

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Математичні і алгоритмічні компоненти програмного комплексу
для побудови інформаційної моделі циліндричного пакування»

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки

Освітня програма Комп'ютерні науки

Виконав: студент групи МгЗІТ-22

Хмельницький Максим Андрійович

Науковий керівник професор Щербань В.Ю.

Рецензент _____

Київ 2023

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ДИЗАЙНУ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри КН
Володимир ЩЕРБАНЬ.
“ ” 2023 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Хмельницькому Максиму Андрійовичу

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

З завданням ознайомлений:

Студент _____ Максим ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ

Науковий керівник _____ Володимир ЩЕРБАНЬ

АНОТАЦІЯ

Хмельницький М. А. Математичні і алгоритмічні компоненти програмного комплексу для побудови інформаційної моделі циліндричного пакування. – Рукопис.

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

Кваліфікаційну магістерську роботу присвячено побудові інформаційної моделі циліндричного пакування на основі математичної формалізації кінематичних параметрів робочого отвору розкладальника мотальних апаратів, алгоритмічного забезпечення комп'ютерного програмного комплексу розрахунку оптимальних параметрів робочих елементів та технологічного процесу формування циліндричних пакувань. Інформаційна модель включає в себе математичні і алгоритмічні компоненти програмного комплексу, використання яких дозволяє удосконалювати технологічний процес формування циліндричного пакування на основі оптимізації геометричних характеристик та технологічних режимів.

В кваліфікаційній магістерській роботі запропоновано основні напрями удосконалення робочих елементів та технологічного процесу формування циліндричних пакувань на мотальних апаратах з урахуванням пружно-релаксаційних характеристик сировини, фактору часу, характеру переміщення отвору розкладальника, тертям між отвором розкладальника та пряжею, тертям між пряжею та пристроєм для натягу, переміщенням кільцевої планки, частоти обертання пакування та руху розкладальника, розміру та форми кільця, розміру та маси розкладальника, розміру циліндричного пакування, висоти і діаметру балона, опору повітря переміщенню пряжі.

Результати кваліфікаційної магістерської роботи можна використовувати для підвищення продуктивності мотальних апаратів, покращенню форми торців циліндричного пакування, перерозподілу напруги між шарами навитих ниток, мінімізації натягу пряжі в залежності від положення отвору розкладальника по відношенню до осі накопичувача, підвищення продуктивності технологічного обладнання за рахунок забезпечення раціонального режиму руху робочого елемента, зменшення кількості обривів пряжі при перемотуванні, зменшення простоїв обладнання, підвищення якості циліндричних пакувань.

Ключові слова: інформаційна модель, алгоритмічні компоненти, комп'ютерний програмний комплекс, циліндричне пакування, раціональний режиму руху.

ABSTRACT

Khmelnitskyi M. A. Mathematical and algorithmic components of the software complex for building an information model of cylindrical packaging. - Manuscript.

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

The qualifying master's work is devoted to the construction of an information model of cylindrical packaging based on the mathematical formalization of the kinematic parameters of the working opening of the unwinder of winding machines, the algorithmic support of the computer software complex for calculating the optimal parameters of working elements and the technological process of forming cylindrical packages. The information model includes mathematical and algorithmic components of the software complex, the use of which allows you to improve the technological process of forming cylindrical packaging based on the optimization of geometric characteristics and technological modes.

In the qualifying master's thesis, the main areas of improvement of working elements and the technological process of forming cylindrical packages on winding machines are proposed, taking into account the elastic-relaxation characteristics of raw materials, the time factor, the nature of the movement of the opening of the unfolder, friction between the opening of the unfolder and the yarn, friction between the yarn and the tensioning device, the movement of the ring bar, the frequency of rotation of the package and the movement of the unfolder, the size and shape of the ring, the size and weight of the unfolder, the size of the cylindrical package, the height and diameter of the cylinder, the air resistance to the movement of the yarn.

The results of the qualifying master's work can be used to increase the productivity of winding machines, improve the shape of the ends of cylindrical packaging, redistribute tension between the layers of wound threads, minimize yarn tension depending on the position of the opening of the unfolder in relation to the axis of the accumulator, increase the productivity of technological equipment by ensuring a rational mode of movement working element, reducing the number of yarn breaks during rewinding, reducing equipment downtime, improving the quality of cylindrical packages.

Keywords: information model, algorithmic components, computer software complex, cylindrical packaging, rational mode of movement.

Зміст

Вступ	7.
Розділ 1 Постановка задачі	10.
1.1. Фактори, які впливають на побудову інформаційної моделі циліндричного пакування	10.
1.2. Комплексний підхід управління технологічними режимами процесу формування циліндричних пакувань	15.
Висновки по 1 розділу	23.
Розділ 2 Проектування	24.
2.1. Математичні компоненти для побудови інформаційної моделі циліндричного пакування	24.
2.2. Алгоритмічні компоненти для побудови інформаційної моделі циліндричного пакування	33.
Висновки по 2 розділу	43.
Розділ 3 Програмна реалізація	45.
3.1. Програмний комплекс для побудови інформаційної моделі циліндричного пакування	45.
Висновки по 3 розділу	56.
Висновки	58.
Список використаних джерел	60.
Додаток А	69.
Додаток Б	74.

ВСТУП

Актуальність теми. Перспектива розвитку легкої промисловості полягає у збільшенні частки вітчизняних товарів на внутрішньому ринку та у зростанні експорту продукції власного виробництва. Для цього необхідно підвищувати конкурентоспроможність вітчизняної продукції шляхом поліпшення якості та одночасного зниження її собівартості. Це можливо реалізувати за умови відновлення вітчизняного агропромислового комплексу, який зможе забезпечити легку промисловість сировиною власного виробництва.

