

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

*Дипломна магістерська робота*

на тему **Алгоритмічні і програмні компоненти системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил**

Виконав: студент групи МгІТ-2-20  
спеціальності 122 Комп'ютерні науки  
освітньої програми Комп'ютерні науки

Євгеній ПЛАХОТНІЙ

Керівник к.т.н. Валерій КАЛАШНИК

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

Київ 2021

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**

**Плахотнія Євгенія Івановича**

- 1. Тема роботи** Алгоритмічні і програмні компоненти системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил  
Науковий керівник роботи Калашник Валерій Юрійович, к.т.н.,  
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	Валерій КАЛАШНИК, к.т.н.		
Розділ1	Валерій КАЛАШНИК, к.т.н.		
Розділ 2	Валерій КАЛАШНИК, к.т.н.		
Розділ3	Валерій КАЛАШНИК, к.т.н.		
Висновки	Валерій КАЛАШНИК, к.т.н.		

## 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 процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил.	10.10.2021 р.	
3	Розділ 2. Алгоритмічне забезпечення. Алгоритми процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил.	30.10.2021 р.	
4	Розділ 3. Програмне забезпечення. Система проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил.	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 \_\_\_\_\_ Євгеній ПЛАХОТНІЙ  
 Науковий керівник роботи \_\_\_\_\_ Валерій КАЛАШНИК  
 Директор НМЦУПФ \_\_\_\_\_ Олена ГРИГОРЕВСЬКА

## АНОТАЦІЯ

**Плахотній Є. І. Алгоритмічні і програмні компоненти системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил. – Рукопис.**

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

Дипломну магістерську роботу присвячено дослідженню диференційних рівнянь рівноваги віскозної штапельної пряжі у формі балона усередині прядильної камери під дією сил натягу та аеродинамічного опору та обґрунтуванню практичних напрямів удосконалення конструкції формуючого пристрою в пневматичній прядильній камері на основі розробки математичних та програмних компонентів САПР.

Запропоновано математичні залежності сил натягу та аеродинамічного опору як функцій висоти балона та поточного радіуса точки на вісі віскозної штапельної пряжі та основні напрями практичного удосконалення технологічного процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил на основі розробки математичних та програмних компонентів САПР з урахуванням радіуса збірної поверхні камери, кутовій швидкості балона, швидкості відведення пряжі, лінійній щільності пряжі, відцентрових та інерційних сил, віднесених до одиниці довжини віскозної штапельної пряжі. Результати дипломної магістерської роботи можна використовувати при удосконаленні технологічного процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил для віскозної штапельної пряжі, що дозволить забезпечити мінімально необхідний натяг в зоні формуючого пристрою в пневматичній прядильній камері, зменшити обривність, підвищити продуктивність обладнання та якість готової продукції.

*Ключові слова: формуючий пристрій, комп'ютерна програма, пневматична прядильна камера, висота балона.*

## АННОТАЦИЯ

**Плахотний Е. И. Алгоритмические и программные компоненты системы проектирования процесса прядения с учетом активно действующих сил. – Рукопись.**

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

Дипломная магистерская работа посвящена исследованию дифференциальных уравнений равновесия вискозной штапельной пряжи в форме баллона внутри прядильной камеры под действием сил натяжения и аэродинамического сопротивления и обоснованию практических направлений усовершенствования конструкции формирующего устройства в пневматической прядильной камере на основе разработки математических и программных компонентов САПР.

Предложены математические зависимости сил натяжения и аэродинамического сопротивления как функций высоты баллона и текущего радиуса точки на оси вязкой штапельной пряжи и основные направления практического усовершенствования технологического процесса прядения с учетом активно действующих сил на основе разработки математических и программных компонентов САПР. Зависимости получены с учетом радиуса сборной поверхности, скорости баллона, скорости отвода пряжи, линейной плотности пряжи, центробежных и инерционных сил, отнесенных к единице длины вязкой штапельной пряжи. Результаты дипломной магистерской работы можно использовать при усовершенствовании технологического процесса прядения с учетом активно действующих сил для вязкой штапельной пряжи, что позволит обеспечить минимально необходимое натяжение в зоне формирующего устройства в пневматической прядильной камере, уменьшить обрывность, повысить производительность оборудования и качество готовой продукции.

*Ключевые слова: формирующее устройство, компьютерная программа, пневматическая прядильная камера, высота баллона.*

#### ANNOTATION

**Plakhotniy EI Algorithmic and software components of the spinning process design system taking into account active forces. - Manuscript.**

Master's thesis in specialty 122 - "Computer Science". - Kyiv National University of Technology and Design, Kyiv, 2021.

The master's thesis is devoted to the study of differential equations of equilibrium of viscose staple yarn in the form of a balloon inside the spinning chamber under the action of tension and aerodynamic resistance and substantiation of practical directions of improving the design of the forming device in the pneumatic spinning chamber.

Mathematical dependences of tension forces and aerodynamic resistance as functions of cylinder height and current point radius on the axis of viscose staple yarn and main directions of practical improvement of spinning technological process taking into account active forces based on development of mathematical and software components of CAD taking into account radius balloon speed, yarn removal speed, linear yarn density, centrifugal and inertial forces, per unit length of viscose staple yarn. The results of the master's thesis can be used to improve the spinning process taking into account the active forces for viscose staple yarn, which will provide the minimum necessary tension in the area of the forming device in the pneumatic spinning chamber, reduce discontinuity, improve equipment productivity and quality of finished products.

*Keywords: forming device, computer program, pneumatic spinning chamber, cylinder height.*

## ЗМІСТ

Вступ	7.
Розділ 1. Математичне забезпечення. Система проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил	10.
Висновки по 1 розділу	22.
Розділ 2. Алгоритмічне забезпечення. Алгоритми процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил	24.
Висновки по 2 розділу	40.
Розділ 3. Програмне забезпечення. Система проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил	41.
Висновки по 3 розділу	52.
Висновки	53.
Список використаних джерел	55.
Додаток 1	63.
Додаток 2	64.
Додаток 3	67.

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Теоретичні та експериментальні дослідження в галузі прядіння віскозної штапельної пряжі свідчать, що найбільш прогресивною та перспективною основою процесу проектування системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил з урахуванням радіуса збірної поверхні камери, кутовій швидкості балона, швидкості відведення віскозної штапельної пряжі, лінійній щільності віскозної штапельної пряжі, відцентрових та інерційних сил, віднесених до одиниці довжини віскозної штапельної пряжі є створення та впровадження в практику об'єктне орієнтованих систем та відповідного програмного забезпечення. Це дозволить забезпечити мінімально необхідний натяг віскозної штапельної пряжі в зоні формуючого пристрою в пневматичній прядильній камері, зменшити обривність віскозної штапельної пряжі віскозної штапельної пряжі, підвищити продуктивність обладнання та якість готової продукції.

**Мета дослідження** – Удосконалення системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил.

**Завдання дослідження.** Розробити відповідні диференційні рівняння рівноваги віскозної штапельної пряжі у формі балона усередині прядильної камери під дією сил натягу та аеродинамічного опору, алгоритм для їх реалізації на ЕОМ, програмне забезпечення для реалізації розробленого алгоритму.

**Об'єкт дослідження.** Технологічні процеси прядіння.

**Предмет дослідження.** Системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил.

**Методи дослідження.** Теоретичною основою при вирішенні науково-технічної проблеми по удосконаленню системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил є математичні та алгоритмічні компоненти САПР. Математичні компоненти системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил базуються на аналізі фізичної моделі предмету дослідження з використанням елементів алгебраїчних та

диференційних рівнянь рівноваги, визначених інтегралів, теорії матриць, регресійного аналізу. Алгоритмічні компоненти системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил базуються на використанні чисельних методів розв'язання систем алгебраїчних, інтегральних рівнянь, визначених інтегралів. Технологічні компоненти дослідження системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил 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 процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил на основі розробки математичних та програмних компонентів САПР. Математичні компоненти САПР розроблялися з урахуванням радіуса збірної поверхні камери, кутовій швидкості балона, швидкості відведення віскозної штапельної пряжі, лінійній щільності віскозної штапельної пряжі, відцентрових та інерційних сил, віднесених до одиниці довжини віскозної штапельної пряжі. Представлені результати розрахунків поточного радіус-вектора, швидкості та прискорення його зміни, натягу віскозної штапельної пряжі та швидкості його зміни, відцентрової сили і сили інерції, підйомної аеродинамічної сили і сили лобового аеродинамічного опору, результуючої аеродинамічної сили віднесених до одиниці довжини віскозної штапельної пряжі як функцій центрального кута циліндричної координатної системи в залежності від радіусу збірної поверхні камери, кутової швидкості балона, швидкості відведення віскозної штапельної пряжі, лінійної щільності віскозної штапельної пряжі.

**Практична цінність.** Результати дипломної магістерської роботи можна використовувати при удосконаленні технологічного процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил для віскозної штапельної пряжі, що дозволить забезпечити мінімально необхідний натяг в зоні формуючого пристрою в пневматичній прядильній камері, зменшити обривність, підвищити



продуктивність обладнання та якість готової продукції. 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 процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил.

Нове текстильне устаткування все ширше застосовується в усьому світі. Воно високотехнологічне й призначене для виготовлення продукції високої якості. Багато виробників текстильних машин використовують системи технічного обслуговування та ремонту на основі дистанційного керування. Дистанційне обслуговування й діагностичний контроль технічного стану – основні завдання в механічній інженерії, особливо у виробництві текстильних машин.

Текстильні підприємства очікують швидкого повернення своїх інвестицій у машинобудування. У разі простоїв дорогого текстильного устаткування не виробляється відповідні текстильні продукти і зменшуються прибутки підприємств. Тому провідні виробники текстильного устаткування пропонують Internet для його обслуговування. Це дає можливість текстильним підприємствам надсилати запит на технічне обслуговування у разі виникнення неполадок.

Вивчення умов формування віскозної штапельної пряжі при пневмомеханічному способі прядіння вимагає детального дослідження форми ділянки нитки у формі балона усередині прядильної камери і зовнішніх сил, що діють на нього. Завдання про форму і натягу балона віскозної штапельної пряжі вирішувалося теоретично при обґрунтованих якоюсь мірою допущеннях щодо взаємодії віскозної штапельної пряжі і повітря.

При застосуванні аналітичних методів математичного опису системи можна отримати її реакцію практично на будь-яку взаємодію. При цьому отримана модель може стосуватися не тільки конкретного об'єкта дослідження, а й цілого класу об'єктів. Разом з тим потрібно зауважити, що така математична модель ураховує тільки ті умови й фактори, які були в неї включені при формалізації фізичної моделі досліджуваного процесу, і не може враховувати умови й всі діючі фактори реально функціонуючої системи прогнозування

властивостей текстильних матеріалів. Аналітичні методи отримання моделі волокнистого продукту мають переваги в можливості використання для широкого кола волокнистих продуктів, але мають суттєвий недолік у застосуванні для конкретного волокнистого продукту й вимагають експериментального уточнення положень теоретичної моделі.

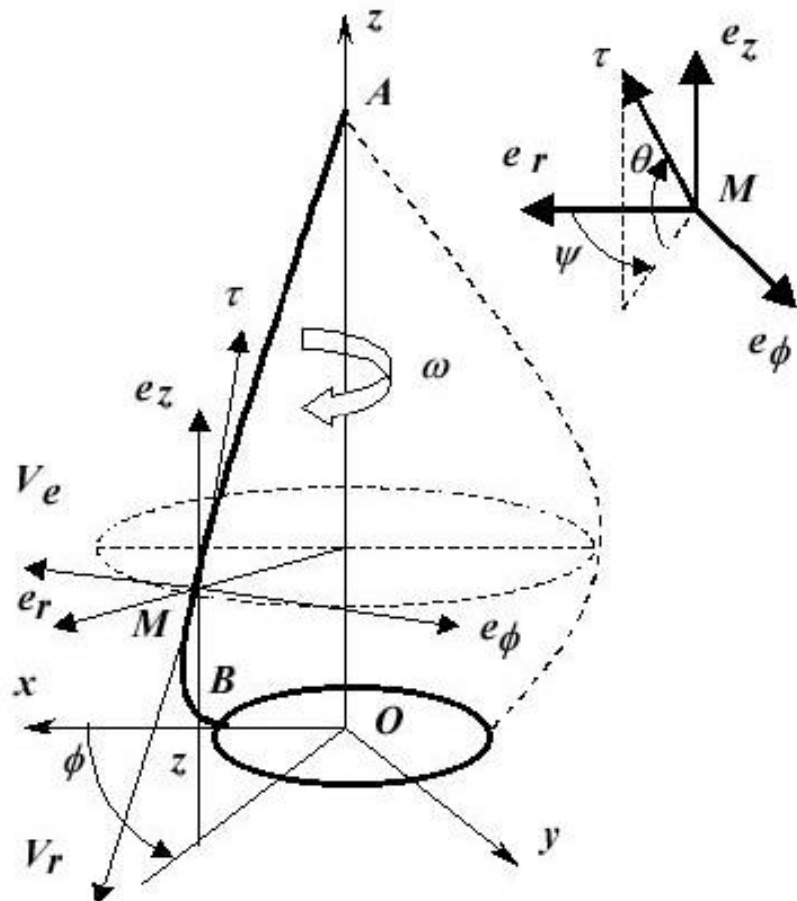


Рис.1.1. Силова розрахункова схема ділянки віскозної штапельної пряжі у формі балона

Проведемо аналіз експериментально зареєстрованої форми кривою балона. Допустимо, що нам відоме рівняння кривої балона  $r(\phi)$  у полярній системі координат з полюсом на осі камери і полярною віссю, що проходить через точку знімання С (рис. 1.1).

Результати розрахунку.

P124: 9196,2961; 9042,4579; 8887,6462; 8732,1087; 8576,0840; 8419,8018; 8263,4818; 8107,3336; 7951,5569; 7796,3405; 7641,8632; 7488,2926; 7335,7864;

7184,4913; 7034,5438; 6886,0703; 6739,1870; 6594,0006; 6450,6081; 6309,0974;  
 6169,5475; 6032,0289; 5896,6038; 5763,3266; 5632,2444; 5503,3970; 5376,8175;  
 5252,5329; 5130,5638; 5010,9254; 4893,6278; 4778,6760; 4666,0703; 4555,8071;  
 4447,8787; 4342,2737; 4238,9775; 4137,9725; 4039,2382; 3942,7518; 3848,4881;  
 3756,4199; 3666,5182; 3578,7525; 3493,0906; 3409,4995; 3327,9448; 3248,3914;  
 3170,8033; 3095,1441; 3021,3767; 2949,4638; 2879,3679; 2811,0511; 2744,4756;  
 2679,6037; 2616,3977; 2554,8200.

