSM, у яких граничні або початкові умови задані в двох точках. Багато точкові граничні умови мають місце у диференціальних рівнянь системи керування контролером TCSM порядку вище другого.

Вирішення звичайних диференціальних рівнянь з одно точеними граничними умовами приводить до покрокового завдання чисельної інтеграції.

Результати поточних розрахунків представлені нижче.

F9: 0,3383; 0,3382; 0,3382; 0,3381; 0,3381; 0,3381; 0,3381;
0,3381; 0,3381; 0,3382; 0,3382; 0,3383; 0,3384; 0,3385; 0,3386;
0,3387; 0,3388; 0,3390; 0,3392; 0,3393; 0,3395; 0,3398; 0,3400;
0,3403; 0,3405; 0,3408; 0,3412; 0,3415; 0,3418; 0,3422; 0,3426;

Результати поточних розрахунків представлені нижче.

F19: -0,0175; -0,0309; -0,0444; -0,0580; -0,0717; -0,0854; -0,0992; -0,1131; -0,1270; -0,1410; -0,1550; -0,1690; -0,1830; -0,1970; -0,2111; -0,2251; -0,2392; -0,2532; -0,2672; -0,2811; -0,2950; -0,3088; -0,3226; -0,3363; -0,3499; -0,3634; -0,3768; -0,3901; -0,4033; -0,4163; -0,4291; -0,4418; -0,4543; -0,4666; -0,4787; -0,4906; -0,5022; -0,5136; -0,5247; -0,5356; -0,5461; -0,5564; -0,5663; -0,5759; -0,5851; -0,5939; -0,6024; -0,6105; -0,6182; -0,6254; -0,6322; -0,6386; -0,6445; -0,6499; -0,6549; -0,6594; -0,6634; -0,6669; -0,6699; -0,6724; -0,6744.

Методи чисельної інтеграції одного звичайного диференціального рівняння системи керування контролером TCSM натягу можна використовувати і для систем (2.1) (2.6). Порядок погрішності формул для чисельного інтегрування диференціальних рівнянь системи керування контролером натягу залежить від вибору методу побудови рекурентної формули.

Методи вирішення диференціальних рівнянь системи керування контролером TCSM натягу (2.1) можна розділити на: методи, що не містять в собі ніяких способів оцінки погрішності; кінцеве - різницеві методи, в яких на основі раніше набутих декількох значень функції будуються нові, які потім уточнюються за допомогою самих диференціальних рівнянь системи керування контролером TCSM натягу.

До перших можна віднести методи Ейлера - Коші, метод трапецій, метод Рунге - Кута. До других відносяться метод Адамса, метод Крилова-Адамса.

Перейдемо до розгляду методу Ейлера - Коші системи керування контролером TCSM натягу.

Хай задано диференціальне рівняння системи керування контролером TCSM натягу

$$\frac{dy}{dx} = f(x, y). \quad (2.7)$$

Необхідно знайти наближене рішення (2.7) в точках з координатами $x_1 = x_0 + h$, $x_2 = x_0 + 2h, \dots, x_n = x_0 + nh$, де h - постійний крок; x_0 - координата початку відрізка.

Початкова умова системи керування контролером TCSM натягу $x = x_0$, $y_0 = y(x_0)$. Наближене значення першої похідної має вигляд

$$\frac{dy_k}{dx_k} \cong \frac{\Delta y_k}{\Delta x_k} = \frac{y_{k+1} - y_k}{h}, \quad (2.8)$$

де $k = 0, 1, \dots, n-1$.

Результати розрахунку системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток представлені нижче.

F20: 0,9226; 0,9296; 0,9365; 0,9431; 0,9495; 0,9557; 0,9617;
 0,9675; 0,9731; 0,9785; 0,9837; 0,9886; 0,9934; 0,9979; 1,0022;
 1,0063; 1,0102; 1,0139; 1,0173; 1,0206; 1,0236; 1,0264; 1,0290;
 1,0314; 1,0336; 1,0356; 1,0373; 1,0388; 1,0401; 1,0412; 1,0421;
 1,0427; 1,0431; 1,0433; 1,0433; 1,0430; 1,0425; 1,0418; 1,0408;
 1,0396; 1,0382; 1,0365; 1,0345; 1,0323; 1,0299; 1,0271; 1,0241;
 1,0208; 1,0173; 1,0134; 1,0092; 1,0047; 0,9999; 0,9948; 0,9894;
 0,9836; 0,9774; 0,9709; 0,9641; 0,9568; 0,9492.

Прирівнюючи (2.7) і (2.8), отримаємо

$$\frac{y_{k+1} - y_k}{h} = f(x_k, y_k),$$

звідки

$$y_{k+1} = y_k + hf(x_k, y_k). \quad (2.9)$$

Використовуючи рекурентну формулу (2.9) для точок системи керування контролером TCSM натягу $k = 0, 1, \dots, n-1$ будуємо ламану Ейлера 2, яка приблизно замінює інтегральну криву 1. Суть методу Ейлера-Коші системи керування контролером TCSM натягу полягає в тому, що через

початок кожного відрізка $[x_k, x_{k+1}]$ проводиться дотична до інтегральної кривої 1.

Результати поточних розрахунків представлені нижче.

F21: 0,0175; 0,0256; 0,0339; 0,0422; 0,0506; 0,0591; 0,0676;
 0,0763; 0,0849; 0,0937; 0,1024; 0,1113; 0,1201; 0,1290; 0,1379;
 0,1469; 0,1558; 0,1648; 0,1737; 0,1827; 0,1916; 0,2005; 0,2093;
 0,2182; 0,2269; 0,2356; 0,2443; 0,2528; 0,2613; 0,2697; 0,2779;
 0,2861; 0,2941; 0,3019; 0,3096; 0,3171; 0,3245; 0,3316; 0,3386;
 0,3453; 0,3517; 0,3580; 0,3639; 0,3696; 0,3750; 0,3801; 0,3849;
 0,3893; 0,3934; 0,3972; 0,4006; 0,4036; 0,4062; 0,4084; 0,4103;
 0,4117; 0,4127; 0,4133; 0,4135; 0,4132; 0,4125.

Точність методу Ейлера-Коші невелика. Погрішність методу пропорційна h^2 .

Різновидом методу Ейлера-Коші системи керування контролером TCSM натягу є метод трапецій. Він реалізується застосуванням на кожному кроці рекурентної формули

$$y_{k+1} = y_k + \frac{h}{2} \left\{ f(x_k, y_k) + f \left[x_k + h, y_k + hf(x_k, y_k) \right] \right\}. \quad (2.10)$$

Погрішність методу трапецій пропорційна h^3 і його також відносять до загальних методів Рунге - Кута.

Результати розрахунку системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток представлені нижче.

F22: -0,0154; -0,0226; -0,0298; -0,0371; -0,0445; -0,0520; -0,0595; -
 0,0671; -0,0748; -0,0825; -0,0903; -0,0981; -0,1060; -0,1140; -0,1220; -
 0,1300; -0,1382; -0,1463; -0,1545; -0,1628; -0,1711; -0,1795; -0,1879; -
 0,1963; -0,2048; -0,2134; -0,2219; -0,2305; -0,2391; -0,2477; -0,2564; -
 0,2651; -0,2738; -0,2825; -0,2912; -0,2999; -0,3086; -0,3173; -0,3259; -
 0,3346; -0,3432; -0,3518; -0,3604; -0,3688; -0,3773; -0,3856; -0,3939; -

0,4021; -0,4102; -0,4182; -0,4261; -0,4338; -0,4414; -0,4489; -0,4561; -0,4632; -0,4701; -0,4768; -0,4833; -0,4896; -0,4956.

Перейдемо до розгляду методу Рунге - Кута системи керування контролером TCSM натягу. Рекурентна формула для його реалізації має вигляд

$$y_{k+1} = y_k + hf \left[x_k + \frac{h}{2}, y_k + \frac{h}{2} f(x_k, y_k) \right]. \quad (2.11)$$

Його суть полягає в тому, що на початковому етапі через точку M_k проводять лінію поля $f(x_k, y_k)$. Далі обчислюють координати точки M_{kc} , яка ділить відрізок $[x_k, x_{k+1}]$ навпіл.

Його координати будуть рівні $x_k + \frac{h}{2}$, $y_k + \frac{h}{2} f(x_k, y_k)$. Лінія поля системи керування контролером TCSM натягу $f \left[x_k + \frac{h}{2}, y_k + \frac{h}{2} f(x_k, y_k) \right]$ матиме орієнтацію, відмінну від попередньої за рахунок повороту поля на інтервалі $[x_k, x_{k+1}]$. Потім через точку M_k проводимо пряму, паралельну лінії нового напрямку поля в точці M_{kc} . Ордината точки M_{k+1} і буде шуканою ординатою y_{k+1} .

Різновидом даного методу системи керування контролером TCSM натягу є метод Рунге - Кута четвертого порядку, рекурентна формула якого має вигляд

$$\begin{aligned} a_k &= f \left[x_k + \frac{h}{2}, y_k + \frac{h}{2} f(x_k, y_k) \right], \\ b_k &= f \left(x_k + \frac{h}{2}, y_k + \frac{h}{2} a_k \right), \\ c_k &= f(x_k + h, y_k + b_k h), \\ y_{k+1} &= y_k + \frac{h}{6} [f(x_k, y_k) + 2a_k + 2b_k + c_k]. \end{aligned} \quad (2.12)$$

Погрішність даного методу пропорційна h^5 . Він володіє більшою стійкістю до виникнення нестійкості рішення системи керування контролером TCSM.

Результати поточних розрахунків представлені нижче.

F26: -1,4501; -1,4098; -1,3700; -1,3308; -1,2923; -1,2544; -1,2173; -1,1810; -1,1455; -1,1110; -1,0775; -1,0450; -1,0135; -0,9832; -0,9541; -0,9261; -0,8994; -0,8740; -0,8499; -0,8272; -0,8058; -0,7859; -0,7673; -0,7502; -0,7345; -0,7202; -0,7074; -0,6961; -0,6862; -0,6777; -0,6706; -0,6649; -0,6605; -0,6575; -0,6558; -0,6553; -0,6559; -0,6577; -0,6606; -0,6644; -0,6692; -0,6747; -0,6810; -0,6879; -0,6953; -0,7032; -0,7113; -0,7196; -0,7280; -0,7362; -0,7442; -0,7518; -0,7588; -0,7651; -0,7705; -0,7749; -0,7781; -0,7798; -0,7800; -0,7784; -0,7749.

Можливість забезпечувати наближену оцінку погрішності системи керування контролером на кожному кроці інтегрування дозволяє метод Рунге – Кута - Мерсона з автоматичною зміною кроку.

Рекурентна система рівнянь має вигляд

$$\begin{aligned}
 y_{k+1} &= y_k + \frac{h}{6} [f(x_k, y_k) + 4V_{3k} + V_{4k}] \\
 V_{1k} &= hf \left[x_k + \frac{1}{3}h, y_k + \frac{1}{3}hf(x_k, y_k) \right], \\
 V_{2k} &= hf \left[x_k + \frac{1}{3}h, y_k + \frac{h}{6}f(x_k, y_k) + \frac{1}{6}V_{1k} \right], \\
 V_{3k} &= hf \left[x_k + \frac{1}{2}h, y_k + \frac{h}{8}f(x_k, y_k) + \frac{3}{8}V_{2k} \right], \\
 V_{4k} &= hf \left[x_k + h, y_k + \frac{h}{2}f(x_k, y_k) - \frac{3}{2}V_{2k} + 2V_{3k} \right].
 \end{aligned} \tag{2.13}$$

Погрішність обчислення системи керування контролером TCSM натягу y_{k+1} , з обліком (2.13), визначається по формулі

$$R_{k+1} = \frac{-2hf(x_k, y_k) + 9V_{2k} - 8V_{3k} + V_{4k}}{30}. \tag{2.14}$$

Порівнюємо отриману погрішність R_{k+1} із заданою погрішністю E

$$|R_{k+1}| \leq E, \quad |R_{k+1}| \geq \frac{E}{30}. \tag{2.15}$$

Якщо перша умова (2.15) не виконується, то крок h зменшується удвічі. Якщо друга умова не виконується, то крок збільшується удвічі. Значення y_{k+1} виводиться на друк, тільки при виконанні одночасно двох умов (2.15). Погрішність чисельного інтегрування даного методу системи керування контролером TCSM натягу має порядок h^5 .

Результати розрахунку системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток представлені нижче.

F23: -2,9030; -2,9026; -2,9013; -2,8991; -2,8960; -2,8920; -2,8871; -
 2,8814; -2,8748; -2,8673; -2,8589; -2,8497; -2,8396; -2,8286; -2,8168; -
 2,8041; -2,7906; -2,7762; -2,7610; -2,7449; -2,7280; -2,7102; -2,6917; -
 2,6723; -2,6521; -2,6310; -2,6092; -2,5866; -2,5632; -2,5391; -2,5141; -
 2,4884; -2,4619; -2,4347; -2,4067; -2,3780; -2,3486; -2,3185; -2,2876; -
 2,2561; -2,2239; -2,1910; -2,1574; -2,1231; -2,0883; -2,0528; -2,0166; -
 1,9799; -1,9425; -1,9046; -1,8660; -1,8269; -1,7873; -1,7471; -1,7064; -
 1,6651; -1,6234; -1,5811; -1,5384; -1,4952; -1,4515.

Багатокрокові вирішення диференціальних рівнянь системи керування контролером TCSM натягу (кінцеве-різницеві методи) базуються на використанні даних рішення на попередніх кроках. Це дозволяє підвищити швидкість обчислення системи керування контролером TCSM натягу. Для реалізації кінцеве-різницевих методів системи керування контролером TCSM натягу при чисельному інтегруванні диференціальних рівнянь потрібно знати значення функції і її похідної в декількох точках близьких до початкової. Тут можна відзначити метод Ейлера і метод розкладання системи керування контролером TCSM натягу. Перший метод заснований на апіорному виборі першого наближення поблизу граничної точки (x_0, y_0)

$$y = d_1(x). \quad (2.16)$$

Для (2.7), з урахуванням (2.16), отримаємо

основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток від значення аналога дугової координати.