Підвищення конкурентоспроможності вітчизняної продукції як за ціною так і за якістю дозволить вітчизняним підприємцям поступово відійти від давальницьких схем виробництва.

Конкурентоспроможність вітчизняних виробників, врешті-решт, сприятиме покращенню якості життя населення через підвищення рівня заробітної плати та збільшення робочих місць. А це в свою чергу, певною мірою підвищить купівельну спроможність та сприятиме скороченню сегменту ринку дешевих імпортних товарів.

Зрозумілим є те, що галузь для реалізації всіх вище зазначених заходів потребує величезних інвестиційних ресурсів. З огляду на реальну можливість залучення необхідних інвестицій, найефективнішими є корпоративні форми бізнесу. Саме публічні акціонерні товариства через фондову біржу можуть об'єднувати різні за розмірами капітали великої кількості фізичних і юридичних осіб для фінансування всіх заходів, які можуть бути заплановані компаніями для поліпшення свого стану. Але проблема в тому, що вкладати гроші в акціонерні товариства ніхто не поспішає через відсутність ефективного механізму захисту прав акціонерів. В таких умовах надзвичайної актуальності набуває формування ефективної системи корпоративного управління.

Мета дослідження – удосконалення робочих елементів та технологічного процесу формування циліндричних пакувань на мотальних апаратах.

Завдання дослідження. Побудова інформаційної моделі циліндричного пакування на основі математичної формалізації кінематичних параметрів робочого отвору розкладальника мотальних апаратів, алгоритмічного забезпечення комп'ютерного програмного комплексу розрахунку оптимальних параметрів робочих елементів та технологічного процесу формування циліндричних пакувань.

Об'єкт дослідження. Технологічні процеси мотального виробництва.

Предмет дослідження. Циліндричні пакування.

Методи дослідження. Математичні і алгоритмічні компоненти програмного комплексу, використання яких дозволяє удосконалювати технологічний процес формування циліндричного пакування на основі оптимізації геометричних характеристик та технологічних режимів. Теоретичною базою є праці провідних вчених в галузі побудови інформаційних моделей, механіки одновимірних об'єктів, математичного моделювання складних систем. У теоретичних дослідженнях використано методи математичного аналізу, диференційної геометрії.

Практична цінність – Запропоновано основні напрями основні напрями удосконалення робочих елементів та технологічного процесу формування циліндричних пакувань на мотальних апаратах на основі розробки математичних і алгоритмічних компонентів програмного комплексу для побудови інформаційної моделі циліндричного пакування для реалізації мети дипломної магістерської роботи за спеціальністю 122 - Комп'ютерні науки.

Елементи наукової новизни. Мають узагальнюючий характер і містять власні висновки та рекомендації по удосконаленню системи розрахунку математичних компонентів програмного комплексу для побудови інформаційної моделі.

Практична значущість роботи. Результати кваліфікаційної магістерської роботи можна використовувати для підвищення продуктивності мотальних апаратів, покращенню форми торців циліндричного пакування, перерозподілу напруги між шарами навитих ниток, мінімізації натягу пряжі в залежності від положення отвору розкладальника по відношенню до осі накопичувача, підвищення продуктивності технологічного обладнання, розроблений пакет прикладного програмного забезпечення може використовуватися у відповідних проектно-конструкторських організаціях, які займаються вирішенням аналогічних та суміжних проблем.

Апробація результатів роботи. За результатами дипломної магістерської роботи отримано 1 стаття в спеціалізованому виданні

Результати роботи можна використовувати для підвищення продуктивності мотальних апаратів, покращенню форми торців циліндричного пакування, перерозподілу напруги між шарами навитих ниток, мінімізації натягу пряжі в залежності від положення отвору розкладальника по відношенню до осі накопичувача, підвищення продуктивності технологічного обладнання за рахунок забезпечення раціонального режиму руху робочого елемента, зменшення кількості обривів пряжі при перемотуванні, зменшення простоїв обладнання, підвищення якості циліндричних пакувань.

Розділ 1 Постановка задачі.

1.1. Фактори, які впливають на побудову інформаційної моделі циліндричного пакування.

Розробка та впровадження нової техніки та технології у виробництві текстильних матеріалів є передовим аспектом у легкій промисловості. Для досягнення цієї мети з боку міжнародного співтовариства, наукових кіл, науковцями та фахівцями галузі розробляється ціла низка проектів, проводяться масштабні дослідження. Основним завданням проведення вищезгаданих заходів є збільшення асортименту продукції, підвищення якості, зменшення частки ручної праці. Незалежно від того, що розвиток техніки та технології в галузі виробництва машин та обладнання легкої промисловості досяг високого рівня, теоретичні вивчення та аналізи технологічних процесів та переходів залишаються актуальними.

Прядильні та крутильні ділянки по трудомісткості виробництва займають провідне місце у виробництві крученої гребної пряжі, тому їх технічна оснащеність має першорядне значення збільшення обсягу продукції, поліпшення її якості, зниження собівартості тканин і трикотажних виробів. Перспективи розвитку крутильного устаткування пов'язані із застосуванням таких способів кручення, котрим характерно поділ процесів кручення і намотування, здійснюваних різними незалежними друг від друга робочими органами машини. Одним із найбільш прогресивних способів отримання кручених ниток, що завоювали велику популярність у світі, є спосіб подвійного кручення.

