

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

## ***Дипломна магістерська робота***

**на тему Алгоритмічні та програмні компоненти системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування**

Виконав: студент групи МГІТ-1-20  
спеціальності 122 Комп'ютерні науки  
освітньої програми Комп'ютерні науки

**Ярослав ІВЛЄВ**

Керівник д.т.н., проф. Володимир ЩЕРБАНЬ

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

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  
“ ” грудня 2021 року

### **ЗАВДАННЯ**

**на дипломну магістерську роботу  
студенту**

**Івлєва Ярослава Валерійовича**

- 1. Тема роботи** Алгоритмічні та програмні компоненти системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування Науковий керівник роботи Щербань Володимир Юрійович, д.т.н., професор, затверджені наказом закладу вищої освіти від “04” 10 2021 року № 286  
:
- 2. Строк подання студентом роботи** 11.12.2021р.
- 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.		
Розділ 1	Володимир ЩЕРБАНЬ, д.т.н., проф.		
Розділ 2	Володимир ЩЕРБАНЬ, д.т.н., проф.		
Розділ 3	Володимир ЩЕРБАНЬ, д.т.н., проф.		
Висновки	Володимир ЩЕРБАНЬ, д.т.н., проф.		

6. Дата видачі завдання 10.2021 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН.

№ з/п	Назва етапів дипломної магістерської роботи	Терміни виконання етапів	Примітка про виконання
1	Вступ	10.10.2021 р.	
2	Розділ 1. Математичне забезпечення. Система проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування.	10.10.2021 р.	
3	Розділ 2. Алгоритмічне забезпечення. Алгоритми проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування.	30.10.2021 р.	
4	Розділ 3. Програмне забезпечення. Система проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування.	10.11.2021 р.	
5	Висновки	25.11.2021 р.	
6	Оформлення дипломної магістерської роботи (чистовий варіант)	30.11.2021 р.	
7	Здача дипломної магістерської роботи на кафедру для рецензування (за 14 днів до захисту)	4.12.2021 р.	
8	Перевірка дипломної магістерської роботи на наявність ознак плагіату (за 10 днів до захисту)	8.12.2021 р.	
9	Подання дипломної магістерської роботи на затвердження завідувачу кафедри (з 7 днів до захисту)	11.12.2021 р.	

Студент

\_\_\_\_\_ Ярослав ІВЛІСВ

Науковий керівник роботи

\_\_\_\_\_ Володимир ЩЕРБАНЬ

Директор НМЦУПФ

\_\_\_\_\_ Олена ГРИГОРЕВСЬКА

**Алгоритмічні та програмні компоненти системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування. – Рукопис.**

Дипломна магістерська робота за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки». – Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, 2021 рік.

Дипломну магістерську роботу присвячено дослідженню математичних закономірностей руху укладача нитки для збереження відстані між осями сусідніх поліетиленових комплексних ниток при утворенні на тілі намотування двох подальших шарів і прошарків ромбічних осередків однакових розмірів та обґрунтуванню практичних напрямів удосконалення конструкції пристрою укладача поліетиленових комплексних ниток на основі розробки математичних та програмних компонентів САПР.

Запропоновано математичні залежності у вигляді систем нелінійних алгебраїчних функцій руху укладача поліетиленових комплексних ниток та основні напрями практичного удосконалення технологічного процесу створення симетричних об'єктів заданої структури намотування на основі розробки математичних та програмних компонентів САПР з урахуванням кут підйому лінії витка, довжини утворюючої симетричних об'єктів, кутова швидкість обертання пакування, поточного радіусу намотування поліетиленових комплексних ниток, відстані між лініями розкладки і намотування, кута зрушення витків намотування. Результати дипломної магістерської роботи можна використовувати при удосконаленні технологічного процесу створення симетричних об'єктів заданої структури намотування для поліетиленових комплексних ниток, що дозволить забезпечити в певній функціональній залежності від радіусу намотування зміну відстані між лініями розкладки і намотування, отримати симетричні об'єкти заданої структури намотування, щільності, зменшити обриви та підвищити якість кінцевого продукту.

*Ключові слова: закономірності руху укладача, ромбічні осередки, симетричні об'єкти заданої структури, кут підйому лінії витка.*

## **АННОТАЦИЯ**

**Ивлев Я. В. Алгоритмические и программные компоненты системы проектирования симметричных объектов заданной структуры намотки. – Рукопись.**

Дипломная магистерская работа по специальности 122 – «Компьютерные науки». – Киевский национальный университет технологий и дизайна, Киев, 2021 год.

Дипломная магистерская работа посвящена исследованию математических закономерностей движения раскладчика нити для сохранения расстояния между осями соседних полиэтиленовых комплексных нитей при образовании на теле намотки двух последующих слоев и прослоек ромбических ячеек одинаковых размеров и обоснованию практических направлений усовершенствования конструкции устройства раскладчика

полиэтиленовых комплексных нитей на основе разработки математических и программных компонентов САПР.

Предложены математические зависимости в виде систем нелинейных алгебраических функций движения раскладчика полиэтиленовых комплексных нитей. Обоснованы основные направления практического усовершенствования технологического процесса создания симметричных объектов заданной структуры намотки на основе разработки математических и программных компонентов САПР. Проведены исследования с учетом угла подъема линии витка, длины образующей симметричного объекта, угловой скорости вращения бобины, текущего радиуса намотки полиэтиленовых комплексных нитей, расстояния между линиями раскладки и намотки, угла сдвига витков намотки. Результаты дипломной магистерской работы можно использовать при усовершенствовании технологического процесса создания симметричных объектов заданной структуры намотки для полиэтиленовых комплексных нитей. Это позволит обеспечить в определенной функциональной зависимости от радиуса намотки изменение расстояния между линиями раскладки и намотки, получить симметричные объекты заданной структуры намотки, плотности, уменьшить обрывы и повысить качество конечного продукта.

*Ключевые слова:* закономерности движения составителя, ромбические ячейки, симметричные объекты заданной структуры, угол подъема линии витка.

#### ANNOTATION

Ivlev Ya. V. Algorithmic and software components of the design system for symmetric objects of a given winding structure. - Manuscript.

Master's degree work in specialty 122 - "Computer Science". - Kiev National University of Technology and Design, Kiev, 2021.

The master's thesis is devoted to the study of the mathematical regularities of the movement of the yarn spreader to maintain the distance between the axes of adjacent polyethylene complex yarns when two subsequent layers and interlayers of rhombic cells of the same size are formed on the winding body and to substantiate the practical directions for improving the design of the spreader device for polyethylene complex yarns based on the development of mathematical and software CAD components.

Mathematical dependences in the form of systems of nonlinear algebraic functions of motion of the spreader of polyethylene complex threads are proposed. The main directions of practical improvement of the technological process of creating symmetric objects of a given winding structure on the basis of the development of mathematical and software components of CAD are substantiated. Research has been carried out taking into account the angle of rise of the turn line, the length of the generatrix of the symmetrical object, the angular speed of the bobbin rotation, the current radius of winding of polyethylene complex yarns, the distance between the lines of the layout and winding, the shear angle of the winding turns. The results of the master's thesis can be used to improve the

technological process of creating symmetrical objects of a given winding structure for polyethylene complex yarns. This will make it possible to ensure, in a certain functional dependence on the winding radius, a change in the distance between the lines of layout and winding, to obtain symmetrical objects of a given winding structure, density, reduce breaks and improve the quality of the final product.

*Keywords: patterns of motion of the compiler, rhombic cells, symmetrical objects of a given structure, the angle of ascent of the turn line.*

## ЗМІСТ

Вступ	8.
Розділ 1. Математичне забезпечення. Система проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування	11.
Висновки по 1 розділу	20.
Розділ 2. Алгоритмічне забезпечення. Алгоритми проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування	21.
Висновки по 2 розділу	35.
Розділ 3. Програмне забезпечення. Система проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування	37.
Висновки по 3 розділу	48.
Висновки	49.
Список використаних джерел	51.
Додаток 1	59.
Додаток 2	60.
Додаток 3	63.

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Теоретичні та експериментальні дослідження в галузі перемотування сировини свідчать, що найбільш прогресивною та перспективною основою процесу проектування системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування з урахуванням кут підйому лінії витка, довжини утворюючої симетричних об'єктів, кутова швидкість обертання пакування, поточного радіусу намотування поліетиленових комплексних ниток, відстані між лініями розкладки і намотування, кута зрушення витків намотування є створення та впровадження в практику об'єктне орієнтованих систем та відповідного програмного забезпечення. Це дозволить забезпечити в певній функціональній залежності від радіусу намотування зміну відстані між лініями розкладки і намотування, отримати симетричні об'єкти заданої структури намотування, щільності, зменшити обриви та підвищити якість кінцевого продукту.

**Мета дослідження** – удосконалення системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування.

**Завдання дослідження.** Розробити відповідні математичні моделі системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування, алгоритм для їх реалізації на ЕОМ, програмне забезпечення для реалізації розробленого алгоритму.

**Об'єкт дослідження.** Технологічні процеси перемотування сировини.

**Предмет дослідження.** Системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування.

**Методи дослідження.** Теоретичною основою при вирішенні науково-технічної проблеми по удосконаленню системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування є математичні та алгоритмічні компоненти САПР. Математичні компоненти системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування базуються на аналізі



фізичної моделі предмету дослідження з використанням елементів алгебраїчних та диференційних рівнянь, визначених інтегралів, теорії матриць, регресійного аналізу. Алгоритмічні компоненти системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування базуються на використанні чисельних методів розв'язання систем алгебраїчних, інтегральних рівнянь, визначених інтегралів. Технологічні компоненти дослідження системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування базуються на роботах провідних вчених в галузях технології швейного, текстильного та трикотажного виробництв, текстильного матеріалознавства, механіки нитки, теорії пружності з використанням елементів математичного моделювання.

**Елементи наукової новизни.** Мають узагальнюючий характер і містять власні висновки та рекомендації по удосконаленню системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування на основі розробки математичних та програмних компонентів САПР. На основі розробки математичних компонентів САПР з урахуванням кут підйому лінії витка, довжини утворюючої симетричних об'єктів, кутова швидкість обертання пакування, поточного радіусу намотування поліетиленових комплексних ниток, відстані між лініями розкладки і намотування, кута зрушення витків намотування. Представлені результати розрахунків координат точок та кутів оберт укладача поліетиленових комплексних ниток та формувача торців бобіни с заданою структурою розташування поліетиленових комплексних ниток та щільністю, проєкцій векторів швидкостей та прискорень отвору укладача поліетиленових комплексних ниток та шарніру формувача торців бобіни та кутових швидкостей та прискорень ланок укладача поліетиленових комплексних ниток та коромисла формувача торців бобіни.

**Практична цінність.** Результати дипломної магістерської роботи можна використовувати для удосконалення технологічного процесу створення симетричних об'єктів заданої структури намотування для

поліетиленових комплексних ниток, що дозволить забезпечити в певній функціональній залежності від радіусу намотування зміну відстані між лініями розкладки і намотування, отримати симетричні об'єкти заданої структури намотування, щільності, зменшити обриви та підвищити якість кінцевого продукту. Все це дозволяє стверджувати про реалізацію мети дипломної магістерської роботи за спеціальністю 122 - комп'ютерні науки.

**Апробація результатів роботи.** За результатами дипломної магістерської роботи отримано 1 публікацію. Зроблена 1 доповідь на науковій конференції.

## РОЗДІЛ 1. МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.

### Система проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування.

Для поліетиленових комплексних ниток розглянемо завдання за визначенням умов намотування нитки на циліндрове пакування системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування, при яких зберігається задана відстань  $\delta$  між осями сусідніх ниток (рис. 1.1).

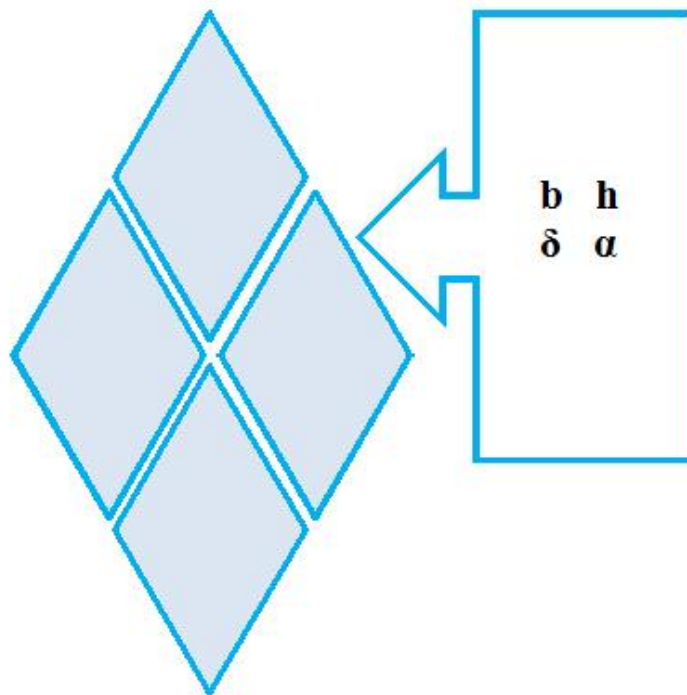


Рис.1.1. Розрахункова схема пакування

В цьому випадку нитки двох подальших шарів і прошарків утворюють на тілі намотування ромбічні осередки однакових розмірів

$$h = \frac{\delta}{\sin \alpha}, \quad b = \frac{\delta}{\cos \alpha}, \quad (1.1)$$

де  $\alpha$  - кут підйому лінії витка.

Результати розрахунку для системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування.

П123: 0,2904; 0,2692; 0,2479; 0,2266; 0,2052; 0,1838; 0,1625;

0,1413; 0,1202; 0,0992; 0,0785; 0,0580; 0,0378; 0,0178; -0,0018;  
 -0,0210; -0,0399; -0,0583; -0,0763; -0,0938; -0,1108; -0,1273; -0,1432;  
 -0,1586; -0,1735; -0,1878; -0,2014; -0,2145; -0,2269; -0,2388; -0,2500;  
 -0,2606; -0,2705; -0,2798; -0,2885; -0,2966; -0,3040; -0,3108; -0,3170;  
 -0,3226; -0,3276; -0,3319; -0,3357; -0,3390; -0,3416; -0,3437; -0,3453;  
 -0,3463; -0,3468; -0,3469; -0,3464; -0,3455; -0,3441; -0,3423; -0,3400;  
 -0,3374; -0,3343; -0,3309; -0,3272; -0,3231.