Позначимо:  $\varphi$  - поточна кутова координата точки кривої балона, радіан;

$r$  - поточний радіус-вектор, метри;

$R$  - радіус збірної поверхні камери, метри;

$\omega_B$  - кутова швидкість балона, секунд<sup>-1</sup>;

$U$  - швидкість відведення пряжі, метр·сек<sup>-1</sup>;

$\mu$  - лінійна щільність віскозної штапельної пряжі, Гс · метр<sup>-2</sup> · секунд<sup>-2</sup>;

$\nu$  - кут між позитивним напрямом радіусу-вектора  $r$  і негативним напрямом дотичній до кривій  $r(\varphi)$ , радіан;

$T$  - натяг віскозної штапельної пряжі, Гс;

$P$  - аеродинамічна сила, що діє на одиницю довжини віскозної штапельної пряжі, Гс · метр<sup>-1</sup>;

$P_r, P_\tau$  - проекції  $P$  відповідно на напрям радіус-вектора  $r$  і на перпендикуляр до нього, Гс · метр<sup>-1</sup>;

$C, Q$  - відповідно відцентрова і сила Коріоліса, віднесена до одиниці довжини віскозної штапельної пряжі, Гс · м<sup>-1</sup>.

Результати розрахунку системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил.

P121: 522,5432; 522,3645; 522,1819; 521,9952; 521,8046; 521,6099; 521,4112;  
 521,2083; 521,0013; 520,7902; 520,5748; 520,3552; 520,1313; 519,9031;  
 519,6706; 519,4336; 519,1923; 518,9466; 518,6963; 518,4416; 518,1823;  
 517,9185; 517,6501; 517,3770; 517,0992; 516,8168; 516,5296; 516,2376;  
 515,9408; 515,6392; 515,3327; 515,0213; 514,7050; 514,3837; 514,0575;  
 513,7261; 513,3897; 513,0482; 512,7016; 512,3498; 511,9928; 511,6306;

511,2631; 510,8903; 510,5121; 510,1286; 509,7397; 509,3454; 508,9456;  
508,5403; 508,1294; 507,7130; 507,2910; 506,8634; 506,4301; 505,9911;  
505,5463; 505,0958.

Для реєстрації обривів використовують датчики, що працюють за принципом електромагнітної індукції, яка наводиться бігунком. На кожному боці машини є по одному рухомому датчику. Цей пристрій «опитує» датчики кількох машин і уводить сигнали в ЕОМ. Систему програмного забезпечення адаптовано до різних процесів. Результати контролю можуть фіксуватися по комплекту машин, які обслуговуються однією робітницею, по одній з машин, по асортиментах тощо. В автоматичному регулюванні кільце прядильних машин для вовнопрядильного виробництва на сьогодні передбачена тільки базисна зміна частоти обертання веретен з мірою наробітку починка. Старт і початковий період наробітку проводяться на низькій швидкості, потім машина перемикається на високу швидкість, а наприкінці наробітку – на знижену швидкість.

Введемо допущення про те, що нитка гнучка, нерозтяжна, однорідна ( $\mu = const$ ); крива балона розташовується в площині, перпендикулярній осі камери, а процес прядіння стаціонарний ( $\omega_B, R, U$  — константи). На елемент віскозної штапельної балона  $ds$  (рис. 1.1) діють сили натягу віскозної штапельної  $T$  и  $T + dT$  та сила аеродинамічного опору  $Pds$ . Умови рівноваги елементу  $ds$

$$\begin{aligned} \sum X &= P_r ds + T \cos\left(v + \frac{d\varphi}{2}\right) - (T + dT) \cos\left(v + dv - \frac{d\varphi}{2}\right) + \\ &+ Cds - Q \sin v ds = 0, \\ \sum Y &= P_r ds + T \sin\left(v + \frac{d\varphi}{2}\right) - (T + dT) \sin\left(v + dv - \frac{d\varphi}{2}\right) + \\ &+ Q \cos v ds = 0. \end{aligned}$$

Результати розрахунку.

P118: 9,6820; 9,6858; 9,6897; 9,6937; 9,6978; 9,7019; 9,7062;  
9,7105; 9,7150; 9,7195; 9,7241; 9,7288; 9,7335; 9,7384; 9,7433;  
9,7484; 9,7535; 9,7588; 9,7641; 9,7695; 9,7750; 9,7806; 9,7863;  
9,7921; 9,7980; 9,8040; 9,8101; 9,8163; 9,8225; 9,8289; 9,8354;

9,8420; 9,8486; 9,8554; 9,8623; 9,8693; 9,8764; 9,8836; 9,8908;  
 9,8982; 9,9057; 9,9133; 9,9210; 9,9289; 9,9368; 9,9448; 9,9529;  
 9,9612; 9,9695; 9,9780; 9,9865; 9,9952; 10,0040; 10,0129; 10,0219;  
 10,0310; 10,0402; 10,0495.

Після перетворень, нехтуючи членами вищого порядку трохи і враховуючи, що для кривій в полярних координатах

$$\frac{d\varphi}{ds} = \frac{\sin v}{r}, \quad \operatorname{tg} v = -\frac{rd\varphi}{dr} = -\frac{r}{r'},$$

отримаємо

$$P_r = T \frac{\sin^2 v}{r} (1 - v') + T' \frac{\sin v \cos v}{r} - C + Q \sin v, \quad (1.1)$$

$$P_\tau = T \frac{\sin v \cos v}{r} (1 - v') - T' \frac{\sin^2 v}{r} + Q \cos v, \quad (1.2)$$

$$v' = \frac{rr'' - (r')^2}{r^2 + (r')^2}, \quad (1.3)$$

де  $r'$ ,  $r''$ ,  $T'$ ,  $v'$  - похідні по  $\varphi$ .

Результати розрахунку системи проектування процесу прядіння.

P117: 0,8889; 0,8780; 0,8671; 0,8564; 0,8457; 0,8352; 0,8247;  
 0,8144; 0,8042; 0,7941; 0,7840; 0,7741; 0,7644; 0,7547; 0,7451;  
 0,7357; 0,7263; 0,7171; 0,7080; 0,6990; 0,6901; 0,6813; 0,6727;  
 0,6641; 0,6557; 0,6474; 0,6392; 0,6310; 0,6231; 0,6152; 0,6074;  
 0,5997; 0,5922; 0,5847; 0,5774; 0,5701; 0,5630; 0,5559; 0,5490;  
 0,5422; 0,5354; 0,5288; 0,5222; 0,5158; 0,5094; 0,5031; 0,4969;  
 0,4909; 0,4849; 0,4789; 0,4731; 0,4674; 0,4617; 0,4561; 0,4506;  
 0,4452; 0,4398; 0,4346.

Рівняння, що описує зміну натягу віскозної штапельної пряжі в балоні, має вигляд

$$T = T_0 - \frac{1}{2} \mu \omega_B^2 r^2,$$

де  $T_0$  - натяг в точці  $r = 0$ . Перетворюючи його, знайдемо

$$T = T_C + \frac{1}{2} \mu \omega_B^2 (R^2 - r^2), \quad (1.4)$$

де  $T_C$  - натяг в точці знімання  $C$ . Звідси

$$T' = -\mu \omega_B^2 r r'. \quad (1.5)$$

Результати розрахунку системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил.

P122: 7139,8524; 6957,6509; 6776,5738; 6596,8834; 6418,8251; 6242,6270;  
6068,5000; 5896,6375; 5727,2165; 5560,3969; 5396,3225; 5235,1213; 5076,9058;  
4921,7739; 4769,8092; 4621,0821; 4475,6496; 4333,5570; 4194,8380; 4059,5154;  
3927,6022; 3799,1018; 3674,0090; 3552,3107; 3433,9864; 3319,0090; 3207,3451;  
3098,9562; 2993,7986; 2891,8242; 2792,9813; 2697,2147; 2604,4662; 2514,6752;  
2427,7790; 2343,7133; 2262,4122; 2183,8090; 2107,8360; 2034,4252; 1963,5083;  
1895,0169; 1828,8830; 1765,0387; 1703,4169; 1643,9509; 1586,5749; 1531,2243;  
1477,8351; 1426,3447; 1376,6914; 1328,8151; 1282,6568; 1238,1588; 1195,2648;  
1153,9199; 1114,0707; 1075,6652.

Виразимо інерційні сили  $C$  та  $Q$  через швидкості, лінійну щільність віскозної штапельної віскозної штапельної пряжі  $\mu$  і радіус

$$C = \mu \omega_B^2 r, \quad (1.6)$$

$$Q = 2\mu \omega_B U. \quad (1.7)$$

Для визначення  $T_C$  розглянемо рівняння (1.1) і (1.3) в крапці  $C$ , тобто при  $r = R$ ,  $T = T_C$ ,  $r' = 0$ ,  $v = \pi/2$ ,  $P_r = 0$ ,  $r'' = r''_C$ ,  $v = v'_C$ ,  $C = C_C$

$$T_C = \frac{(C_C - Q)R}{1 - v'_C}.$$

Підставивши в цю формулу вираз

$$v'_C = \frac{r''_C}{R},$$

отримаємо

$$T_C = \frac{(C_C - Q)R}{1 - \frac{r_C''}{R}} = (C_C - Q)\rho_C. \quad (1.8)$$

де  $\rho_C$  - радіус кривизни балона в точці знімання  $C$ .

Таким чином, рівняння (1.1 – 1.8) виражають складові аеродинамічної сили  $P_r$  та  $P_t$  через радіус-вектор  $r$  і його похідні по  $\varphi$ .

Результати розрахунку системи проектування.

P115: -17,3929; -17,7792; -18,1687; -18,5615; -18,9575; -19,3568; -19,7594; -20,1652; -20,5743; -20,9867; -21,4023; -21,8212; -22,2433; -22,6687; -23,0974; -23,5293; -23,9645; -24,4030; -24,8447; -25,2897; -25,7379; -26,1894; -26,6442; -27,1022; -27,5635; -28,0280; -28,4958; -28,9669; -29,4413; -29,9189; -30,3997; -30,8838; -31,3712; -31,8619; -32,3558; -32,8530; -33,3534; -33,8571; -34,3641; -34,8743; -35,3878; -35,9045; -36,4245; -36,9478; -37,4743; -38,0041; -38,5372; -39,0735; -39,6131; -40,1559; -40,7020; -41,2514; -41,8040; -42,3599; -42,9191; -43,4815; -44,0472; -44,6161.

Удосконалення кільцевого прядильного устаткування здійснювалося шляхом модернізації базових моделей і поступового впровадження засобів автоматизації, що зменшувало трудомісткість обслуговування машин. Модифіковані кільце прядильні машини оснащено пристроями автоматики. На цих машинах передбачалося автоматичне опускання кільцевих планок наприкінці наробітку знімання й базисне регулювання частоти обертання веретен. Але в той же час ряд операцій продовжував залишатися немеханізованим. Так, для полегшення знімання починків і надягання патронів не було передбачено автоматичне відкидання провідників, і при використанні автоматичного знімання ця операція здійснювалася вручну, збільшуючи час простою машини на зніманні. Модифіковані машини, маючи високий ступінь уніфікації за параметрами лінії прядіння й конструкції провідних елементів, не могли забезпечити суттєвого підвищення продуктивності й швидкісних режимів через збільшення рівня обривності й погіршення якості пряжі. Ці фактори й визначили подальший пошук і розробку нових конструкцій



прядильних машин.

Експериментальна форма кривої балона освітлювала імпульсним стробоскопічним джерелом світла при роботі спеціальної стендової установки з формуючим пристроєм в пневматичній прядильній камері і фіксувалися. Оптичний доступ всередину камери забезпечувався прозорим вікном в кришці камери і секторним вирізом сепаратора, причому за всіма основними показниками технологічний процес на стенді і на контрольній пневматичній прядильній камері протікав без істотних відмінностей. Для компенсації проєкційних і оптичних спотворень збільшені негативні фотозображення віскозної штапельної пряжі балона проєктувалися на зображення спеціально виготовленої координатної сітки, яка поміщала в середину камери і фотографувалася за тих же умов, що і нитка (рис. 1.2). Це дозволило визначати координати  $r$  та  $\psi$  точок кривої балона з достатньою точністю, за винятком координати  $\psi_C$  точки знімання  $C$ . Величина  $\psi$  для кожної крапки визначалася вимірюванням довжини дуги координатної сітки від нижнього променя до даної точки кривої. Рівняння кривої балона визначалося по експериментальних крапках і має вигляд

$$r = R + a(\psi - \psi_C)^2 + b(\psi - \psi_C)^3, \quad (1.9)$$

або, відповідно до прийнятої системи координат  $r - \varphi$ ,

$$r = R + a\varphi^2 + b\varphi^3, \quad (1.10)$$

де  $\varphi = \psi - \psi_C$ .

Результати розрахунку системи проєктування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил.

P120: 9,0885; 9,2872; 9,4874; 9,6890; 9,8921; 10,0967; 10,3028;  
 10,5103; 10,7192; 10,9297; 11,1415; 11,3548; 11,5694; 11,7855; 12,0030;  
 12,2219; 12,4422; 12,6638; 12,8868; 13,1112; 13,3369; 13,5640; 13,7924;  
 14,0220; 14,2531; 14,4854; 14,7189; 14,9538; 15,1899; 15,4273; 15,6660;  
 15,9058; 16,1469; 16,3892; 16,6327; 16,8774; 17,1233; 17,3703; 17,6185;  
 17,8678; 18,1183; 18,3698; 18,6225; 18,8763; 19,1311; 19,3870; 19,6439;

19,9019; 20,1609; 20,4209; 20,6819; 20,9439; 21,2068; 21,4707; 21,7355;  
22,0013; 22,2679; 22,5354.

Коефіцієнти  $a$  та  $b$  апроксимуючою кривою обчислювалися за допомогою ЕОМ методом найменших квадратів залежно від значення, що приймалося  $\psi_C$ . Це забезпечило близький збіг експериментальною і такою, що апроксимує її кривих і одночасне визначення наближеної величини  $T_C$ .

Так, типова крива балона для віскозної штапельної пряжі (рис. 1.2) завтовшки 19,2 текс ( $N\ 52,1$ ;  $\mu = 0,00196$  Гс · метр<sup>-2</sup> · секунд<sup>-2</sup>), виробленою при  $\omega_B = 3333$  секунд<sup>-1</sup>,  $U = 0,4328$  метр·секунда<sup>-1</sup> у пневматичній прядильній камері ( $R = 0,033$  метра), апроксимується кривий

$$r = 0.033 - 0.30\varphi^2 - 4.78\varphi^3. \quad (1.11)$$

Звідси

$$r' = -0.60\varphi - 14.34\varphi^2. \quad (1.12)$$

$$r'' = -0.60 - 28.68\varphi. \quad (1.13)$$

$$r_C'' = -0.60.$$

З рівняння (1.8)  $T_C = 1,23$  Гс.

Результати розрахунку системи проектування процесу прядіння.