Кручена пряжа застосовується при виробленні тканин наступних виробництв:

- для ткацького виробництва;
- для трикотажного та панчішно-шкарпеткового виробництва;
- для текстильного, галантерейного виробництва;

-для виробництва швейних ниток, ниткових виробів, снастей, а також тканин спеціального призначення;

- для вироблення фасонної пряжі.

Спосіб подвійного кручення забезпечує:

- сталість натягу нитки;

- більш рівномірний розподіл крутки по довжині нитки;

- зниження обривності;

- значне збільшення швидкості випуску пряжі в порівнянні з кільце крутильними машинами;

- можливість формування пакувань різної форми та обсягу.

Однак цей процес має ряд недоліків:

- складність конструкції крутильної машини та веретена подвійного кручення;

- висока вартість обладнання;

- проблеми при заправці;

- складність регулювання натягу нитки.

Характерною властивістю циліндричних пакувань текстильних ниток є пористість і податливість у напрямку докладання сили. Ущільнення тіл намотування призводить до зміни їх фізико-механічних властивостей. При ущільненні текстильних матеріалів розглядається для діапазону деформацій: інтенсивне ущільнення і зменшення пористості тіла намотування; ущільнення тіла намотування, пов'язане з необхідністю створення значно більших навантажень.

В'язко пружні властивості тіл намотування значною мірою визначаються властивостями матеріалу, що намотується. Визначальними параметрами тут є його пружно-релаксаційні характеристики, фактор часу, який істотно впливає на напружений стан тіл намотування в процесі намотування циліндричного пакування.

Одним із ключових параметрів у процесі формування крутки на веретені подвійного кручення є натяг нитки. Натяг нитки у процесі кручення

пов'язані з частотою обертання веретена, визначальною рівень продуктивності машини та обривності. У зв'язку з цим дослідження натягу нитки на веретенах двозонного кручення з метою пошуку способу його регулювання та підвищення ефективності роботи крутильних машин є актуальним. Напружено-деформований стан пакування і пряжі істотно впливають не тільки на показники тіла намотування, але і на наступні технологічні процеси ткацтва та обробки. Тут має місце "ефект пам'яті", який притаманний більшості матеріалів. Технологічні процеси перемотування зазвичай супроводжуються багато цикловими впливами на нитку. Виявлення закономірності накопичення залишкових деформацій у процесі багато циклових впливів на нитку є найважливішою проблемою комплексного рішення завдання в цілому. Важливою задачею є дослідження натягу нитки в різних зонах заправної лінії веретена подвійного кручення, розробка способу його регулювання залежно від лінійної щільності пряжі та частоти обертання веретена, підвищення ефективності використання машин даного типу, впровадження нових можливостей машин подвійного кручення з метою збільшення асортименту продукції, що виробляється.

На рис.1.1 представлена загальна схема формування циліндричного пакування. В роботі було розглянуто такі питання:

- проведено аналіз стану та перспективи розвитку способу подвійного кручення, проаналізовано список робіт, присвячених процесу кручення на машинах подвійного кручення;
- досліджено процес формування крутки на веретені двозонного кручення, проведено аналіз залежності розривного навантаження пряжі від величини її крутки;
- проведено теоретичне та експериментальне дослідження натягу нитки в різних зонах заправної лінії формування циліндричного пакування;
- в результаті факторного аналізу виявлено фактори, що впливають на фізико – механічні та технологічні властивості пряжі циліндричного пакування;

- побудовано математичну модель процесу подвійного кручення та проведено оптимізацію параметрів при формуванні циліндричного пакування.

При фрикційному намотуванні можливе позитивне та негативне ковзання циліндричного пакування щодо приводного валу. В результаті аналітичного дослідження встановлено, що при однаковому намотувальному натягу можна регулювати величину прослизу тиском у контактній парі при необхідності запобігати негативному ковзанні. Збільшення намотувального натягу, за рахунок прогину тіла намотування в зоні контакту, є одним з непрямих проявів ефекту формування циліндричного пакування. Важливим аспектом є поведінка намотуваного матеріалу і тіла намотування після проходження контактної зони.

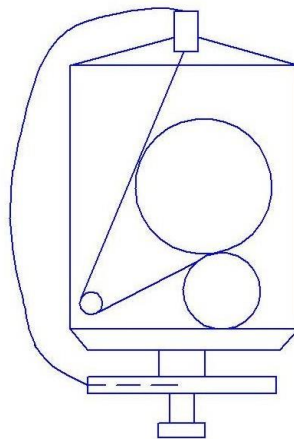


Рис.1.1.

На величину сили натягу, при формуванні циліндричних пакувань, впливають: частота обертання веретена та бігунка; переміщення кільцевої планки; розміри та форма кільця; розміри, форма та маса бігунка; характер переміщення бігунка; тертя між кільцем і бігунком, пряжею та бігунком, пряжею та пристроєм для натягу; розміри пакування; висота і діаметр балона, що утворюється пряжею, що рухається; опір повітря переміщенню пряжі та бігунка; конструкція обмежувача балону.

Найбільш важливим фактором при розрахунку властивостей міцності нитки є ступінь її крутки, що впливає як на розривні характеристики пряжі,

так і на витривалість її до багаторазових деформацій розтягування і вигину. Тому поряд із визначенням загального виду залежності властивостей пряжі від ступеня її крутки слід визначати і максимальні значення, що відповідають коефіцієнту критичної крутки.

На рис.1.2 показані графічні залежності зміни натягу від кутової швидкості обертання робочої ланки розкладника нитки при формуванні циліндричного пакування. Аналіз показує, що з зростанням кутової швидкості зростає натяг нитки.