Для поліетиленових комплексних ниток системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування визначеності приймаємо, що на ділянці реверсу лінії витка у торців пакування функція  $z = z(t)$  закономірності руху точки намотування по утворюючій пакування є параболічною залежністю четвертого порядку (рис. 1.2, суцільна лінія). Тоді для на півперіоду розкладки маємо

$$\begin{aligned} z &= qt^4, & 0 \leq t \leq \tau, \\ z &= ut - 3z_0, & \tau \leq t \leq \tau + \Theta, \\ z &= L - q(t - \Theta - 2\tau)^4, & \tau + \Theta \leq t \leq 2\tau + \Theta, \end{aligned} \quad (1.2)$$

де  $q = \frac{z_0}{\tau^4}$  - параметр параболи;

$z_0$  - задана довжина ділянки реверсу лінії витка уздовж утворюючого пакування;

$\tau = \frac{4z_0}{u}$  - половина проміжку часу, за який відбувається зміна

напряму руху точки намотування;

$u$  — задана швидкість руху точки намотування уздовж тіла намотування;

$\Theta = \frac{L - 2z_0}{u}$  - час рівномірного руху точки намотування в один бік;

$L$  - довжина утворюючого пакування системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування.

Результати розрахунку для поліетиленових комплексних ниток.

1119: -0,5808; -0,5384; -0,4958; -0,4531; -0,4104; -0,3676; -0,3250; -  
 0,2826; -0,2404; -0,1985; -0,1570; -0,1160; -0,0755; -0,0357; 0,0035;  
 0,0420; 0,0797; 0,1166; 0,1525; 0,1875; 0,2215; 0,2545; 0,2865;  
 0,3173; 0,3470; 0,3755; 0,4028; 0,4290; 0,4539; 0,4776; 0,5000;  
 0,5212; 0,5411; 0,5597; 0,5771; 0,5932; 0,6080; 0,6216; 0,6340;  
 0,6452; 0,6551; 0,6639; 0,6715; 0,6779; 0,6832; 0,6874; 0,6905;  
 0,6926; 0,6937; 0,6937; 0,6928; 0,6909; 0,6882; 0,6845; 0,6801;  
 0,6748; 0,6687; 0,6619; 0,6543; 0,6461.

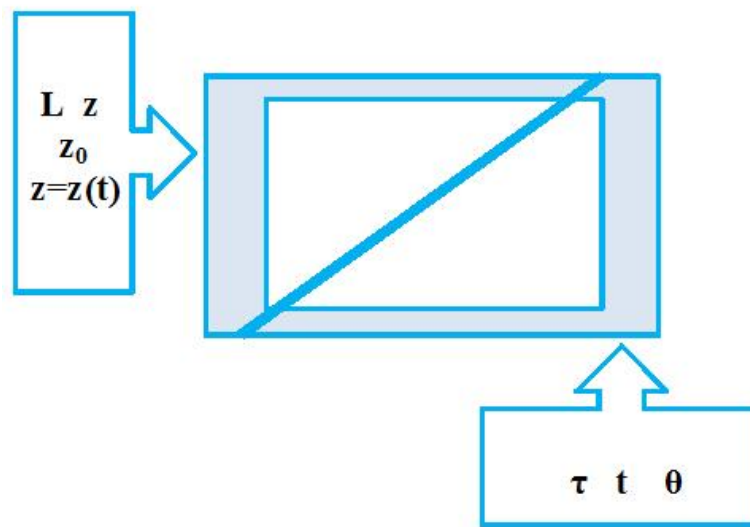


Рис.1.2. Закономірності руху точки намотування

Результати розрахунку для системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування.

1116: 0,0000; -0,0285; -0,0569; -0,0854; -0,1138; -0,1422; -0,1706; -  
 0,1989; -0,2271; -0,2553; -0,2834; -0,3114; -0,3393; -0,3671; -0,3948;  
 -0,4223; -0,4498; -0,4771; -0,5043; -0,5313; -0,5581; -0,5848; -0,6113;  
 -0,6376; -0,6637; -0,6896; -0,7153; -0,7408; -0,7661; -0,7911; -0,8159;  
 -0,8404; -0,8647; -0,8887; -0,9125; -0,9360; -0,9591; -0,9820; -1,0046;  
 -1,0269; -1,0489; -1,0706; -1,0919; -1,1129; -1,1335; -1,1539; -1,1738;  
 -1,1934; -1,2127; -1,2315; -1,2500; -1,2681; -1,2859; -1,3032; -1,3202;  
 -1,3367; -1,3528; -1,3685; -1,3838; -1,3987.

Для поліетиленових комплексних ниток вибрана функція (1.2) забезпечує плавне, без стрибків, зміну швидкості укладача нитки. Якщо

траєкторія руху точки розкладки паралельна осі пакування, то рух цієї точки визначається рівнянням

$$Z = z + \frac{l}{\rho} \dot{z}, \quad \rho = \frac{\omega \rho}{a}, \quad (1.3)$$

де  $\omega$  - кутова швидкість обертання пакування;

$\rho$  - поточний радіус намотування ( $r \leq \rho \leq R$ );

$a$  - відстань між лініями розкладки і намотування.

З рівняння (1.3) з обліком (1.2) маємо

$$\begin{aligned} z &= qt^4 + \frac{4q}{\rho} t^3, & 0 \leq t \leq \tau, \\ z &= ut + \frac{u}{\rho} - 3z_0, & 0 \leq t \leq \tau + \Theta, \\ z &= L - q(t - \Theta - 2\tau)^4 - \frac{4q}{\rho} (t - 2\tau - \Theta)^3, & \tau + \Theta \leq t \leq 2\tau + \Theta, \end{aligned} \quad (1.4)$$

Результати розрахунку для поліетиленових комплексних ниток.

П122: 2,8127; 2,8224; 2,8311; 2,8389; 2,8456; 2,8514; 2,8561;  
 2,8599; 2,8627; 2,8645; 2,8654; 2,8652; 2,8641; 2,8621; 2,8591;  
 2,8551; 2,8503; 2,8445; 2,8379; 2,8304; 2,8220; 2,8128; 2,8028;  
 2,7920; 2,7804; 2,7680; 2,7549; 2,7411; 2,7265; 2,7113; 2,6954;  
 2,6789; 2,6617; 2,6439; 2,6255; 2,6066; 2,5870; 2,5670; 2,5464;  
 2,5253; 2,5037; 2,4816; 2,4591; 2,4361; 2,4127; 2,3888; 2,3646;  
 2,3399; 2,3148; 2,2894; 2,2636; 2,2374; 2,2108; 2,1840; 2,1568;  
 2,1292; 2,1014; 2,0732; 2,0447; 2,0159.

Для поліетиленових комплексних ниток знайдемо кутову швидкість обертання пакування. Зрушення витків намотування по паралелі поверхні намотування рівне

$$h = \psi \rho = \frac{\delta}{\sin \alpha} = const, \quad (1.5)$$

де  $\psi$  - кут зрушення витків намотування. Відомо, що

$$\psi = 2\pi(n - n_1\theta), \quad (1.6)$$

де  $n$  - повне число оборотів пакування за період розкладки, рівний

$$4\tau + 2\Theta;$$

$n_1$  - ціла частина числа  $n$ .

Результати розрахунку для системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування.

И121: 2,1573; 2,1781; 2,1983; 2,2178; 2,2365; 2,2546; 2,2718;  
 2,2882; 2,3037; 2,3183; 2,3320; 2,3447; 2,3565; 2,3671; 2,3768;  
 2,3853; 2,3927; 2,3990; 2,4042; 2,4081; 2,4109; 2,4124; 2,4127;  
 2,4118; 2,4096; 2,4061; 2,4014; 2,3954; 2,3881; 2,3796; 2,3698;  
 2,3587; 2,3463; 2,3327; 2,3178; 2,3016; 2,2842; 2,2656; 2,2458;  
 2,2248; 2,2026; 2,1792; 2,1547; 2,1291; 2,1023; 2,0745; 2,0456;  
 2,0156; 1,9847; 1,9527; 1,9198; 1,8859; 1,8510; 1,8153; 1,7788;  
 1,7413; 1,7031; 1,6640; 1,6243; 1,5837.

З рівнянь (1.5) і (1.6) отримаємо

$$\rho(n - n_1) = \frac{\delta}{2\pi \sin \alpha} = \text{const.} \quad (1.7)$$

И118: 5,6253; 5,6448; 5,6622; 5,6777; 5,6912; 5,7028; 5,7123;  
 5,7199; 5,7255; 5,7291; 5,7307; 5,7305; 5,7282; 5,7241; 5,7181;  
 5,7103; 5,7006; 5,6891; 5,6758; 5,6608; 5,6440; 5,6256; 5,6056;  
 5,5840; 5,5608; 5,5360; 5,5098; 5,4821; 5,4530; 5,4226; 5,3908;  
 5,3577; 5,3234; 5,2878; 5,2510; 5,2131; 5,1741; 5,1340; 5,0928;  
 5,0506; 5,0074; 4,9633; 4,9182; 4,8722; 4,8254; 4,7777; 4,7291;  
 4,6798; 4,6297; 4,5788; 4,5271; 4,4748; 4,4217; 4,3679; 4,3135;  
 4,2584; 4,2027; 4,1464; 4,0894; 4,0319.

Очевидно, що із зростанням  $\rho$  величина  $(n - n_1)$  убуває і при  $\rho \rightarrow \infty$   $n \rightarrow n_1$ .  
 Для поліетиленових комплексних ниток величина  $n_1$  зберігає своє значення при зміні  $\rho$  від  $r$  до  $R$ .

З визначення величини  $n$  витікає, що

$$n = \frac{\omega}{\pi} (2\tau + \Theta). \quad (1.8)$$

Результати розрахунку для поліетиленових комплексних ниток.

1126: 37,1486; 41,5791; 45,9918; 50,3777; 54,7275; 59,0323; 63,2833;  
 67,4719; 71,5897; 75,6288; 79,5812; 83,4399; 87,1978; 90,8485;  
 94,3861; 97,8051; 101,1007; 104,2683; 107,3043; 110,2054; 112,9688;  
 115,5924; 118,0747; 120,4146; 122,6116; 124,6656; 126,5773; 128,3475;  
 129,9778; 131,4698; 132,8260; 134,0489; 135,1414; 136,1069; 136,9488;  
 137,6710; 138,2775; 138,7725; 139,1604; 139,4457; 139,6330; 139,7270;  
 139,7326; 139,6545; 139,4975; 139,2666; 138,9664; 138,6017; 138,1773;  
 137,6978; 137,1677; 136,5915; 135,9734; 135,3178; 134,6287; 133,9101;  
 133,1658; 132,3993; 131,6143; 130,8141.

Підставивши цей вираз в рівняння (1.7), знайдемо

$$\omega = \frac{l}{2\tau + \Theta} \left( \pi n_1 + \frac{\delta}{2\rho \sin \alpha} \right) = \frac{u}{L + 6z_0} \left( \pi n_1 + \frac{\delta}{2\rho \sin \alpha} \right). \quad (1.9)$$

Для поліетиленових комплексних ниток ціле число  $n_1$  можна вибрати із загального «рисунку» намотування (рис. 1.3) на початку намотування при  $\rho = r$ . При цьому

$$\omega_1 = \frac{u}{L + 6z_0} \left( \pi n_1 + \frac{\delta}{2\rho \sin \alpha} \right).$$

З  $\Delta MM_1M_2$  у розгортці поверхні намотування на площину маємо

$$\frac{L - 2z_0}{\omega_1 \Theta r} = \operatorname{tg} \alpha. \quad (1.10)$$

Результати розрахунку для поліетиленових комплексних ниток.

1124: -64,9456; -64,9357; -64,9061; -64,8566; -64,7874; -64,6985; -64,5899; -  
 64,4615; -64,3136; -64,1461; -63,9590; -63,7524; -63,5264; -63,2811; -63,0165; -  
 62,7327; -62,4298; -62,1078; -61,7670; -61,4073; -61,0289; -60,6320; -60,2165; -  
 59,7828; -59,3308; -58,8607; -58,3728; -57,8670; -57,3436; -56,8027; -56,2446; -  
 55,6693; -55,0770; -54,4680; -53,8424; -53,2004; -52,5421; -51,8679; -51,1779; -  
 50,4722; -49,7512; -49,0151; -48,2640; -47,4982; -46,7180; -45,9235; -45,1150; -  
 44,2928; -43,4571; -42,6082; -41,7463; -40,8716; -39,9845; -39,0853; -38,1741; -  
 37,2513; -36,3171; -35,3719; -34,4159; -33,4495.

Використовуючи тут вираз для  $\omega_1$ , отримаємо для системи проектування



симетричних об'єктів заданої структури намотування

$$n_1 \frac{(L + 6z_0) \cos \alpha - \frac{\delta}{2}}{\pi r \sin \alpha}. \quad (1.11)$$

Результати розрахунку для системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування.

1125: 0,0000; -1,1335; -2,2666; -3,3990; -4,5304; -5,6604; -6,7887; -7,9149; -9,0387; -10,1597; -11,2777; -12,3922; -13,5030; -14,6096; -15,7118; -16,8092; -17,9014; -18,9883; -20,0693; -21,1442; -22,2127; -23,2744; -24,3291; -25,3763; -26,4158; -27,4472; -28,4703; -29,4847; -30,4901; -31,4863; -32,4728; -33,4495; -34,4159; -35,3719; -36,3171; -37,2513; -38,1741; -39,0853; -39,9845; -40,8716; -41,7463; -42,6082; -43,4571; -44,2928; -45,1150; -45,9235; -46,7180; -47,4982; -48,2640; -49,0151; -49,7512; -50,4722; -51,1779; -51,8679; -52,5421; -53,2004; -53,8424; -54,4680; -55,0770; -55,6693.

Формула (1.11) для системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування обмежує продуктивність вибору параметрів процесу:  $L, z_0, \alpha, \delta, r$ .

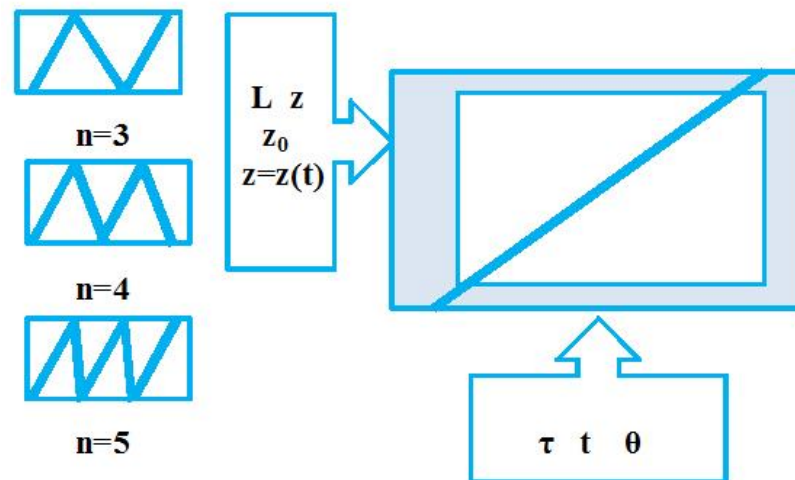


Рис.1.3. Загальний малюнок намотування

Для поліетиленових комплексних ниток закономірність руху укладача нитки в умовах даного завдання визначається рівняннями (1.4). Як видно з виразу (1.9), твір  $\omega\rho$  при зміні  $\rho$  - змінне, тому при постійному  $a$  величина  $\rho$

у рівняннях (1.4) змінюється. Це означає, що у випадку збільшення  $\rho$  повинна змінюватися закономірність  $Z=Z(t)$  рухи укладача нитки.