P123: 5796,0650; 5775,5639; 5750,5046; 5721,0883; 5687,5216; 5650,0151;  
5608,7823; 5564,0385; 5515,9992; 5464,8799; 5410,8942; 5354,2536; 5295,1666;  
5233,8377; 5170,4667; 5105,2487; 5038,3730; 4970,0229; 4900,3754; 4829,6009;  
4757,8627; 4685,3173; 4612,1138; 4538,3943; 4464,2933; 4389,9383; 4315,4495;  
4240,9400; 4166,5159; 4092,2764; 4018,3141; 3944,7151; 3871,5589; 3798,9192;  
3726,8638; 3655,4546; 3584,7484; 3514,7965; 3445,6455; 3377,3371; 3309,9088;  
3243,3935; 3177,8205; 3113,2150; 3049,5989; 2986,9905; 2925,4054; 2864,8558;  
2805,3515; 2746,8996; 2689,5051; 2633,1706; 2577,8966; 2523,6820; 2470,5239;  
2418,4178; 2367,3578; 2317,3367.

За місцем розташування щодо вхідного пакування гасники балона можуть встановлюватися над пакуванням або по всій висоті пакування. Щодо вхідного пакування вони можуть установлюватися стаціонарно або мати можливість

переміщатися відносно вхідної вершини пакування (можливість регулювання по висоті або периметру). І нарешті розрізняють гасники балона за способом впливу на вхідне пакування. З метою ефективного запобігання злетів витків нитки з вхідних пакувань при її перемотуванні необхідно встановлювати на мотальному устаткуванні такі гасники балона, що мали б можливість регулювання їх розташування щодо вхідного пакування по висоті та периметру; значну масу (яка перевищує масу віскозної штапельної пряжі, що утворює балон) і найбільший контакт із ниткою незалежно від положення точки змотування віскозної штапельної пряжі з вхідного пакування. Натяг віскозної штапельної пряжі при перемотуванні на мотальному устаткуванні є одним з найважливіших технологічних параметрів, що визначають суть процесу формування вихідного пакування. Використання гасника балона необхідного периметра знижує кількість злетів витків віскозної штапельної пряжі з вхідного пакування і створює більш рівномірний натяг віскозної штапельної пряжі в процесі перемотування. Це у свою чергу сприятливо позначається на формуванні вихідної бобіни. На характер виникнення злетів суттєвий впливає лінійна густина віскозної штапельної пряжі і конструкція гасника балона. При цьому чим більше буде втрачено кінетичної енергії віскозної штапельної пряжі після удару її об гасник балона, тим менше створюється передумов для утворення злетів.

Користуючись рівняннями (1.1 – 1.7) і (1.11 – 1.13), можна знайти всі сили, під дією яких балон приймає форму, зафіксовану фотографічним шляхом. Результати обчислень по рівнянню (1.11) представлені графічно на мал. 1.3. Найцікавіші графіки  $P_r$  та  $P_z$  - відповідно підйомної аеродинамічної сили і сили лобового аеродинамічного опору, якщо прийняти, що напрям швидкості зустрічного потоку повітря перпендикулярно радіус - вектору  $r$ . У міру видалення від збірної поверхні камери обидві сили різко зростають, досягаючи свого максимуму на відстані 0,2—0,4 мм від неї, а потім різко падають.

Результати розрахунку системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил.

P113: 0,0254; 0,0258; 0,0262; 0,0267; 0,0271; 0,0275; 0,0279;  
 0,0283; 0,0287; 0,0292; 0,0296; 0,0300; 0,0304; 0,0308; 0,0312;  
 0,0317; 0,0321; 0,0325; 0,0329; 0,0333; 0,0337; 0,0342; 0,0346;  
 0,0350; 0,0354; 0,0358; 0,0362; 0,0367; 0,0371; 0,0375; 0,0379;  
 0,0383; 0,0388; 0,0392; 0,0396; 0,0400; 0,0404; 0,0408; 0,0413;  
 0,0417; 0,0421; 0,0425; 0,0429; 0,0433; 0,0438; 0,0442; 0,0446;  
 0,0450; 0,0454; 0,0458; 0,0463; 0,0467; 0,0471; 0,0475; 0,0479;  
 0,0483; 0,0488; 0,0492.

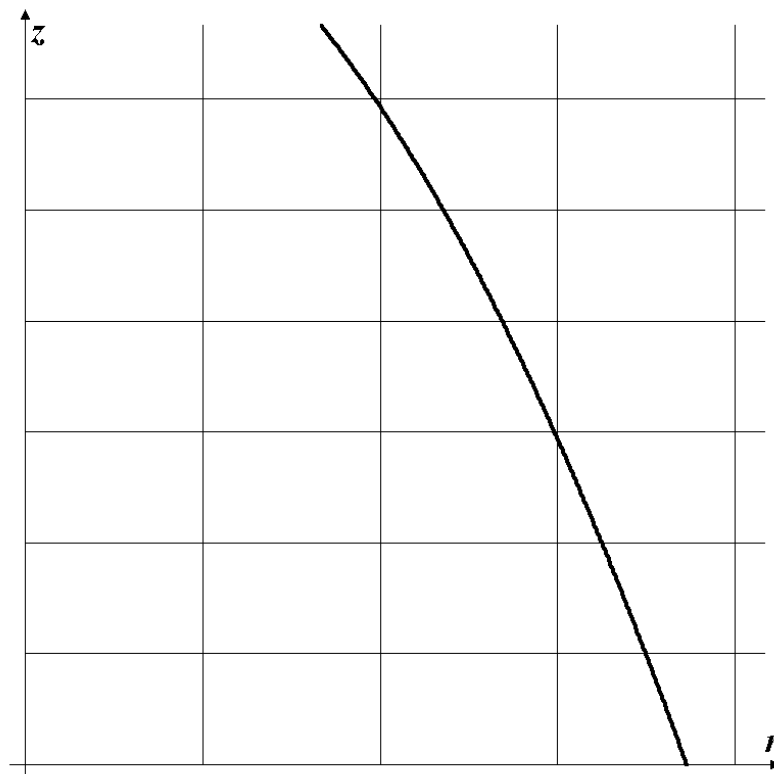


Рис.1.2. Вид віскозної штапельної віскозної штапельної пряжі балона, накладеної на зображення координатної сітки

Результати розрахунку системи.

P114: 21,4254; 21,4180; 21,4105; 21,4029; 21,3951; 21,3871; 21,3789;  
 21,3706; 21,3621; 21,3535; 21,3447; 21,3357; 21,3265; 21,3171; 21,3076;  
 21,2979; 21,2880; 21,2779; 21,2676; 21,2572; 21,2466; 21,2357; 21,2247;  
 21,2135; 21,2021; 21,1906; 21,1788; 21,1668; 21,1547; 21,1423; 21,1297;  
 21,1170; 21,1040; 21,0908; 21,0774; 21,0638; 21,0501; 21,0361; 21,0218;  
 21,0074; 20,9928; 20,9779; 20,9629; 20,9476; 20,9321; 20,9163; 20,9004;

20,8842; 20,8678; 20,8512; 20,8344; 20,8173; 20,8000; 20,7825; 20,7647;  
20,7467; 20,7285; 20,7100.

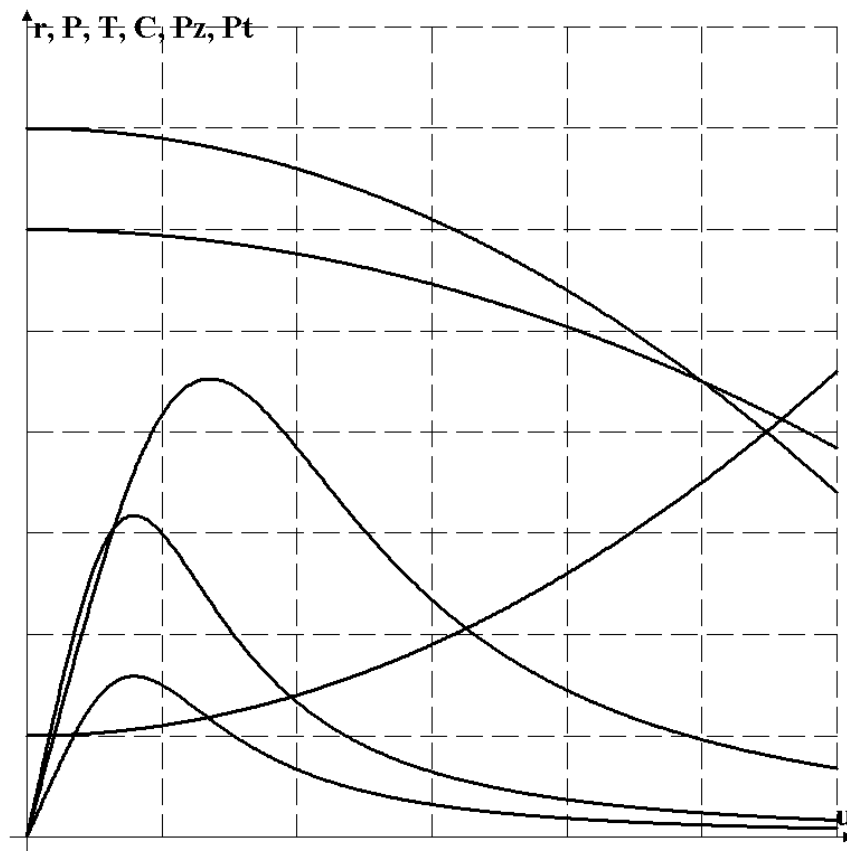


Рис.1.3. Сили, що діють на нитку балона

Підйомна сила  $P_r$  вже на відстані близько 3 мм стає вельми малим (менше 2% свого максимального значення) і продовжує убувати, наближаючись до нуля. Лобовий опір  $P_r$  на відстані приблизно 0,5 мм вже перевершує по величині  $P_r$  і спадає декілька повільніше, досягаючи при  $r \approx 26$  мм близько 25% свого максимального значення, і в межах досліджуваної ділянки ( $r_{\min}=14$  мм) залишається практично незмінним. Результати аналізу вносять істотні поправки в допущення щодо епюри швидкості повітря усередині камери і дії його на балон віскозної штапельної пряжі.

Результати розрахунку системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил.

P116: -923,1052; -930,9345; -938,7638; -946,5931; -954,4224; -962,2517; -  
970,0810; -977,9103; -985,7397; -993,5690; -1001,3983; -1009,2276; -1017,0569; -

1024,8862; -1032,7155; -1040,5448; -1048,3741; -1056,2034; -1064,0328; -  
 1071,8621; -1079,6914; -1087,5207; -1095,3500; -1103,1793; -1111,0086; -  
 1118,8379; -1126,6672; -1134,4966; -1142,3259; -1150,1552; -1157,9845; -  
 1165,8138; -1173,6431; -1181,4724; -1189,3017; -1197,1310; -1204,9603; -  
 1212,7897; -1220,6190; -1228,4483; -1236,2776; -1244,1069; -1251,9362; -  
 1259,7655; -1267,5948; -1275,4241; -1283,2534; -1291,0828; -1298,9121; -  
 1306,7414; -1314,5707; -1322,4000; -1330,2293; -1338,0586; -1345,8879; -  
 1353,7172; -1361,5466; -1369,3759.

Дослідження впливу величини, що приймається  $\psi_C$  і, отже,  $T_C$  на обчислення сил  $P_r$  та  $P_\tau$  за допомогою ЕОМ показало, що отримана аеродинамічна картина не заперечує законам аеродинаміки тільки при величині  $T_C$ , вибраною в досить вузьких межах (наприклад,  $T_C = 1,23 \pm 0,3$  Гс). Це дозволяє уникнути грубих помилок при визначенні натягнення в точці знімання.

## ВИСНОВКИ ПО 1 РОЗДІЛУ

1. Для системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил отримані диференційні рівняння рівноваги віскозної штапельної пряжі у формі балона усередині прядильної камери під дією сил натягу та аеродинамічного опору.
2. Отримані математичні залежності сил натягу та аеродинамічного опору як функцій висоти балона та поточного радіуса точки на вісі віскозної штапельної пряжі з урахуванням радіуса збірної поверхні камери, кутовій швидкості балона, швидкості відведення віскозної штапельної пряжі, лінійній щільності віскозної штапельної пряжі, відцентрових та інерційних сил, віднесених до одиниці довжини віскозної штапельної пряжі.

## РОЗДІЛ 2. АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.

### Алгоритми процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил.

Алгоритмічний ланцюг диференційних рівнянь рівноваги віскозної штапельної пряжі у формі балона усередині прядильної камери під дією сил натягу та аеродинамічного опору має наступну форму.

Перша алгоритмічна гілка математичних залежностей сил натягу та аеродинамічного опору як функцій висоти балона та поточного радіуса точки на вісі віскозної штапельної пряжі з граничними та початковими умовами представляється наступною системою

$$\sum X = P_r ds + T \cos\left(v + \frac{d\varphi}{2}\right) - (T + dT) \cos\left(v + dv - \frac{d\varphi}{2}\right) + C ds - Q \sin v ds = 0,$$

$$\sum Y = P_\tau ds + T \sin\left(v + \frac{d\varphi}{2}\right) - (T + dT) \sin\left(v + dv - \frac{d\varphi}{2}\right) + Q \cos v ds = 0.$$

$$\frac{d\varphi}{ds} = \frac{\sin v}{r}, \quad \operatorname{tg} v = -\frac{rd\varphi}{dr} = -\frac{r}{r'},$$

$$P_r = T \frac{\sin^2 v}{r} (1 - v') + T' \frac{\sin v \cos v}{r} - C + Q \sin v,$$

$$P_\tau = T \frac{\sin v \cos v}{r} (1 - v') - T' \frac{\sin^2 v}{r} + Q \cos v,$$

$$v' = \frac{rr'' - (r')^2}{r^2 + (r')^2},$$

Результати розрахунків системи проектування.