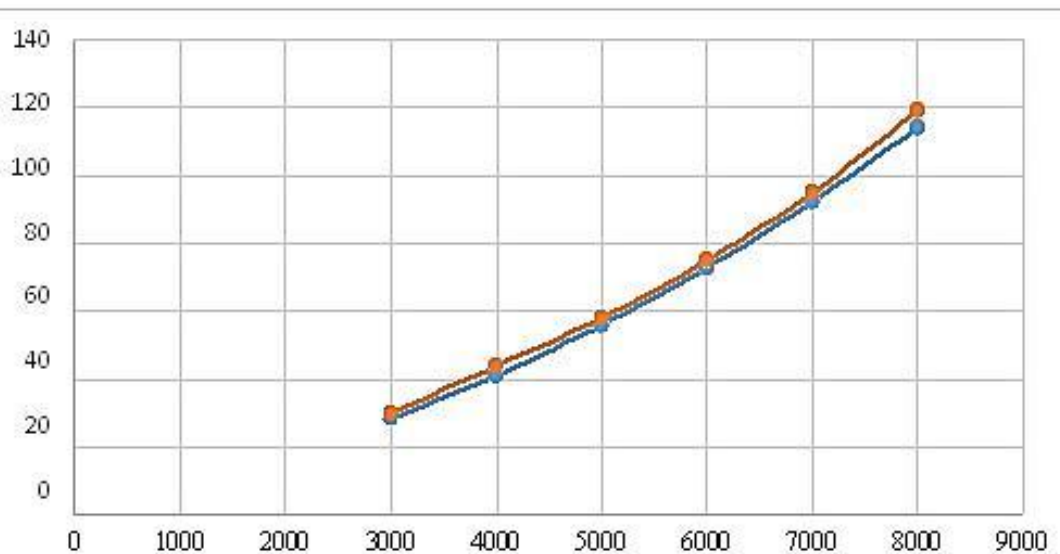


Рис.1.2.

На рис.1.3 представлена графічна залежність натягу нитки від швидкості змотування сировини при формуванні циліндричного пакування. Вони носять коливальний характер. За характером впливу факторів, що зумовлюють ці коливання, останні можна класифікувати як високочастотні, що виникають через затримку нитки в точці змотування і низькочастотні, що відповідають періоду змотування і змінюються в міру спрацювання пакування. При формуванні циліндричних пакувань за рахунок їх контакту з жорстким валом і від зусилля намотувального натягу виникають зсувні ефекти, що діють у локальній області на поверхні пакування. У цьому випадку розв'язання задачі визначення напруги і деформацій у перерізах точними аналітично методами

пов'язане з великими труднощами отримання та розв'язання рівнянь. Тут необхідно використовувати прикладне програмне забезпечення.

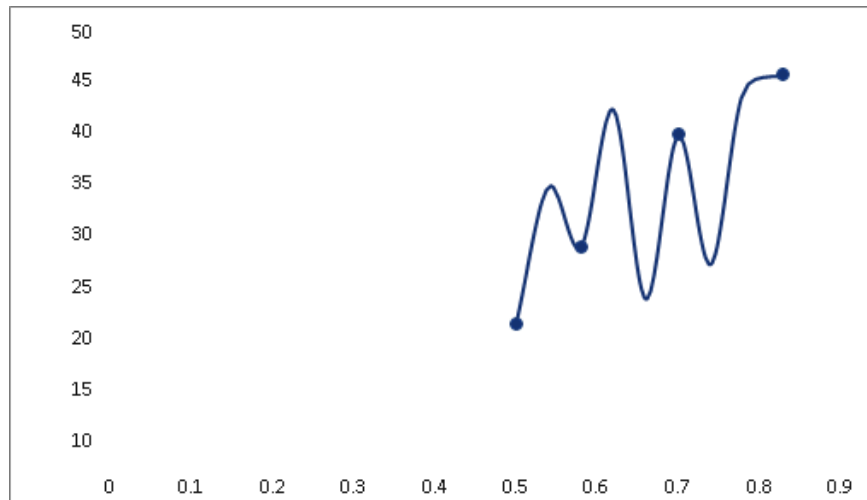


Рис.1.3.

На якість обробки і фізико-механічні параметри пряжі, в результаті цих обробок, істотно впливає напружено-деформований стан тіла намотування в результаті набухання волокон і релаксаційних процесів. Процеси, що відбуваються під час обробок самі по собі про складні і важко піддаються математичному опису. Тому теорія напруженого стану пакування в результаті набухання і релаксації волокон і пряжі побудована на основі спрощуючи гіпотез в основу яких покладено лінійні моделі та принципи переходу дискретних розтягуючи зусиль у намотуванні з певною інтенсивністю.

1.2. Комплексний підхід управління технологічними режимами процесу формування циліндричних пакувань.

Практичний досвід показує, що багато проблем у цій галузі вирішені не повністю і потребують подальших досліджень. Недостатньо розроблено комплексний підхід щодо створення наукових засад управління технологічними режимами процесу формування пакувань пряжі з натуральних волокон з урахуванням вимог їхньої переробки на наступних стадіях. Практично відсутня науково обґрунтовані методи керування впливом, що заочує, з метою отримання пакувань із заданими властивостями. Відсутність безконтактних методів контролю структури

пакування стримує подальший розвиток теоретичних досліджень та практичну реалізацію їх результатів у промисловості.