П117: 1,6318; 1,6316; 1,6308; 1,6296; 1,6278; 1,6256; 1,6229;  
 1,6196; 1,6159; 1,6117; 1,6070; 1,6018; 1,5961; 1,5900; 1,5833;  
 1,5762; 1,5686; 1,5605; 1,5519; 1,5429; 1,5334; 1,5234; 1,5130;  
 1,5021; 1,4907; 1,4789; 1,4667; 1,4539; 1,4408; 1,4272; 1,4132;  
 1,3987; 1,3838; 1,3685; 1,3528; 1,3367; 1,3202; 1,3032; 1,2859;  
 1,2681; 1,2500; 1,2315; 1,2127; 1,1934; 1,1738; 1,1539; 1,1335;  
 1,1129; 1,0919; 1,0706; 1,0489; 1,0269; 1,0046; 0,9820; 0,9591;  
 0,9360; 0,9125; 0,8887; 0,8647; 0,8404.

Результати розрахунку для поліетиленових комплексних ниток.

П120: -2,8127; -2,8366; -2,8596; -2,8816; -2,9025; -2,9225; -2,9414; -  
 2,9594; -2,9763; -2,9922; -3,0070; -3,0209; -3,0338; -3,0456; -3,0564; -  
 3,0663; -3,0752; -3,0831; -3,0900; -3,0960; -3,1011; -3,1052; -3,1084; -  
 3,1108; -3,1122; -3,1128; -3,1126; -3,1115; -3,1096; -3,1069; -3,1033; -  
 3,0991; -3,0940; -3,0883; -3,0818; -3,0745; -3,0666; -3,0580; -3,0487; -  
 3,0388; -3,0282; -3,0169; -3,0051; -2,9926; -2,9795; -2,9658; -2,9515; -  
 2,9366; -2,9212; -2,9051; -2,8886; -2,8715; -2,8538; -2,8356; -2,8168; -  
 2,7976; -2,7778; -2,7575; -2,7366; -2,7153.

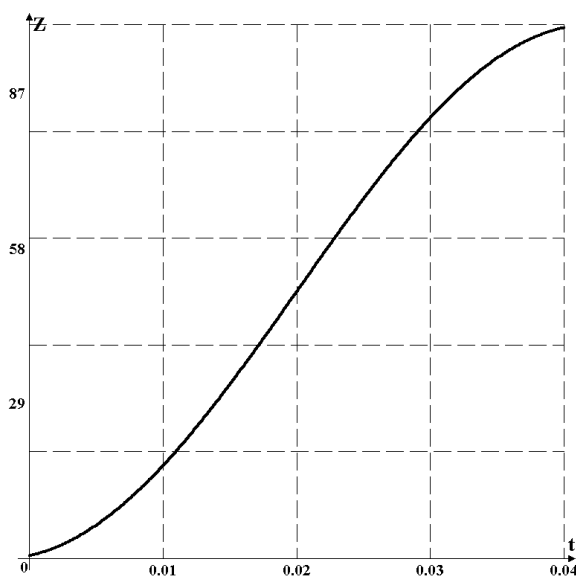


Рис.1.4. Графік визначає рух укладача нитки

Незмінності вибраного виду функції  $Z=Z(t)$  можна добитися за рахунок відповідної зміни величини  $a$ . Хай при  $\rho = r$ , коли  $\omega = \omega_0$  вибрано початкове значення  $a = a_1$ . Тоді

$$p = \frac{\omega_1 r}{a_1} = \frac{ur}{a_1(L + 6z_0)} \left( \pi n_1 + \frac{\delta}{2r \sin \alpha} \right) = const.$$

Результати розрахунку для системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування.

П127: -5,4267; -4,7190; -4,0590; -3,4478; -2,8864; -2,3751; -1,9144; -1,5041; -1,1441; -0,8339; -0,5726; -0,3594; -0,1930; -0,0719; 0,0053; 0,0404; 0,0354; -0,0078; -0,0871; -0,2001; -0,3447; -0,5186; -0,7193; -0,9446; -1,1920; -1,4594; -1,7444; -2,0448; -2,3586; -2,6835; -3,0176; -3,3591; -3,7062; -4,0571; -4,4103; -4,7644; -5,1179; -5,4696; -5,8184; -6,1632; -6,5031; -6,8372; -7,1649; -7,4853; -7,7980; -8,1023; -8,3980; -8,6846; -8,9617; -9,2291; -9,4867; -9,7341; -9,9713; -10,1981; -10,4145; -10,6203; -10,8156; -11,0002; -11,1742; -11,3374.

Для поліетиленових комплексних ниток зажадаємо, щоб при будь-якому  $\rho$  величина  $p = p_1$ , тоді з умови

$$p_1 = \frac{u\rho}{a(L + 6z_0)} \left( \pi n_1 + \frac{\delta}{2\rho \sin \alpha} \right),$$

визначимо

$$a = a(\rho) = \frac{u\rho}{\rho_1(L + 6z_0)} \left( \pi n_1 + \frac{\delta}{2\rho \sin \alpha} \right).$$

На рис. 1.4 штриховою лінією показаний графік що визначає рух укладача нитки функції  $Z=Z(t)$ , розрахований при  $\delta = 0,01$  м,  $L = 0,1$  м,  $z_0 = 0,01$  м,  $r = 0,015$  м,  $R = 0,04$  м,  $a_1 = 0,03$  м,  $n_1 = 6$  та  $\alpha = 0,4988$  рад з виразу (1.11). Тут же показаний графік функції  $a = a(\rho)$ , розрахований при  $\rho = 0,025$  м по рівнянню (1.8).

## ВИСНОВКИ ПО 1 РОЗДІЛУ.

1. Для системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування отримані математичні залежності руху укладача нитки для збереження відстані між осями сусідніх поліетиленових комплексних ниток при утворенні на тілі намотування двох подальших шарів і прошарків ромбічних осередків однакових розмірів.
2. Отримані математичні залежності у вигляді систем нелінійних алгебраїчних функцій руху укладача поліетиленових комплексних ниток з урахуванням кута підйому лінії витка, довжини утворюючої симетричних об'єктів, кутової швидкості обертання пакування, поточного радіусу намотування поліетиленових комплексних ниток, відстані між лініями розкладки і намотування, кута зрушення витків намотування.

## РОЗДІЛ 2. АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.

### Алгоритми проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування.

Алгоритмічний ланцюг математичних залежностей руху укладача нитки для збереження відстані між осями сусідніх поліетиленових комплексних ниток при утворенні на тілі намотування двох подальших шарів і прошарків ромбічних осередків однакових розмірів має наступну форму.

Перша алгоритмічна гілка математичних закономірностей руху укладача нитки для збереження відстані між осями сусідніх поліетиленових комплексних ниток при утворенні на тілі намотування двох подальших шарів і прошарків ромбічних осередків однакових розмірів з граничними та початковими умовами представляється наступною системою

$$h = \frac{\delta}{\sin \alpha}, \quad b = \frac{\delta}{\cos \alpha},$$

$$z = qt^4, \quad 0 \leq t \leq \tau,$$

$$z = ut - 3z_0, \quad \tau \leq t \leq \tau + \Theta,$$

$$z = L - q(t - \Theta - 2\tau)^4, \quad \tau + \Theta \leq t \leq 2\tau + \Theta,$$

$$Z = z + \frac{1}{\rho} \dot{z}, \quad \rho = \frac{\omega \rho}{a},$$

$$z = qt^4 + \frac{4q}{\rho} t^3, \quad 0 \leq t \leq \tau,$$

$$z = ut + \frac{u}{\rho} - 3z_0, \quad 0 \leq t \leq \tau + \Theta,$$

$$z = L - q(t - \Theta - 2\tau)^4 - \frac{4q}{\rho} (t - 2\tau - \Theta)^3, \quad \tau + \Theta \leq t \leq 2\tau + \Theta,$$

$$h = \psi \rho = \frac{\delta}{\sin \alpha} = const,$$

$$\psi = 2\pi(n - n_1 \theta),$$

Друга алгоритмічна гілка математичних залежностей у вигляді систем нелінійних алгебраїчних функцій руху укладача поліетиленових комплексних ниток з урахуванням кут підйому лінії витка, довжини утворюючої симетричних об'єктів, кутова швидкість обертання пакування, поточного радіусу намотування поліетиленових комплексних ниток, відстані між лініями розкладки і намотування, кута зрушення витків намотування представляється наступною системою

$$\rho(n - n_1) = \frac{\delta}{2\pi \sin \alpha} = const.$$

$$n = \frac{\omega}{\pi} (2\tau + \Theta).$$

$$\omega = \frac{1}{2\tau + \Theta} \left( \pi n_1 + \frac{\delta}{2\rho \sin \alpha} \right) = \frac{u}{L + 6z_0} \left( \pi n_1 + \frac{\delta}{2\rho \sin \alpha} \right).$$

$$\omega_1 = \frac{u}{L + 6z_0} \left( \pi n_1 + \frac{\delta}{2\rho \sin \alpha} \right).$$

$$\frac{L - 2z_0}{\omega_1 \Theta r} = \operatorname{tg} \alpha.$$

$$n_1 \frac{(L + 6z_0) \cos \alpha - \frac{\delta}{2}}{\pi r \sin \alpha}.$$

$$p = \frac{\omega_1 r}{a_1} = \frac{ur}{a_1(L + 6z_0)} \left( \pi n_1 + \frac{\delta}{2r \sin \alpha} \right) = const.$$

$$p_1 = \frac{u\rho}{a(L + 6z_0)} \left( \pi n_1 + \frac{\delta}{2\rho \sin \alpha} \right),$$

$$a = a(\rho) = \frac{u\rho}{\rho_1(L + 6z_0)} \left( \pi n_1 + \frac{\delta}{2\rho \sin \alpha} \right).$$

**Алгоритм вирішення нелінійних алгебраїчних функцій руху укладача поліетиленових комплексних ниток при аналізі системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування**

Для симетричних об'єктів заданої структури намотування рівняння алгебри 2-го ступеня корені квадратного рівняння визначаються за формулами

$$ax^2 + bx + c = 0, \quad (2.1)$$

де  $a, b, c$  – коефіцієнти рівняння (2.1);  
 $x$  – невідоме; визначаються по формулах

$$x_1 = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}, \quad x_2 = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}. \quad (2.2)$$

Результати розрахунків представлені нижче.

I24: 15,6583; -4,9092; -10,5696; -15,9133; -20,9225; -25,5816; -29,8769; -33,7975; -37,3347; -40,4822; -43,2364; -45,5959; -47,5619; -49,1378; -50,3292; -51,1441; -51,5921; -51,6850; -51,4359; -50,8597; -49,9725; -48,7915; -47,3348; -45,6211; -43,6700; -41,5012; -39,1345; -36,5899; -33,8872; -31,0457; -28,0846; -25,0224; -21,8768; -18,6649; -15,4031; -12,1067; -8,7903; -5,4672; -2,1501; 1,1494; 4,4209; 7,6547; 10,8423; 13,9758; 17,0484; 20,0543; 22,9882; 25,8458; 28,6233; 31,3178; 33,9268; 36,4486; 38,8816; 41,2251; 43,4784; 45,6416; 47,7146; 49,6979; 51,5921; 53,3981; 55,1168; 56,7492.

Для поліетиленових комплексних ниток залежно від знаку дискримінанта  $D = b^2 - 4ac$  маємо: два дійсних і різних кореня ( $D > 0$ ); два комплексні корені ( $D < 0$ ); один кратний корінь ( $D = 0$ )  $-b/2a$ . Формули Вієте для системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування

$$x_1 + x_2 = -\frac{b}{a}, \quad x_1 x_2 = \frac{c}{a}, \quad (2.3)$$

зв'язують між собою коріння і коефіцієнти квадратного рівняння (2.1). Теорема Вієте, системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування для позитивного коріння, встановлює справедливість співвідношень між ними і коефіцієнтами многочлена

$$P(x) = x^n + a_{n-1}x^{n-1} + \dots + a_1x + a_0, \quad (2.4)$$

у вигляді





$$y^3 + py + q = 0, \quad (2.7)$$

$$\text{де } y = x + \frac{b}{3a}; \quad p = -\frac{b^2}{3a^2} + \frac{c}{a}; \quad q = \frac{2b^3}{27a^3} - \frac{bc}{3a^2} + \frac{d}{a}.$$

Для поліетиленових комплексних ниток коріння рівняння (4.2.7) для системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування визначається по формулах

$$y_1 = A + B, \quad y_{2,3} = -\frac{A+B}{2} \pm i \frac{A-B}{2} \sqrt{3},$$

$$A = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{Q}}, \quad B = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{Q}}, \quad (2.8)$$

$$Q = \left(\frac{p}{3}\right)^3 + \left(\frac{q}{2}\right)^2.$$

У якості  $A$  і  $B$  вибираються будь-які значення кубічного коріння, що задовольняє рівності  $AB = -p/3$ .

Для системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування метод вирішення рівнянь 4-го ступеня зводиться до рішення одного кубічного і двох квадратних рівнянь. Рівняння четвертого ступеня

$$ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e = 0, \quad (2.9)$$

шляхом заміни  $y = x + \frac{b}{4a}$  приводиться до неповного вигляду

$$y^4 + py^2 + qy + r = 0. \quad (2.10)$$

Результати розрахунків представлені нижче.

I27: 69,1634; 177,4916; 167,7903; 157,8715; 147,7630; 137,4935; 127,0922; 116,5890; 106,0140; 95,3974; 84,7690; 74,1586; 63,5949; 53,1061; 42,7194; 32,4606; 22,3543; 12,4237; 2,6901; -6,8267; -16,1086; -25,1396; -33,9055; -42,3940; -50,5947; -58,4991; -66,1007; -73,3947; -80,3780; -87,0495; -93,4092; -99,4591; -105,2022; -110,6430; -115,7872; -120,6414; -125,2133; -129,5114; -133,5449; -137,3235; -140,8575; -144,1577; -147,2350; -150,1006; -152,7659; -155,2422; -157,5408; -159,6730; -161,6498; -163,4822; -165,1806; -166,7553; -168,2164; -169,5733; -170,8354; -172,0113; -173,1093; -174,1375; -175,1031; -176,0133; -176,8746; -177,6930.