P134: 1038,6526; 1002,9840; 968,6114; 935,4886; 903,5707; 872,8142;  
843,1768; 814,6178; 787,0977; 760,5785; 735,0231; 710,3959; 686,6626;  
663,7900; 641,7459; 620,4996; 600,0210; 580,2816; 561,2537; 542,9104;  
525,2261; 508,1761; 491,7364; 475,8841; 460,5972; 445,8543; 431,6349;  
417,9195; 404,6889; 391,9250; 379,6103; 367,7278; 356,2614; 345,1955;  
334,5150; 324,2056; 314,2533; 304,6449; 295,3676; 286,4090; 277,7572;

269,4010; 261,3292; 253,5316; 245,9978; 238,7183; 231,6835; 224,8847;  
 218,3131; 211,9603; 205,8186; 199,8801; 194,1374; 188,5836; 183,2117;  
 178,0152; 172,9879; 168,1235; 163,4163.

$$T = T_0 - \frac{1}{2} \mu \omega_B^2 r^2,$$

$$T = T_C + \frac{1}{2} \mu \omega_B^2 (R^2 - r^2),$$

Друга алгоритмічна гілка математичних залежностей сил натягу та аеродинамічного опору як функцій висоти балона та поточного радіуса точки на вісі віскозної штапельної пряжі з урахуванням радіуса збірної поверхні камери, кутовій швидкості балона, швидкості відведення пряжі, лінійній щільності пряжі, відцентрових та інерційних сил, віднесених до одиниці довжини віскозної штапельної пряжі представляється наступною системою

$$T' = -\mu \omega_B^2 r r'.$$

$$C = \mu \omega_B^2 r,$$

$$Q = 2 \mu \omega_B U.$$

$$T_C = \frac{(C_C - Q)R}{1 - v'_C}.$$

$$v'_C = \frac{r''_C}{R},$$

$$T_C = \frac{(C_C - Q)R}{1 - \frac{r''_C}{R}} = (C_C - Q) \rho_C.$$

$$r = R + a(\psi - \psi_C)^2 + b(\psi - \psi_C)^3,$$

$$r = R + a\varphi^2 + b\varphi^3,$$

$$r = 0.033 - 0.30\varphi^2 - 4.78\varphi^3.$$

$$r' = -0.60\varphi - 14.34\varphi^2.$$

$$r'' = -0.60 - 28.68\varphi.$$





Для системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил рішення задачі Коші зводиться до чисельного інтегрування системи диференціальних рівнянь (2.1), тобто до знаходження інтегральних залежностей

$$y_1 = y_1(x), y_2 = y_2(x), \dots, y_j = y_j(x), \dots, y_n = y_n(x), \quad (2.2)$$

за наступних початкових (граничних) умов

$$x = x_0, y_{10} = y_1(x_0), y_{20} = y_2(x_0), \dots, y_{j0} = y_j(x_0), \dots, y_{n0} = y_n(x_0). \quad (2.3)$$

Результати розрахунків системи проектування процесу прядіння для віскозної штапельної пряжі.

P136: 2494,8333; 2436,4008; 2379,4857; 2324,0518; 2270,0632; 2217,4847; 2166,2812; 2116,4186; 2067,8630; 2020,5811; 1974,5405; 1929,7089; 1886,0550; 1843,5481; 1802,1579; 1761,8548; 1722,6101; 1684,3954; 1647,1832; 1610,9463; 1575,6586; 1541,2941; 1507,8279; 1475,2354; 1443,4928; 1412,5767; 1382,4645; 1353,1341; 1324,5639; 1296,7330; 1269,6209; 1243,2078; 1217,4744; 1192,4018; 1167,9718; 1144,1665; 1120,9687; 1098,3614; 1076,3285; 1054,8538; 1033,9220; 1013,5181; 993,6275; 974,2359; 955,3296; 936,8952; 918,9197; 901,3904; 884,2951; 867,6219; 851,3591; 835,4956; 820,0203; 804,9227; 790,1925; 775,8196; 761,7945; 748,1075; 734,7496.

При цьому мається на увазі, що інтегральні криві проходять через крапки, задані початковими (граничними) умовами

$$M_1(x_0, y_{10}), M_2(x_0, y_{20}), \dots, M_j(x_0, y_{j0}), \dots, M_n(x_0, y_{n0}). \quad (2.4)$$

Для системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил до системи (2.1) зводиться і будь-яке диференціальне рівняння вищого порядку вигляду

$$\frac{d^n y}{dx^n} = f\left(x, y, \frac{dy}{dx}, \frac{d^2 y}{dx^2}, \dots, \frac{d^{n-1} y}{dx^{n-1}}\right). \quad (2.5)$$

Для цього використовують метод пониження порядку диференціального рівняння (2.5) шляхом введення нових функцій



Для віскозної штапельної пряжі методи Ейлера - Коші, метод трапецій, метод Рунге - Кута можна віднести до перших. Метод Адамса, метод Крилова до других відносяться.

Перейдемо до розгляду методу Ейлера.

Для системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил задано диференціальне рівняння

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

Необхідно знайти наближене рішення (2.7) в крапках 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.

Для віскозної штапельної пряжі початкова умова  $x = x_0$ ,  $y_0 = y(x_0)$ .

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 розрахунків системи проектування процесу прядіння для віскозної штапельної пряжі.

P232: -4,5335; -4,5632; -4,5920; -4,6198; -4,6466; -4,6725; -4,6975; -  
 4,7215; -4,7446; -4,7667; -4,7879; -4,8082; -4,8276; -4,8460; -4,8636; -  
 4,8802; -4,8959; -4,9107; -4,9246; -4,9376; -4,9497; -4,9609; -4,9712; -  
 4,9807; -4,9892; -4,9969; -5,0037; -5,0096; -5,0146; -5,0188; -5,0221; -  
 5,0245; -5,0261; -5,0267; -5,0266; -5,0255; -5,0236; -5,0208; -5,0172; -  
 5,0126; -5,0072; -5,0010; -4,9938; -4,9858; -4,9770; -4,9672; -4,9566; -  
 4,9450; -4,9326; -4,9193; -4,9051; -4,8900; -4,8740; -4,8571; -4,8393; -  
 4,8205; -4,8008; -4,7802; -4,7586.

Прирівнюючи (2.7) і (2.8), отримаємо

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

звідки

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

Для віскозної штапельної пряжі ввикористовуючи рекурентну формулу (2.9) для точок  $k = 0, 1, \dots, n-1$  будемо ламану Ейлера 2, яка приблизно замінює інтегральну криву 1. Суть методу Ейлера-Коші полягає в тому, що через початок кожного відрізка  $[x_k, x_{k+1}]$  проводиться дотична до інтегральної кривої 1.

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

Різновидом методу Ейлера-Коші є метод трапецій. Він реалізується застосуванням на кожному кроці рекурентної формули

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

Для віскозної штапельної пряжі погрішність методу трапецій пропорційна  $h^3$  і його також відносять до загальних методів Рунге - Кута.

Перейдемо до розгляду методу Рунге - Кута. Рекурентна формула для його реалізації має вигляд

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

Результати розрахунків.

P135: 2268,3461; 2220,3765; 2173,4176; 2127,4580; 2082,4858; 2038,4881;  
 1995,4517; 1953,3626; 1912,2067; 1871,9692; 1832,6350; 1794,1890; 1756,6155;  
 1719,8989; 1684,0235; 1648,9732; 1614,7323; 1581,2847; 1548,6145; 1516,7058;  
 1485,5428; 1455,1099; 1425,3913; 1396,3717; 1368,0357; 1340,3682; 1313,3543;  
 1286,9791; 1261,2282; 1236,0871; 1211,5417; 1187,5782; 1164,1829; 1141,3423;  
 1119,0433; 1097,2729; 1076,0184; 1055,2674; 1035,0077; 1015,2273; 995,9145;  
 977,0579; 958,6462; 940,6686; 923,1142; 905,9725; 889,2335; 872,8869;  
 856,9232; 841,3326; 826,1060; 811,2341; 796,7082; 782,5195; 768,6596;  
 755,1203; 741,8935; 728,9714; 716,3463.

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.

Для віскозної штапельної пряжі координати будуть рівні  $x_k + \frac{h}{2}$ ,  $y_k + \frac{h}{2} f(x_k, y_k)$ . Лінія поля  $f\left[x_k + \frac{h}{2}, y_k + \frac{h}{2} f(x_k, y_k)\right]$  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 є метод Рунге - Кута четвертого порядку, рекурентна формула якого має вигляд

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

Результати розрахунків.

R231: 1704,0804; 1695,5214; 1686,6646; 1677,5099; 1668,0575; 1658,3073;  
 1648,2594; 1637,9137; 1627,2702; 1616,3286; 1605,0889; 1593,5507; 1581,7139;  
 1569,5781; 1557,1429; 1544,4079; 1531,3725; 1518,0362; 1504,3983; 1490,4580;  
 1476,2146; 1461,6672; 1446,8147; 1431,6561; 1416,1902; 1400,4157; 1384,3312;  
 1367,9352; 1351,2262; 1334,2023; 1316,8618; 1299,2026; 1281,2226; 1262,9197;  
 1244,2913; 1225,3350; 1206,0481; 1186,4278; 1166,4710; 1146,1747; 1125,5354;  
 1104,5498; 1083,2141; 1061,5246; 1039,4772; 1017,0677; 994,2917; 971,1447;  
 947,6218; 923,7182; 899,4286; 874,7476; 849,6698; 824,1894; 798,3003;  
 771,9963; 745,2712; 718,1183; 690,5308.

Погрішність даного методу пропорційна  $h^5$ . Він володіє більшою стійкістю до виникнення нестійкості рішення.

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

Для віскозної штапельної пряжі системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил рекурентна система рівнянь має вигляд

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

Для системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил погрішність обчислення  $y_{k+1}$ , з обліком (2.13), визначається по формулі

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

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

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

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 чисельної інтеграції даного методу має порядок  $h^5$ .

Для системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил багатокрокові вирішення диференціальних рівнянь (кінцево-різницевої методи) базуються на використанні даних рішення на попередніх

кроках. Це дозволяє підвищити швидкість обчислення. Для реалізації кінцево-різницевого методів при чисельному інтегруванні диференціальних рівнянь потрібно знати значення функції і її похідної в декількох точках близьких до початкової. Тут можна відзначити метод розкладання. Перший метод заснований на апріорному виборі першого наближення поблизу граничної точки  $(x_0, y_0)$

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

### Результати розрахунків значення параметрів системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил для віскозної штапельної пряжі 29 Т

Варіант 1. Параметри системи динамічного розрахунку сил що діють на віскозну штапельну пряжу в пневматичній прядильній камері для віскозної штапельної пряжі 29 Т: радіус збірної поверхні камери 40 мм, кутова швидкість балона  $2900 \text{ с}^{-1}$ , швидкість відведення пряжі 25 м/с, лінійна щільність віскозної штапельної пряжі 29 текс. На рис.2.1 та 2.1.1 представлені залежності радіус-вектора, швидкості та прискорення його зміни, натягу віскозної штапельної пряжі та швидкості його зміни, відцентрової сили і сили Коріоліса, підйомної аеродинамічної сили і сили лобового аеродинамічного опору, результуючої аеродинамічної сили.

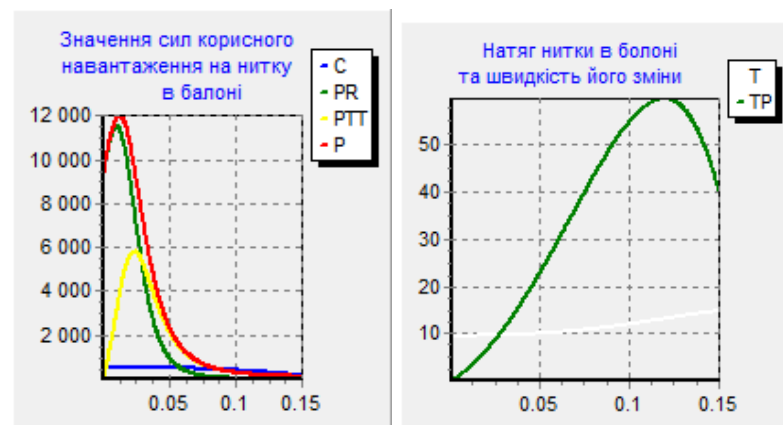


Рис.2.1

Результати розрахунків системи проектування процесу прядіння для віскозної штапельної пряжі.



P129: 0,4294; 0,4243; 0,4192; 0,4143; 0,4094; 0,4046; 0,3998;  
 0,3951; 0,3905; 0,3859; 0,3814; 0,3770; 0,3726; 0,3683; 0,3641;  
 0,3599; 0,3558; 0,3517; 0,3477; 0,3437; 0,3398; 0,3360; 0,3322;  
 0,3285; 0,3248; 0,3211; 0,3175; 0,3140; 0,3105; 0,3070; 0,3036;  
 0,3003; 0,2970; 0,2937; 0,2905; 0,2873; 0,2841; 0,2810; 0,2780;  
 0,2750; 0,2720; 0,2690; 0,2661; 0,2633; 0,2604; 0,2576; 0,2549;  
 0,2521; 0,2495; 0,2468; 0,2442; 0,2416; 0,2390; 0,2365; 0,2340;  
 0,2315; 0,2291; 0,2267; 0,2243.

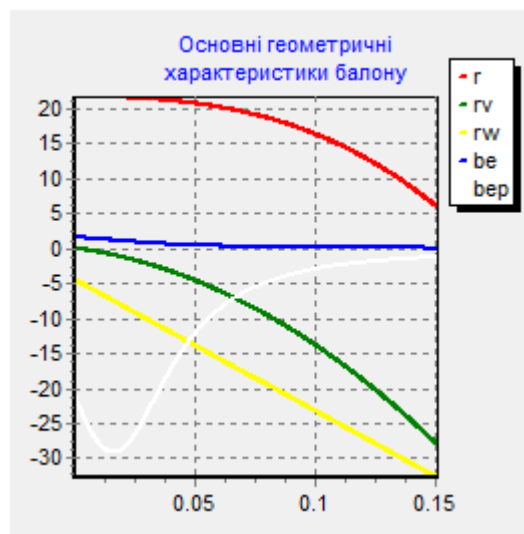


Рис.2.1.1

Результати розрахунків для віскозної штапельної пряжі.

P133: 504,6395; 504,1774; 503,7094; 503,2355; 502,7557; 502,2699; 501,7781;  
 501,2803; 500,7764; 500,2665; 499,7504; 499,2281; 498,6996; 498,1649;  
 497,6240; 497,0767; 496,5232; 495,9632; 495,3969; 494,8241; 494,2449;  
 493,6592; 493,0669; 492,4681; 491,8627; 491,2507; 490,6320; 490,0066;  
 489,3745; 488,7357; 488,0900; 487,4375; 486,7782; 486,1119; 485,4388;  
 484,7587; 484,0715; 483,3774; 482,6762; 481,9679; 481,2525; 480,5300;  
 479,8002; 479,0632; 478,3190; 477,5675; 476,8086; 476,0424; 475,2688;  
 474,4878; 473,6993; 472,9033; 472,0999; 471,2888; 470,4702; 469,6439;  
 468,8100; 467,9684; 467,1191.

Варіант 2. Параметри системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил для віскозної штапельної пряжі 29 текс:

кутова швидкість кривошипу розкладальника  $110 \text{ c}^{-1}$ , довжина кривошипа розкладальника  $0,03 \text{ м}$ , довжина шатуна розкладальника  $0,283 \text{ м}$ , вертикальне зміщення розкладальника  $0,231 \text{ м}$  віскозної штапельної пряжі. На рис.2.2 та 2.2.1 представлені залежності переміщень, швидкостей та прискорень ланок розкладальника віскозної штапельної пряжі в залежності від кутової швидкості.