Характерно, що на шляху поєднання технологічних операцій, зростання робочих швидкостей і маси пакувань, що формуються, при загальному збільшенні продуктивності праці значно ускладнюються умови намотування, у зв'язку з чим кількість дефектів намотування не тільки не скорочується, але, навпаки, зростає, з'являються нові їх різновиди, зумовлені динамічними та релаксаційними ефектами, різким скороченням часу між окремими технологічними операціями. Просте перенесення традиційно використовуваних при окремих способах отримання хімічних волокон закономірностей формування пакувань на виробі, одержувані за умов, що істотно змінилися, нерідко призводить до небажаних результатів.

Дослідження ставить однією зі своїх цілей створення засад для вирішення важливої проблеми, пов'язаної з оптимізацією технологічних режимів намотування хімічних ниток на мотальних машинах. Під терміном "оптимізація" розуміється рішення наступного комплексного завдання: як слід підбирати значення постійних параметрів намотування і за якими законами необхідно керувати змінними параметрами (швидкістю намотування, натягом нитки, частотою обертання веретена), щоб пакування, що формується, володіло наперед заданими властивостями (в сенсі розмірів і геометричної форми, щільності намотування, закономірності розподілу по радіусу між шарових тисків або залишкових натягувань у витках нитки, стійкості геометричної форми циліндричного пакування щодо сповзання шарів). Слід зазначити, що з перелічених "критеріїв оптимальності" пакування носять альтернативний характер, що зазвичай виключає можливість задоволення кільком "критеріям" одночасно. Поряд із вимогами до властивостей пакування одночасно можуть пред'являтися певні технологічні вимоги до властивостей нитки (наприклад, за кількістю скруток на одиницю

довжини, фізико-механічних характеристик), або вимоги кінематичного характеру до намотувального механізму (наприклад, вимога про обмеженість лінійної швидкості руху бігунка по кільцю). Таким чином, проблема, що вивчається, завжди є багатофакторною. Незважаючи на свою актуальність, вона в такій загальній постановці досі не розглядалася по суті.

Одним з найважливіших складових у справі успішного вирішення комплексної проблеми створення наукових основ управління процесом формування пакувань з наперед заданими властивостями служить вміння визначати програму, за якою слід змінювати намотуване натяг нитки з метою отримання необхідного закону розподілу за товщиною пакування внутрішніх зусиль і напруги. Вирішення цієї задачі здійснено на базі раніше розробленого методу дослідження напруженого стану пакування. Отримано рішення наступних трьох практично важливих оптимальних завдань механіки намотування: формування пакувань з постійними залишковими натягами у витках нитки; формування пакувань з постійною пошаровою щільністю намотування; формування конічних пакувань, рівно стійких до сповзання шарів. Для першого завдання здійснено табулювання основних функцій, виходячи зі знайдених критеріїв подібності.

Текстильними нитками називаються гнучкі, міцні тіла з малими поперечними розмірами та невизначено великої довжини, одержувані із природних та хімічних волокон. Текстильні нитки є напівфабрикатами, призначеними для виробництва тканин та інших текстильних матеріалів. Залежно від вихідного матеріалу (виду волокна, елементарних ниток та ін.) характер технології одержання текстильних ниток різний. З волокон обмеженої довжини (бавовни, льону, вовни, штабельованих хімічних волокон та натурального шовку) одержання ниток здійснюється у процесі прядіння шляхом їх скручування. Велике кількість текстильних ниток з елементарних та комплексних ниток, плівкових матеріалів

виробляється без процесу прядіння на інших виробництвах.

Текстильна нитка, одержана з коротких (обмеженої довжини) волокон за допомогою їх скручування в процесі прядіння, називається пряжі. Пряжа – найпоширеніший тип текстильних ниток. Властивості її залежать від виду волокна та характеру технологічних процесів прядіння. Сутність прядіння полягає в розпушенні та очищенні волокон, змішування, прочісування, формування з паралельно укладених волокон стрічки (напівпродукту приблизно круглого перерізу), стрічки та скручуванні її в безперервну нитку - пряжу.

Беручі до уваги вимоги до конструкції розкладальника нитки (висока швидкість перемотування нитки, миттєвий реверс на кінцях розкладки нитки на поковці, можливість зміни структури одержуваної бобіни за бажанням виробника завдяки швидкому переналагоджуванню механізму розкладки, отримання щільної поковки вздовж утворюючої тіла намотування), без інерційність якого обертаються з постійною окружною швидкістю, найбільше підходить на роль розкладальника нитки для отримання циліндричних пакувань хрестового намотування.

Модуль пружності шару нитки є величиною змінної і росте пропорційне тиску в діапазоні тисків, що розглядається. На значення модуля пружності впливають (у тому числі і змішаний вплив) такі параметри структури намотування пакування як кут підйому витка і крок витка намотування нитки. Із зменшенням кута підйому витка та зменшенням кроку витка зростає значення модуля пружності шару нитки.

Щільність шару також є змінною величиною і росте зі зростанням поточного тиску. На значення щільності впливають параметри структури намотування пакування: кут підйому витка і крок витка намотування нитки. З зменшенням кута підйому витка і зменшенням кроку витка зростає значення щільності шару нитки.

Постійність параметрів структури пакування відкриває

можливість більш точно аналітично визначити коефіцієнт заповнення ниткою обсягу пакування, не вдаючись до експериментального визначення різних коефіцієнтів.

Пакування хрестового намотування прецизійного способу намотування мають високий ступінь анізотропії. На величину коефіцієнта анізотропії впливає структура пакування та її параметри, що визначають напружений стан тіла намотування.