Для поліетиленових комплексних ниток корені рівняння (2.10) системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування визначається по формулах

$$\begin{aligned} y_1 &= \frac{1}{2}(\sqrt{z_1} + \sqrt{z_2} + \sqrt{z_3}), & y_2 &= \frac{1}{2}(\sqrt{z_1} - \sqrt{z_2} - \sqrt{z_3}), \\ y_3 &= \frac{1}{2}(-\sqrt{z_1} + \sqrt{z_2} - \sqrt{z_3}), & y_4 &= \frac{1}{2}(-\sqrt{z_1} - \sqrt{z_2} + \sqrt{z_3}). \end{aligned} \quad (2.11)$$

де  $z_1, z_2, z_3$  - коріння кубічної резольвенти

$$z^3 + 2pz^2 + (p^2 - 4r)z - q^2 = 0 .$$

Перед коренями знаки в системі (2.11) вибираються так, щоб виконувалася умова  $\sqrt{z_1}\sqrt{z_2}\sqrt{z_3} = -q$ .

При вирішенні прикладних завдань часто стикаємося з необхідністю визначення всього коріння полінома з дійсними коефіцієнтами

$$f(x) = x^n + a_{n+1} + \sum_{i=2}^n a_i x^{n-i+1}, \quad (2.12)$$

де  $n$  - ступінь полінома;  $a_i$  - дійсні числа.

Для поліетиленових комплексних ниток скористаємося схемою Горнера для вирішення даного завдання. На початковому етапі виділяємо квадратичний тричлен системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування і приводимо його до вигляду

$$x^2 + px + q, \quad (2.13)$$

де  $p, q$  – коефіцієнти квадратного трьохчлена.

Результати розрахунків представлені нижче.

I27: -201,5222; -200,9630; -200,3362; -199,6402; -198,8736; -198,0350; -197,1230; -196,1364; -195,0740; -193,9347; -192,7174; -191,4210; -190,0447; -188,5877; -187,0491; -185,4284; -183,7248; -181,9380; -180,0675; -178,1129; -176,0741; -173,9508; -171,7431; -169,4510; -167,0746; -164,6142; -162,0702; -159,4429; -156,7329; -153,9410; -151,0677; -148,1141; -145,0811; -141,9697; -138,7812; -135,5168; -132,1778; -128,7659; -125,2825; -121,7295; -118,1085; -

114,4214; -110,6704; -106,8574; -102,9847; -99,0545; -95,0692; -91,0312; -86,9432; -82,8076; -78,6274; -74,4051; -70,1437; -65,8461; -61,5152; -57,1542; -52,7661; -48,3541; -43,9214; -39,4712.

Беремо трьох перших членів і якщо обчислення коріння полінома (2.12) починається з найбільших по абсолютній величині значень, то

$$p = a_2, \quad q = a_3, \quad (2.14)$$

а якщо обчислення коріння починаємо з найменших по абсолютній величині значень, то беремо трьох останніх членів і

$$p = \frac{a_n}{a_{n-1}}, \quad q = \frac{a_{n+1}}{a_{n-1}}. \quad (2.15)$$

Схема Горнера системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування полягає в тому, що якщо коріння (2.13) є корінням полінома (2.12), то останній згідно теореми ділиться на (2.13) без залишку.

Для системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування після виконання операції ділення (2.12) на (2.13) отриманий поліном матиме ступінь  $n-2$  і з ним виконуються операції описані вище. Таким чином, вираз (2.12) буде приведений до вигляду: для випадку коли  $n$  - парне

$$f(x) = \prod_{i=1}^{\left[\frac{n}{2}\right]} (x^2 + c_{2i}x + c_{2i+1}), \quad (2.16)$$

для випадку коли  $n$  - непарне

$$f(x) = \prod_{i=1}^{\left[\frac{n}{2}\right]} (x^2 + c_{2i}x + c_{2i+1})(x + c_{n+1}), \quad (2.17)$$

де  $c_{ij}$  - дійсні коефіцієнти.

Результати розрахунків представлені нижче.

I29: 70,9138; 312,4955; 302,7403; 292,7013; 282,4027; 271,8697; 261,1284; 250,2058; 239,1293; 227,9268; 216,6268; 205,2576; 193,8480; 182,4270; 171,0233; 159,6659; 148,3843; 137,2080; 126,1677; 115,2955; 104,6261;

94,1985; 84,0588; 74,2649; 64,8944; 56,0583; 47,9240; 40,7527;  
 34,9460; 31,0506; 29,5889; 30,6802; 33,8757; 38,4807; 43,9049;  
 49,7541; 55,7861; 61,8544; 67,8693; 73,7753; 79,5376; 85,1346;  
 90,5534; 95,7870; 100,8323; 105,6891; 110,3594; 114,8466; 119,1554;  
 123,2910; 127,2595; 131,0671; 134,7206; 138,2267; 141,5923; 144,8240;  
 147,9286; 150,9127; 153,7827; 156,5447; 159,2046; 161,7680.

Для системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування ітераційний процес визначення коріння на кожному подальшому етапі пониження ступеня полінома (2.12) проводиться по наступному алгоритму

$$\begin{aligned}
 f(x) &= V(x)(x^2 + px + q) = 0, \\
 V(x) &= x^{n-2} + b_2x^{n-3} + \dots + b_{n-2}x + b_{n-1}, \\
 b_1 &= 1, \quad b_2 = a_2 - p, \quad b_i = a_i - pb_{i-1} - qb_{i-2}, \quad i = 3 \dots n+1, \\
 c_1 &= 1, \quad c_2 = b_2 - p, \quad c_j = b_j - pc_{j-1} - qc_{j-2}, \quad j = 3 \dots n-1, \quad (2.18) \\
 c_n &= -pc_{n-1} - qc_{n-2}, \quad d = c_{n-1}^2 - c_n c_{n-2}, \\
 \Delta p &= \frac{b_n c_{n-1} - b_{n+1} c_{n-2}}{d}, \quad \Delta q = \frac{b_{n+1} c_{n-1} - b_n c_n}{d}, \\
 p &= p + \Delta p, \quad q = q + \Delta q, \quad |\Delta p| \leq \varepsilon, \quad |\Delta q| \leq \varepsilon,
 \end{aligned}$$

де  $\varepsilon$  - погрішність визначення коріння.

Для поліетиленових комплексних ниток обчислення по (2.18) проводяться поки  $n > 2$ .

### **Варіанти 1 та 2. Результати розрахунків значення параметрів системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування**

Варіант 1. (Кутова швидкість укладача поліетиленових комплексних ниток  $\omega = 39,8 \text{ с}^{-1}$ ). Значення параметрів системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування: довжина кривошипу приводу укладача поліетиленових комплексних ниток 0,041 м; довжина шатуна

укладача поліетиленових комплексних ниток 0,334; довжина коромисла формувача торців бобіни 0,318 м; горизонтальна відстань між опорами кривошипу приводу укладача поліетиленових комплексних ниток та коромисла формувача торців бобіни 0,135 м; вертикальне зміщення цих опор 0,012 м. На рис.2.1 та 2.1.1 представлені залежності визначення координат точок та кутів оберту укладача поліетиленових комплексних ниток та формувача торців бобіни с заданою структурою розташування ниток та щільністю, проєкцій векторів швидкостей та прискорень отвору укладача поліетиленових комплексних ниток та шарніру формувача торців бобіни та кутових швидкостей та прискорень ланок укладача поліетиленових комплексних ниток та коромисла формувача торців бобіни.

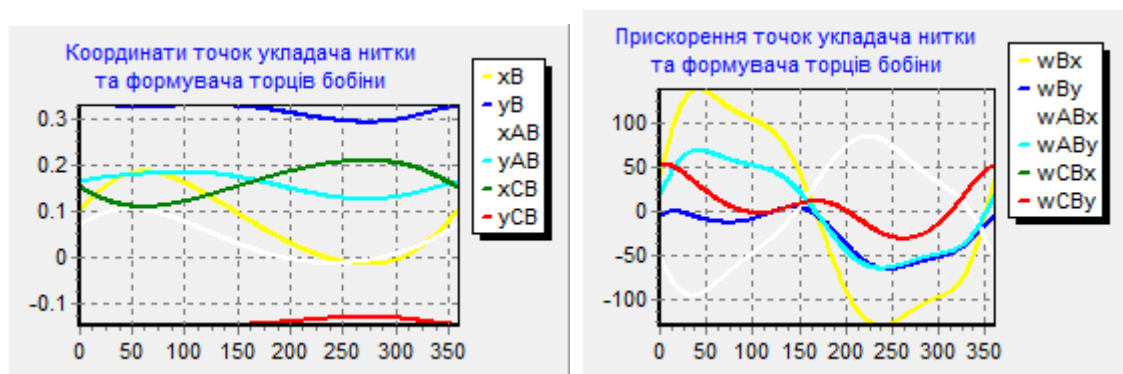


Рис.2.1

Результати розрахунків системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування для варіанта 1.

I25: -69,1634; -312,4569; -302,5558; -292,2684; -281,6265; -270,6634; -259,4136; -247,9126; -236,1968; -224,3030; -212,2681; -200,1292; -187,9227; -175,6846; -163,4501; -151,2531; -139,1264; -127,1012; -115,2070; -103,4715; -91,9205; -80,5776; -69,4644; -58,6002; -48,0022; -37,6853; -27,6622; -17,9433; -8,5370; 0,5503; 9,3144; 17,7526; 25,8645; 33,6509; 41,1143; 48,2587; 55,0892; 61,6123; 67,8352; 73,7663; 79,4146; 84,7898; 89,9020; 94,7619; 99,3806; 103,7690; 107,9386; 111,9006; 115,6664; 119,2471; 122,6537; 125,8972; 128,9879; 131,9361; 134,7516; 137,4439; 140,0221; 142,4948; 144,8702; 147,1560; 149,3594; 151,4874.

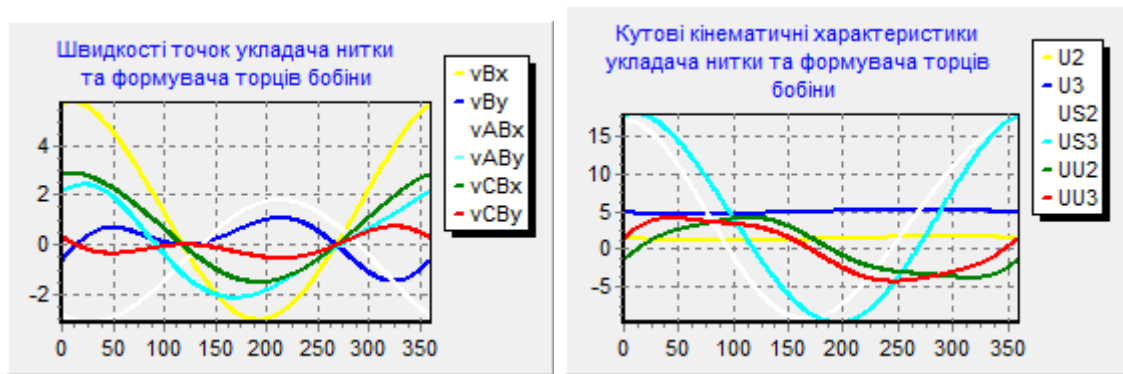


Рис.2.1.1

Результати розрахунків системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування для варіанта 1.1.

I22: 214,6512; 78,1242; 75,9365; 73,9789; 72,2619; 70,7937; 69,5810;  
 68,6285; 67,9389; 67,5132; 67,3502; 67,4471; 67,7992; 68,4000;  
 69,2414; 70,3140; 71,6068; 73,1076; 74,8031; 76,6792; 78,7209;  
 80,9127; 83,2385; 85,6820; 88,2268; 90,8566; 93,5550; 96,3062;  
 99,0947; 101,9053; 104,7237; 107,5363; 110,3300; 113,0929; 115,8137;  
 118,4820; 121,0886; 123,6248; 126,0832; 128,4572; 130,7409; 132,9297;  
 135,0194; 137,0069; 138,8896; 140,6658; 142,3345; 143,8950; 145,3474;  
 146,6923; 147,9305; 149,0636; 150,0931; 151,0210; 151,8495; 152,5810;  
 153,2180; 153,7632; 154,2192; 154,5889; 154,8750; 155,0801.

Варіант 2. (Кутова швидкість укладача поліетиленових комплексних ниток  $\omega = 39,8 \text{ с}^{-1}$ ). Значення інерційних параметрів системи створення заданої структури намотування циліндрового пакування: маса шатуна укладача поліетиленових комплексних ниток 1,5 кг; маса формувача торців бобіни 2,3 кг. На рис.2.2 та 2.2.1 представлені залежності повні реакції та проекції реакцій в шарнірах укладача поліетиленових комплексних ниток та формувача торців бобіни.

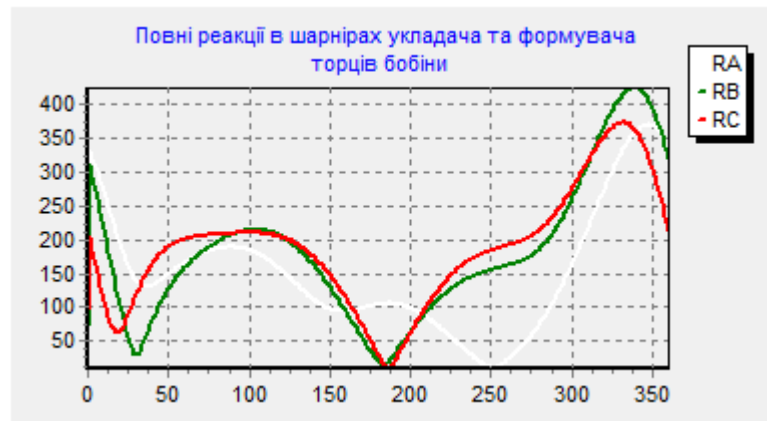


Рис.2.2

Результати розрахунків системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування для варіанта 2.

I23: -106,4969; -324,0105; -318,8888; -313,3607; -307,4432; -301,1550; -294,5164; -287,5492; -280,2766; -272,7228; -264,9129; -256,8730; -248,6293; -240,2086; -231,6376; -222,9431; -214,1514; -205,2885; -196,3795; -187,4489; -178,5201; -169,6154; -160,7559; -151,9615; -143,2506; -134,6401; -126,1456; -117,7811; -109,5589; -101,4901; -93,5841; -85,8489; -78,2911; -70,9160; -63,7274; -56,7281; -49,9196; -43,3025; -36,8763; -30,6397; -24,5904; -18,7256; -13,0417; -7,5348; -2,2002; 2,9669; 7,9717; 12,8197; 17,5166; 22,0680; 26,4798; 30,7578; 34,9077; 38,9351; 42,8456; 46,6446; 50,3372; 53,9284; 57,4230; 60,8253; 64,1397; 67,3700.