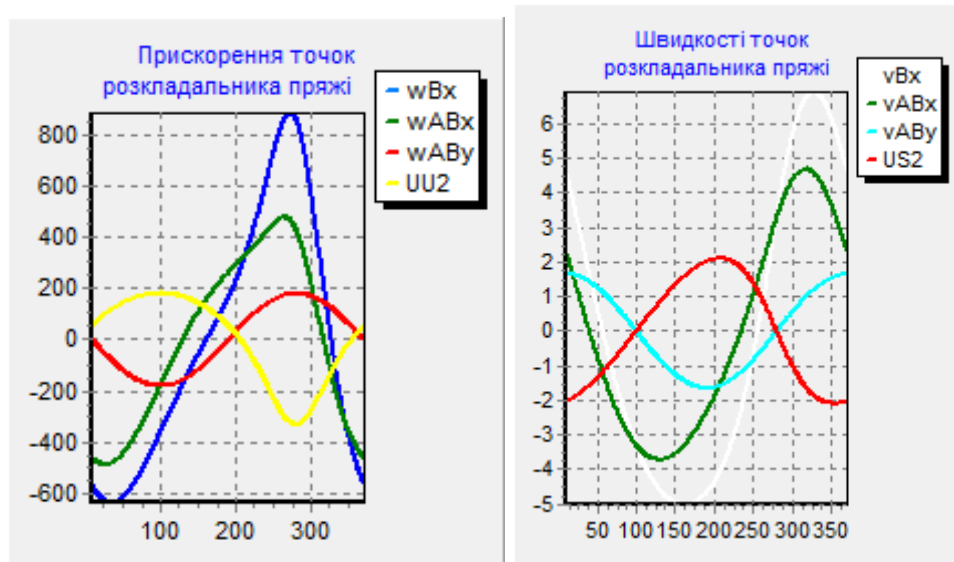


Рис.2.2

Результати розрахунків системи проектування процесу прядіння для віскозної штапельної пряжі.

P131: 10,0590; 10,0686; 10,0782; 10,0880; 10,0979; 10,1079; 10,1180;  
 10,1283; 10,1386; 10,1491; 10,1597; 10,1704; 10,1812; 10,1921; 10,2031;  
 10,2143; 10,2256; 10,2370; 10,2485; 10,2601; 10,2719; 10,2837; 10,2957;  
 10,3078; 10,3200; 10,3323; 10,3448; 10,3574; 10,3701; 10,3829; 10,3958;  
 10,4089; 10,4220; 10,4353; 10,4487; 10,4623; 10,4759; 10,4897; 10,5036;  
 10,5176; 10,5317; 10,5459; 10,5603; 10,5748; 10,5894; 10,6041; 10,6190;  
 10,6339; 10,6490; 10,6642; 10,6796; 10,6950; 10,7106; 10,7263; 10,7421;  
 10,7580; 10,7740; 10,7902; 10,8065.

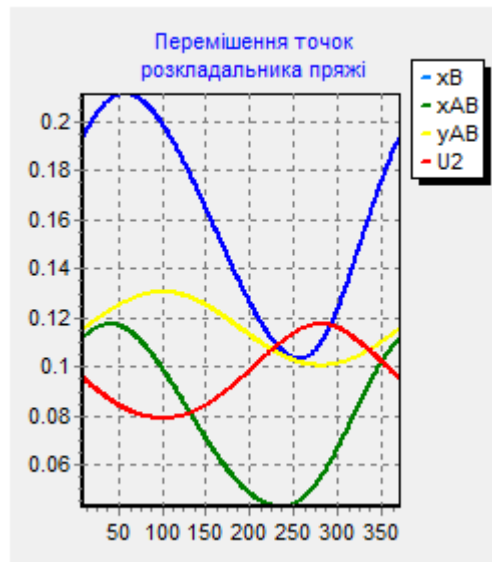


Рис.2.2.1

Результати розрахунків системи проектування для віскозної штапельної пряжі.  
 P130: -12,3630; -12,1849; -12,0095; -11,8369; -11,6671; -11,5000; -11,3356; -  
 11,1739; -11,0148; -10,8582; -10,7043; -10,5529; -10,4040; -10,2576; -10,1136;  
 -9,9720; -9,8327; -9,6958; -9,5612; -9,4288; -9,2987; -9,1707; -9,0449; -  
 8,9213; -8,7997; -8,6801; -8,5626; -8,4470; -8,3334; -8,2217; -8,1119; -  
 8,0039; -7,8978; -7,7934; -7,6908; -7,5899; -7,4907; -7,3932; -7,2973; -  
 7,2030; -7,1103; -7,0191; -6,9294; -6,8413; -6,7546; -6,6693; -6,5855; -  
 6,5030; -6,4219; -6,3421; -6,2636; -6,1865; -6,1105; -6,0359; -5,9624; -  
 5,8901; -5,8191; -5,7491; -5,6803.

**Результати розрахунків значення параметрів системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил для віскозної штапельної пряжі 41 Т**

Варіант 3. Параметри системи динамічного розрахунку сил що діють на віскозну штапельну пряжу в пневматичній прядильній камері для віскозної штапельної пряжі 41 Т: радіус збірної поверхні камери 40 мм, кутова швидкість балона  $1900 \text{ c}^{-1}$ , швидкість відведення віскозної штапельної пряжі 25 м/с, лінійна щільність віскозної штапельної пряжі 41 текс. На рис.2.3 та 2.3.1 представлені залежності радіус-вектора, швидкості та прискорення його зміни, натягу віскозної штапельної пряжі та швидкості його зміни, відцентрової сили і

сили Коріоліса віскозної штапельної пряжі, підйомної аеродинамічної сили і сили лобового аеродинамічного опору, результуючої аеродинамічної сили.



Рис.2.3

Результати розрахунків.

P132: 22,8038; 23,0731; 23,3432; 23,6141; 23,8858; 24,1583; 24,4316;  
 24,7056; 24,9804; 25,2559; 25,5321; 25,8090; 26,0866; 26,3648; 26,6436;  
 26,9231; 27,2031; 27,4838; 27,7649; 28,0466; 28,3289; 28,6116; 28,8948;  
 29,1784; 29,4625; 29,7470; 30,0319; 30,3172; 30,6028; 30,8887; 31,1750;  
 31,4615; 31,7483; 32,0353; 32,3226; 32,6100; 32,8977; 33,1854; 33,4733;  
 33,7613; 34,0493; 34,3375; 34,6256; 34,9137; 35,2018; 35,4899; 35,7779;  
 36,0658; 36,3535; 36,6412; 36,9286; 37,2158; 37,5028; 37,7895; 38,0760;  
 38,3621; 38,6479; 38,9333; 39,2183.

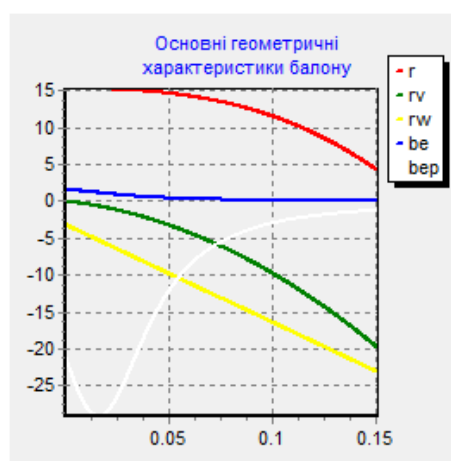


Рис.2.3.1

Результати розрахунків системи проектування процесу прядіння для віскозної штапельної пряжі.

P127: -45,1883; -45,7638; -46,3425; -46,9245; -47,5098; -48,0983; -48,6901; -49,2851; -49,8834; -50,4850; -51,0898; -51,6979; -52,3092; -52,9238; -53,5417; -54,1629; -54,7873; -55,4149; -56,0458; -56,6800; -57,3175; -57,9582; -58,6022; -59,2494; -59,8999; -60,5537; -61,2107; -61,8710; -62,5345; -63,2013; -63,8714; -64,5447; -65,2213; -65,9012; -66,5843; -67,2707; -67,9603; -68,6532; -69,3494; -70,0488; -70,7515; -71,4575; -72,1667; -72,8792; -73,5949; -74,3139; -75,0362; -75,7617; -76,4905; -77,2226; -77,9579; -78,6964; -79,4383; -80,1834; -80,9317; -81,6834; -82,4383; -83,1964; -83,9578.

Варіант 4. Параметри механічної системи розкладальника для віскозної штапельної пряжі 41 текс: кутова швидкість кривошипу розкладальника  $205 \text{ c}^{-1}$ , довжина кривошипа розкладальника  $0,025 \text{ м}$  віскозної штапельної пряжі, довжина шатуна розкладальника  $0,296 \text{ м}$  віскозної штапельної пряжі, вертикальне зміщення розкладальника  $0,242 \text{ м}$  віскозної штапельної пряжі. На рис.2.4 та 2.4.1 представлені залежності переміщень, швидкостей та прискорень ланок розкладальника віскозної штапельної пряжі в залежності від кутової швидкості.

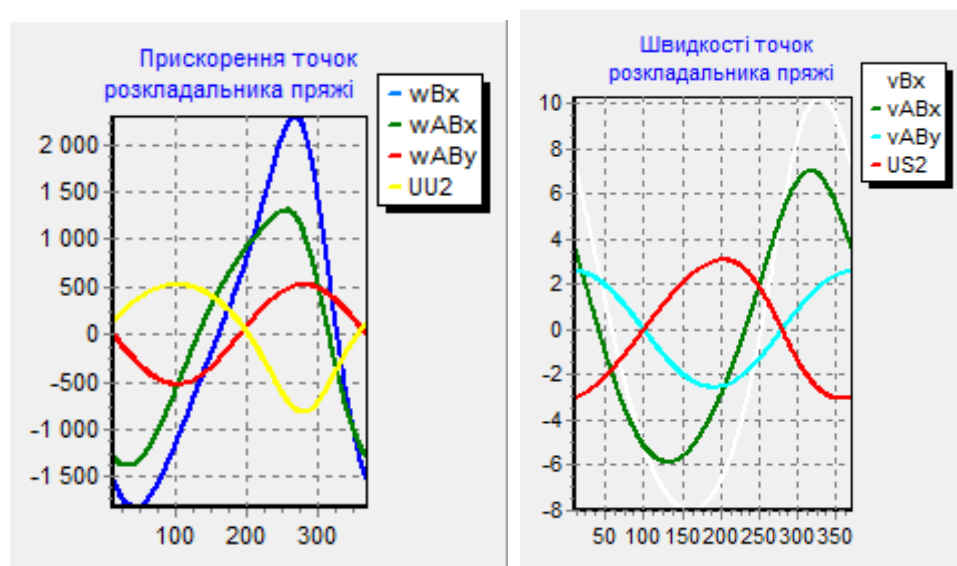


Рис.2.4

Результати розрахунків для віскозної штапельної пряжі.

P126: 20,6913; 20,6723; 20,6531; 20,6337; 20,6140; 20,5941; 20,5740; 20,5535; 20,5329; 20,5120; 20,4908; 20,4694; 20,4477; 20,4258; 20,4036; 20,3812; 20,3585; 20,3355; 20,3123; 20,2888; 20,2651; 20,2411; 20,2168;

20,1922; 20,1674; 20,1423; 20,1169; 20,0913; 20,0654; 20,0392; 20,0127;  
 19,9860; 19,9589; 19,9316; 19,9040; 19,8761; 19,8479; 19,8195; 19,7907;  
 19,7617; 19,7324; 19,7027; 19,6728; 19,6426; 19,6121; 19,5813; 19,5501;  
 19,5187; 19,4870; 19,4550; 19,4227; 19,3900; 19,3571; 19,3238; 19,2903;  
 19,2564; 19,2222; 19,1877; 19,1529.

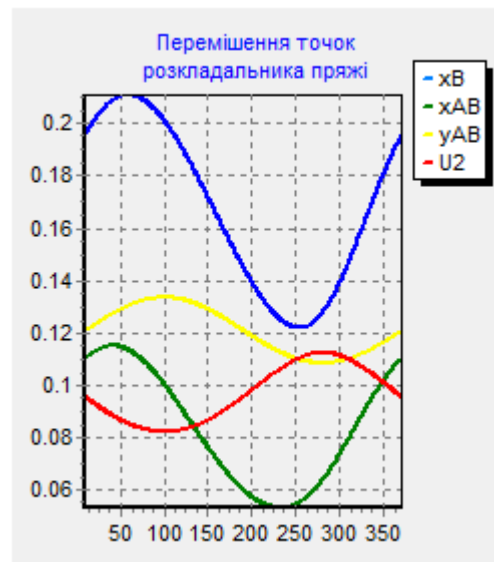


Рис.2.4.1

Результати розрахунків системи проектування процесу прядіння для віскозної штапельної пряжі.

P125: 0,0496; 0,0500; 0,0504; 0,0508; 0,0513; 0,0517; 0,0521;  
 0,0525; 0,0529; 0,0533; 0,0538; 0,0542; 0,0546; 0,0550; 0,0554;  
 0,0558; 0,0563; 0,0567; 0,0571; 0,0575; 0,0579; 0,0583; 0,0588;  
 0,0592; 0,0596; 0,0600; 0,0604; 0,0608; 0,0613; 0,0617; 0,0621;  
 0,0625; 0,0629; 0,0633; 0,0638; 0,0642; 0,0646; 0,0650; 0,0654;  
 0,0658; 0,0663; 0,0667; 0,0671; 0,0675; 0,0679; 0,0683; 0,0688;  
 0,0692; 0,0696; 0,0700; 0,0704; 0,0708; 0,0713; 0,0717; 0,0721;  
 0,0725; 0,0729; 0,0733; 0,0738.

## ВИСНОВКИ ПО 2 РОЗДІЛУ

1. Для віскозної штапельної пряжі отримані математичні залежності для реалізації алгоритму розрахунку системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил з урахуванням радіуса збірної поверхні

камери, кутовій швидкості балона, швидкості відведення пряжі, лінійній щільності пряжі, відцентрових та інерційних сил, віднесених до одиниці довжини віскозної штапельної пряжі.

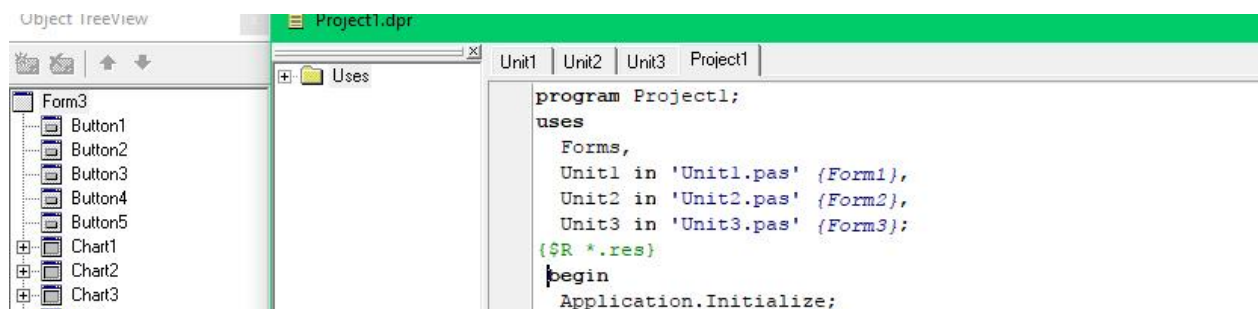
2. Для віскозної штапельної пряжі запропоновані математичні залежності сил натягу та аеродинамічного опору як функцій висоти балона та поточного радіуса точки на вісі віскозної штапельної пряжі та основні напрями практичного удосконалення технологічного процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил на основі розробки математичних та програмних компонентів САПР.