Збільшення щільності пакування без зміни геометричних розмірів тіла намотування досягається за рахунок використання при прецизійному способі намотування оригінальних передавальних відносин, що зумовлюють підбір раціональних для фарбування структур пакування. Зменшення кута підйому витка на поковці в поєднанні з дрібним кроком витків дає збільшення значення пошарової щільності, коефіцієнта заповнення об'єму тіла ниткою і веде до істотного підвищення між шарових тисків.

Підтверджено правильність прийняття як параметр оптимізації проникності бобіни повітропроникність готового пакування. Факторами, що впливають на повітропроникність пакування, є натяг нитки при намотуванні пакування, зусилля притиску пакування до опорного валика, кут підйому (розкладки нитки) витка на поковці, крок витків на поковці, діаметр нитки, що намотується.

Підвищення якості продукції текстильної промисловості при оперативному контролі параметрів текстильних пакування за допомогою пристрою для контролю форми торця пакування, яке дозволяє отримувати узагальнений показник, що характеризує відхилення форми торця від заданої. Пристрій характеризується малим тиском на контрольовану поверхню, що унеможливорює суттєві спотворення її форми і не враховує зміщення пакування як жорсткого цілого, а також невеликі спотворення форми, викликані виходом окремих ниток за торець пакування. Вказаний вище технічний результат досягається тим,

що пристрій для контролю відхилення форми торця текстильної пакування складається з рухомої каретки, всередині якої є герметична заповнена рідиною порожнину, сполучена з трубкою зі шкалою, і рухомих щупів, розташованих в отворах цієї каретки, які при її переміщенні одним кінцем спираються на торцеву поверхню контрольованого текстильного пакування, а іншим видавлюють рідину з порожнини трубки. При цьому об'єм видавленої рідини обернено пропорційний відхилення форми торцевої поверхні від заданої. На кожному щупі є електричні контакти, розташовані таким чином, щоб у крайньому положенні будь-якого з щупів відбувалося замикання контакту з контактом, розташованим на каретці, причому кінці щупів спираються на контрольовану поверхню через гнучку стрічку, закріплену на крайніх щупах з можливістю обертання.

Для контролю форми циліндричних пакувань, що розрізняються по радіусу кривизни, довжині, ширині і товщині, між шаблоном і вузлом притиску встановлена траверса, в якій з можливістю переміщення вздовж радіуса шаблону розміщені рівномірно по довжині шаблону штоки регульованої довжини, один кінець кожного з яких взаємодіє з важелем останнього ступеня вузла притиску, на іншому кінці шарнірно закріплені коромисла, на плечах яких встановлені взаємодіючі з контрольованою обичайкою упори з можливістю регулювання відстані між ними, а шаблон забезпечений змінними упорами, виконаними з матеріалу з механічними властивостями, аналогічними властивостями радіусів, що регулюються, ширину та товщину, рівну радіусу кривизни, ширині та товщині контрольованої величини, та довжину.

На основі раніше отриманої аналітичної залежності розподілу нормального тиску хрестового намотування на її основу вздовж осі пакування, отримана аналітична залежність розподілу тиску хрестового намотування на її основу в міру формування пакування і розроблена методика її визначення. При цьому прийняті такі спрощення: натяг

витків нитки у всіх елементарних шарах намотування в межах окремого сектора намотування зберігається постійним, питома щільність намотування у всіх елементарних шарах намотування в межах окремого сектора намотування постійна. Отримані теоретичні залежності можуть бути застосовані для вирішення практичних завдань при аналізі структури намотування нитки на пакування різних форм, оптимізації процесу формування мотального пакування. Збільшення жорсткості оправки зумовлює зростання рівня напруженого стану тіла намотування і, отже, погіршення властивостей міцності ниток, оскільки в місцях їх взаємного перехрещування збільшуються контактні пластичні деформації. Вдалим варіантом можна вважати, використання шаруватої оправки у якій нижні шари, є основою, виконаний з жорсткого однорідного матеріалу (металу або пластмаси), а верхній шар - з податливого матеріалу, що володіє в широкому діапазоні деформацій відновлюючи пружно властивостями (таким матеріалом можуть бути, наприклад, деякі сорти гуми, які підпорядковуються закону Гуку до деформацій, що досягають 30%, а також поліуретан).

Встановлено вплив зміни швидкості руху нитки при намотуванні пряжі в бобіни циліндричної та конусної форми на натяг нитки, якість пряжі та пакування. Уточнено методику визначення відносної різниці швидкостей намотування протягом періоду розкладки; уточнено формулу для визначення фактичного коефіцієнта випередження, що характеризує співвідношення швидкостей намотування і випуску нитки в намотування. Рекомендований спосіб вирівнювання швидкості намотування та натягу нитки при намотуванні циліндричної бобіни за допомогою компенсуючого прутка, що встановлюється в зоні розкладки; визначено вплив натягу нитки в процесі намотування на якість пряжі, визначено основні технологічні параметри регулювання натягу нитки у процесі прядіння; визначено фрикційні характеристики в'юркової пряжі. Визначено вплив зусилля притиску пакування до мотального валу на

натяг нитки, прослизання бобіни, якість пряжі та пакування; розроблено пристрій для визначення густини намотування бобін; розроблено пристрій та методику визначення проковзування бобіни щодо мотального валу, визначено основні параметри конусного пакування та патрона для намотування в'юркової пряжі. Визначено гідравлічні характеристики конусних пакувань в'юркової пряжі та показано можливість їх сушіння методом продування нагрітим повітрям.