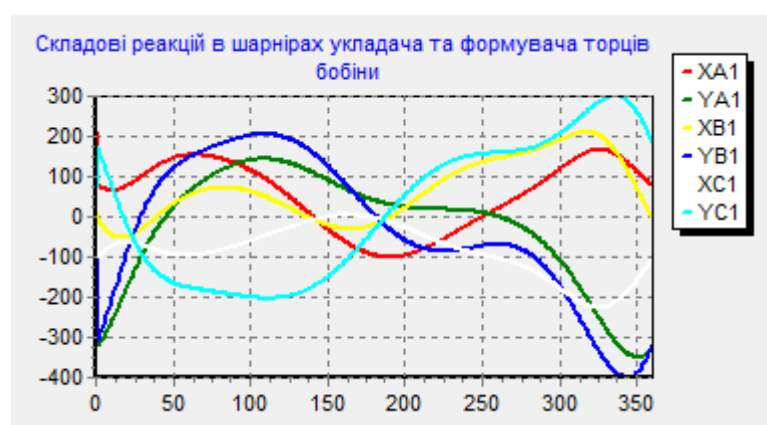


Рис.2.2.1

Результати розрахунків системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування для варіанта 2.

I26: -15,6583; -101,1265; -96,9601; -92,9929; -89,2387; -85,7100; -82,4174; -79,3697; -76,5738; -74,0347; -71,7556; -69,7377; -67,9805; -66,4815; -65,2367; -64,2402; -63,4848; -62,9620; -62,6618; -62,5730; -62,6838; -62,9813; -63,4520; -64,0817; -64,8562; -65,7606; -66,7804; -67,9008; -69,1072; -70,3854; -71,7215; -73,1021; -74,5143; -75,9459; -77,3853; -78,8216; -80,2447; -81,6453; -83,0148; -84,3456; -85,6305; -86,8634; -88,0390; -89,1524; -90,1997; -91,1776; -92,0833; -92,9149; -93,6707; -94,3497; -94,9515; -95,4758; -95,9229; -96,2934; -96,5883; -96,8086; -96,9559; -97,0317; -97,0378; -96,9760; -96,8484; -96,6570.

### **Варіанти 3 та 4. Результати розрахунків значення параметрів системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування**

Варіант 3. (Кутова швидкість укладача поліетиленових комплексних ниток  $\omega = 48,2 \text{ c}^{-1}$ ). Значення параметрів системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування: довжина кривошипу приводу укладача поліетиленових комплексних ниток 0,036 м; довжина шатуна укладача поліетиленових комплексних ниток 0,351; довжина коромисла формувача торців бобіни 0,344 м; горизонтальна відстань між опорами кривошипу приводу укладача поліетиленових комплексних ниток та коромисла формувача торців бобіни 0,150 м; вертикальне зміщення цих опор 0,021 м. На рис.2.3 та 2.3.1 представлені залежності визначення координат точок та кутів оберт укладача поліетиленових комплексних ниток та формувача торців бобіни с заданою структурою розташування ниток та щільністю, проекцій векторів швидкостей та прискорень отвору укладача поліетиленових комплексних ниток та шарніру формувача торців бобіни та кутових швидкостей та прискорень ланок укладача поліетиленових комплексних ниток та коромисла формувача торців бобіни.



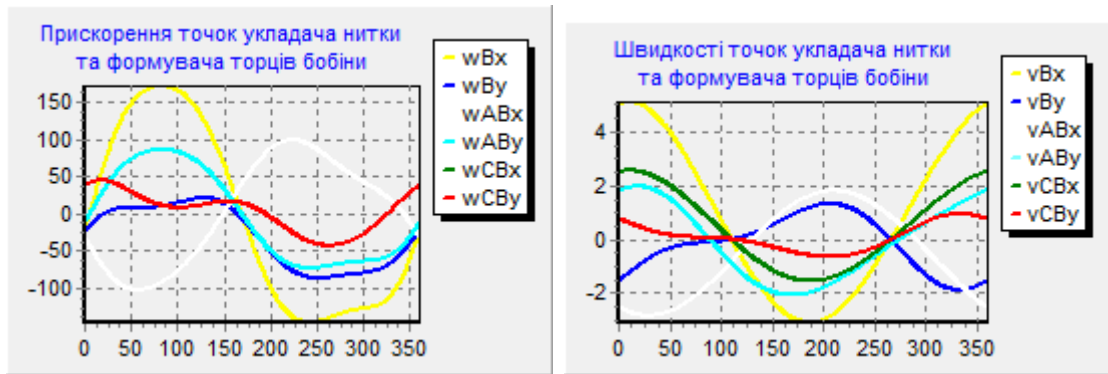


Рис.2.3

Результати розрахунків системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування для варіанта 3.

I210: 95,1407; 204,2788; 193,7907; 183,2241; 172,6194; 162,0205;  
 151,4762; 141,0409; 130,7765; 120,7551; 111,0615; 101,7981; 93,0895;  
 85,0885; 77,9793; 71,9756; 67,3056; 64,1760; 62,7195; 62,9443;  
 64,7206; 67,8133; 71,9426; 76,8357; 82,2566; 88,0148; 93,9623;  
 99,9865; 106,0020; 111,9451; 117,7678; 123,4343; 128,9181; 134,2000;  
 139,2665; 144,1083; 148,7198; 153,0986; 157,2441; 161,1580; 164,8436;  
 168,3053; 171,5488; 174,5805; 177,4074; 180,0375; 182,4786; 184,7394;  
 186,8285; 188,7546; 190,5266; 192,1535; 193,6439; 195,0065; 196,2499;  
 197,3823; 198,4119; 199,3465; 200,1935; 200,9603; 201,6537; 202,2805.

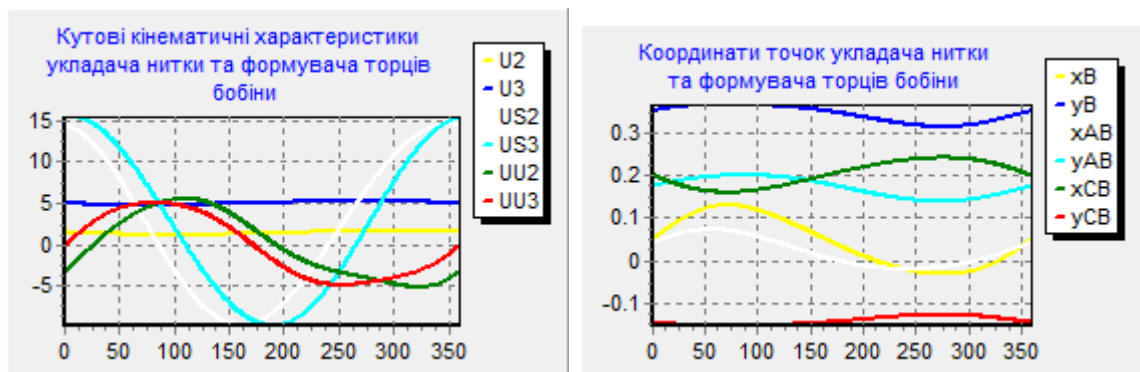


Рис.2.3.1

Результати розрахунків системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування для варіанта 3.1.

I25: 153,5461; 155,5414; 157,4788; 159,3632; 161,1991; 162,9905; 164,7412;  
 166,4542; 168,1325; 169,7785; 171,3943; 172,9816; 174,5418; 176,0761;  
 177,5852; 179,0695; 180,5294; 181,9649; 183,3755; 184,7610; 186,1206;

187,4534; 188,7584; 190,0344; 191,2800; 192,4937; 193,6740; 194,8190;  
 195,9270; 196,9960; 198,0241; 199,0092; 199,9492; 200,8419; 201,6851;  
 202,4767; 203,2144; 203,8958; 204,5189; 205,0813; 205,5808; 206,0152;  
 206,3822; 206,6799; 206,9059; 207,0583; 207,1350; 207,1341; 207,0537;  
 206,8919; 206,6469; 206,3172; 205,9011; 205,3971; 204,8037; 204,1197;  
 203,3438.

Варіант 4. (Кутова швидкість укладача поліетиленових комплексних ниток  $\omega = 48,2 \text{ c}^{-1}$ ). Значення інерційних параметрів системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування: маса шатуна укладача поліетиленових комплексних ниток 0,9 кг; маса формувача торців бобіни 1,5 кг. На рис.2.4 та 2.4.1 представлені залежності повні реакції та проєкції реакцій в шарнірах укладача поліетиленових комплексних ниток та формувача торців бобіни.

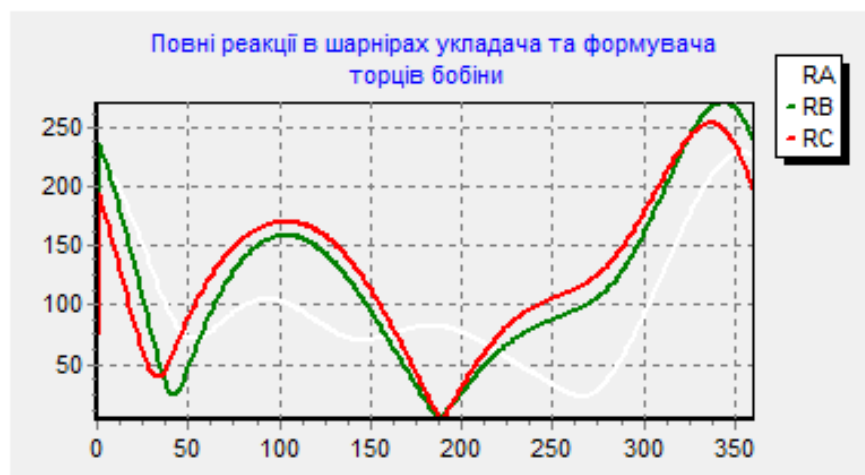


Рис.2.4

Результати розрахунків системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування для варіанта 4.

I26: -96,4039; -96,0914; -95,7216; -95,2966; -94,8186; -94,2899; -93,7124; -  
 93,0882; -92,4194; -91,7079; -90,9555; -90,1642; -89,3356; -88,4715; -  
 87,5734; -86,6430; -85,6818; -84,6912; -83,6725; -82,6271; -81,5563; -  
 80,4613; -79,3432; -78,2032; -77,0424; -75,8618; -74,6624; -73,4451; -  
 72,2111; -70,9611; -69,6961; -68,4170; -67,1245; -65,8197; -64,5033; -  
 63,1761; -61,8389; -60,4927; -59,1380; -57,7759; -56,4070; -55,0322; -

53,6522; -52,2678; -50,8799; -49,4893; -48,0967; -46,7030; -45,3090; -  
43,9154; -42,5232; -41,1332; -39,7463; -38,3632; -36,9849; -35,6122; -  
34,2461.

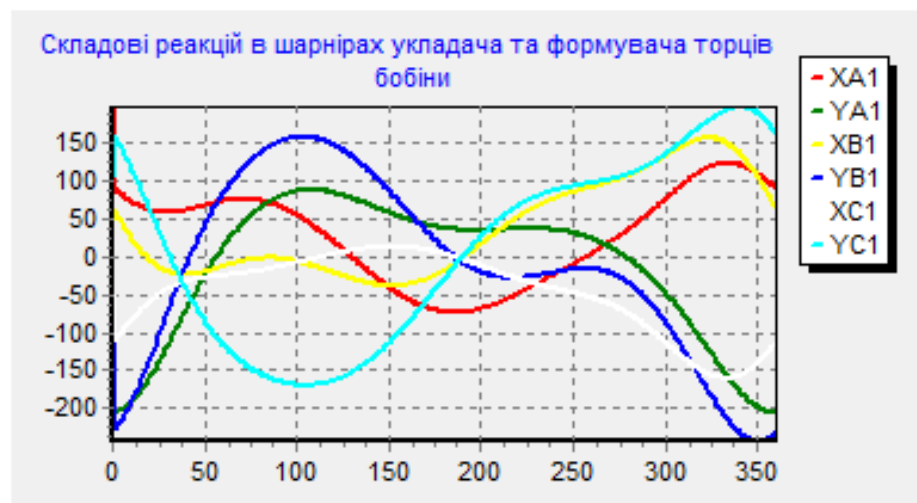


Рис.2.4.1

Результати розрахунків системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування для варіанта 4.1.

I27: -178,4743; -179,2235; -179,9455; -180,6447; -181,3250; -181,9899; -  
182,6426; -183,2859; -183,9223; -184,5538; -185,1822; -185,8091; -186,4356; -  
187,0626; -187,6908; -188,3206; -188,9522; -189,5855; -190,2204; -190,8564; -  
191,4929; -192,1292; -192,7644; -193,3974; -194,0271; -194,6523; -195,2714; -  
195,8831; -196,4858; -197,0778; -197,6575; -198,2231; -198,7726; -199,3044; -  
199,8164; -200,3067; -200,7733; -201,2142; -201,6273; -202,0108; -202,3624; -  
202,6801; -202,9620; -203,2059; -203,4097; -203,5716; -203,6893; -203,7610; -  
203,7846; -203,7583; -203,6800; -203,5478; -203,3599; -203,1145; -202,8098; -  
202,4440; -202,0153.