3. Отримані результати можна використовувати при удосконаленні технологічного процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил для віскозної штапельної пряжі, що дозволить забезпечити мінімально необхідний натяг в зоні формуючого пристрою в пневматичній прядильній камері, зменшити обривність, підвищити продуктивність обладнання та якість готової продукції.

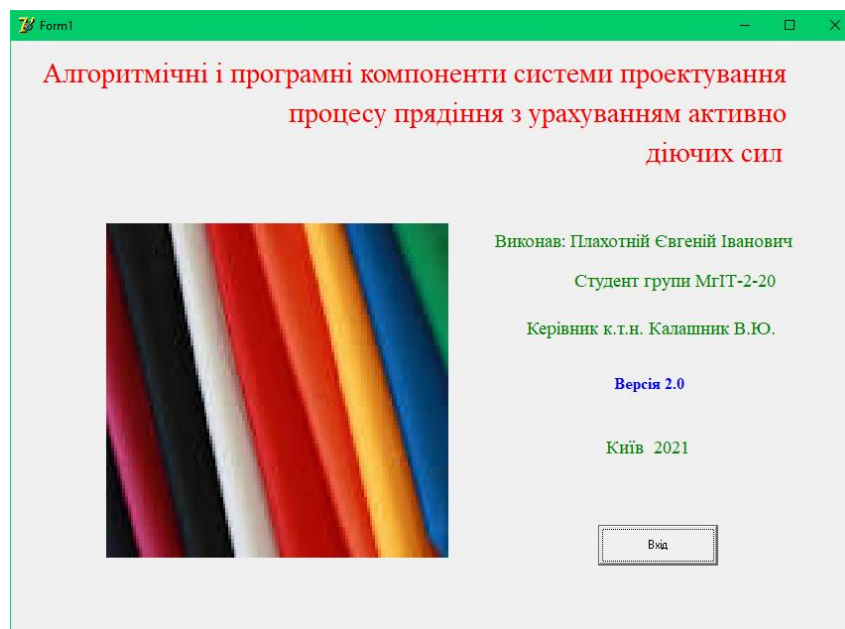
## РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.

### Система проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил.

Для системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил віскозної штапельної пряжі у формі балона усередині прядильної камери була реалізована наступна програма згідно алгоритму, який наведений в другому розділі. На рисунку представлена структура program Project1.



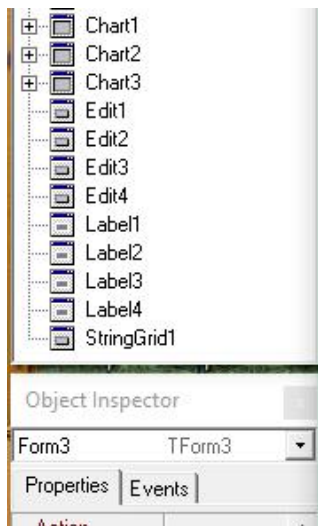
Вона включає три форми: Form1plaxotnijev; Form2plaxotnijev; Form3plaxotnijev. Перша форма програми для системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил віскозної штапельної пряжі має вигляд.



Програмний код інтерфейсу модуля unit Unit1 системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил віскозної штапельної пряжі має вигляд. Він включає структурні компоненти програми для системи проектування симетричних об'єктів заданої структури намотування поліетиленових комплексних ниток: кнопку Button1plaxotnijev; вікно для



розташування зображення Image1plaxotnijev; одно строкові поля для розташування інформації Label1plaxotnijev, Label2plaxotnijev, Label3plaxotnijev, Label4plaxotnijev, Label5plaxotnijev, Label6plaxotnijev, Label7plaxotnijev, Label8plaxotnijev.



```

type
  TForm1 = class(TForm)
    Button1: TButton;
    Image1: TImage;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Label5: TLabel;
    Label6: TLabel;
    Label7: TLabel;
    Label8: TLabel;
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

```

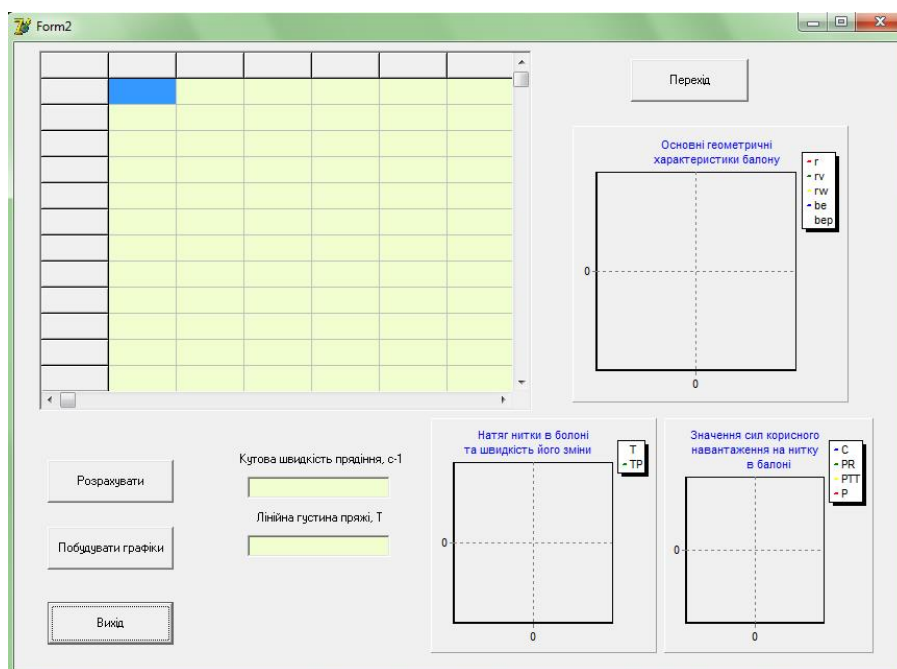
Результати розрахунку системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил віскозної штапельної пряджі у формі балона.

P18: 0,0987; 0,1992; 0,3014; 0,4053; 0,5109; 0,6182; 0,7273; 0,8380;  
 0,9505; 1,0647; 1,1805; 1,2981; 1,4174; 1,5384; 1,6611; 1,7855;  
 1,9115; 2,0393; 2,1688; 2,2999; 2,4327; 2,5672; 2,7034; 2,8413;  
 2,9809; 3,1221; 3,2650; 3,4095; 3,5557; 3,7036; 3,8531; 4,0043;  
 4,1572; 4,3116; 4,4678; 4,6255; 4,7849; 4,9459; 5,1086; 5,2729;  
 5,4388; 5,6063; 5,7754; 5,9461; 6,1184; 6,2923; 6,4678; 6,6449;  
 6,8235; 7,0038; 7,1856; 7,3689; 7,5538; 7,7403; 7,9283; 8,1179;  
 8,3090; 8,5016; 8,6957; 8,8914.

Кнопка Button1plaxotnijev активізує процедуру procedure Button1Click(Sender: TObject) переходу на другу форму Form2plaxotnijev програмного модуля Unit2. Друга форма модуля Unit2 програми системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил віскозної штапельної пряджі у формі балона усередині прядильної камери для першого та третього варіанту розрахунку довжини радіус-вектора, швидкості та прискорення його зміни, натягу віскозної

штапельної пряжі та швидкості його зміни, відцентрової сили і сили Кориоліса, підйомної аеродинамічної сили і сили лобового аеродинамічного опору, результуючої аеродинамічної сили має вигляд.

Програмний модуль Unit2 системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил віскозної штапельної пряжі у формі балона включає: три компоненти для відображення графічної інформації Chart1plaxotnijev, Chart2plaxotnijev, Chart3plaxotnijev; два одно строкових вікна для введення інформації Edit1plaxotnijev, Edit2plaxotnijev; багато строкове вікно для виведення цифрової інформації StringGrid1plaxotnijev.



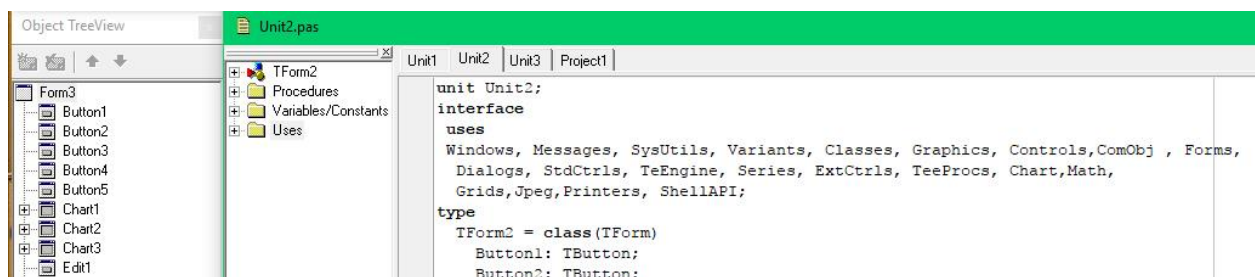
Результати розрахунку.

P19: 527,3061; 527,3032; 527,2984; 527,2916; 527,2827; 527,2719; 527,2589;  
 527,2438; 527,2266; 527,2072; 527,1855; 527,1616; 527,1355; 527,1070;  
 527,0761; 527,0429; 527,0073; 526,9692; 526,9286; 526,8855; 526,8399;  
 526,7917; 526,7408; 526,6873; 526,6312; 526,5723; 526,5107; 526,4462;  
 526,3790; 526,3089; 526,2360; 526,1601; 526,0813; 525,9995; 525,9147;  
 525,8268; 525,7359; 525,6418; 525,5446; 525,4443; 525,3407; 525,2338;  
 525,1237; 525,0103; 524,8935; 524,7734; 524,6498; 524,5228; 524,3923;  
 524,2583; 524,1208; 523,9797; 523,8350; 523,6866; 523,5346; 523,3788;  
 523,2193; 523,0560; 522,8890; 522,7180.

Результати розрахунку системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил.

P15: 1,5621; 1,5533; 1,5444; 1,5353; 1,5260; 1,5166; 1,5071; 1,4974;  
 1,4876; 1,4776; 1,4676; 1,4574; 1,4470; 1,4366; 1,4260; 1,4153;  
 1,4045; 1,3936; 1,3825; 1,3714; 1,3602; 1,3489; 1,3375; 1,3260;  
 1,3144; 1,3028; 1,2911; 1,2793; 1,2675; 1,2556; 1,2436; 1,2317;  
 1,2196; 1,2076; 1,1955; 1,1834; 1,1713; 1,1592; 1,1470; 1,1349;  
 1,1228; 1,1106; 1,0985; 1,0865; 1,0744; 1,0624; 1,0504; 1,0385;  
 1,0266; 1,0147; 1,0029; 0,9912; 0,9795; 0,9679; 0,9564; 0,9449;  
 0,9336; 0,9223; 0,9111; 0,8999.

Нижче показані основні спеціальні компоненти та модулі, які були підключені при виконанні комп'ютерної програми системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил.



Результати розрахунку системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил віскозної штапельної пряжі у формі балона.

P17: 9,5795; 9,5795; 9,5796; 9,5798; 9,5800; 9,5802; 9,5805; 9,5808;  
 9,5812; 9,5816; 9,5821; 9,5826; 9,5831; 9,5838; 9,5844; 9,5851;  
 9,5859; 9,5867; 9,5876; 9,5885; 9,5895; 9,5906; 9,5917; 9,5928;  
 9,5940; 9,5953; 9,5966; 9,5980; 9,5995; 9,6010; 9,6026; 9,6042;  
 9,6059; 9,6077; 9,6095; 9,6114; 9,6134; 9,6154; 9,6175; 9,6196;  
 9,6219; 9,6242; 9,6265; 9,6290; 9,6315; 9,6341; 9,6367; 9,6395;  
 9,6423; 9,6452; 9,6481; 9,6512; 9,6543; 9,6574; 9,6607; 9,6641;  
 9,6675; 9,6710; 9,6746; 9,6782.

Шість кнопок Button1plaxotnijev, Button2plaxotnijev, Button3plaxotnijev, Button4plaxotnijev, Button5plaxotnijev, Button6plaxotnijev активізує процедури

procedure Button1Click(Sender: TObject) – Button6Click(Sender: TObject)  
переходу на третю форму Form3plaxotnijev програмного модуля Unit3,  
обчислення, побудову графічних залежностей, збереження графічної інформації  
та цифрової інформації.



```
-----  
procedure Button1Click(Sender: TObject);  
procedure Button2Click(Sender: TObject);  
procedure Button3Click(Sender: TObject);  
procedure Button4Click(Sender: TObject);  
procedure Button5Click(Sender: TObject);  
procedure Button6Click(Sender: TObject);  
private
```

Результати розрахунку системи проектування процесу прядіння з урахуванням  
активно діючих сил.