Аналізуючи отримані рівняння рівноваги витка можна будувати висновки про тому, що натягування рівниці лежить на поверхні порожнього патрона істотно залежить від пружних властивостей самої рівниці оскільки, при намотуванні рівниці з допомогою питомого тиску створюваної витком рівниці патрон немає можливості деформуватися. Характеристики міцності патрона і матеріалу, з якого вони виготовлені, призводить до перерозподілу напруги між тілом намотування і рівниці, причиною якої і є підвищення обриву рівниці при формуванні рівничних пакувань в початковій стадії намотування. Податливість оправлення слід відносити до найважливіших факторів, що визначають рівень напруженого стану тіла намотування.

Для розробки математичних і алгоритмічних компонентів програмного комплексу для побудови інформаційної моделі циліндричного пакування необхідно:

- розробка аналітичного методу аналізу процесу формування циліндричних пакувань, з урахуванням впливу органів мотальних машин, і на його основі створенню відповідного прикладного програмного забезпечення;

- дослідження та поглиблення уявлень про формування циліндричних пакувань;

- аналітичне дослідження напруженого стану циліндричних пакувань в результаті формування та, на його основі, розробка технологічних та конструктивних заходів щодо поліпшення якості

обробки текстильних матеріалів;

- розробка методів структурного аналізу циліндричних тіл намотування;

- розробка методів контролю параметрів пакувань пряжі, що перемотується, забезпечуючи маловідходну технологію при підготовці пряжі до ткацтва, у ткацтві та фарбувально-оздоблювальному виробництві.

Висновки по 1 розділу.

1. Проведено огляд літературних джерел по проблемі побудови інформаційної моделі циліндричного пакування з урахуванням пружно-релаксаційних характеристик сировини, фактору часу, характеру переміщення отвору розкладальника, тертям між отвором розкладальника та пряжею, тертям між пряжею та пристроєм для натягу, переміщенням кільцевої планки, частоти обертання пакування та руху розкладальника, розміру та форми кільця, розміру та маси розкладальника, розміру циліндричного пакування, висоти і діаметру балона, опору повітря переміщенню пряжі.

2. Для розробки математичних і алгоритмічних компонентів програмного комплексу для побудови інформаційної моделі циліндричного пакування необхідна розробка аналітичного методу аналізу процесу формування циліндричних пакувань, з урахуванням впливу органів мотальних машини, і на його основі створенню відповідного прикладного програмного забезпечення.

Розділ 2 Проектування.

2.1. Математичні компоненти для побудови інформаційної моделі циліндричного пакування.

На рис. 2.1 схематично зображена схема моделі циліндричного пакування з урахуванням пружно-релаксаційних характеристик сировини, фактору часу, характеру переміщення отвору розкладальника, тертям між отвором розкладальника та пряжею, тертям між пряжею та пристроєм для натягу, переміщенням кільцевої планки, частоти обертання пакування та руху розкладальника, розміру та форми кільця, розміру та маси розкладальника, розміру циліндричного пакування, висоти і діаметру балона, опору повітря переміщенню пряжі.. Хай задані радіус R_K кулачка, розмах h руху водія нитки і кут α між прямолінійною ділянкою канавки і віссю кулачка пневматичних намотувальних прядильних апаратів. Сполучення прямолінійних ділянок проводиться дугами кіл радіусу r .

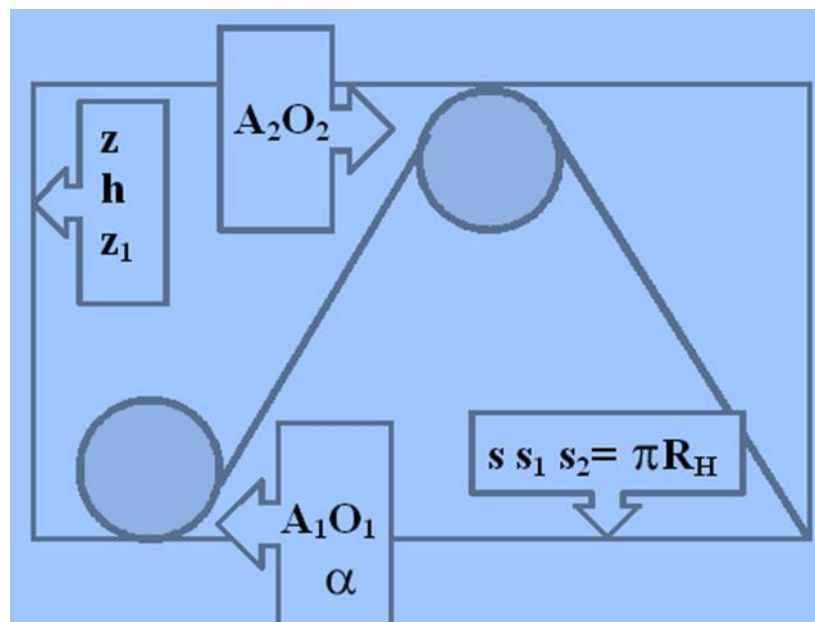


Рис.2.1.