## ВИСНОВКИ ПО 2 РОЗДІЛУ.

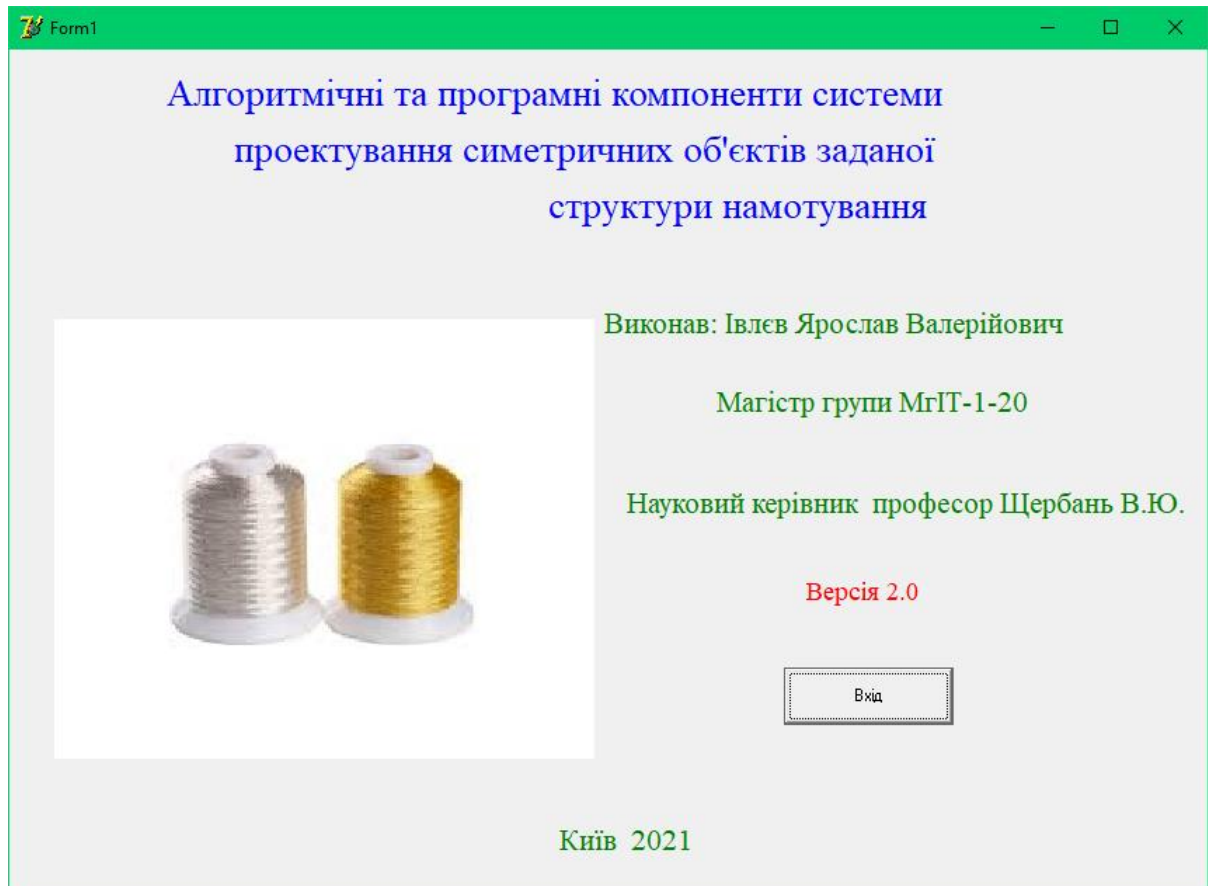
1. Для поліетиленових комплексних ниток отримані математичні залежності для реалізації алгоритму розрахунку системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування.
2. Для поліетиленових комплексних ниток запропоновані залежності для реалізації алгоритму розрахунку руху укладача поліетиленових комплексних ниток для збереження відстані між осями сусідніх поліетиленових

комплексних ниток при утворенні на тілі намотування двох подальших шарів і прошарків ромбічних осередків однакових розмірів системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування при чисельному розв'язанні нелінійних алгебраїчних функцій руху укладача поліетиленових комплексних ниток.

### РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.

#### Система проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування.

На рисунку представлена перша форма програми для системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування.

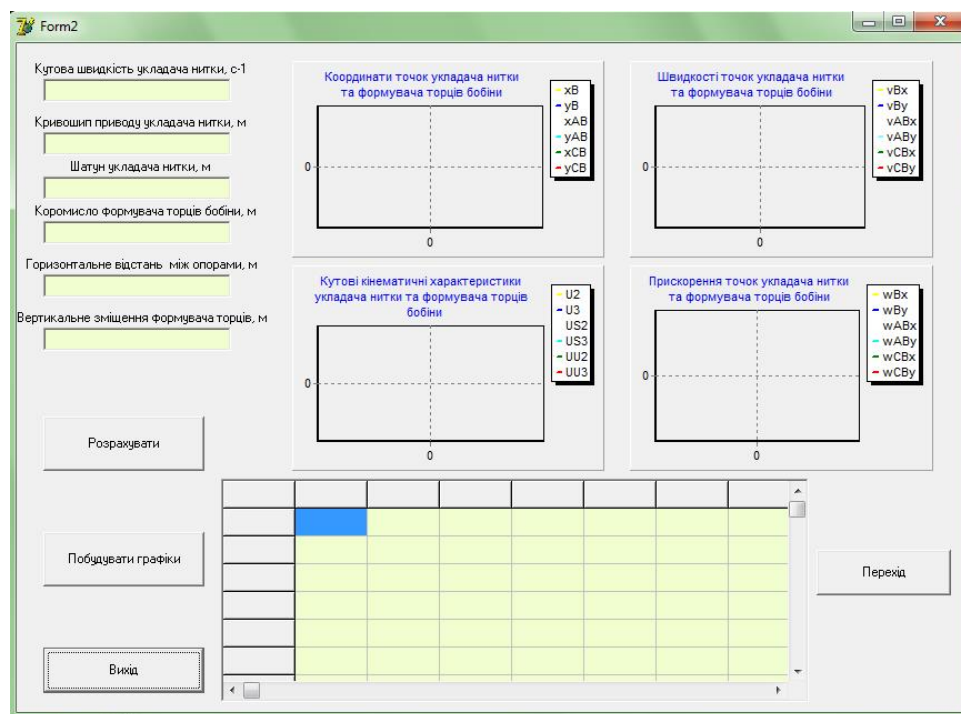


Результати розрахунку системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування.

I321: 1,1930; 1,1569; 1,1203; 1,0830; 1,0453; 1,0070; 0,9682;  
 0,9290; 0,8893; 0,8491; 0,8085; 0,7676; 0,7263; 0,6846; 0,6427;  
 0,6004; 0,5578; 0,5151; 0,4720; 0,4288; 0,3854; 0,3419; 0,2982;  
 0,2544; 0,2105; 0,1665; 0,1225; 0,0785; 0,0345; -0,0095; -0,0535; -  
 0,0973; -0,1411; -0,1848; -0,2284; -0,2718; -0,3150; -0,3581; -0,4009; -  
 0,4436; -0,4859; -0,5280; -0,5698; -0,6113; -0,6525; -0,6934; -0,7339; -  
 0,7740; -0,8137; -0,8530; -0,8919; -0,9304; -0,9684; -1,0060; -1,0430; -  
 1,0796; -1,1156; -1,1512; -1,1862.

Програмний код інтерфейсу модуля unit Unit1 системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування має вигляд. Він включає структурні компоненти програми для системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування поліетиленових комплексних ниток: кнопку `Button1ivlevjros1`; вікно для розташування зображення `Image1ivlevjros1`; одно строкові поля для розташування інформації `Label1ivlevjros1`, `Label2ivlevjros1`, `Label3ivlevjros1`, `Label4ivlevjros1`, `Label5ivlevjros1`, `Label6ivlevjros1`, `Label7ivlevjros1`, `Label8ivlevjros1`.

Друга форма модуля unit Unit2 програми системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування для першого та третього варіанту розрахунку координат точок та кутів оберту укладача поліетиленових комплексних ниток та формувача торців бобіни с заданою структурою розташування поліетиленових комплексних ниток та щільністю, проєкцій векторів швидкостей та прискорень отвору укладача поліетиленових комплексних ниток та шарніру формувача торців бобіни та кутових швидкостей та прискорень ланок укладача поліетиленових комплексних ниток та коромисла формувача торців бобіни має вигляд.



Результати розрахунку системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування для першого та третього варіантів для поліетиленових комплексних ниток.

I317: 0,8676; 0,8412; 0,8146; 0,7878; 0,7607; 0,7333; 0,7058;  
 0,6780; 0,6500; 0,6218; 0,5935; 0,5649; 0,5362; 0,5073; 0,4783;  
 0,4491; 0,4198; 0,3903; 0,3608; 0,3311; 0,3013; 0,2714; 0,2415;  
 0,2115; 0,1814; 0,1512; 0,1210; 0,0908; 0,0606; 0,0303; 0,0000; -  
 0,0303; -0,0606; -0,0908; -0,1210; -0,1512; -0,1814; -0,2115; -0,2415; -  
 0,2714; -0,3013; -0,3311; -0,3608; -0,3903; -0,4198; -0,4491; -0,4783; -  
 0,5073; -0,5362; -0,5649; -0,5935; -0,6218; -0,6500; -0,6780; -0,7058; -  
 0,7333; -0,7607; -0,7878; -0,8146.

Модуль unit 1Unit2 системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування поліетиленових комплексних ниток включає: чотири компоненти для відображення графічної інформації Chart1ivlevjrosl, Chart2ivlevjrosl, Chart3ivlevjrosl, Chart4ivlevjrosl; шість одно строкових вікон для введення інформації Edit1ivlevjrosl, Edit2ivlevjrosl, Edit3ivlevjrosl, Edit4ivlevjrosl, Edit5ivlevjrosl, Edit6ivlevjrosl; багато строкове вікно для виведення цифрової інформації StringGrid1ivlevjrosl.

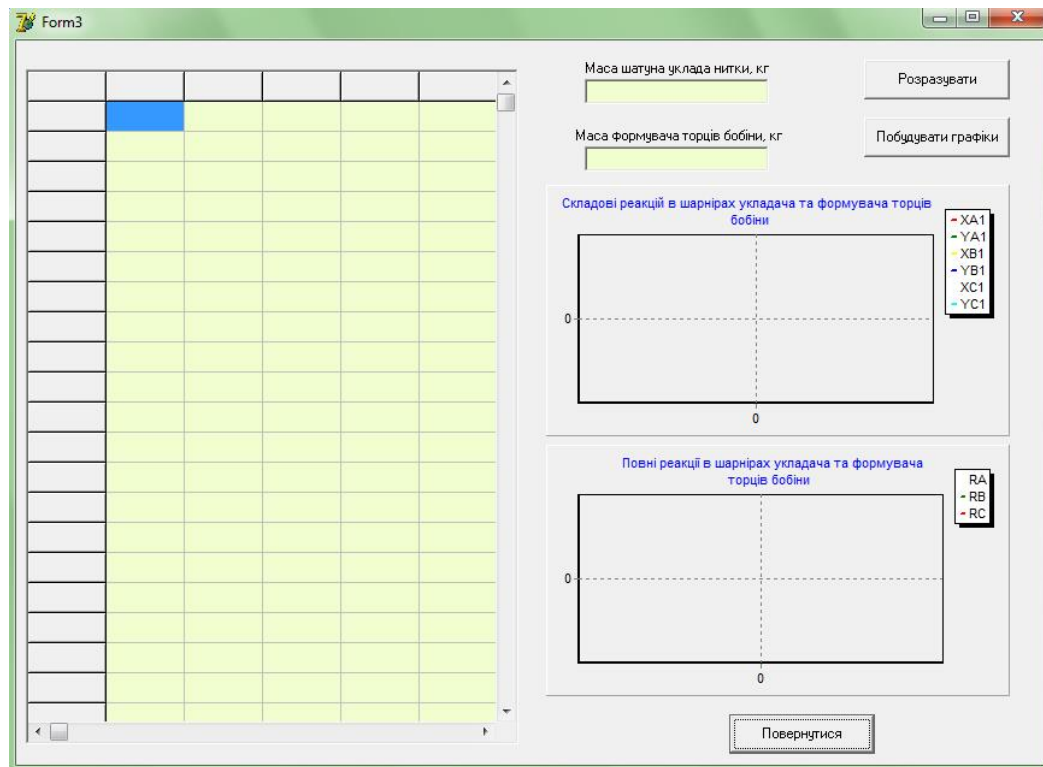


Результати розрахунку системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування для першого та третього варіантів.





На рисунку представлена третя форма Form3ivlevjros1 програми системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування для другого та четвертого варіанту розрахунку залежностей повних реакцій та проєкцій реакцій в шарнірах укладача поліетиленових комплексних ниток та формувача торців бобіни.

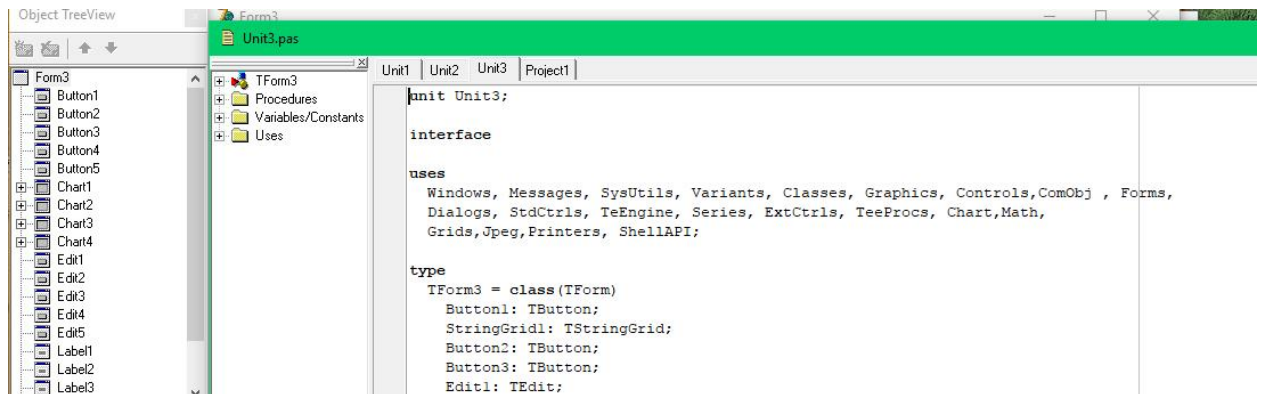


Результати розрахунку системи проектування процесу снування комплексних ниток та пряжі для другого та четвертого варіантів для поліетиленових комплексних ниток.

I316: -1,5027; -1,5176; -1,5321; -1,5461; -1,5596; -1,5726; -1,5852; -1,5973; -1,6088; -1,6199; -1,6306; -1,6407; -1,6503; -1,6594; -1,6680; -1,6761; -1,6837; -1,6907; -1,6973; -1,7033; -1,7088; -1,7138; -1,7183; -1,7223; -1,7257; -1,7286; -1,7310; -1,7328; -1,7341; -1,7349; -1,7352; -1,7349; -1,7341; -1,7328; -1,7310; -1,7286; -1,7257; -1,7223; -1,7183; -1,7138; -1,7088; -1,7033; -1,6973; -1,6907; -1,6837; -1,6761; -1,6680; -1,6594; -1,6503; -1,6407; -1,6306; -1,6199; -1,6088; -1,5973; -1,5852; -1,5726; -1,5596; -1,5461; -1,5321.

Модуль unit Unit3 системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування поліетиленових комплексних ниток включає: кнопки

Button1ivlevjrosl, Button2ivlevjrosl, Button3ivlevjrosl; одно строкові поля для розташування інформації Label1ivlevjrosl, Label2ivlevjrosl.



Результати розрахунку системи проектування процесу снування комплексних ниток та пряжі для другого та четвертого варіантів.