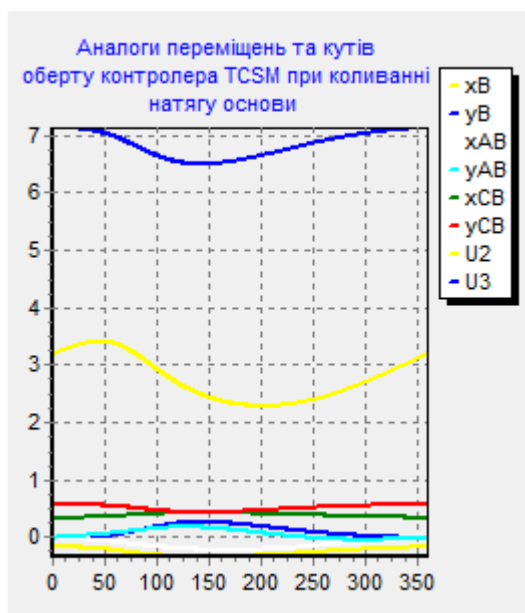


Рис.2.1

F8: -0,0083; -0,0072; -0,0062; -0,0051; -0,0040; -0,0030; -0,0019; -
 0,0008; 0,0004; 0,0015; 0,0026; 0,0037; 0,0049; 0,0061; 0,0072;
 0,0084; 0,0096; 0,0108; 0,0120; 0,0132; 0,0144; 0,0156; 0,0169;
 0,0181; 0,0194; 0,0206; 0,0219; 0,0232; 0,0245; 0,0258; 0,0271;
 0,0285; 0,0298; 0,0312; 0,0326; 0,0339; 0,0354; 0,0368; 0,0382;
 0,0397; 0,0411; 0,0426; 0,0441; 0,0456; 0,0472; 0,0487; 0,0503;
 0,0519; 0,0535; 0,0552; 0,0569; 0,0585; 0,0603; 0,0620; 0,0638;
 0,0656; 0,0674; 0,0692; 0,0711; 0,0730; 0,0749.

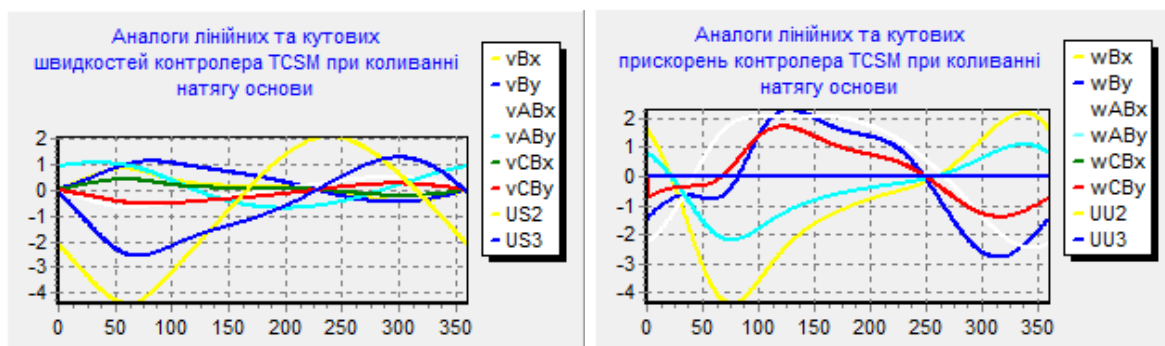


Рис.2.1.1

F18: 0,0308; 0,0451; 0,0596; 0,0743; 0,0891; 0,1040; 0,1190;
 0,1342; 0,1495; 0,1650; 0,1805; 0,1962; 0,2120; 0,2279; 0,2439;

0,2601; 0,2763; 0,2927; 0,3091; 0,3256; 0,3423; 0,3590; 0,3758;
 0,3927; 0,4097; 0,4267; 0,4438; 0,4610; 0,4782; 0,4955; 0,5128;
 0,5302; 0,5475; 0,5649; 0,5823; 0,5998; 0,6172; 0,6345; 0,6519;
 0,6692; 0,6864; 0,7036; 0,7207; 0,7377; 0,7546; 0,7713; 0,7879;
 0,8042; 0,8204; 0,8364; 0,8522; 0,8676; 0,8828; 0,8977; 0,9123;
 0,9264; 0,9403; 0,9537; 0,9667; 0,9792; 0,9913.

Варіант 2. Визначення параметрів системи керування контролера TCSM натягу ниток в подовжньому напрямку з фрикційною дисковою муфтою машин для транспортування основи (інерційні показники контролера TCSM натягу ниток в подовжньому напрямку машин для транспортування основи $1M2 = 0,24$ кг; $1M3 = 0,84$ кг; значення кінематичного параметру початкової ланки контролера TCSM натягу ниток в подовжньому напрямку $\omega = 4,8$ с⁻¹). Визначалися динамічні проекції реакцій в шарнірних парах початкової ланки, проміжної ланки штовхача, замикаючого важеля контролера TCSM натягу ниток в подовжньому напрямку з фрикційною дисковою муфтою машин для транспортування основи та повні динамічні реакції. На рис.2.2 та 2.2.1 представлені залежності динамічних проекцій реакцій в шарнірних парах початкової ланки, проміжної ланки штовхача, замикаючого важеля контролера TCSM натягу ниток в подовжньому напрямку з фрикційною дисковою муфтою машин для транспортування основи та повних динамічних реакцій від значення аналога дугової координати.

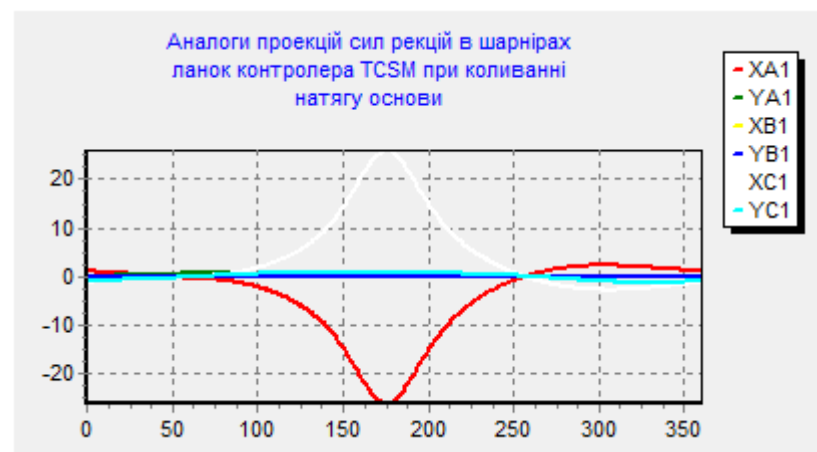


Рис.2.2

R2: 1,6571; 0,9879; 0,9651; 0,9423; 0,9197; 0,8971; 0,8745;
 0,8520; 0,8295; 0,8069; 0,7844; 0,7617; 0,7391; 0,7163; 0,6934;
 0,6704; 0,6473; 0,6240; 0,6006; 0,5770; 0,5532; 0,5292; 0,5050;
 0,4806; 0,4560; 0,4312; 0,4062; 0,3811; 0,3557; 0,3302; 0,3045;
 0,2787; 0,2527; 0,2267; 0,2006; 0,1745; 0,1484; 0,1223; 0,0962;
 0,0703; 0,0445; 0,0189; -0,0066; -0,0317; -0,0566; -0,0812; -0,1055; -
 0,1294; -0,1528; -0,1759; -0,1985; -0,2207; -0,2424; -0,2636; -0,2845; -
 0,3048; -0,3248; -0,3445; -0,3637; -0,3827; -0,4015.

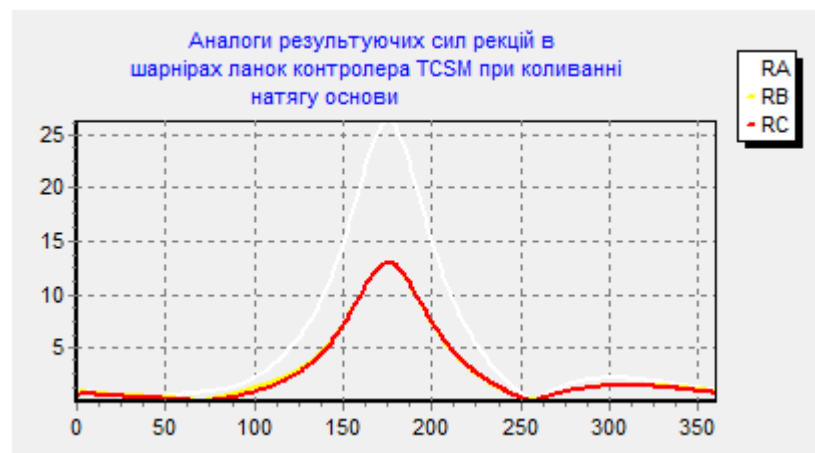


Рис.2.2.1

R5: 0,5333; 1,6749; 1,6432; 1,6118; 1,5808; 1,5503; 1,5202;
 1,4906; 1,4616; 1,4331; 1,4053; 1,3781; 1,3516; 1,3257; 1,3006;
 1,2763; 1,2526; 1,2298; 1,2077; 1,1864; 1,1658; 1,1460; 1,1269;
 1,1086; 1,0910; 1,0741; 1,0578; 1,0421; 1,0271; 1,0125; 0,9985;
 0,9849; 0,9716; 0,9587; 0,9460; 0,9334; 0,9210; 0,9085; 0,8960;
 0,8833; 0,8703; 0,8569; 0,8431; 0,8287; 0,8136; 0,7978; 0,7810;
 0,7633; 0,7444; 0,7244; 0,7030; 0,6803; 0,6560; 0,6302; 0,6026;
 0,5734; 0,5423; 0,5092; 0,4743; 0,4373; 0,3983.

2.4. Варіанти 3 та 4. Результати розрахунків значення параметрів системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток

Варіант 3. (значення кінематичного параметру початкової ланки контролера TCSM натягу ниток в подовжньому напрямку машин для

транспортування основи $\omega = 6,5 \text{ с}^{-1}$). Значення параметрів системи керування контролера TCSM натягу ниток в подовжньому напрямку машин для транспортування основи: $1L1 = 0,126 \text{ м}$; $1L2 = 0,477 \text{ м}$; $1L3 = 0,708 \text{ м}$; $1L4 = 0,167 \text{ м}$; $1L5 = 0,372 \text{ м}$. Реалізація програмного забезпечення для системи керування контролера TCSM натягу ниток в подовжньому напрямку машин для транспортування основи дозволяє визначати аналоги лінійних та дугових координат, аналоги лінійних та кутових швидкостей та прискорень початкової ланки, проміжної ланки штовхача, замикаючого важеля контролера TCSM натягу ниток в подовжньому напрямку машин для транспортування основи, динамічні проекції реакцій в шарнірних парах початкової ланки, проміжної ланки штовхача, замикаючого важеля контролера TCSM натягу ниток в подовжньому напрямку машин для транспортування основи та повні динамічні реакції. На рис.2.3 та 2.3.1 представлені залежності аналогів лінійних та дугових координат, аналогів лінійних та кутових швидкостей та прискорень початкової ланки, проміжної ланки штовхача, замикаючого важеля контролера TCSM натягу ниток в подовжньому напрямку машин для транспортування основи від значення аналога дугової координати.

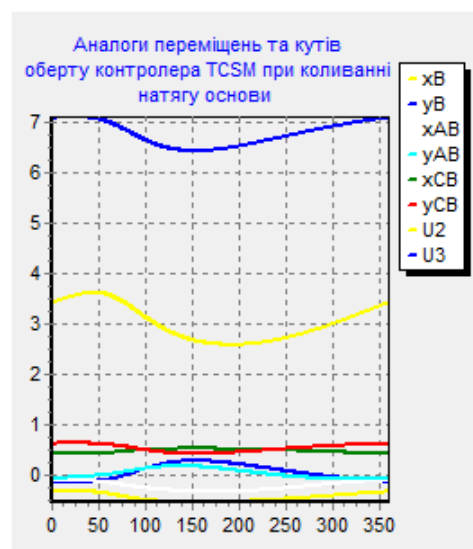


Рис.2.3

S4: 3,4156; 3,4222; 3,4288; 3,4353; 3,4418; 3,4482; 3,4546;
3,4609; 3,4671; 3,4733; 3,4793; 3,4854; 3,4913; 3,4971; 3,5029;

3,5086; 3,5141; 3,5196; 3,5250; 3,5302; 3,5353; 3,5403; 3,5452;
 3,5500; 3,5546; 3,5591; 3,5634; 3,5676; 3,5716; 3,5754; 3,5791;
 3,5825; 3,5858; 3,5889; 3,5918; 3,5944; 3,5969; 3,5991; 3,6011;
 3,6028; 3,6043; 3,6055; 3,6064; 3,6070; 3,6074; 3,6074; 3,6072;
 3,6066; 3,6057; 3,6045; 3,6029; 3,6009; 3,5986; 3,5960; 3,5929;
 3,5895; 3,5857; 3,5816; 3,5770; 3,5720; 3,5667.