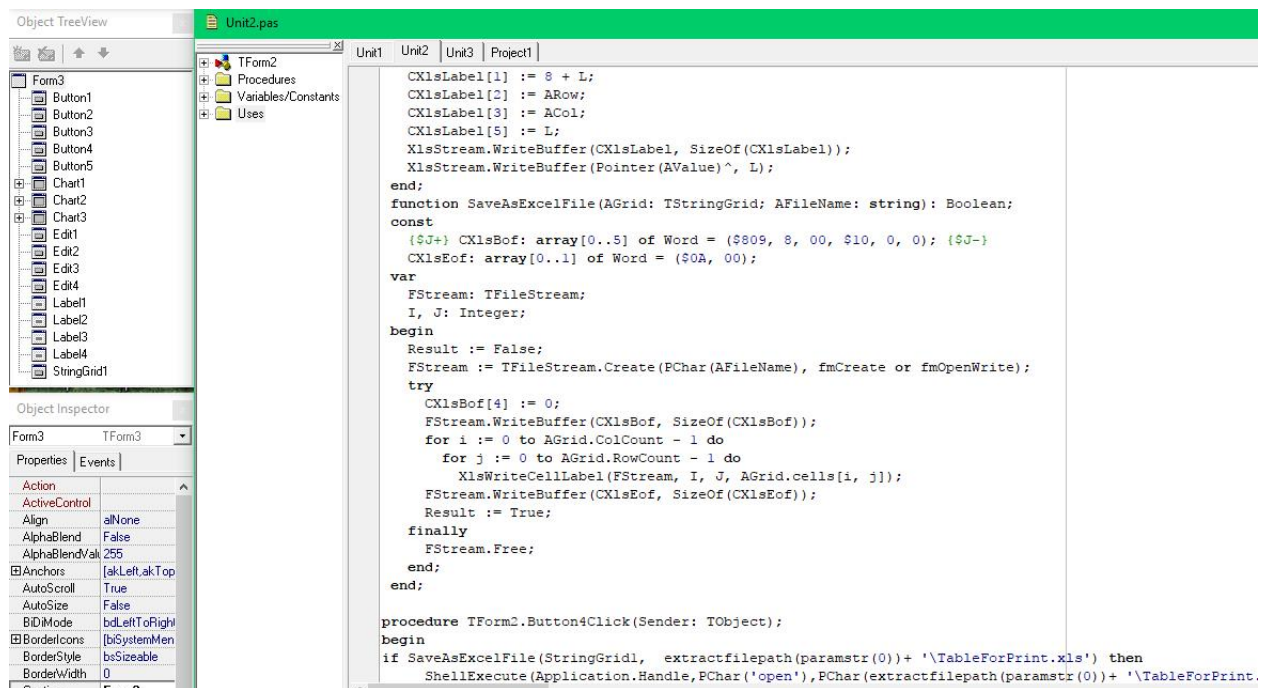
P111: 79,7286; 163,5792; 251,5425; 343,5961; 439,7039; 539,8150; 643,8636;  
751,7681; 863,4304; 978,7359; 1097,5527; 1219,7317; 1345,1062; 1473,4919;  
1604,6872; 1738,4732; 1874,6141; 2012,8580; 2152,9371; 2294,5691; 2437,4577;  
2581,2937; 2725,7569; 2870,5167; 3015,2343; 3159,5637; 3303,1542; 3445,6516;  
3586,7007; 3725,9468; 3863,0379; 3997,6267; 4129,3729; 4257,9446; 4383,0209;  
4504,2935; 4621,4681; 4734,2669; 4842,4293; 4945,7140; 5043,8998; 5136,7867;  
5224,1971; 5305,9760; 5381,9920; 5452,1376; 5516,3287; 5574,5054; 5626,6312;  
5672,6927; 5712,6991; 5746,6814; 5774,6917; 5796,8019; 5813,1028; 5823,7031;  
5828,7275; 5828,3162; 5822,6229; 5811,8135.

Для представлення цифрової інформації, після розрахунків в модулі  
Unit2, системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих  
сил віскозної штапельної пряжі в табличному вигляді використовувалася  
функція function Save As1Excel File (Grid: String Grid; File Name: string): Boolean  
та процедури: procedure Write Cell Label(Stream: Stream; Col, Row: Word та  
procedure Form2.Button4Click(Sender: Object).

Результати розрахунку системи проектування процесу прядіння.

P112: 9205,4792; 9362,9269; 9518,1186; 9670,8361; 9820,8550; 9967,9458;  
10111,8744; 10252,4029; 10389,2902; 10522,2931; 10651,1671; 10775,6676;  
10895,5505; 11010,5736; 11120,4980; 11225,0887; 11324,1163; 11417,3578;

11504,5984; 11585,6322; 11660,2639; 11728,3097; 11789,5985; 11843,9735;  
 11891,2927; 11931,4302; 11964,2772; 11989,7428; 12007,7547; 12018,2601;  
 12021,2258; 12016,6391; 12004,5077; 11984,8600; 11957,7452; 11923,2330;  
 11881,4134; 11832,3963; 11776,3111; 11713,3058; 11643,5463; 11567,2154;  
 11484,5123; 11395,6507; 11300,8584; 11200,3756; 11094,4536; 10983,3537;  
 10867,3458; 10746,7068; 10621,7194; 10492,6705; 10359,8502; 10223,5503;  
 10084,0626; 9941,6785; 9796,6869; 9649,3739; 9500,0211; 9348,9050.

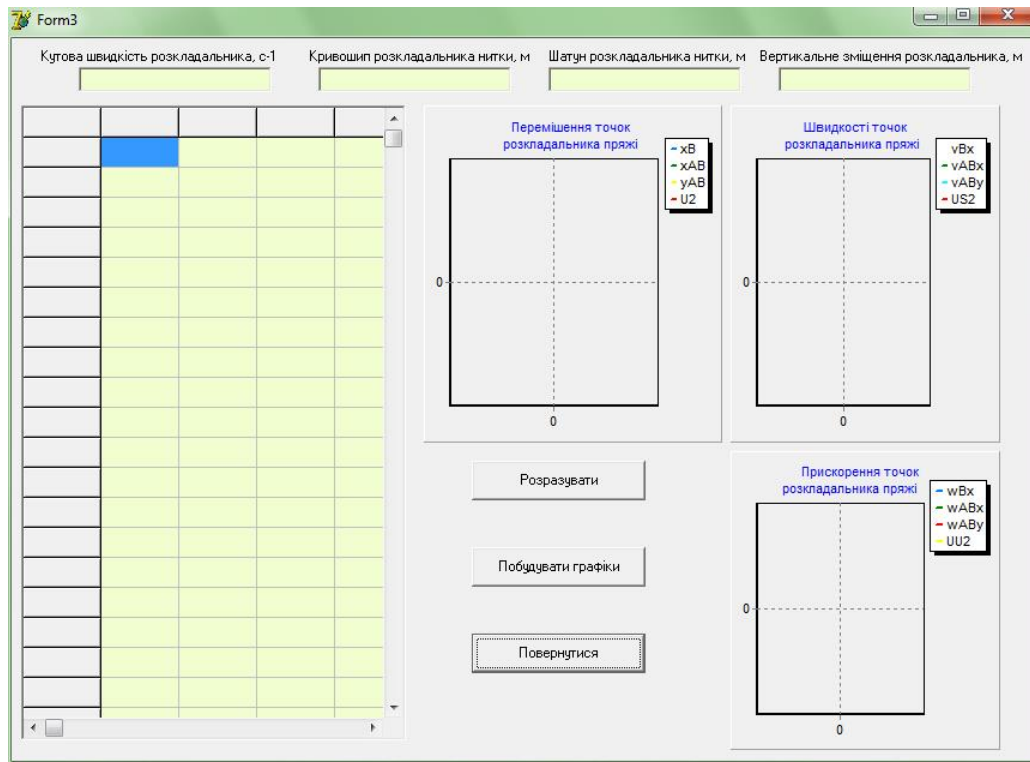


Третя форма Form3рлахотнієв модуля Unit3 програми системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил віскозної штапельної пряжі у формі балона усередині прядильної камери для другого та четвертого варіанту розрахунку переміщень, швидкостей та прискорень ланок розкладальника віскозної штапельної пряжі в залежності від кутової швидкості має вигляд.

Результати розрахунку системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил віскозної штапельної пряжі у формі балона.

P110: 9205,1339; 9361,4978; 9514,7942; 9664,7303; 9811,0067; 9953,3182;  
 10091,3549; 10224,8036; 10353,3491; 10476,6754; 10594,4674; 10706,4124;  
 10812,2019; 10911,5331; 11004,1108; 11089,6496; 11167,8750; 11238,5258;  
 11301,3559; 11356,1360; 11402,6556; 11440,7242; 11470,1736; 11490,8591;

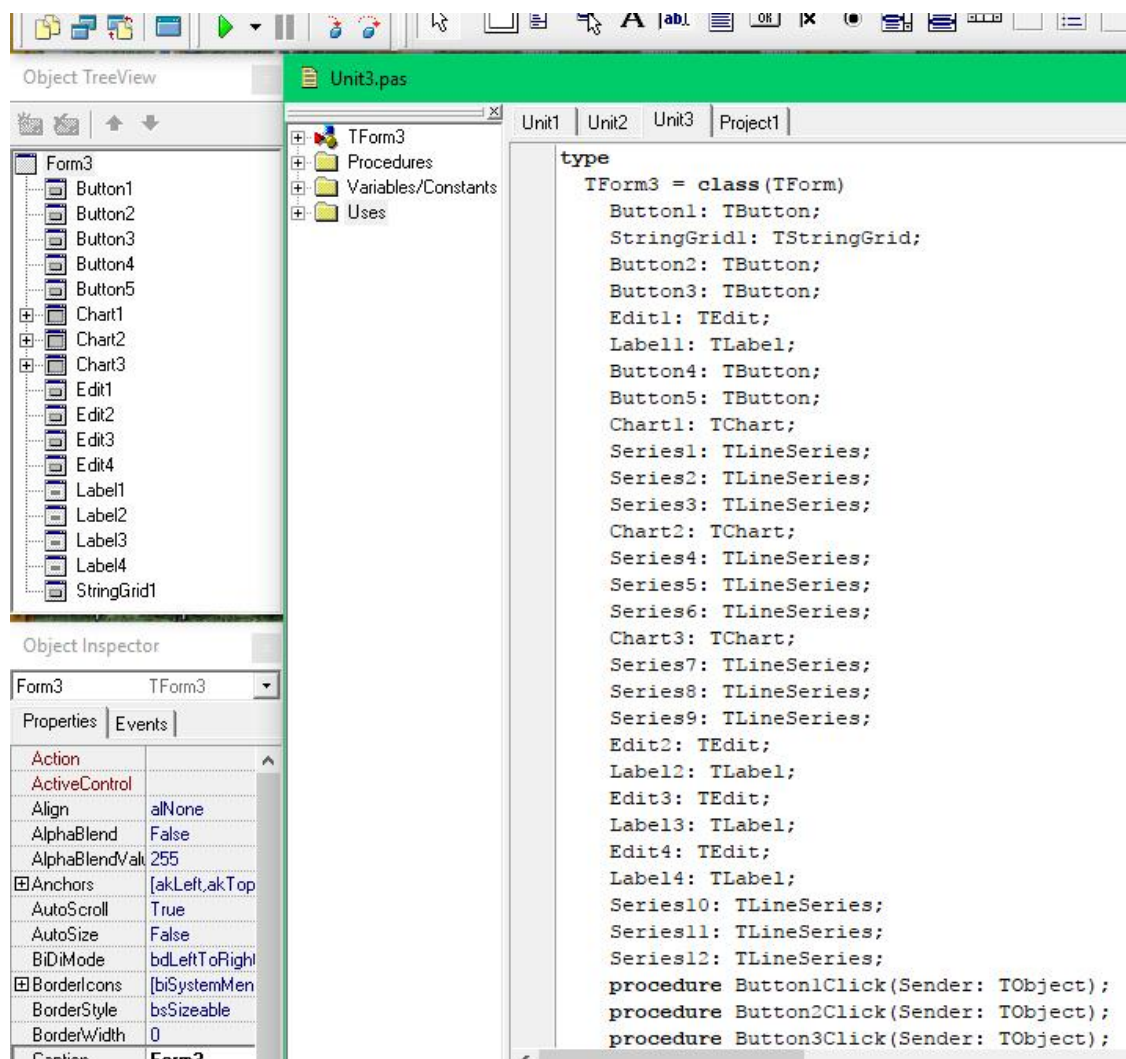
11502,6608; 11505,4850; 11499,2653; 11483,9635; 11459,5703; 11426,1059;  
 11383,6202; 11332,1929; 11271,9335; 11202,9807; 11125,5021; 11039,6931;  
 10945,7762; 10843,9993; 10734,6347; 10617,9775; 10494,3434; 10364,0675;  
 10227,5015; 10085,0124; 9936,9796; 9783,7932; 9625,8516; 9463,5590; 9297,3237;  
 9127,5553; 8954,6631; 8779,0539; 8601,1298; 8421,2866; 8239,9123; 8057,3850;  
 7874,0720; 7690,3281; 7506,4948; 7322,8990.



Модуль Unit3 системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил віскозної штапельної пряжі у формі балона усередині прядильної камери включає: кнопки `Button1plaxotnijev`, `Button2plaxotnijev`, `Button3plaxotnijev`; чотири одно строкових поля для розташування інформації `Label1plaxotnijev`, `Label2plaxotnijev`, `Label3plaxotnijev`, `Label4plaxotnijev`. Він включає: три компоненти для відображення графічної інформації `Chart1plaxotnijev`, `Chart2plaxotnijev`, `Chart3plaxotnijev`; чотири одно строкових вікна для введення інформації `Edit1plaxotnijev`, `Edit2plaxotnijev`, `Edit3plaxotnijev`, `Edit4plaxotnijev`; багато строкове вікно для виведення цифрової інформації `StringGrid1plaxotnijev`.

Результати розрахунку системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил.

P11: 0,0004; 0,0008; 0,0013; 0,0017; 0,0021; 0,0025; 0,0029; 0,0033;  
 0,0038; 0,0042; 0,0046; 0,0050; 0,0054; 0,0058; 0,0063; 0,0067;  
 0,0071; 0,0075; 0,0079; 0,0083; 0,0087; 0,0092; 0,0096; 0,0100;  
 0,0104; 0,0108; 0,0112; 0,0117; 0,0121; 0,0125; 0,0129; 0,0133;  
 0,0137; 0,0142; 0,0146; 0,0150; 0,0154; 0,0158; 0,0162; 0,0167;  
 0,0171; 0,0175; 0,0179; 0,0183; 0,0187; 0,0192; 0,0196; 0,0200;  
 0,0204; 0,0208; 0,0212; 0,0217; 0,0221; 0,0225; 0,0229; 0,0233;  
 0,0237; 0,0242; 0,0246; 0,0250.



Для введення кутової швидкості кривошипу розкладальника, довжини кривошипа розкладальника, довжини шатуна розкладальника, вертикального зміщення розкладальника системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил віскозної штапельної пряжі у формі балона використовувалася процедура `procedure Form3.Button2Click(Sender: Object)`.



```

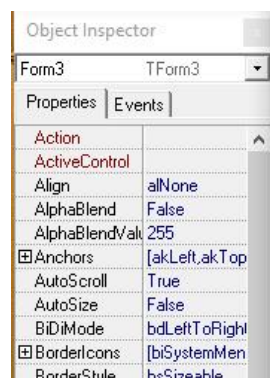
procedure TForm3.Button2Click(Sender: TObject);
begin
    Val(Edit1.text,omg,code);
    Val(Edit2.text,l1,code);
    Val(Edit3.text,l2,code);
    Val(Edit4.text,l3,code);
    begin
        StringGrid1.cells[0,0]:='U1';
        StringGrid1.cells[1,0]:='U2';
        StringGrid1.cells[2,0]:='xB';
        StringGrid1.cells[3,0]:='xAB';
    end;
end;

```

Результати розрахунку системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил віскозної штапельної пряжі у формі балона.