I320: -2,4836; -2,4610; -2,4379; -2,4142; -2,3900; -2,3652; -2,3399; -2,3141; -2,2878; -2,2609; -2,2336; -2,2057; -2,1774; -2,1486; -2,1194; -2,0896; -2,0595; -2,0289; -1,9978; -1,9664; -1,9345; -1,9022; -1,8695; -1,8364; -1,8029; -1,7691; -1,7349; -1,7003; -1,6654; -1,6302; -1,5946; -1,5588; -1,5226; -1,4861; -1,4493; -1,4122; -1,3749; -1,3373; -1,2995; -1,2614; -1,2232; -1,1846; -1,1459; -1,1070; -1,0679; -1,0287; -0,9893; -0,9497; -0,9100; -0,8701; -0,8302; -0,7901; -0,7500; -0,7098; -0,6695; -0,6291; -0,5887; -0,5483; -0,5079.

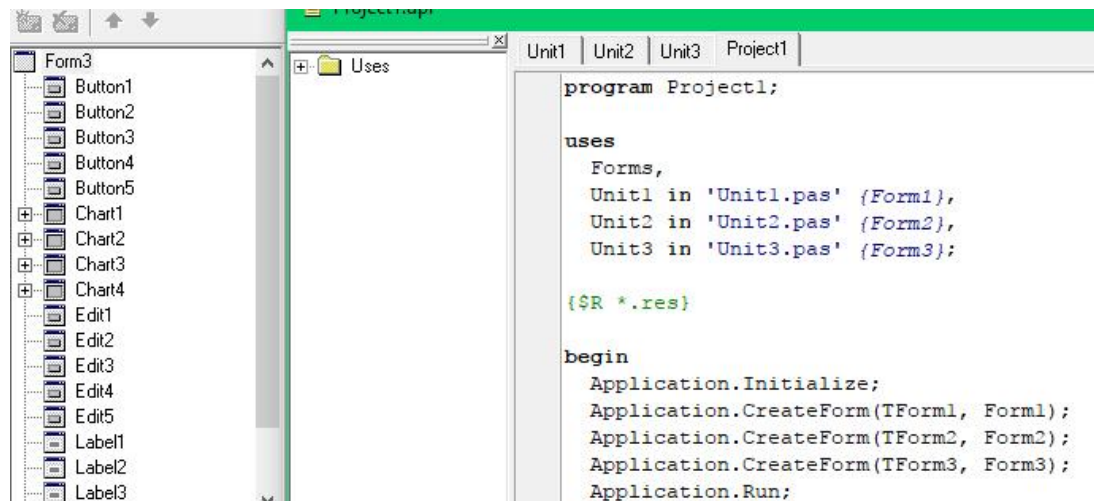
Крім того, він включає: два компоненти для відображення графічної інформації Chart1ivlevjrosl, Chart2ivlevjrosl; два одно строкових вікна для введення інформації Edit1ivlevjrosl, Edit2ivlevjrosl; багато строкове вікно для виведення цифрової інформації TStringGrid1ivlevjrosl.

Для системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування поліетиленових комплексних ниток була реалізована наступна програма згідно алгоритму, який наведений в другому розділі. На рисунку представлена структура програм Project1. Вона включає три форми: Form1ivlevjrosl; Form2ivlevjrosl; Form3ivlevjrosl.

I323: 0,7545; 0,7414; 0,7281; 0,7146; 0,7009; 0,6870; 0,6729; 0,6587; 0,6444; 0,6299; 0,6154; 0,6009; 0,5863; 0,5716; 0,5570;

0,5424; 0,5279; 0,5134; 0,4990; 0,4847; 0,4706; 0,4565; 0,4426;  
 0,4289; 0,4154; 0,4020; 0,3889; 0,3760; 0,3633; 0,3508; 0,3386;  
 0,3267; 0,3151; 0,3037; 0,2926; 0,2818; 0,2713; 0,2611; 0,2512;  
 0,2416; 0,2323; 0,2233; 0,2146; 0,2063; 0,1982; 0,1905; 0,1830;  
 0,1759; 0,1691; 0,1625; 0,1563; 0,1503; 0,1446; 0,1392; 0,1341;  
 0,1292; 0,1246; 0,1202; 0,1161; 0,1121

I324: -83,6366; -83,6239; -83,5857; -83,5220; -83,4329; -83,3184; -83,1785;  
 -83,0132; -82,8227; -82,6069; -82,3660; -82,1000; -81,8090; -81,4930; -  
 81,1523; -80,7868; -80,3967; -79,9821; -79,5432; -79,0800; -78,5927; -  
 78,0815; -77,5465; -76,9879; -76,4059; -75,8005; -75,1721; -74,5208; -  
 73,8468; -73,1503; -72,4315; -71,6906; -70,9279; -70,1436; -69,3379; -  
 68,5111; -67,6635; -66,7952; -65,9066; -64,9979; -64,0694; -63,1214; -  
 62,1541; -61,1680; -60,1632; -59,1400; -58,0989; -57,0401; -55,9638; -  
 54,8706; -53,7606; -52,6342; -51,4919; -50,3338; -49,1604; -47,9720; -  
 46,7690; -45,5518; -44,3207; -43,0761

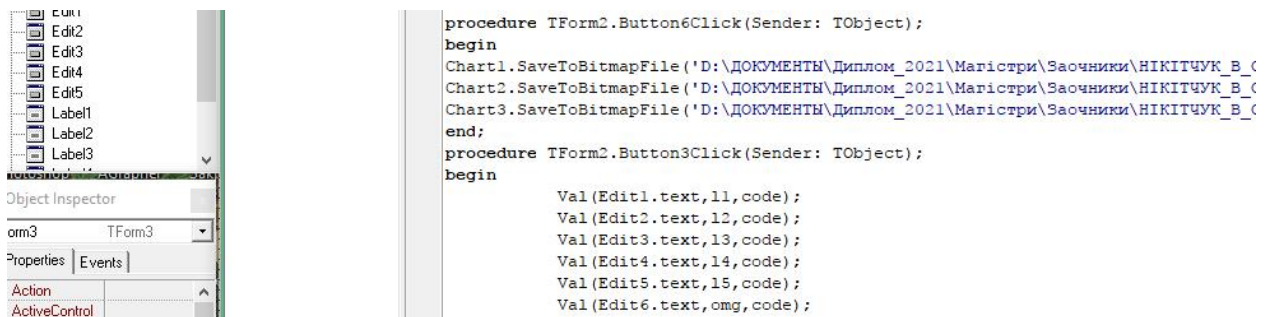


Результати розрахунку для другого та четвертого варіантів для поліетиленових комплексних ниток.

I313: 10,0908; 9,9154; 9,7380; 9,5589; 9,3781; 9,1956; 9,0114;  
 8,8257; 8,6384; 8,4497; 8,2595; 8,0680; 7,8752; 7,6811; 7,4857;  
 7,2893; 7,0917; 6,8930; 6,6934; 6,4928; 6,2913; 6,0890; 5,8858;  
 5,6820; 5,4774; 5,2722; 5,0664; 4,8601; 4,6532; 4,4460; 4,2384;  
 4,0304; 3,8222; 3,6138; 3,4052; 3,1964; 2,9876; 2,7788; 2,5701;

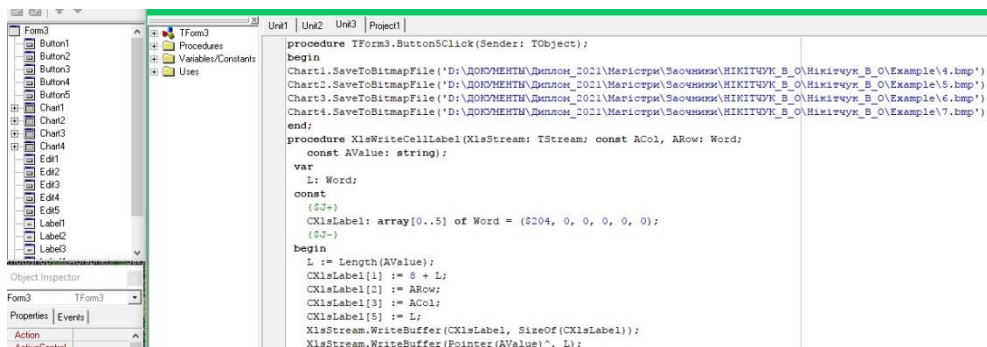
2,3614; 2,1529; 1,9446; 1,7365; 1,5287; 1,3213; 1,1143; 0,9078;  
0,7018; 0,4963; 0,2915; 0,0873; -0,1161; -0,3188; -0,5206; -0,7215; -  
0,9215; -1,1205; -1,3185; -1,5153.

Для зберігання графічної інформації системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування поліетиленових комплексних ниток для другого та третього модулів unit Unit2, Unit3 використовувалися процедури `procedure Form2.Button6Click(Sender: Object), Form3.Button5Click(Sender: Object)`.



Результати розрахунку системи проектування процесу снування комплексних ниток та пряжі для другого та четвертого варіантів для поліетиленових комплексних ниток.

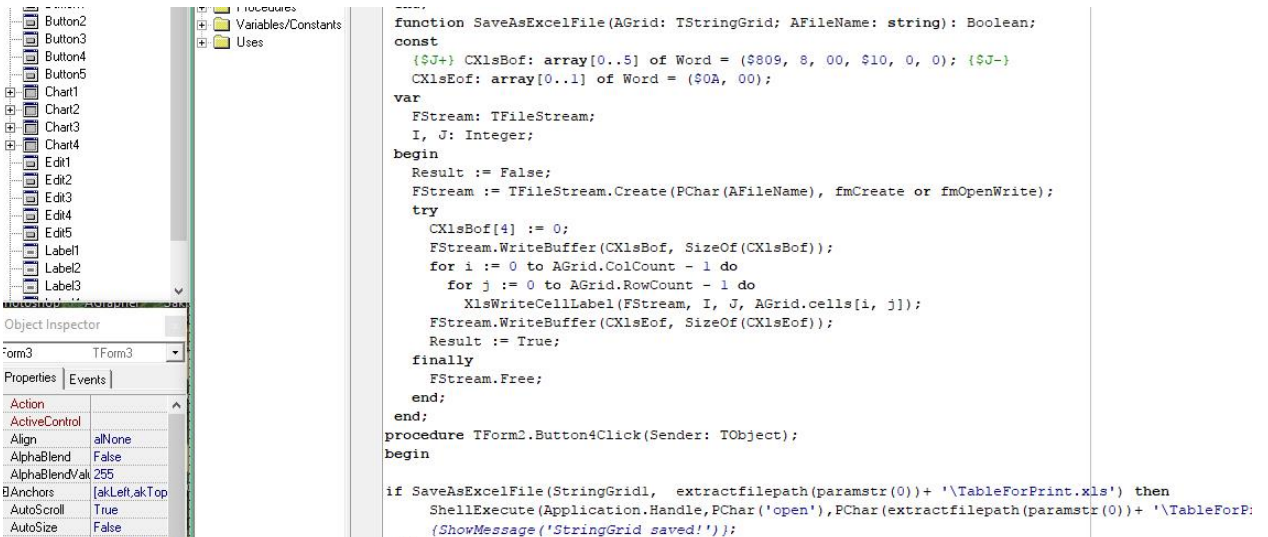
I318: 3,4645; 3,4044; 3,3437; 3,2824; 3,2204; 3,1578; 3,0946;  
3,0309; 2,9667; 2,9019; 2,8366; 2,7708; 2,7046; 2,6379; 2,5707;  
2,5032; 2,4353; 2,3670; 2,2984; 2,2294; 2,1601; 2,0905; 2,0207;  
1,9506; 1,8802; 1,8096; 1,7388; 1,6679; 1,5967; 1,5255; 1,4541;  
1,3826; 1,3110; 1,2393; 1,1676; 1,0959; 1,0241; 0,9524; 0,8807;  
0,8091; 0,7375; 0,6660; 0,5946; 0,5233; 0,4522; 0,3813; 0,3105;  
0,2400; 0,1697; 0,0996; 0,0298; -0,0397; -0,1089; -0,1777; -0,2462; -  
0,3144; -0,3821; -0,4494; -0,5163.



Результати розрахунку системи проектування процесу снування комплексних ниток та пряжі.

I314: 350,3937; 358,1477; 365,7617; 373,2361; 380,5715; 387,7682;  
 394,8265; 401,7466; 408,5287; 415,1727; 421,6786; 428,0461; 434,2750;  
 440,3647; 446,3148; 452,1246; 457,7934; 463,3202; 468,7040; 473,9438;  
 479,0383; 483,9864; 488,7864; 493,4371; 497,9367; 502,2837; 506,4762;  
 510,5127; 514,3910; 518,1095; 521,6660; 525,0586; 528,2853; 531,3440;  
 534,2326; 536,9491; 539,4913; 541,8572; 544,0447; 546,0516; 547,8761;  
 549,5161; 550,9696; 552,2348; 553,3097; 554,1927; 554,8819; 555,3758;  
 555,6727; 555,7713; 555,6700; 555,3677; 554,8632; 554,1554; 553,2434;  
 552,1264; 550,8035; 549,2744; 547,5386.