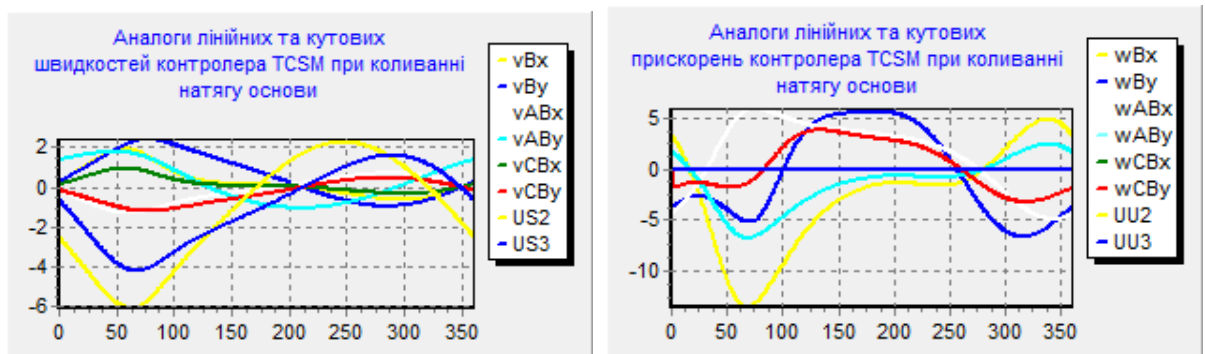


Рис.2.3.1

S13: -0,6385; -0,6992; -0,7605; -0,8223; -0,8847; -0,9477; -1,0112; -
 1,0751; -1,1396; -1,2046; -1,2699; -1,3357; -1,4019; -1,4685; -1,5355; -
 1,6027; -1,6703; -1,7381; -1,8062; -1,8745; -1,9430; -2,0116; -2,0804; -
 2,1492; -2,2180; -2,2868; -2,3556; -2,4242; -2,4928; -2,5611; -2,6291; -
 2,6968; -2,7642; -2,8311; -2,8975; -2,9632; -3,0284; -3,0928; -3,1563; -
 3,2190; -3,2807; -3,3412; -3,4006; -3,4587; -3,5154; -3,5705; -3,6241; -
 3,6760; -3,7260; -3,7741; -3,8201; -3,8640; -3,9056; -3,9449; -3,9816; -
 4,0159; -4,0474; -4,0763; -4,1023; -4,1255; -4,1458.

Варіант 4. Визначення параметрів системи керування контролера TCSM натягу ниток в подовжньому напрямку машин для транспортування основи (інерційні показники контролера TCSM натягу ниток в подовжньому напрямку машин для транспортування основи $1M2 = 0,43$ кг; $1M3 = 0,91$ кг; значення кінематичного параметру початкової ланки контролера TCSM натягу ниток в подовжньому напрямку $\omega = 6,5$ с⁻¹). Визначалися динамічні проєкції реакцій в шарнірних парах початкової ланки, проміжної ланки штовхача, замикаючого важеля контролера TCSM натягу ниток в подовжньому напрямку машин для транспортування основи та повні

динамічні реакції. На рис.2.4 та 2.4.1 представлені залежності динамічних проєкцій реакцій в шарнірних парах початкової ланки, проміжної ланки штовхача, замикаючого важеля контролера TCSM натягу ниток в подовжньому напрямку машин для транспортування основи та повних динамічних реакцій від значення аналога дугової координати.

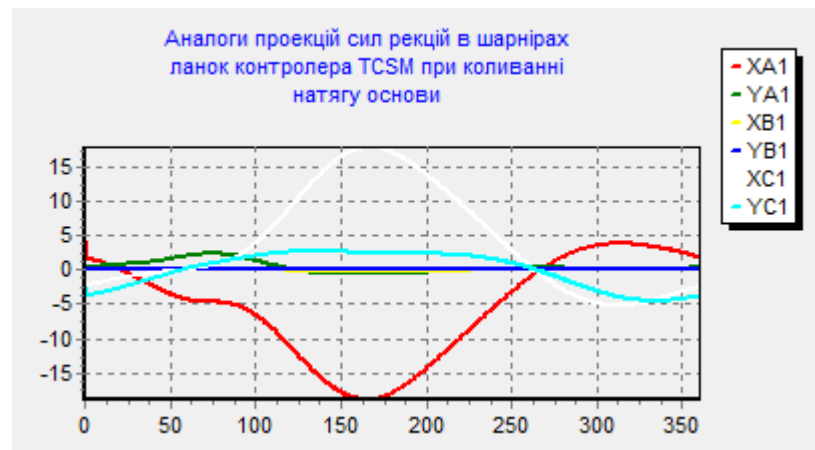


Рис.2.4

V4: 1,4331; 0,8380; 0,8016; 0,7654; 0,7294; 0,6935; 0,6577;
 0,6219; 0,5862; 0,5503; 0,5144; 0,4784; 0,4422; 0,4058; 0,3692;
 0,3324; 0,2953; 0,2580; 0,2203; 0,1824; 0,1442; 0,1057; 0,0670;
 0,0280; -0,0111; -0,0505; -0,0899; -0,1294; -0,1689; -0,2084; -0,2477; -
 0,2868; -0,3255; -0,3639; -0,4018; -0,4391; -0,4757; -0,5115; -0,5464; -
 0,5802; -0,6129; -0,6444; -0,6745; -0,7032; -0,7304; -0,7561; -0,7800; -
 0,8022; -0,8227; -0,8414; -0,8582; -0,8733; -0,8865; -0,8980; -0,9077; -
 0,9158; -0,9223; -0,9274; -0,9311; -0,9336; -0,9351.

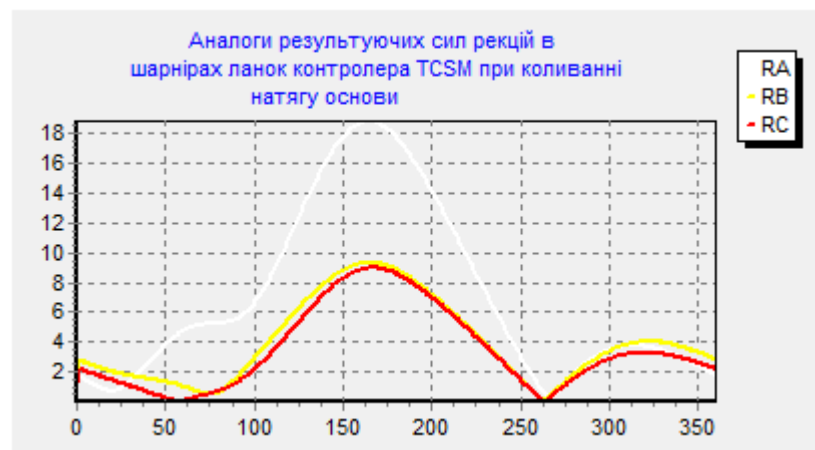


Рис.2.4.1

V6: -1,4331; -2,3055; -2,2368; -2,1693; -2,1029; -2,0376; -1,9736; -1,9107; -1,8491; -1,7888; -1,7297; -1,6720; -1,6155; -1,5603; -1,5064; -1,4538; -1,4025; -1,3525; -1,3037; -1,2562; -1,2099; -1,1648; -1,1210; -1,0782; -1,0367; -0,9962; -0,9568; -0,9184; -0,8811; -0,8447; -0,8092; -0,7747; -0,7410; -0,7081; -0,6760; -0,6446; -0,6139; -0,5838; -0,5543; -0,5254; -0,4970; -0,4690; -0,4414; -0,4141; -0,3871; -0,3604; -0,3339; -0,3075; -0,2812; -0,2549; -0,2286; -0,2022; -0,1757; -0,1490; -0,1220; -0,0948; -0,0671; -0,0390; -0,0103; 0,0190; 0,0490.

ВИСНОВКИ ПО 2 РОЗДІЛУ.

1. Отримані математичні залежності для реалізації алгоритму розрахунку параметрів системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток.
2. Для системи керування натягу ниток в подовжньому напрямку розроблений алгоритм програми для визначення лінійних та дугових координат, аналогів лінійних та кутових швидкостей та прискорень контролера TCSM натягу основи в подовжньому напрямку при коливанні натягу ниток на машинах для транспортування, динамічних проєкцій реакцій в шарнірних парах початкової ланки, проміжної ланки контролера, замикаючого важеля контролера TCSM натягу основи та повних динамічних реакцій при коливанні натягу основи на машинах для транспортування.
3. Представлено математичне забезпечення для алгоритму розв'язання диференційних рівнянь з використанням чисельних методів для системи керування натягу ниток в подовжньому напрямку розроблений алгоритм програми для визначення лінійних та дугових координат, аналогів лінійних та кутових швидкостей та прискорень контролера TCSM натягу основи в подовжньому напрямку при коливанні натягу ниток на машинах для транспортування, динамічних проєкцій реакцій в шарнірних парах початкової ланки, проміжної ланки контролера, замикаючого важеля

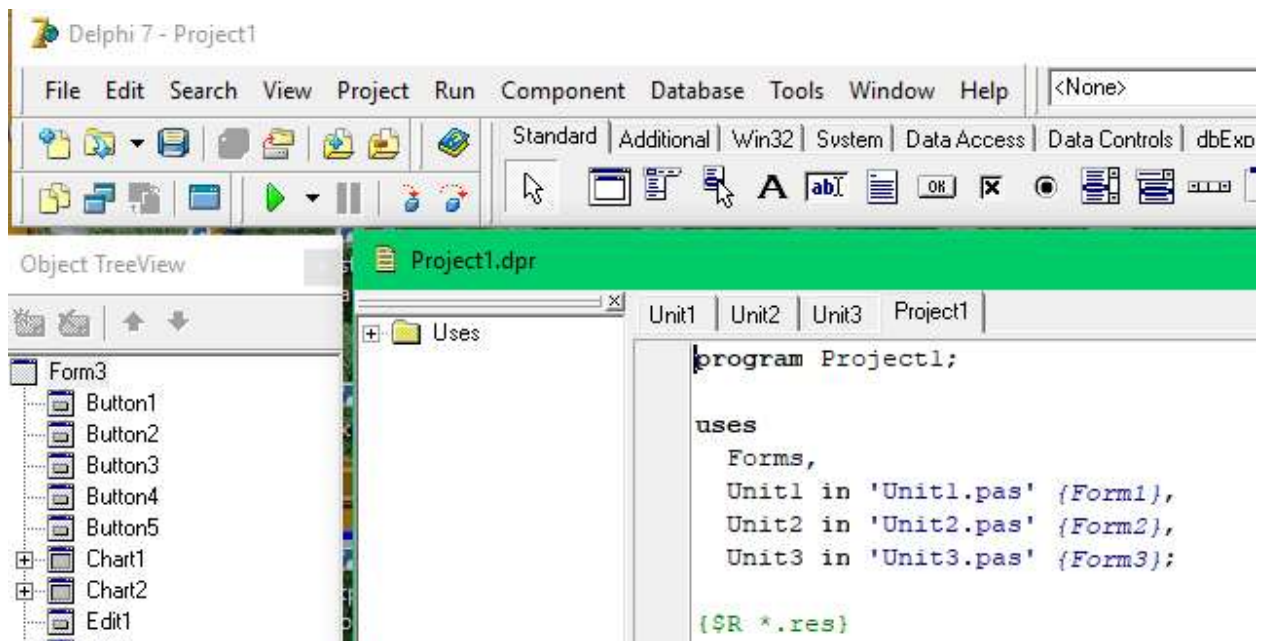
контролера TCSM натягу основи та повних динамічних реакцій при коливанні натягу основи на машинах для транспортування.

4. Представлені результати розрахунків параметрів системи керування натягу ниток в подовжньому напрямку розроблений алгоритм програми для визначення лінійних та дугових координат, аналогів лінійних та кутових швидкостей та прискорень контролера TCSM натягу основи в подовжньому напрямку при коливанні натягу ниток на машинах для транспортування, динамічних проєкцій реакцій в шарнірних парах початкової ланки, проміжної ланки контролера, замикаючого важеля контролера TCSM натягу основи та повних динамічних реакцій при коливанні натягу основи на машинах для транспортування.

РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.

3.1. Система керування натягу ниток в подовжньому напрямку.

Для реалізації алгоритму була реалізована наступна програма для системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток. Вона включає три форми: TForm1andrks = class(TForm); TForm2andrks = class(TForm); TForm3andrks = class(TForm). На рисунку представлена структура program Project1, яка включає в себе три модулі unit Unit1, unit Unit2, unit Unit3.



Результати розрахунку системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток.

S30: 0,0000; -1,8249; -1,7866; -1,7496; -1,7139; -1,6797; -1,6471; -1,6160; -1,5867; -1,5592; -1,5335; -1,5097; -1,4879; -1,4681; -1,4504; -1,4347; -1,4213; -1,4099; -1,4008; -1,3939; -1,3891; -1,3865; -1,3861; -1,3877; -1,3915; -1,3973; -1,4050; -1,4147; -1,4261; -1,4392; -1,4540; -1,4702; -1,4877; -1,5064; -1,5261; -1,5467; -1,5680; -1,5898; -1,6118; -1,6339; -1,6560; -1,6776; -1,6987; -1,7189; -1,7382; -1,7561; -1,7726; -1,7874; -1,8002; -1,8108; -1,8191; -1,8248; -1,8277; -1,8277; -1,8246; -1,8183; -1,8085; -1,7952; -1,7782; -1,7574; -1,7327.

На рисунку представлена перша форма програми для системи керування натягу ниток в подовжньому напрямку.