P12: 21,6207; 21,6205; 21,6203; 21,6201; 21,6197; 21,6192; 21,6187;  
 21,6181; 21,6174; 21,6166; 21,6157; 21,6147; 21,6137; 21,6125; 21,6112;  
 21,6099; 21,6084; 21,6068; 21,6052; 21,6034; 21,6015; 21,5996; 21,5975;  
 21,5953; 21,5930; 21,5906; 21,5880; 21,5854; 21,5826; 21,5798; 21,5768;  
 21,5737; 21,5704; 21,5671; 21,5636; 21,5600; 21,5563; 21,5524; 21,5484;  
 21,5443; 21,5401; 21,5357; 21,5312; 21,5265; 21,5217; 21,5168; 21,5117;  
 21,5065; 21,5012; 21,4957; 21,4900; 21,4843; 21,4783; 21,4722; 21,4660;  
 21,4596; 21,4531; 21,4464; 21,4395; 21,4325.

Для формування масиву даних в багато строковому вікні для виведення цифрової інформації StringGrid1plaxotnijev використовувався блок наступних операторів.



```

begin
StringGrid1.cells[0,n+1]:=format('%3.0d',[n]);
StringGrid1.cells[1,n+1]:=format('%9.4f',[mU2[n]]);
StringGrid1.cells[2,n+1]:=format('%9.4f',[mxB[n]]);
StringGrid1.cells[3,n+1]:=format('%9.4f',[mxAB[n]]);
StringGrid1.cells[4,n+1]:=format('%9.4f',[mYAB[n]]);
StringGrid1.cells[5,n+1]:=format('%9.4f',[mUS2[n]]);
StringGrid1.cells[6,n+1]:=format('%9.4f',[mUU2[n]]);
StringGrid1.cells[7,n+1]:=format('%9.4f',[mVBx[n]]);
StringGrid1.cells[8,n+1]:=format('%9.4f',[mVABx[n]]);
StringGrid1.cells[9,n+1]:=format('%9.4f',[mVABY[n]]);
StringGrid1.cells[10,n+1]:=format('%9.4f',[mWBx[n]]);
StringGrid1.cells[11,n+1]:=format('%9.4f',[mWABx[n]]);
StringGrid1.cells[12,n+1]:=format('%9.4f',[mWABY[n]]);
end;

```

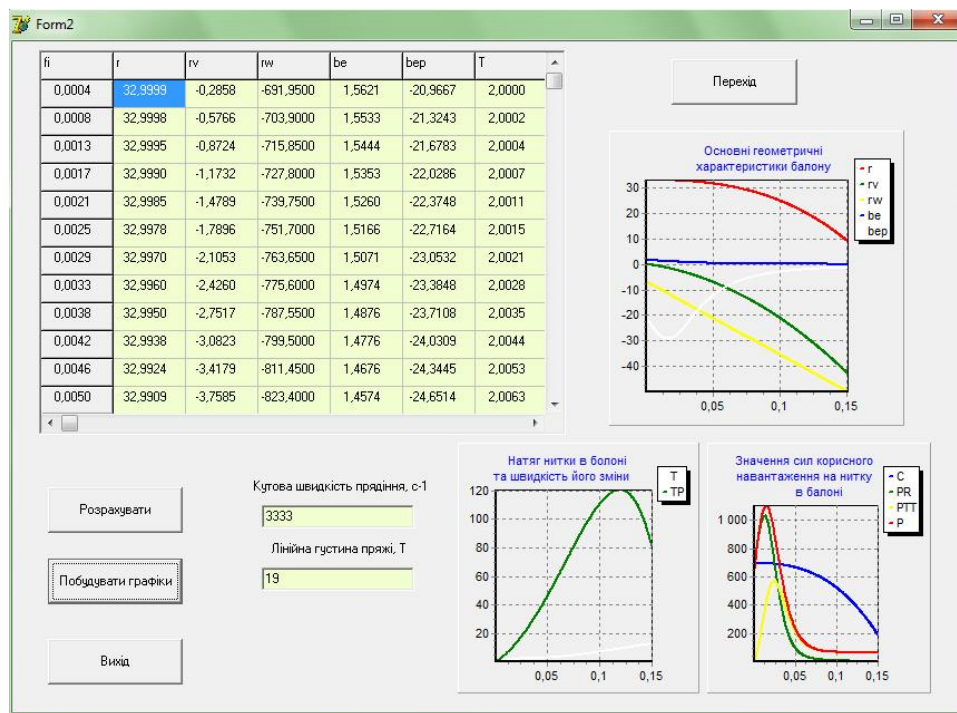
Результати розрахунку системи проектування процесу прядіння.

P13: -0,1873; -0,3778; -0,5716; -0,7686; -0,9689; -1,1725; -1,3793; -  
 1,5894; -1,8028; -2,0194; -2,2393; -2,4625; -2,6889; -2,9185; -3,1515; -  
 3,3877; -3,6271; -3,8699; -4,1158; -4,3651; -4,6176; -4,8734; -5,1324; -  
 5,3947; -5,6602; -5,9291; -6,2011; -6,4765; -6,7551; -7,0370; -7,3221; -  
 7,6105; -7,9021; -8,1971; -8,4952; -8,7967; -9,1014; -9,4093; -9,7206; -



10,0351; -10,3528; -10,6738; -10,9981; -11,3256; -11,6564; -11,9905; -12,3278; -12,6684; -13,0123; -13,3594; -13,7097; -14,0634; -14,4203; -14,7804; -15,1439; -15,5106; -15,8805; -16,2537; -16,6302; -17,0099.

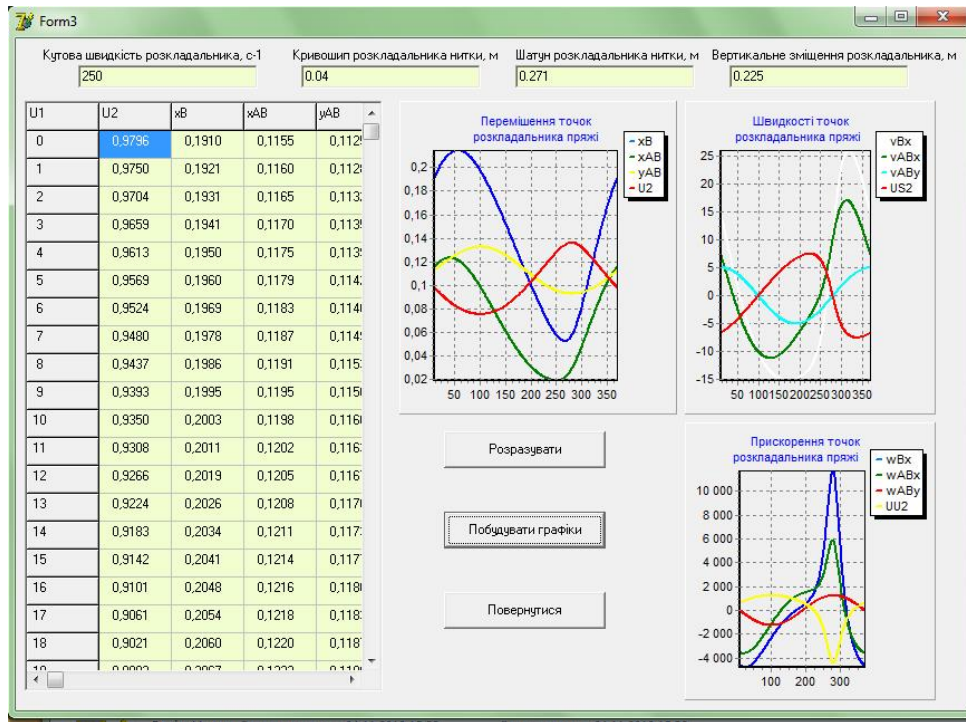
На рисунку показана друга форма програми з представленими результатами розрахунку системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил віскозної штапельної пряжі у формі балона усередині прядильної камери для першого та третього варіанту.



Результати розрахунку системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил віскозної штапельної пряжі у формі балона.

P16: -20,9667; -21,3243; -21,6783; -22,0286; -22,3748; -22,7164; -23,0532; -23,3848; -23,7108; -24,0309; -24,3445; -24,6514; -24,9512; -25,2434; -25,5277; -25,8037; -26,0709; -26,3291; -26,5779; -26,8168; -27,0455; -27,2637; -27,4711; -27,6673; -27,8520; -28,0251; -28,1861; -28,3349; -28,4713; -28,5951; -28,7060; -28,8040; -28,8890; -28,9609; -29,0196; -29,0651; -29,0974; -29,1165; -29,1225; -29,1155; -29,0955; -29,0628; -29,0175; -28,9598; -28,8899; -28,8080; -28,7145; -28,6096; -28,4936; -28,3668; -28,2296; -28,0823; -27,9254; -27,7591; -27,5838; -27,4001; -27,2082; -27,0086; -26,8016; -26,5878.

На рисунку показана третя форма програми з представленими результатами розрахунку для другого та четвертого варіанту для системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил віскозної штапельної пряжі у формі балона усередині прядильної камери.



Результати розрахунку системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил віскозної штапельної пряжі у формі балона для другого та четвертого варіантів.

P14: -453,3466; -461,1759; -469,0052; -476,8345; -484,6638; -492,4931; -500,3224; -508,1517; -515,9810; -523,8103; -531,6397; -539,4690; -547,2983; -555,1276; -562,9569; -570,7862; -578,6155; -586,4448; -594,2741; -602,1034; -609,9328; -617,7621; -625,5914; -633,4207; -641,2500; -649,0793; -656,9086; -664,7379; -672,5672; -680,3966; -688,2259; -696,0552; -703,8845; -711,7138; -719,5431; -727,3724; -735,2017; -743,0310; -750,8603; -758,6897; -766,5190; -774,3483; -782,1776; -790,0069; -797,8362; -805,6655; -813,4948; -821,3241; -829,1534; -836,9828; -844,8121; -852,6414; -860,4707; -868,3000; -876,1293; -883,9586; -891,7879; -899,6172; -907,4466; -915,2759.

### ВИСНОВКИ ПО 3 РОЗДІЛУ

1. Для чотирьох варіантів системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил для віскозної штапельної пряжі розроблено програмне забезпечення.
2. Для системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил віскозної штапельної пряжі реалізація програмного забезпечення дозволяє забезпечити мінімально необхідний натяг в зоні формуючого пристрою в пневматичній прядильній камері, зменшити обривність, підвищити продуктивність обладнання та якість готової продукції.

## 5. ВИСНОВКИ.

1. Для системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил отримані диференційні рівняння рівноваги віскозної штапельної пряжі у формі балона усередині прядильної камери під дією сил натягу та аеродинамічного опору.
2. Отримані математичні залежності сил натягу та аеродинамічного опору як функцій висоти балона та поточного радіуса точки на вісі віскозної штапельної пряжі з урахуванням радіуса збірної поверхні камери, кутовій швидкості балона, швидкості відведення віскозної штапельної пряжі, лінійній щільності віскозної штапельної пряжі, відцентрових та інерційних сил, віднесених до одиниці довжини віскозної штапельної пряжі.
3. Для віскозної штапельної пряжі отримані математичні залежності для реалізації алгоритму розрахунку системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил з урахуванням радіуса збірної поверхні камери, кутовій швидкості балона, швидкості відведення пряжі, лінійній щільності пряжі, відцентрових та інерційних сил, віднесених до одиниці довжини віскозної штапельної пряжі.
4. Для віскозної штапельної пряжі запропоновані математичні залежності сил натягу та аеродинамічного опору як функцій висоти балона та поточного радіуса точки на вісі віскозної штапельної пряжі та основні напрями практичного удосконалення технологічного процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил на основі розробки математичних та програмних компонентів САПР.
5. Отримані результати можна використовувати при удосконаленні технологічного процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил для віскозної штапельної пряжі, що дозволить забезпечити мінімально необхідний натяг в зоні формуючого пристрою в пневматичній прядильній камері, зменшити обривність, підвищити продуктивність обладнання та якість готової продукції.

6. Для чотирьох варіантів системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил для віскозної штапельної пряжі розроблено програмне забезпечення.

7. Для системи проектування процесу прядіння з урахуванням активно діючих сил віскозної штапельної пряжі реалізація програмного забезпечення дозволяє забезпечити мінімально необхідний натяг в зоні формуючого пристрою в пневматичній прядильній камері, зменшити обривність, підвищити продуктивність обладнання та якість готової продукції.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.

1. Національна рамка кваліфікацій –[http://zakon4.rada.gov.ua /laws/show /1341-2011-п](http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1341-2011-п).
2. ДСТУ 7239:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація.[Чинний від 01–08–2011]. К.: Держспоживстандарт України, 2011. 11 с.
3. Закон «Про вищу освіту» -<http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>.
4. Закон «Про освіту» -<http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/2145-19>.
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](http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/266-2015-п).
7. Державний класифікатор України: Класифікація видів економічної діяльності ДК009:2005. -Київ: Держстандарт України,2006.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
  12. 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.
  13. 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.
  14. Щербань В.Ю. Механіка нитки/В.Ю.Щербань. – К.:Видавництво «Укрбланковидав». – 2018. – 533 с.  
<https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/9517>
  15. Щербань В. Ю. Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/В.Ю.Щербань.-К.:Освіта України, 2018. – 257 с.
  16. Щербань В.Ю. Базове проектуєчне забезпечення САПР в індустрії моди/ В.Ю.Щербань, Ю.Ю.Щербань, О.З.Колиско, Г.В.Мельник, М.І.Шолудько, В.Ю.Калашник. – К.:Освіта України, 2018. – 902 с.
  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 ін. – К.:КНУТД, 2016. – 373 с.
  18. 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.
- 19.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.
- 20.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.
- 21.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.
- 22.Щербань В. Ю.Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/В.Ю.Щербань.-К.:КНУТД, 2016. – 184 с.
- 23.Щербань В. Ю.Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/В.Ю.Щербань.-К.:Освіта України, 2017. – 238 с.
- 24.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.
25. 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.
- 26.Щербань В. Ю. Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/В.Ю.Щербань.-К.:Освіта України, 2019. – 252 с.
- 27.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.



- 28.Щербань В. Ю. Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/В.Ю.Щербань – К.:Освіта України: ФОП Маслаков, 2020. – 236 с.
- 29.Щербань В. Ю. Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві / В.Ю.Щербань – К.:Освіта України, 2021. – 248 с.
- 30.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.
- 31.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.
- 32.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.
- 33.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.
- 34.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.
- 35.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.
- 36.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.
- 37.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.

38. 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.
39. 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.
40. 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.
41. 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.
42. 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.
43. 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.
44. 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.
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 багат шарових тканин з поліетиленових ниток / В.Ю. Щербань, Ю.В. Макаренко, О.З. Колиско, Ю.Ю. Щербань, Л.Є.Галавська // Вісник Хмельницького національного університету. – 2021, №3 (297). – С. 204-207.
- 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 багат шарової тканини для військового спорядження / В.Ю. Щербань, Ю.В. Макаренко, О.З. Колиско, Ю.Ю. Щербань, М.І. Колиско // Вісник Хмельницького національного університету. – 2021, №4 (299). – С. 155-159.