Для представлення цифрової інформації, після розрахунків в модулях Unit2 та Unit3, системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування поліетиленових комплексних ниток в табличному вигляді використовувалася функція function Save As1Excel File (Grid: String Grid; File Name: string): Boolean та процедури: procedure Form2.Button3Click(Sender: Object) та procedure Form2.Button3Click(Sender: Object).



```

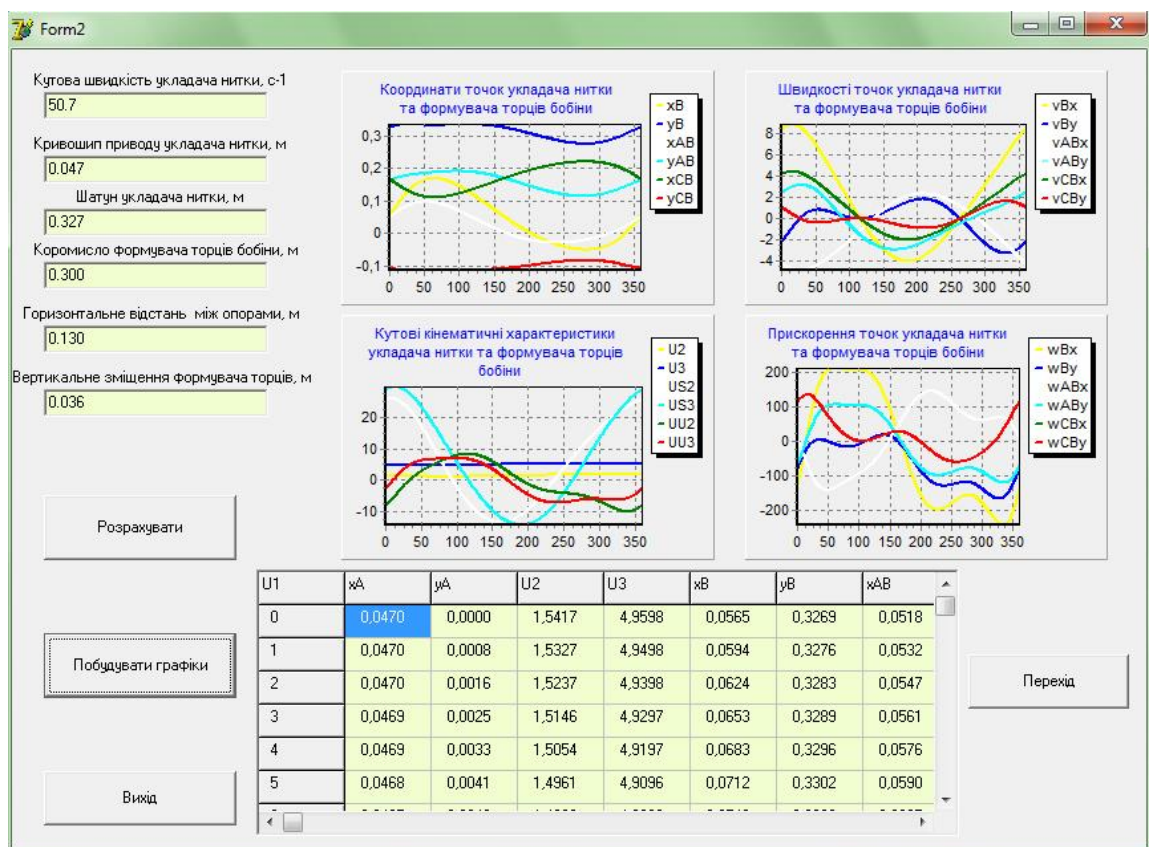
function SaveAsExcelFile (AGrid: TStringGrid; AFileName: string): Boolean;
const
  ($J+) CXlsBof: array[0..5] of Word = ($09, 8, 00, $10, 0, 0); {$J-}
  CXlsEof: array[0..1] of Word = ($0A, 00);
var
  FStream: TFileStream;
  I, J: Integer;
begin
  Result := False;
  FStream := TFileStream.Create(PChar(AFileName), fmCreate or fmOpenWrite);
  try
    CXlsBof[4] := 0;
    FStream.WriteBuffer(CXlsBof, SizeOf(CXlsBof));
    for i := 0 to AGrid.ColCount - 1 do
      for j := 0 to AGrid.RowCount - 1 do
        XlsWriteCellLabel(FStream, I, J, AGrid.Cells[i, j]);
      FStream.WriteBuffer(CXlsEof, SizeOf(CXlsEof));
    Result := True;
  finally
    FStream.Free;
  end;
end;
procedure TForm2.Button4Click(Sender: TObject);
begin
  if SaveAsExcelFile(StringGrid1, extractfilepath(paramstr(0)) + '\TableForPrint.xls') then
    ShellExecute(Application.Handle, PChar('open'), PChar(extractfilepath(paramstr(0)) + '\TableForP:
    {ShowMessage('StringGrid saved!')});
  end;
end;

```

Результати розрахунку системи проектування процесу снування комплексних ниток та пряжі для другого та четвертого варіантів.

I315: 479,3453; 481,7898; 484,0903; 486,2504; 488,2737; 490,1634;  
 491,9229; 493,5552; 495,0631; 496,4495; 497,7169; 498,8678; 499,9042;  
 500,8283; 501,6419; 502,3467; 502,9442; 503,4356; 503,8221; 504,1045;  
 504,2838; 504,3604; 504,3347; 504,2070; 503,9775; 503,6459; 503,2121;  
 502,6758; 502,0363; 501,2931; 500,4454; 499,4924; 498,4330; 497,2662;  
 495,9907; 494,6053; 493,1086; 491,4993; 489,7758; 487,9366; 485,9801;  
 483,9046; 481,7086; 479,3904; 476,9482; 474,3804; 471,6852; 468,8610;  
 465,9062; 462,8190; 459,5979; 456,2413; 452,7477; 449,1156; 445,3436;  
 441,4303; 437,3745; 433,1751; 428,8308.

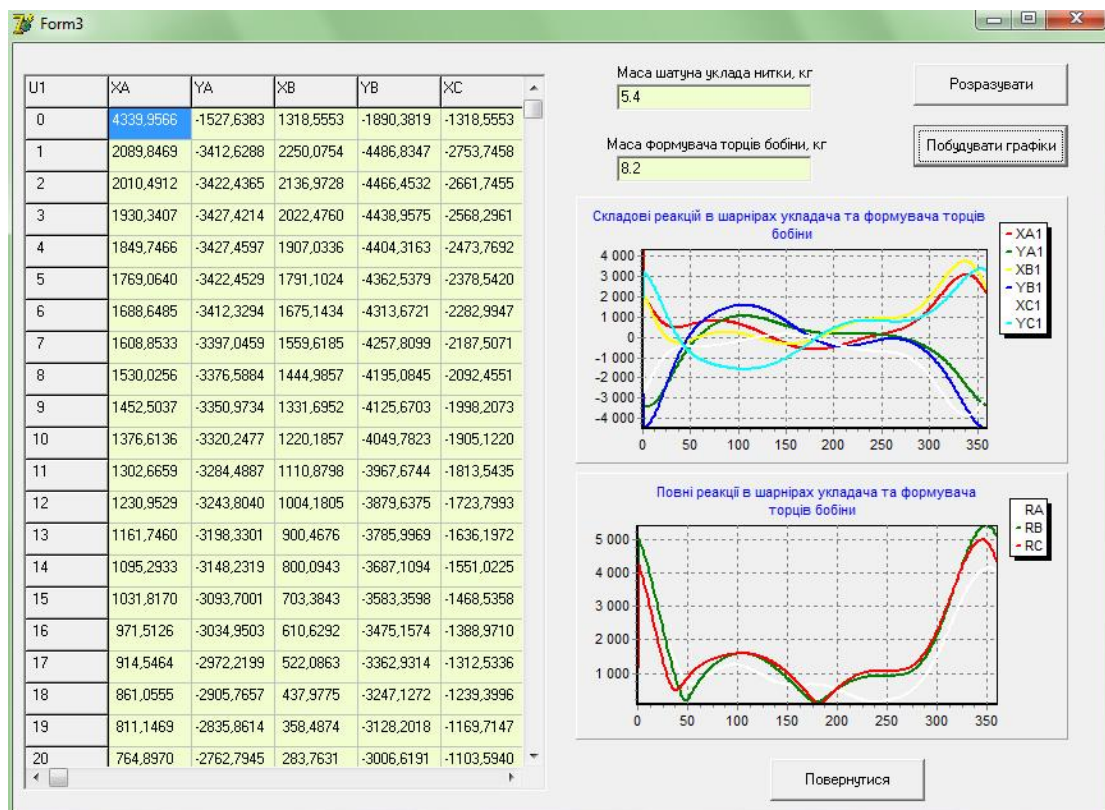
На рисунку показана друга форма програми з представленими результатами розрахунку для першого та третього варіанту для поліетиленових комплексних ниток при проектуванні системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування.



Результати розрахунку системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування для першого та третього варіантів для поліетиленових комплексних ниток.

I310: 0,1607; 0,1606; 0,1604; 0,1603; 0,1602; 0,1601; 0,1600;  
 0,1600; 0,1599; 0,1599; 0,1599; 0,1599; 0,1599; 0,1599; 0,1600;  
 0,1601; 0,1601; 0,1602; 0,1603; 0,1604; 0,1606; 0,1607; 0,1609;  
 0,1611; 0,1612; 0,1614; 0,1617; 0,1619; 0,1621; 0,1624; 0,1626;  
 0,1629; 0,1632; 0,1635; 0,1638; 0,1641; 0,1644; 0,1647; 0,1651;  
 0,1654; 0,1658; 0,1661; 0,1665; 0,1669; 0,1673; 0,1677; 0,1681;  
 0,1685; 0,1690; 0,1694; 0,1698; 0,1703; 0,1707; 0,1712; 0,1717;  
 0,1721; 0,1726; 0,1731; 0,1736.

На рисунку показана третя форма програми з представленими результатами розрахунку для другого та четвертого варіанту для поліетиленових комплексних ниток при проектуванні системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування.



Результати розрахунку системи проектування процесу снування комплексних ниток та пряжі для другого та четвертого варіантів для поліетиленових комплексних ниток.

I312: 5,8884; 5,6683; 5,4472; 5,2250; 5,0018; 4,7778; 4,5531;  
 4,3276; 4,1016; 3,8750; 3,6480; 3,4206; 3,1930; 2,9651; 2,7372;

2,5093; 2,2814; 2,0536; 1,8261; 1,5989; 1,3721; 1,1458; 0,9200;  
0,6948; 0,4704; 0,2467; 0,0239; -0,1979; -0,4187; -0,6384; -0,8569; -  
1,0741; -1,2901; -1,5046; -1,7176; -1,9291; -2,1389; -2,3471; -2,5534; -  
2,7580; -2,9606; -3,1612; -3,3598; -3,5563; -3,7506; -3,9427; -4,1325; -  
4,3199; -4,5048; -4,6873; -4,8672; -5,0446; -5,2192; -5,3912; -5,5603; -  
5,7266; -5,8901; -6,0506; -6,2081.

#### ВИСНОВКИ ПО 3 РОЗДІЛУ.

1. Розроблено програмне забезпечення для чотирьох варіантів системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування для поліетиленових комплексних ниток.
2. Реалізація програмного забезпечення для системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування поліетиленових комплексних ниток дозволяє забезпечити в певній функціональній залежності від радіусу намотування зміну відстані між лініями розкладки і намотування, отримати симетричні об'єкти заданої структури намотування, щільності, зменшити обриви та підвищити якість кінцевого продукту.



## 5. ВИСНОВКИ.

1. Для системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування отримані математичні залежності руху укладача нитки для збереження відстані між осями сусідніх поліетиленових комплексних ниток при утворенні на тілі намотування двох подальших шарів і прошарків ромбічних осередків однакових розмірів.
2. Отримані математичні залежності у вигляді систем нелінійних алгебраїчних функцій руху укладача поліетиленових комплексних ниток з урахуванням кута підйому лінії витка, довжини утворюючої симетричних об'єктів, кутової швидкості обертання пакування, поточного радіусу намотування поліетиленових комплексних ниток, відстані між лініями розкладки і намотування, кута зрушення витків намотування.
3. Для поліетиленових комплексних ниток отримані математичні залежності для реалізації алгоритму розрахунку системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування.
4. Для поліетиленових комплексних ниток запропоновані залежності для реалізації алгоритму розрахунку руху укладача поліетиленових комплексних ниток для збереження відстані між осями сусідніх поліетиленових комплексних ниток при утворенні на тілі намотування двох подальших шарів і прошарків ромбічних осередків однакових розмірів системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування при чисельному розв'язанні нелінійних алгебраїчних функцій руху укладача поліетиленових комплексних ниток.
5. Розроблено програмне забезпечення для чотирьох варіантів системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування для поліетиленових комплексних ниток.
6. Реалізація програмного забезпечення для системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування поліетиленових комплексних ниток дозволяє забезпечити в певній функціональній

залежності від радіусу намотування змiну відстані між лініями розкладки і намотування, отримати симетричні об'єкти заданої структури намотування, щільності, зменшити обриви та підвищити якість кінцевого продукту.

**СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.**

1. Закон «Про вищу освіту» -<http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>.
2. Закон «Про освіту» -<http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/2145-19>.
3. 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.
4. Національний класифікатор України: «Класифікатор професій» ДК 003:2010.–К. : Видавництво «Соцінформ», 2010.
5. Державний класифікатор України: Класифікація видів економічної діяльності ДК009:2005. -Київ: Держстандарт України,2006.
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. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. 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.

- 13.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.
- 14.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.
- 15.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.
- 16.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.
- 17.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.
- 18.Щербань В. Ю.Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/В.Ю.Щербань.-К.:КНУТД, 2016. – 184 с.
- 19.Щербань В. Ю.Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/В.Ю.Щербань.-К.:Освіта України, 2017. – 238 с.

- 20.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.
21. Прогнозування процесів на основі моделювання часових рядів: навч. Посіб./П.І.Бідюк, В.Ю.Щербань, Є.О.Демківський, Т.І.Демківська.- К.:КНУТД, 2017.-324 с.
- 22.Щербань В.Ю. Математичні та програмні компоненти САПР технологічних процесів та обладнання текстильної та взуттєвої галузі/ В.Ю.Щербань, О.З.Колиско, М.І.Шолудько, В.Ю.Калашник. – К.:Бумсервіс, 2016. – 588 с.
- 23.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.
- 24.Щербань В.Ю. Механіка нитки/В.Ю.Щербань. – К.:Видавництво «Укрбланковидав». – 2018. – 533 с.  
<https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/9517>
- 25.Щербань В. Ю.Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/В.Ю.Щербань.-К.:Освіта України, 2018. – 257 с.
- 26.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.
- 27.Щербань В. Ю. Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/В.Ю.Щербань.-К.:Освіта України, 2019. – 252 с.
- 28.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.
- 29.Щербань В. Ю. Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/В.Ю.Щербань – К.:Освіта України: ФОП Маслаков, 2020. – 236 с.

- 30.Щербань В. Ю. Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві / В.Ю.Щербань – К.:Освіта України, 2021. – 248 с.
- 31.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.
- 32.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.
- 33.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.
- 34.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.
- 35.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.
- 36.Vasil'chenko V.N., Shcherban' V.Yu., Apokin Ts.V. Attachment for holding multilayer fabrics in the clamps of a universal tensile tester/ V.N.Vasil'chenko , V.Yu.Shcherban' , Ts.V.Apokin // Textile industry. – 1987. - №8. - pp.62.
- 37.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.
- 38.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.
- 39.Shcherban' V., Melnyk G. , Sholudko M., Kolysko O. and Kalashnyk V. Improvement of structure and technology of manufacture of multilayer

- technical fabric/V.Shcherban' , G. Melnyk , M.Sholudko , O.Kolysko, V.Kalashnyk// *Fibres and Textiles*. – 2019. - volume 26 - № 2 - pp. 54-63.
- 40.Shcherban' V., Korogod G., Chaban V., Kolysko O., Shcherban' Yu., Shchutska G. Computer simulation methods of redundant measurements with the nonlinear transformation function / V. Shcherban', G. Korogod, V. Chaban, O. Kolysko, Yu. Shcherban', G. Shchutska // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. - 2019. - volume 98. -№2/5. – pp.16-22.
- 41.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.
- 42.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.
- 43.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.
- 44.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.

45. 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.
46. 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.
47. 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.
48. 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.
49. 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.
50. Щербань В.Ю. Структура комп'ютерної програми реалізації алгоритму
51. 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.



- 52.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.
- 53.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.
- 54.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.
- 55.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.
- 56.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.
- 57.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.
- 58.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.
- 59.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.
60. 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.