Програмний код інтерфейсу модуля unit Unit1 системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток має вигляд. Він включає структурні компоненти програми для системи керування натягу ниток в подовжньому напрямку:

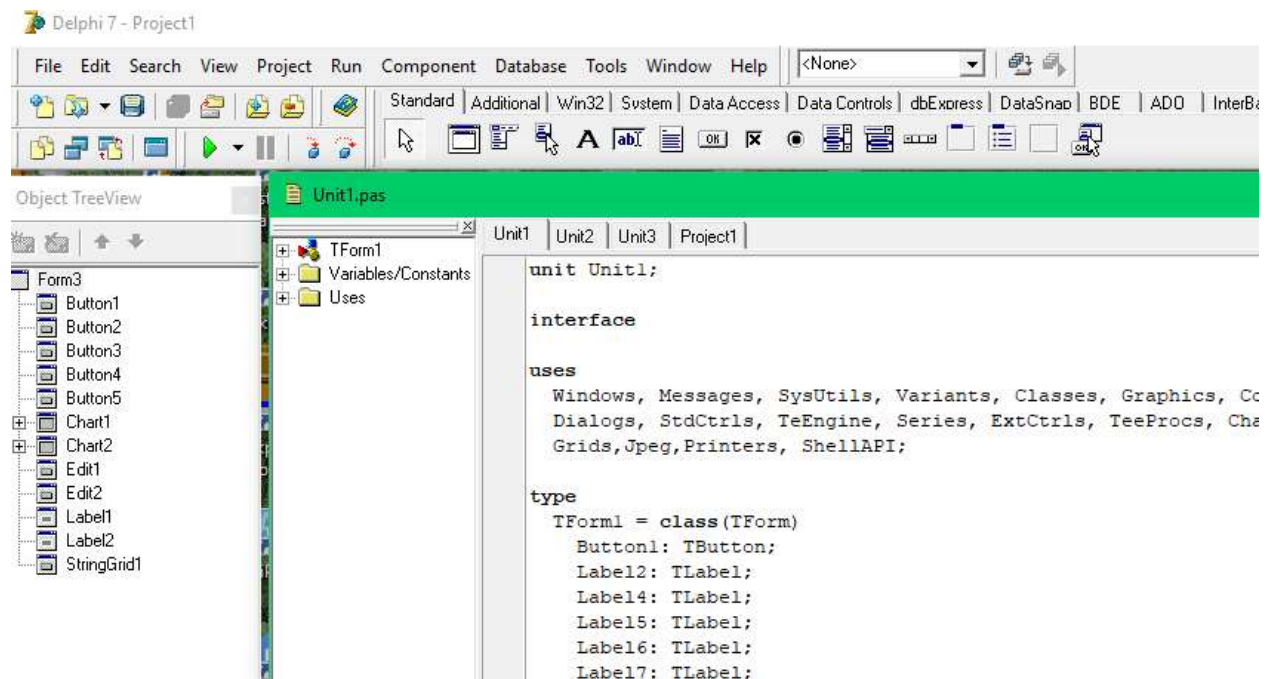
```
TForm1andrkv: = class(TForm); Button1andrkv: TButton; Image1andrkv: TImage; Label1andrkv: TLabel; Label2andrkv: TLabel; Label3andrkv: TLabel; Label4andrkv: TLabel; Label5andrkv: TLabel; Label6andrkv: TLabel; Label7andrkv: TLabel; Label8andrkv: TLabel;
```

Результати розрахунку системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток для першого варіанту системи керування натягу основи в подовжньому напрямку.

```
F1: 0,1260; 0,1260; 0,1259; 0,1258; 0,1257; 0,1255; 0,1253;
0,1251; 0,1248; 0,1244; 0,1241; 0,1237; 0,1232; 0,1228; 0,1223;
```

0,1217; 0,1211; 0,1205; 0,1198; 0,1191; 0,1184; 0,1176; 0,1168;
 0,1160; 0,1151; 0,1142; 0,1132; 0,1123; 0,1113; 0,1102; 0,1091;
 0,1080; 0,1069; 0,1057; 0,1045; 0,1032; 0,1019; 0,1006; 0,0993;
 0,0979; 0,0965; 0,0951; 0,0936; 0,0922; 0,0906; 0,0891; 0,0875;
 0,0859; 0,0843; 0,0827; 0,0810; 0,0793; 0,0776; 0,0758; 0,0741;
 0,0723; 0,0705; 0,0686; 0,0668; 0,0649; 0,0630.

На рисунку представлений фрагмент форми TForm1andrkvс = class(TForm) модуля unit Unit1.



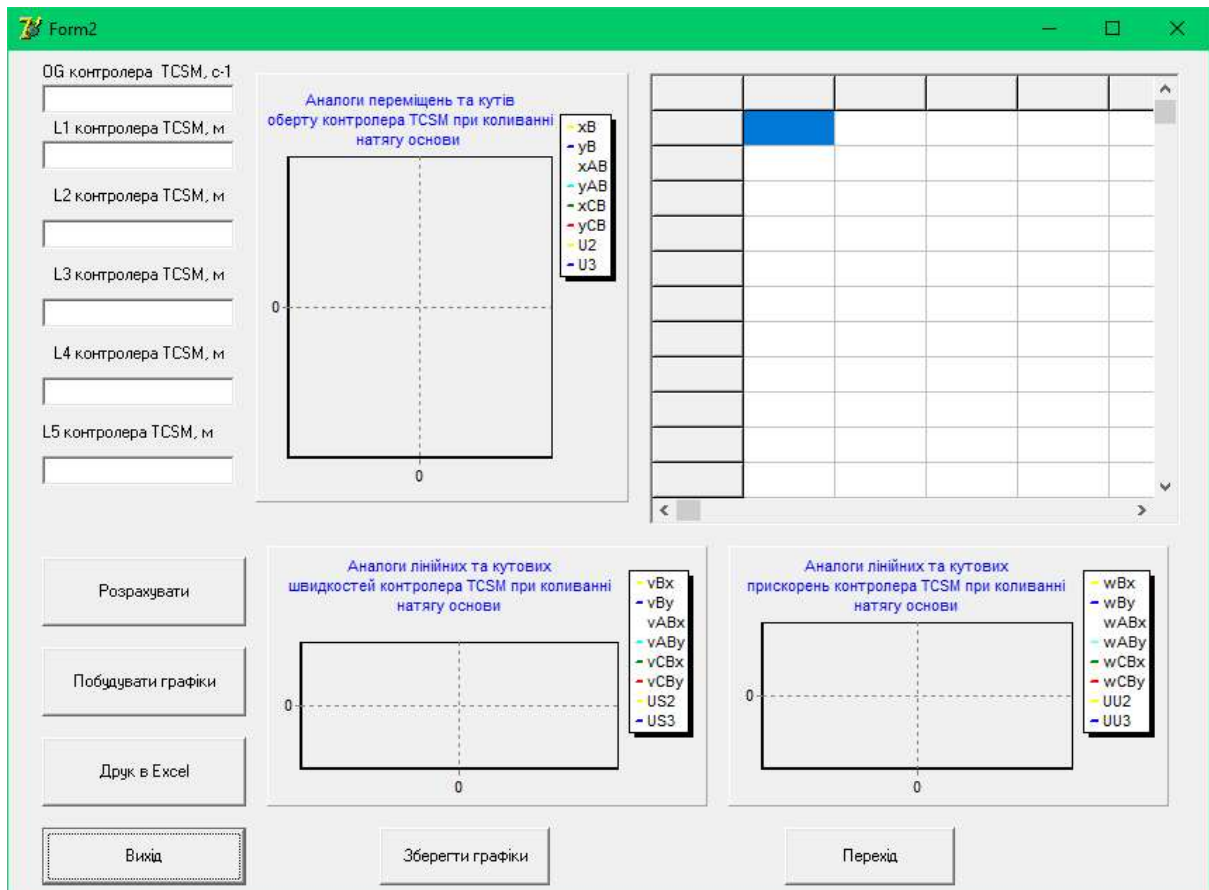
Друга форма модуля unit Unit2 програми системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток для першого та третього варіанту розрахунку координат точок та кутів оберту контролера TCSM натягу основи в подовжньому напрямку при коливанні натягу ниток на машинах для транспортування, проєкцій векторів швидкостей та прискорень робочого елемента контролера TCSM натягу основи в подовжньому напрямку при коливанні натягу ниток на машинах для транспортування має вигляд.

Модуль unit 1Unit2 форми TForm2andrkvс = class(TForm) системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток включає: три компоненти для

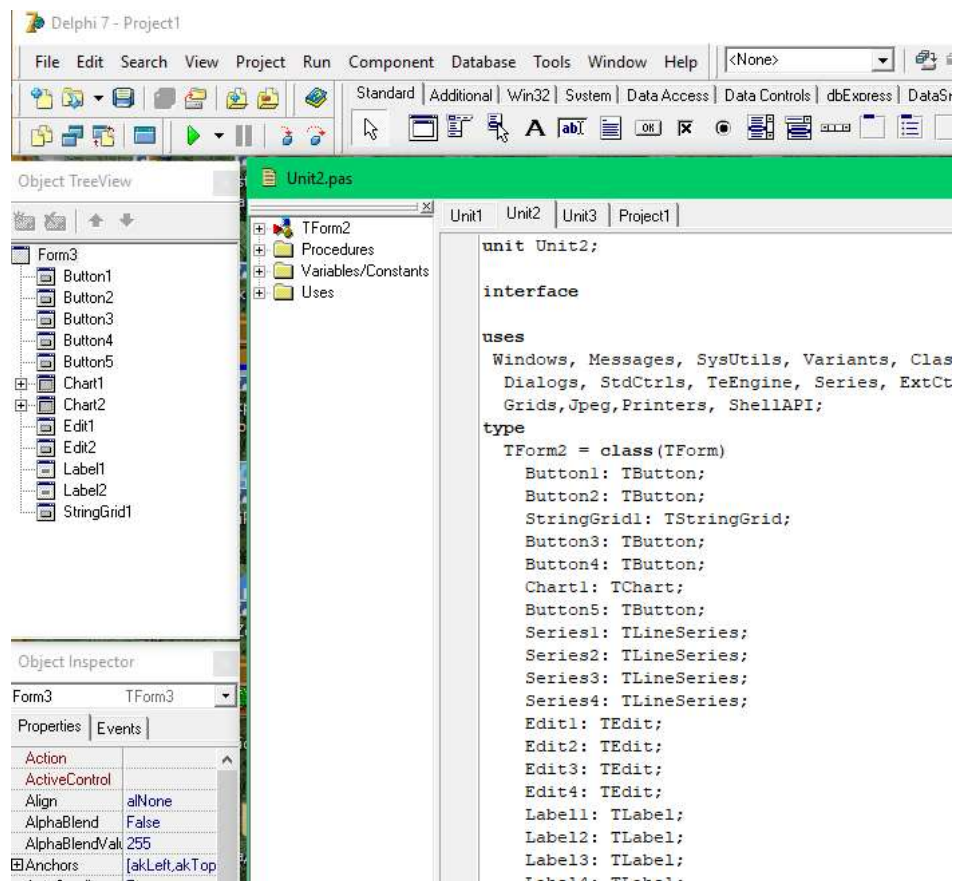
відображення графічної інформації Chart1andrkvс: Tchart, Chart2andrkvс: Tchart, Chart3andrkvс: Tchart; шість одно строкових вікон для введення інформації Edit1andrkvс: Tedit, Edit2andrkvс: Tedit, Edit3andrkvс: Tedit, Edit4andrkvс: Tedit, Edit5andrkvс: Tedit, Edit6andrkvс: Tedit; багато строкове вікно для виведення цифрової інформації StringGrid1andrkvс: TstringGrid.

Результати розрахунку системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток.

F4: 7,1315; 7,1318; 7,1320; 7,1322; 7,1323; 7,1324; 7,1324;
 7,1323; 7,1322; 7,1320; 7,1317; 7,1314; 7,1310; 7,1305; 7,1299;
 7,1293; 7,1286; 7,1278; 7,1269; 7,1259; 7,1249; 7,1237; 7,1225;
 7,1211; 7,1197; 7,1182; 7,1165; 7,1148; 7,1129; 7,1109; 7,1089;
 7,1066; 7,1043; 7,1019; 7,0993; 7,0965; 7,0937; 7,0907; 7,0876;
 7,0843; 7,0808; 7,0773; 7,0735; 7,0696; 7,0656; 7,0614; 7,0570;
 7,0524; 7,0477; 7,0428; 7,0377; 7,0325; 7,0271; 7,0215; 7,0157;
 7,0097; 7,0036; 6,9973; 6,9908; 6,9842; 6,9774.



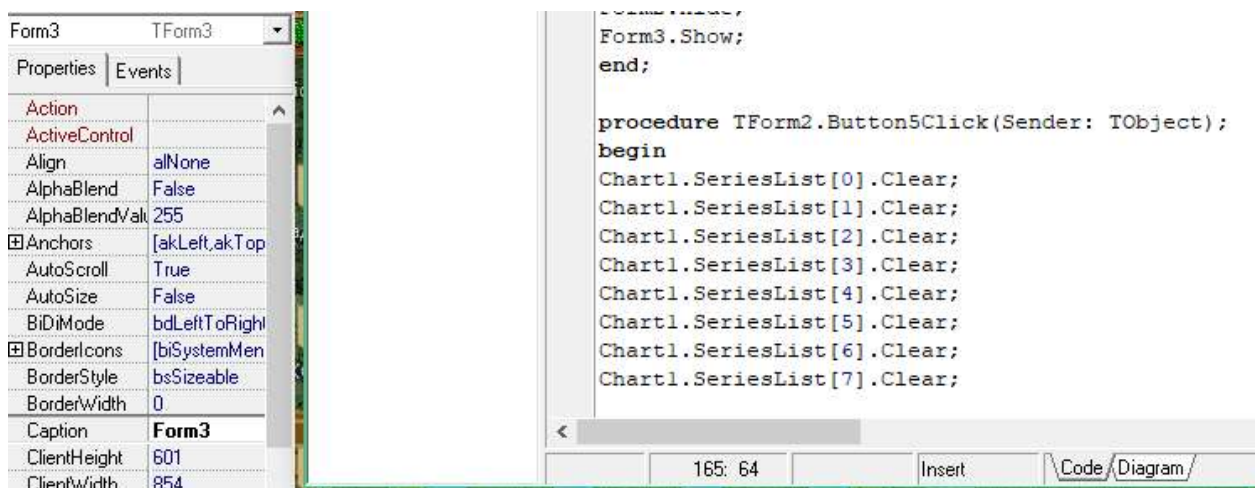
Модуль unit 1Unit2 також включає: шість кнопок Button1andrkv: Tbutton, Button2andrkv: Tbutton, Button3andrkv: Tbutton, Button4andrkv: Tbutton, Button5: Tbutton, Button6: Tbutton; дванадцять складових компоненту TChart: Series1andrkv: TlineSeries, Series2andrkv: TlineSeries, Series3andrkv: TlineSeries, Series4andrkv: TlineSeries, Series5andrkv: TlineSeries, Series6andrkv: TlineSeries, Series7andrkv: TlineSeries, Series8andrkv: TlineSeries, Series9andrkv: TlineSeries, Series10andrkv: TlineSeries, Series1andrkv1: TlineSeries, Series1andrkv2: TlineSeries. На формі TForm2andrkv = class(TForm) розташовані надписи над одно рядковими вікнами: Label1andrkv: TLabel; Label2andrkv: TLabel; Label3andrkv: TLabel; Label4andrkv: TLabel.



Результати розрахунку системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток для третього варіанту системи керування натягу основи в подовжньому напрямку.

S6: -0,3332; -0,3324; -0,3315; -0,3307; -0,3300; -0,3292; -0,3285; -
 0,3278; -0,3272; -0,3266; -0,3260; -0,3254; -0,3249; -0,3244; -0,3239; -
 0,3235; -0,3232; -0,3228; -0,3225; -0,3223; -0,3221; -0,3219; -0,3218; -
 0,3218; -0,3218; -0,3218; -0,3219; -0,3221; -0,3223; -0,3226; -0,3230; -
 0,3234; -0,3238; -0,3244; -0,3250; -0,3257; -0,3265; -0,3273; -0,3282; -
 0,3292; -0,3303; -0,3315; -0,3328; -0,3341; -0,3355; -0,3371; -0,3387; -
 0,3404; -0,3422; -0,3441; -0,3462; -0,3483; -0,3505; -0,3528; -0,3552; -
 0,3577; -0,3603; -0,3629; -0,3657; -0,3686; -0,3715.

Для представлення інформації в графічному вигляді використовується процедура `procedure TForm2.Button5Click(Sender: TObject)`.

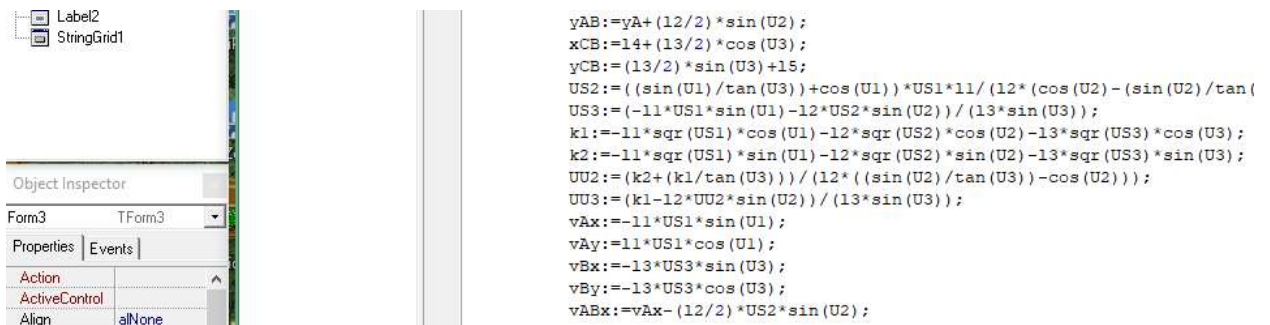


Результати розрахунку системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток.

S12: -2,4790; -2,5484; -2,6180; -2,6878; -2,7579; -2,8283; -2,8988; -
 2,9696; -3,0406; -3,1118; -3,1832; -3,2547; -3,3265; -3,3984; -3,4704; -
 3,5426; -3,6148; -3,6872; -3,7596; -3,8320; -3,9045; -3,9770; -4,0494; -
 4,1217; -4,1940; -4,2661; -4,3380; -4,4097; -4,4811; -4,5522; -4,6228; -
 4,6931; -4,7628; -4,8319; -4,9004; -4,9681; -5,0349; -5,1009; -5,1658; -
 5,2296; -5,2922; -5,3534; -5,4131; -5,4712; -5,5276; -5,5821; -5,6346; -
 5,6850; -5,7331; -5,7787; -5,8218; -5,8621; -5,8996; -5,9340; -5,9653; -
 5,9933; -6,0179; -6,0390; -6,0565; -6,0703; -6,0803.

На рисунку представлений фрагмент програмного коду модуля `Unit1Unit2` для визначення аналогів лінійних та дугових координат, аналогів

лінійних та кутових швидкостей та прискорень контролера TCSM натягу основи в подовжньому напрямку при коливанні натягу ниток на машинах для транспортування.

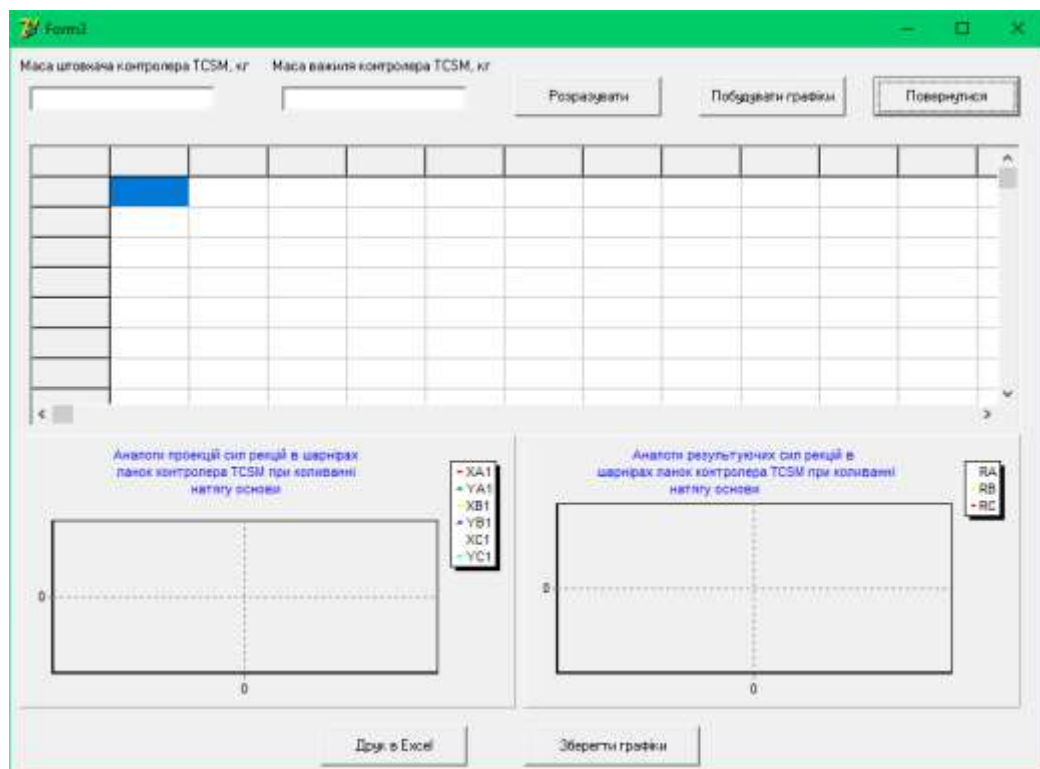


Результати розрахунку системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток для першого та третього варіанту для системи керування натягу основи в подовжньому напрямку.

S19: 0,3194; 0,3491; 0,3791; 0,4093; 0,4397; 0,4703; 0,5011;
0,5320; 0,5632; 0,5945; 0,6260; 0,6577; 0,6896; 0,7216; 0,7538;
0,7862; 0,8187; 0,8514; 0,8842; 0,9172; 0,9503; 0,9836; 1,0170;
1,0505; 1,0841; 1,1179; 1,1517; 1,1857; 1,2198; 1,2539; 1,2882;
1,3224; 1,3568; 1,3912; 1,4256; 1,4600; 1,4944; 1,5288; 1,5631;
1,5974; 1,6316; 1,6656; 1,6995; 1,7332; 1,7666; 1,7998; 1,8327;
1,8653; 1,8974; 1,9291; 1,9603; 1,9910; 2,0210; 2,0504; 2,0791;
2,1070; 2,1341; 2,1602; 2,1854; 2,2096; 2,2327.

Третя форма TForm3andrkvс = class(TForm) модуля unit Unit3 програми системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток для другого та четвертого варіанту розрахунку динамічних проєкцій реакцій в шарнірних парах початкової ланки, проміжної ланки контролера TCSM натягу основи, замикаючого важеля контролера TCSM натягу основи та повні динамічні реакції при коливанні натягу основи на машинах має вигляд представлений на рисунку. Результати розрахунку системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток.

V5: 2,2762; 5,5589; 5,4711; 5,3837; 5,2968; 5,2105; 5,1250;
 5,0404; 4,9569; 4,8744; 4,7931; 4,7131; 4,6345; 4,5573; 4,4817;
 4,4076; 4,3352; 4,2644; 4,1953; 4,1280; 4,0623; 3,9984; 3,9362;
 3,8756; 3,8167; 3,7595; 3,7037; 3,6495; 3,5966; 3,5451; 3,4948;
 3,4456; 3,3974; 3,3501; 3,3035; 3,2575; 3,2120; 3,1667; 3,1216;
 3,0765; 3,0312; 2,9855; 2,9393; 2,8923; 2,8445; 2,7957; 2,7456;
 2,6942; 2,6413; 2,5866; 2,5301; 2,4717; 2,4111; 2,3482; 2,2830;
 2,2152; 2,1447; 2,0714; 1,9951; 1,9157; 1,8330.



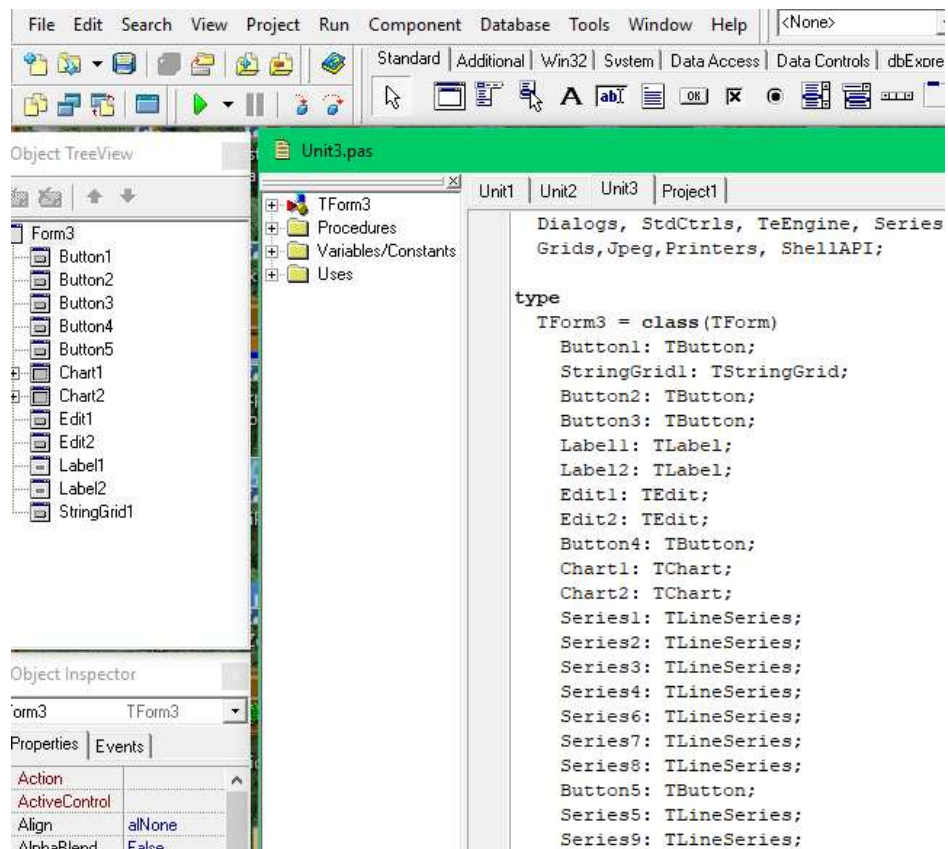
Вона включає наступні основні компоненти: TForm3andrkvс = class(TForm); Button1andrkvс: TButton; StringGrid1andrkvс: TStringGrid; Button2andrkvс: TButton; Button3andrkvс: TButton; Label1andrkvс: TLabel; Label2andrkvс: TLabel; Label3andrkvс: TLabel; Edit1andrkvс: TEdit; Edit2andrkvс: TEdit; Edit3andrkvс: TEdit; Label4andrkvс: TLabel; Label5andrkvс: TLabel; Edit4andrkvс: TEdit; Edit5: TEdit.

Результати розрахунку системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток.

S21: 1,3882; 1,4029; 1,4173; 1,4315; 1,4454; 1,4590; 1,4723;
 1,4854; 1,4981; 1,5106; 1,5229; 1,5348; 1,5465; 1,5578; 1,5689;

1,5797; 1,5903; 1,6005; 1,6105; 1,6202; 1,6296; 1,6387; 1,6475;
 1,6561; 1,6644; 1,6723; 1,6800; 1,6875; 1,6946; 1,7014; 1,7080;
 1,7143; 1,7202; 1,7259; 1,7313; 1,7363; 1,7411; 1,7455; 1,7496;
 1,7534; 1,7569; 1,7600; 1,7627; 1,7650; 1,7670; 1,7686; 1,7697;
 1,7705; 1,7707; 1,7705; 1,7698; 1,7686; 1,7669; 1,7645; 1,7616;
 1,7581; 1,7540; 1,7492; 1,7437; 1,7375; 1,7306.

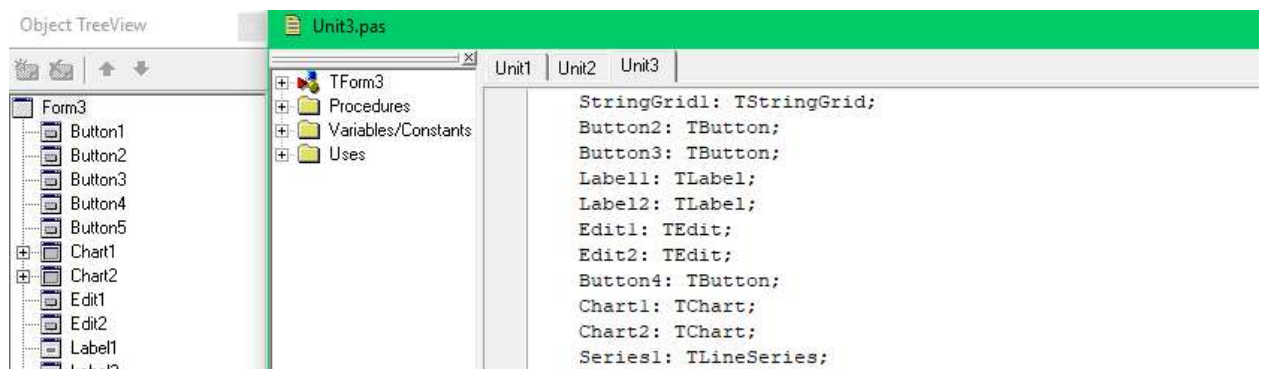
Третя форма TForm3andrkvс = class(TForm) також включає компоненти
 Button4andrkvс: TButton; Chart1andrkvс: TChart; Chart2andrkvс: TChart;
 Series1andrkvс: TlineSeries; Series2andrkvс: TlineSeries; Series3andrkvс:
 TlineSeries; Series4andrkvс: TlineSeries; Series5andrkvс: TlineSeries;
 Series6andrkvс: TlineSeries; Series7andrkvс: TlineSeries; Series8andrkvс:
 TlineSeries; Series9andrkvс: TlineSeries; Series10andrkvс: TlineSeries;
 Series1andrkvс1: TlineSeries; Series12andrkvс: TlineSeries; Series13andrkvс:
 TlineSeries; Series14andrkvс: TlineSeries; Series15andrkvс: TlineSeries;
 Series16andrkvс: TlineSeries; Button5andrkvс: TButton.



Результати розрахунку системи керування контролером TCSM натягу основи.

S26: 3,3265; 3,1776; 3,0216; 2,8586; 2,6886; 2,5115; 2,3275;
 2,1364; 1,9384; 1,7335; 1,5217; 1,3031; 1,0777; 0,8456; 0,6068;
 0,3615; 0,1096; -0,1488; -0,4134; -0,6844; -0,9614; -1,2446; -1,5336; -
 1,8284; -2,1287; -2,4346; -2,7457; -3,0619; -3,3829; -3,7085; -4,0384; -
 4,3723; -4,7099; -5,0509; -5,3948; -5,7412; -6,0896; -6,4394; -6,7903; -
 7,1414; -7,4921; -7,8418; -8,1896; -8,5348; -8,8764; -9,2135; -9,5452; -
 9,8704; -10,1881; -10,4973; -10,7969; -11,0857; -11,3627; -11,6269; -
 11,8773; -12,1128; -12,3326; -12,5359; -12,7220; -12,8902; -13,0401.

Для введення та виводу даних на формі TForm3andrkvс = class(TForm) розташовані одно строкові та багато строкове вікна для виведення цифрової інформації Edit1andrkvс: Tedit, Edit2andrkvс: Tedit, Edit3andrkvс: Tedit, Edit4andrkvс: Tedit, Edit5: Tedit та StringGrid1andrkvс: TStringGrid.



Результати розрахунку системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток для другого та четвертого варіанту для системи керування натягу основи в подовжньому напрямку.

S24: -5,3235; -5,3227; -5,3203; -5,3162; -5,3105; -5,3032; -5,2943; -
 5,2838; -5,2717; -5,2580; -5,2426; -5,2257; -5,2072; -5,1871; -5,1654; -
 5,1421; -5,1173; -5,0909; -5,0629; -5,0335; -5,0025; -4,9699; -4,9359; -
 4,9003; -4,8633; -4,8247; -4,7847; -4,7433; -4,7004; -4,6560; -4,6103; -
 4,5631; -4,5146; -4,4647; -4,4134; -4,3608; -4,3068; -4,2515; -4,1950; -
 4,1371; -4,0780; -4,0177; -3,9561; -3,8934; -3,8294; -3,7643; -3,6980; -

3,6306; -3,5621; -3,4925; -3,4219; -3,3502; -3,2775; -3,2038; -3,1291; -3,0534; -2,9769; -2,8994; -2,8210; -2,7418; -2,6617.

Для зберігання графічної інформації системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток для другого та третього варіантів використовувалася процедура `procedure TForm3.Button4Click(Sender: TObject).`



Результати розрахунку системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток для першого та третього варіанту.

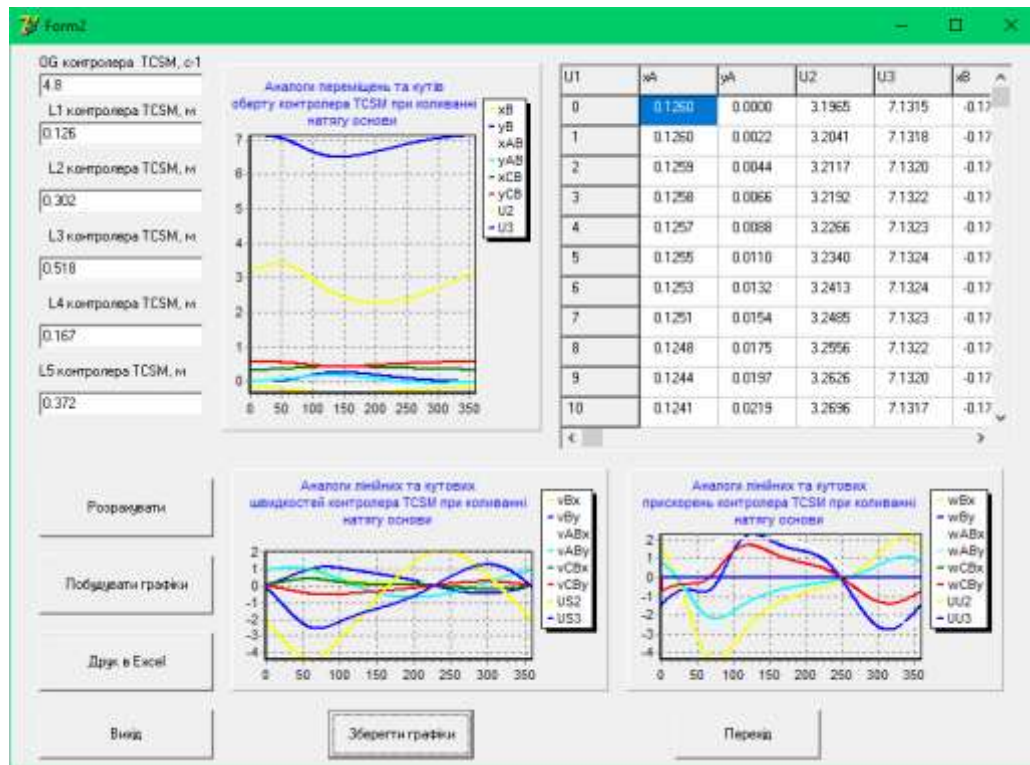
S28: -4,3250; -4,2501; -4,1709; -4,0874; -3,9996; -3,9074; -3,8109; -3,7101; -3,6051; -3,4957; -3,3822; -3,2644; -3,1425; -3,0163; -2,8861; -2,7518; -2,6134; -2,4711; -2,3248; -2,1746; -2,0205; -1,8627; -1,7011; -1,5360; -1,3673; -1,1951; -1,0195; -0,8407; -0,6588; -0,4738; -0,2860; -0,0954; 0,0977; 0,2931; 0,4907; 0,6902; 0,8914; 1,0940; 1,2976; 1,5021; 1,7071; 1,9121; 2,1168; 2,3207; 2,5235; 2,7246; 2,9236; 3,1199; 3,3130; 3,5024; 3,6875; 3,8678; 4,0426; 4,2116; 4,3741; 4,5297; 4,6779; 4,8183; 4,9505; 5,0742; 5,1892.

Для другого та четвертого варіанту.

S22: 0,1600; 0,1755; 0,1911; 0,2070; 0,2231; 0,2393; 0,2557; 0,2722; 0,2889; 0,3057; 0,3227; 0,3398; 0,3570; 0,3743; 0,3916; 0,4091; 0,4267; 0,4443; 0,4619; 0,4796; 0,4973; 0,5150; 0,5327; 0,5504; 0,5680; 0,5856; 0,6031; 0,6205; 0,6378; 0,6549; 0,6718; 0,6886; 0,7052; 0,7215; 0,7376; 0,7533; 0,7687; 0,7838; 0,7985;

0,8128; 0,8266; 0,8399; 0,8527; 0,8649; 0,8766; 0,8876; 0,8979;
 0,9075; 0,9164; 0,9244; 0,9317; 0,9381; 0,9436; 0,9482; 0,9519;
 0,9545; 0,9562; 0,9569; 0,9565; 0,9551; 0,9527.

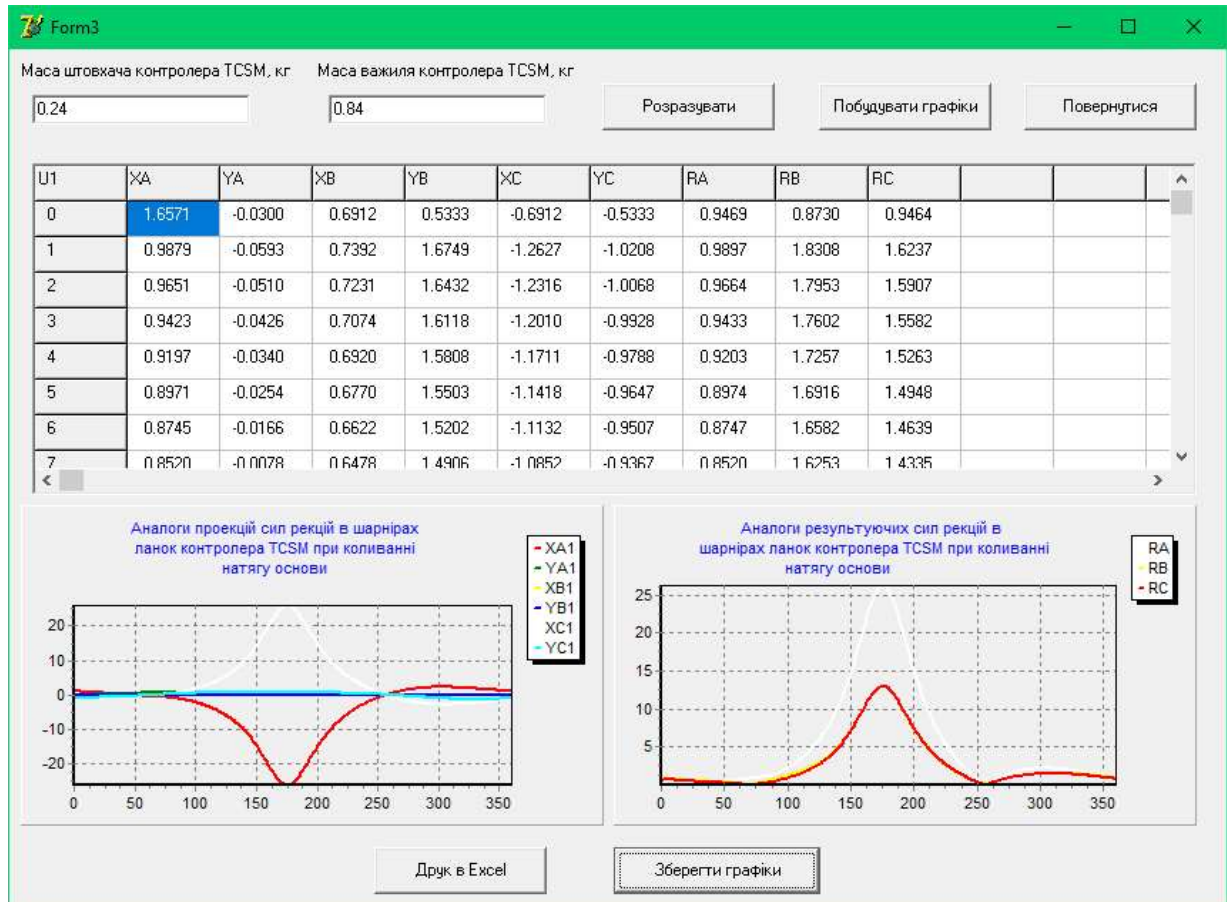
На рисунку показана друга форма програми з представленими результатами розрахунку для першого та третього варіанту для системи керування натягу ниток в подовжньому напрямку.



Результати розрахунку системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток для першого та третього варіанту для системи керування натягу основи в подовжньому напрямку.

F12: -0,0899; -0,1318; -0,1742; -0,2171; -0,2603; -0,3039; -0,3479; -
 0,3922; -0,4369; -0,4819; -0,5271; -0,5727; -0,6185; -0,6646; -0,7109; -
 0,7574; -0,8040; -0,8508; -0,8977; -0,9447; -0,9918; -1,0390; -1,0861; -
 1,1332; -1,1803; -1,2273; -1,2742; -1,3210; -1,3675; -1,4139; -1,4600; -
 1,5058; -1,5512; -1,5963; -1,6410; -1,6852; -1,7289; -1,7720; -1,8145; -
 1,8564; -1,8975; -1,9379; -1,9775; -2,0161; -2,0539; -2,0907; -2,1264; -
 2,1611; -2,1946; -2,2269; -2,2580; -2,2877; -2,3161; -2,3431; -2,3687; -
 2,3928; -2,4153; -2,4364; -2,4558; -2,4736; -2,4898.

На рисунку показана третя форма програми з представленими результатами розрахунку для другого та четвертого варіанту для системи керування натягу ниток в подовжньому напрямку.



Результати розрахунку системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток для другого та четвертого варіантів для системи керування натягу основи в подовжньому напрямку.

V7: -2,2762; -3,7253; -3,6748; -3,6233; -3,5709; -3,5175; -3,4632; -
 3,4082; -3,3523; -3,2956; -3,2382; -3,1801; -3,1213; -3,0618; -3,0016; -
 2,9408; -2,8793; -2,8172; -2,7545; -2,6911; -2,6271; -2,5624; -2,4971; -
 2,4311; -2,3645; -2,2972; -2,2292; -2,1606; -2,0913; -2,0213; -1,9507; -
 1,8794; -1,8074; -1,7348; -1,6616; -1,5878; -1,5135; -1,4387; -1,3635; -
 1,2878; -1,2119; -1,1358; -1,0595; -0,9831; -0,9068; -0,8307; -0,7548; -
 0,6794; -0,6045; -0,5302; -0,4567; -0,3840; -0,3124; -0,2419; -0,1726; -
 0,1046; -0,0381; 0,0271; 0,0907; 0,1527; 0,2132.

ВИСНОВКИ ПО 3 РОЗДІЛУ.

1. Розроблено програмне забезпечення для системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток.
2. Реалізація програмного забезпечення для системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток дозволяє визначати аналоги лінійних та дугових координат, аналоги лінійних та кутових швидкостей та прискорень контролера TCSM натягу основи в подовжньому напрямку при коливанні натягу ниток на машинах для транспортування, динамічні проекції реакцій в шарнірних парах початкової ланки, проміжної ланки контролера TCSM натягу основи, замикаючого важеля контролера TCSM натягу основи та повні динамічні реакції при коливанні натягу основи на машинах для транспортування з урахуванням коефіцієнту тертя дисків фрикціона, відносної швидкості ковзання, функції швидкості подачі і деформації основи, кутової швидкості валу фрикціона, приведенного радіусу фрикційних дисків, числа пар поверхонь тертя, кутового прискорення навою, прискорення деформації основи, діаметру навою, натягу основи, жорсткості основи в зоні навивки, сили притиснення дисків фрикціона.

5. ВИСНОВКИ

1. Проведено огляд літературних джерел по проблемі розробки системи керування натягу ниток в подовжньому напрямку. Сформульовано мету та задачі дослідження по проблемі удосконалення системи керування натягу ниток в подовжньому напрямку на основі розробки математичних та програмних компонентів САПР.
2. Отримані відповідні аналітичні залежності для аналогів лінійних та кутових швидкостей та прискорень контролера TCSM натягу основи в подовжньому напрямку при коливанні натягу ниток на машинах для транспортування на машинах для транспортування, динамічних проекцій реакцій в шарнірних парах початкової ланки, проміжної ланки контролера, замикаючого важеля контролера TCSM натягу основи та повних динамічних реакцій при коливанні натягу основи на машинах для транспортування з урахуванням коефіцієнту тертя дисків фрикціона, відносної швидкості ковзання, функції швидкості подачі і деформації основи, кутової швидкості валу фрикціона, приведенного радіусу фрикційних дисків, числа пар поверхонь тертя, кутового прискорення навою, прискорення деформації основи, діаметру навою, натягу основи, жорсткості основи в зоні навивки, сили притиснення дисків фрикціона.
3. Для системи керування натягу ниток в подовжньому напрямку розроблений алгоритм програми для визначення лінійних та дугових координат, аналогів лінійних та кутових швидкостей та прискорень контролера TCSM натягу основи в подовжньому напрямку при коливанні натягу ниток на машинах для транспортування, динамічних проекцій реакцій в шарнірних парах початкової ланки, проміжної ланки контролера, замикаючого важеля контролера TCSM натягу основи та повних динамічних реакцій при коливанні натягу основи на машинах для транспортування.

4. Для розрахунку конструктивних параметрів системи керування натягу ниток в подовжньому напрямку створена програма на мові об'єктне - орієнтованого програмування. Реалізація програмного забезпечення для системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток дозволяє визначати аналоги лінійних та дугових координат, аналоги лінійних та кутових швидкостей та прискорень контролера TCSM натягу основи в подовжньому напрямку при коливанні натягу ниток на машинах для транспортування, динамічні проєкції реакцій в шарнірних парах початкової ланки, проміжної ланки контролера TCSM натягу основи, замикаючого важеля контролера TCSM натягу основи та повні динамічні реакції при коливанні натягу основи на машинах для транспортування з урахуванням коефіцієнту тертя дисків фрикціона, відносної швидкості ковзання, функції швидкості подачі і деформації основи, кутової швидкості валу фрикціона, приведеного радіусу фрикційних дисків, числа пар поверхонь тертя, кутового прискорення навою, прискорення деформації основи, діаметру навою, натягу основи, жорсткості основи в зоні навивки, сили притиснення дисків фрикціона.

5. Запропоновано основні напрями удосконалення контролера TCSM натягу ниток в подовжньому напрямку з фрикційною дисковою муфтою машин для транспортування основи при наявності коливання натягу на основі розробки математичних та програмних компонентів САПР з урахуванням коефіцієнту тертя дисків фрикціона, відносної швидкості ковзання, функції швидкості подачі і деформації основи, кутової швидкості валу фрикціона, приведеного радіусу фрикційних дисків, числа пар поверхонь тертя, кутового прискорення навою, прискорення деформації основи, діаметру навою, натягу основи, жорсткості основи в зоні навивки, сили притиснення дисків фрикціона.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.

1. 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.
2. Закон «Про вищу освіту» -<http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>.
3. Закон «Про освіту» -<http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/2145-19>.
4. Державний класифікатор України: Класифікація видів економічної діяльності ДК009:2005. -Київ: Держстандарт України,2006.
5. Національний класифікатор України: «Класифікатор професій» ДК 003:2010.–К. : Видавництво «Соцінформ», 2010.
6. Перелік галузей знань і спеціальностей –<http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/266-2015-п>.
7. Національна рамка кваліфікацій –<http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1341-2011-п>.
8. 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.
9. 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.
10. 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.

11. 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.

12. 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. 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.

14. 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.

15. 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.

16. 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.

17. 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 н. – К.:КНУТД, 2016. – 373 с.

18. 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.
19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. 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.
23. 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.

24. 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 та ін. – К.:КНУТД, 2016. – 214 с.
25. 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 та ін. – К.:КНУТД, 2015. – 339 с.
26. 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 та ін. – К.:КНУТД, 2015. – 270 с.
27. 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.
28. Щербань В. Ю. Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/В.Ю.Щербань.-К.:КНУТД, 2016. – 184 с.
29. Щербань В. Ю. Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/В.Ю. Щербань. -К.: Освіта України, 2017. – 238 с.
30. 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.
31. Прогнозування процесів на основі моделювання часових рядів: навчальний посібник/ П.І. Бідюк, В.Ю.Щербань, Є.О. Демківський, Т.І. Демківська. -К.:КНУТД, 2017.-324 с.
32. 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.: Бум сервіс, 2016. – 588 с.
33. 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.
34. Щербань В.Ю. Механіка нитки/В.Ю.Щербань. – К.: Видавництво «Укрбланковидав». – 2018. – 533 с.
<https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/9517>
35. Щербань В. Ю. Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/В.Ю.Щербань.-К.: Освіта України, 2018. – 257 с.
36. Щербань В.Ю. Базове проектує 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.
37. Щербань В. Ю. Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/ В.Ю.Щербань.-К.: Освіта України, 2019. – 252 с.
38. 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.
39. Щербань В. Ю. Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/В.Ю.Щербань – К.: Освіта України: ФОП Маслаків, 2020. – 236 с.
40. Щербань В. Ю. Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві / В.Ю.Щербань – К.: Освіта України, 2021. – 248 с.
41. 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.

42. 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.
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. 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.
45. 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.
46. 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.
47. 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.
48. Shcherban' V., Melnyk G., Sholudko M., Kolisko O. and Kalashnyk V. Improvement of structure and technology of manufacture of multilayer technical fabric/V. Shcherban' , G. Melnyk , M. Sholudko , O. Kolisko, V. Kalashnyk// Fibres and Textiles. – 2019. - Volume 26 - № 2 - pp. 54-63.
49. Shcherban' V., Korogod G., Chaban V., Kolisko 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.

50. 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.
51. 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.
52. 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.
53. 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.
54. 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.
55. 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.
56. 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.

58. 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.
59. 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.
60. 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.
61. 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.
62. 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.
63. 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 багатошарових 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.

64. 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 багатошарової 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.

ДОДАТОК 1.

Результати розрахунку

системи керування натягу ниток в подовжньому напрямку.

V8: 2,3736; 1,7571; 1,6909; 1,6241; 1,5568; 1,4891; 1,4211;
 1,3529; 1,2849; 1,2173; 1,1505; 1,0849; 1,0212; 0,9603; 0,9033;
 0,8515; 0,8066; 0,7705; 0,7453; 0,7330; 0,7351; 0,7523; 0,7845;
 0,8307; 0,8896; 0,9595; 1,0389; 1,1263; 1,2206; 1,3207; 1,4259;
 1,5353; 1,6485; 1,7650; 1,8842; 2,0058; 2,1295; 2,2548; 2,3814;
 2,5090; 2,6373; 2,7659; 2,8945; 3,0228; 3,1504; 3,2769; 3,4020;
 3,5253; 3,6464; 3,7650; 3,8807; 3,9931; 4,1019; 4,2066; 4,3070;
 4,4027; 4,4935; 4,5791; 4,6592; 4,7337; 4,8024.

V9: 2,6898; 5,6217; 5,5295; 5,4378; 5,3468; 5,2565; 5,1671;
 5,0787; 4,9914; 4,9053; 4,8206; 4,7373; 4,6555; 4,5754; 4,4969;
 4,4201; 4,3452; 4,2722; 4,2011; 4,1320; 4,0649; 3,9998; 3,9367;
 3,8757; 3,8168; 3,7598; 3,7048; 3,6518; 3,6006; 3,5512; 3,5035;
 3,4575; 3,4130; 3,3698; 3,3278; 3,2870; 3,2470; 3,2078; 3,1691;
 3,1307; 3,0925; 3,0543; 3,0157; 2,9766; 2,9368; 2,8961; 2,8543;
 2,8111; 2,7664; 2,7200; 2,6717; 2,6214; 2,5689; 2,5141; 2,4568;
 2,3970; 2,3346; 2,2695; 2,2017; 2,1311; 2,0577.

V10: 2,3477; 4,3810; 4,3021; 4,2231; 4,1440; 4,0651; 3,9861;
 3,9072; 3,8284; 3,7498; 3,6712; 3,5928; 3,5146; 3,4364; 3,3584;
 3,2805; 3,2027; 3,1250; 3,0474; 2,9698; 2,8923; 2,8147; 2,7371;
 2,6595; 2,5818; 2,5039; 2,4259; 2,3477; 2,2693; 2,1907; 2,1119;
 2,0328; 1,9534; 1,8738; 1,7939; 1,7137; 1,6333; 1,5527; 1,4719;
 1,3909; 1,3099; 1,2288; 1,1477; 1,0668; 0,9860; 0,9055; 0,8254;
 0,7457; 0,6667; 0,5883; 0,5107; 0,4340; 0,3584; 0,2841; 0,2114;
 0,1412; 0,0771; 0,0474; 0,0913; 0,1539; 0,2187.

ДОДАТОК 2.

Копії публікацій за темою магістерської роботи «Алгоритмічні та програмні компоненти системи керування натягу ниток в подовжньому напрямку»

| s , см | n , см | s_1/s | ρ | η | P_H | γ | σ_{FB} , МПа |
|----------|----------|---------|--------|--------|-------|----------|---------------------|
| 31 | 0 | 1.0 | 1.0 | 0.48 | 1.92 | 2.0 | - 6.6 |
| 38 | 0 | 0.816 | 1.0 | 0.58 | 1.75 | 2.0 | - 6.1 |
| 44 | 0 | 0.705 | 1.0 | 0.66 | 1.64 | 2.0 | - 5.4 |

Висновки

Розроблений аналітичний метод визначення напруги в пакуванні конічної форми. Розрахунок напруги в конічних пакуваннях може бути зведений до використання функцій табуляції, придатних також для пакувань циліндрової форми.

Література

1. Щербань В.Ю. Механіка нитки/В.Ю.Щербань. – К.:Видавництво «Укрбланковидав». – 2018. – 533 с.
2. Щербань В.Ю. Алгоритмічні, програмні та математичні компоненти САПР в індустрії моди/ В.Ю.Щербань, О.З.Коліско, М.І.Шолудько, В.Ю.Калашник. – К.:Освіта України, 2017. – 745 с.
3. Щербань В.Ю. Математичні моделі в САПР.Обрані розділи та приклади застосування/В.Ю.Щербань, С.М.Краснитський, В.Г.Резанова.-К.:КНУТД, 2010.-220 с.
4. Щербань В.Ю. САПР обладнання легкої та текстильної промисловості /В.Ю.Щербань, Ю.Ю.Щербань, О.З.Кліско. -К.:Конус-Ю, 2007.- 275с.
5. 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.
6. 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.

ЩЕРБАНЬ В.Ю., АНДРІЄВСЬКИЙ В. Є.

АЛГОРИТМІЧНІ ТА ПРОГРАМНІ КОМПОНЕНТИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ НАТЯГУ НИТОК В ПОДОВЖНЬОМУ НАПРЯМКУ ALGORITHMIC AND SOFTWARE COMPONENTS OF THE THREAD TENSION CONTROL SYSTEM IN THE LONGITUDINAL DIRECTION

Annotation. A purpose consists in development of algorithmic and programmatic components of control the system by the vibrations of drew on of basis on the machines of size.

A task consists in optimization of control the system by the vibrations of drew of basis on the machines of size on the basis of kinematics researches taking into account the real actual loads at implementation of technological operations.

Object and article of research. The technological process of sizing of basis comes forward a research object, and comes forward the article of research control the system by the vibrations of drew of basis.

Methods and research facilities. Theoretical basis at the decision of scientific and technical problem are labours of leading scientists in industries of textile production, theory of mechanisms and machines, mathematical design, mathematical, software SAPR. The methods of integral and differential calculation, theoretical mechanics, theory of algorithms are utilized in theoretical researches.

Scientific novelty and practical value of the got results. On the basis of kinematics researches of mechanism taking into account the real actual loads at implementation of technological operations, control the system by the vibrations of drew of basis is improved on the machines of size.

Keywords: machine of size, drew on, basic filament

Вступ

Мета полягає в розробці алгоритмічних та програмних компонентів системи керування коливаннями натягу основи на шліхтувальних машинах[2-6].

Завдання полягає в оптимізації системи керування коливаннями натягу основи на шліхтувальних машинах на основі кінематичних досліджень з урахуванням реальних корисних навантажень при виконанні технологічних операцій[1,3,4].

Об'єктом дослідження виступає технологічний процес шліхтування основи, а предметом дослідження виступає системи керування коливаннями натягу основи.

Теоретичною основою при вирішенні науково-технічної проблеми є праці провідних вчених в галузях текстильного виробництва, теорії механізмів та машин, математичного моделювання, математичного, програмного забезпечення САПР [1-4]. У теоретичних дослідженнях використано методи інтегрального та диференційного числення, теоретичної механіки, теорії алгоритмів[1,2,6].

На основі кінематичних досліджень механізму з урахуванням реальних корисних навантажень при виконанні технологічних операцій, удосконалена система керування коливаннями натягу основи на шліхтувальних машинах.

Основна частина

У системах керування коливаннями натягу основи на шліхтувальних машинах навивка основи на навій здійснюється через фрикційну дискову муфту. Момент від провідного диска фрикційної муфти силами тертя передається веденому диску. Сила притиснута дисків Q визначає момент, що крутить вал, необхідний для створення певної сили P натягнення основи, постійність якої при навивки на навій є одним з основних вимог системи керування коливаннями натягу основи на шліхтувальних машинах. На рисунку 1 представлені основні форма програми.

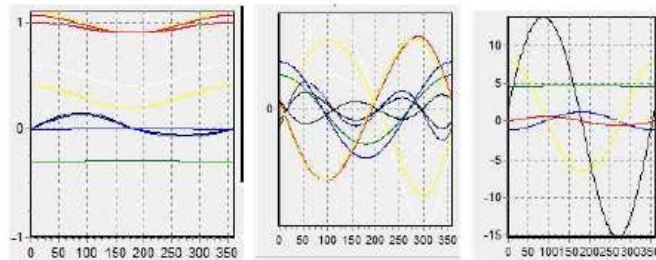


Рисунок 1 – Основні форма програми

Рівняння руху системи має вигляд

$$Q \mu R_{\varphi} \ddot{\varphi} = j \dot{\varphi} + P \frac{D_H}{2}, \quad (1)$$

де $\mu = F(v_C)$ - коефіцієнт тертя дисків фрикціона, залежний від швидкості ковзання; $v_C = R_{\varphi}(\omega_B - \dot{\varphi} + \dot{x})$ - відносна швидкість ковзання дисків

фрикціона у функції від швидкості подачі і деформації основи, ω_B - кутова швидкість провідного валу фрикціона; $\dot{x} = v_0 \varepsilon(t)$ - швидкість деформації основи; $\varepsilon(t)$ - деформація у функції часу, залежна від натягнення основи, зв'язаного, у свою чергу, з коефіцієнтом тертя, не постійним в часі; $R_{\varphi} = \frac{1}{3} \frac{D_1^3 - D_2^3}{D_1^2 - D_2^2}$ - приведений радіус фрикційних дисків; n -

число пар поверхонь тертя; j - момент інерції навою і ведених дисків; $\dot{\varphi} = \frac{2\dot{x}}{D_H}$ - кутове прискорення навою, що виникає при зміні деформації

основи; \ddot{x} - прискорення деформації основи; D_H - діаметр навою; $P = kx$ - натягнення основи; x - деформація основи, що знаходиться в зоні навивки (у одиницях довжини); k - жорсткість основи, що знаходиться в зоні навивки; Q - сила притиснення дисків фрикціона.

Необхідно відзначити, що визначаючи $\dot{\varphi}$, ми не враховуємо кутове прискорення, що виникає за рахунок зміни діаметру навою, оскільки розглядається короткий, в сенсі зміни діаметру навою, проміжок часу.

Жорсткість основи приймається постійною в межах навантажень, що мають місце при навивці основи на навої. За наявними даними графік «поводження - навантаження» для віскозних ниток має пряму ділянку в межах зміни навантаження від 0 до 0,9 Н/нитку. У наших дослідях оптимальне натягнення не перевищувало 0,65 Н/нитку.

Висновки

На підставі викладеного, для зниження амплітуди автоколивань при використанні системи керування коливаннями натягу основи на

шліхтувальних машинах можна рекомендувати наступне: зменшити момент інерції навою і сполучених з ним деталей приводу; збільшити жорсткість основи в зоні навивки (наприклад, зменшенням довжини основи в зоні навивки); необхідно підбирати такі матеріали поверхонь тертя, для яких падаюча ділянка залежності коефіцієнта тертя від швидкості ковзання була б найменшою в області робочих швидкостей ковзання.

Література

1. Щербань В.Ю. Механіка нитки/В.Ю.Щербань. – К.:Видавництво «Укрбланковидав». – 2018. – 533 с.
2. Щербань В.Ю. Алгоритмічні, програмні та математичні компоненти САПР в індустрії моди/ В.Ю.Щербань, О.З.Коліско, М.І.Шолудько, В.Ю.Калашник. – К.:Освіта України, 2017. – 745 с.
3. Щербань В.Ю. Математичні моделі в САПР. Обрані розділи та приклади застосування/В.Ю.Щербань, С.М.Краснитський, В.Г.Резанова.-К.:КНУТД, 2010.-220 с.
4. Щербань В.Ю. САПР обладнання легкої та текстильної промисловості /В.Ю.Щербань, Ю.Ю.Щербань, О.З.Клиско. -К.:Конус-Ю, 2007.- 275с.
5. 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.
6. 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.Шпа, В.В.Чабан та ін. – К.:КНУТД, 2016. – 373 с.

ЩЕРБАНЬ В.Ю., ШЕЙКО Д.А. АЛГОРИТМІЧНІ ТА ПРОГРАМНІ КОМПОНЕНТИ СИСТЕМИ ПРОЕКТУВАННЯ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ НАТЯГУ ПРОСТОРОВОЇ ФОРМИ

SHCHERBAN V.Yu., SHEYKO D.A.
ALGORITHMIC AND SOFTWARE COMPONENTS OF THE DEVICE DESIGN SYSTEM FOR
SPATIAL FORM TENSION

Annotation. The high-rate of motion of filament in textile machines results in that at co-operation of knots, cones and local bulges with the surface of overhead and lower dishes of creating a tension of filament there is shock co-operation. It, in same queue, entails the sharp increase of pull, that results in the precipice of filaments. The arising up here outages of textile equipment, filaments related to liquidation of precipice, result in the decline of the productivity of machines and worsen quality of the produced products.

ДОДАТОК 3.

Презентація дипломної магістерської роботи «Алгоритмічні та програмні компоненти системи керування натягу ниток в подовжньому напрямку»

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

Дипломна магістерська робота

на тему: Алгоритмічні та програмні компоненти системи
керування натягу ниток в подовжньому напрямку

Виконав: студент групи МгЗІТ-21 спеціальності 122 - Комп'ютерні науки

Андрієвський В. Є.

Керівник Щербань В. Ю.

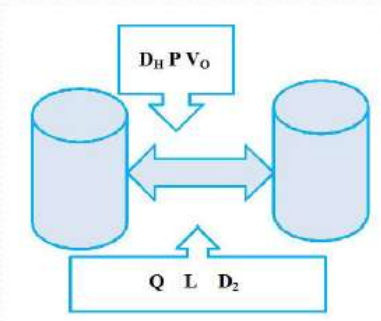
Київ 2022

Мета дослідження – удосконалення системи керування натягу ниток в подовжньому напрямку.

Завдання дослідження. Розробити відповідні математичні моделі системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток, алгоритм для їх реалізації на ЕОМ, програмне забезпечення для реалізації розробленого алгоритму.

Об'єкт дослідження. Технологічні процеси підготовчого виробництва.

Предмет дослідження. Системи керування натягу ниток в подовжньому напрямку.



$$Q \mu R_{np} n = j \ddot{\varphi} + P \frac{D_H}{2},$$

$$R_{np} = \frac{1 D_1^3 - D_2^3}{3 D_1^2 - D_2^2}$$

$$\mu = F(v_C) = E + A v_C + B v_C^2 + C v_C^3, \quad \ddot{z} + \alpha \dot{z} + \beta z^2 + \gamma z^3 + w^2 z = 0,$$

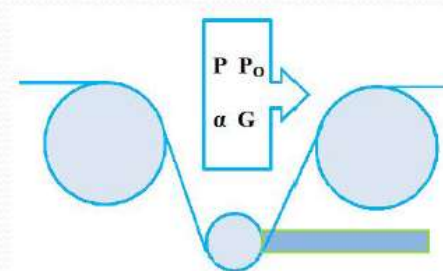
$$Y = \frac{2}{w} \sqrt{-\frac{\alpha}{3\gamma}}.$$

$$Y = \frac{4}{D_{np}} \sqrt{-\frac{j(A + 2Ba + 3Ca^2)}{3Ck}},$$

$$Y = \frac{2}{w} \sqrt{-\frac{A' + 2B'a + 3C'a^2}{3C' \left(\frac{D_{np}}{D_n}\right)^2}}.$$

$$F_{y\partial} = E' + A' v_C + B' v_C^2 + C' v_C^3,$$

$$E = \frac{E'}{q}, \quad A = \frac{A'}{q}, \quad B = \frac{B'}{q}, \quad C = \frac{C'}{q}.$$





Алгоритмічні та програмні компоненти системи керування натягу ниток в подовжньому напрямку

Виконав: Андрієвський Владислав Євгенович
 Магістр групи МгЗІТ-21

Науковий керівник: професор Щербань В.Ю.

Версія 1.0

Вид

Київ 2022

ВВ контролер TSCM, с-1

Аналіз керування та суттєві зміни контролера TSCM при налаштуванні натягу основи

Аналіз впливу та суттєві зміни контролера TSCM при налаштуванні натягу основи

Аналіз впливу та суттєві зміни контролера TSCM при налаштуванні натягу основи

Вид

Зберегти графік

Параметри

ВВ контролер TSCM, с-1

Аналіз керування та суттєві зміни контролера TSCM при налаштуванні натягу основи

| U1 | U2 | U3 | U4 | U5 | U6 |
|----|--------|--------|--------|--------|------|
| 0 | 0.1250 | 0.0000 | 5.1500 | 7.1310 | 4.17 |
| 1 | 0.1250 | 0.0000 | 5.2040 | 7.1310 | 4.17 |
| 2 | 0.1250 | 0.0044 | 5.2117 | 7.1330 | 4.17 |
| 3 | 0.1250 | 0.0066 | 5.2192 | 7.1322 | 4.17 |
| 4 | 0.1250 | 0.0088 | 5.2266 | 7.1321 | 4.17 |
| 5 | 0.1250 | 0.0110 | 5.2340 | 7.1324 | 4.17 |
| 6 | 0.1250 | 0.0132 | 5.2411 | 7.1324 | 4.17 |
| 7 | 0.1250 | 0.0154 | 5.2480 | 7.1322 | 4.17 |
| 8 | 0.1248 | 0.0176 | 5.2546 | 7.1322 | 4.17 |
| 9 | 0.1244 | 0.0197 | 5.2606 | 7.1320 | 4.17 |
| 10 | 0.1241 | 0.0219 | 5.2660 | 7.1317 | 4.17 |

Вид

Зберегти графік

Параметри

Масштабний контролер TSCM, ст

Аналіз керування та суттєві зміни контролера TSCM при налаштуванні натягу основи

| U1 | U2 | U3 | U4 | U5 | U6 | U7 | U8 | U9 | U10 |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 1 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 4 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 5 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 6 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 7 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

Вид

Зберегти графік

Параметри

ВИСНОВКИ

1. Проведено огляд літературних джерел по проблемі розробки системи керування натягу ниток в подовжньому напрямку. Сформульовано мету та задачі дослідження по проблемі удосконалення системи керування натягу ниток в подовжньому напрямку на основі розробки математичних та програмних компонентів САПР.
2. Отримані відповідні аналітичні залежності для аналогів лінійних та кутових швидкостей та прискорень контролера TCSM натягу основи в подовжньому напрямку при коливанні натягу ниток на машинах для транспортування на машинах для транспортування, динамічних проекцій реакцій в шарнірних парах початкової ланки, проміжної ланки контролера, замикаючого важеля контролера TCSM натягу основи та повних динамічних реакцій при коливанні натягу основи на машинах для транспортування з урахуванням коефіцієнту тертя дисків фрикціона, відносної швидкості ковзання, функції швидкості подачі і деформації основи, кутової швидкості валу фрикціона, приведенного радіусу фрикційних дисків, числа пар поверхонь тертя, кутового прискорення навою, прискорення деформації основи, діаметру навою, натягу основи, жорсткості основи в зоні навивки, сили притиснення дисків фрикціона.
3. Для системи керування натягу ниток в подовжньому напрямку розроблений алгоритм програми для визначення лінійних та дугових координат, аналогів лінійних та кутових швидкостей та прискорень контролера TCSM натягу основи в подовжньому напрямку при коливанні натягу ниток на машинах для транспортування, динамічних проекцій реакцій в шарнірних парах початкової ланки, проміжної ланки контролера, замикаючого важеля контролера TCSM натягу основи та повних динамічних реакцій при коливанні натягу основи на машинах для транспортування.
4. Для розрахунку конструктивних параметрів системи керування натягу ниток в подовжньому напрямку створена програма на мові об'єктне - орієнтованого програмування. Реалізація програмного забезпечення для системи керування контролером TCSM натягу основи в подовжньому напрямку машин для транспортування ниток дозволяє визначати аналоги лінійних та дугових координат, аналоги лінійних та кутових швидкостей та прискорень контролера TCSM натягу основи в подовжньому напрямку при коливанні натягу ниток на машинах для транспортування, динамічні проекції реакцій в шарнірних парах початкової ланки, проміжної ланки контролера TCSM натягу основи, замикаючого важеля контролера TCSM натягу основи та повні динамічні реакції при коливанні натягу основи на машинах для транспортування з урахуванням коефіцієнту тертя дисків фрикціона, відносної швидкості ковзання, функції швидкості подачі і деформації основи, кутової швидкості валу фрикціона, приведенного радіусу фрикційних дисків, числа пар поверхонь тертя, кутового прискорення навою, прискорення деформації основи, діаметру навою, натягу основи, жорсткості основи в зоні навивки, сили притиснення дисків фрикціона.
5. Запропоновано основні напрями удосконалення контролера TCSM натягу ниток в подовжньому напрямку з фрикційною дисковою муфтою машин для транспортування основи при наявності коливання натягу на основі розробки математичних та програмних компонентів САПР з урахуванням коефіцієнту тертя дисків фрикціона, відносної швидкості ковзання, функції швидкості подачі і деформації основи, кутової швидкості валу фрикціона, приведенного радіусу фрикційних дисків, числа пар поверхонь тертя, кутового прискорення навою, прискорення деформації основи, діаметру навою, натягу основи, жорсткості основи в зоні навивки, сили притиснення дисків фрикціона.