У вказаній на рис.1.1 системі координат для розрахунку оптимальних параметрів робочих елементів та технологічного процесу формування циліндричних пакувань наведені залежності для аплікати

$$Z = r - \sqrt{r^2 - (S - r \sin \alpha)^2}, \quad 0 \leq S \leq 2S_1 = 2r \sin \alpha, \quad (2.1)$$

$$Z = mS - n, \quad 2r \sin \alpha \leq S \leq S_2 = \pi R_K,$$

де

$$m = \frac{h - 2r(1 - \cos \alpha)}{\pi R_K - 2r \sin \alpha} = \operatorname{tg} \alpha,$$

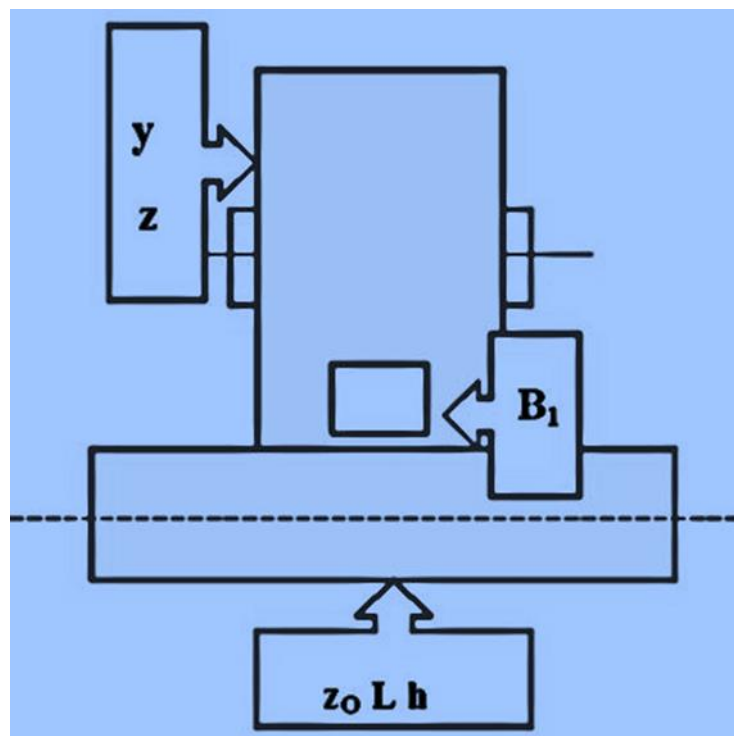
$$r = \frac{\pi R_K \operatorname{tg} \alpha - h}{2(1 - \cos \alpha)} \cos \alpha,$$

$$n = \frac{h - 2r(1 - \cos \alpha)}{\pi R_K - 2r \sin \alpha} 2r \sin \alpha - r(1 - \cos \alpha).$$

Для побудови інформаційної моделі циліндричного пакування початкове значення аплікати $Z_0 = r(1 - \cos \alpha)$, в точці A_1 $Z_1 - Z_0$, в точці A_2 $Z_0 = h - Z_0 = h - r(1 - \cos \alpha)$. Якщо кутова швидкість обертання кулачка мотальних апаратів рівна ω , тому $S = R_K \omega t$, тому

$$Z = r - \sqrt{r^2 - (R_K \omega t - r \sin \alpha)^2}, \quad 0 \leq t \leq t_1 = \frac{2r \sin \alpha}{R_K \omega}, \quad (2.2)$$

$$Z = m R_K \omega t - n, \quad t_1 \leq t \leq t_2 = \frac{\pi}{\omega}.$$



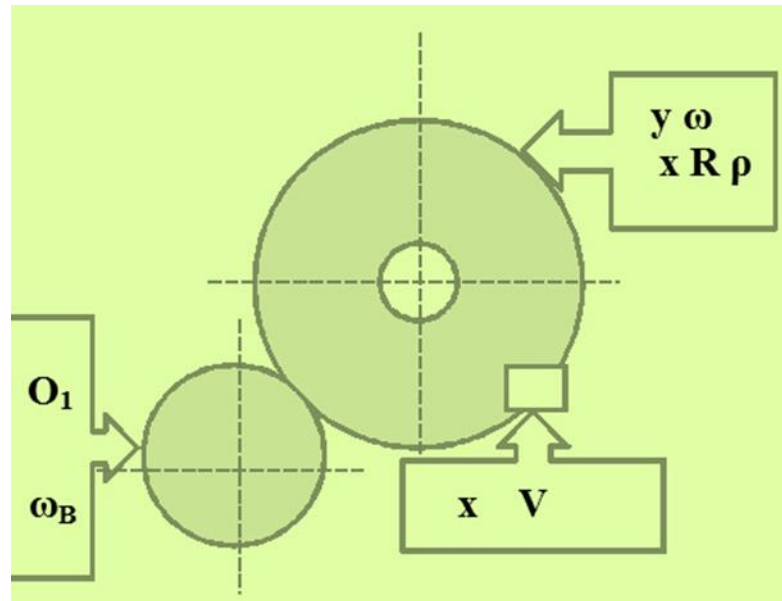


Рис.2.2.

Згідно даним в системі координат XO_2YZ , для визначення руху отвору розкладальника уздовж утворюючого циліндрового пакування (рис.2.2) пневматичних намотувальних прядильних апаратів маємо рівняння 1,4976; 2,9747; 4,4321; 5,8702; 7,2894; 8,6904; 10,0734; 11,4391; 12,7879; 14,1201; 15,4361; 16,7364; 18,0212; 19,2911; 20,5463; 21,7871; 23,0139; 24,2270; 25,4267; 26,6133; 27,7871; 28,9483; 30,0972; 31,2341; 32,3592; 33,4727; 34,5750; 35,6662; 36,7465; 37,8162; 38,8754; 39,9244; 40,9634; 41,9925; 43,0120; 44,0219; 45,0226; 46,0141; 46,9967; 47,9704; 48,9355; 49,8921; 50,8403; 51,7803; 52,7123; 53,6363; 54,5525; 55,4611; 56,3621; 57,2557; 58,1420; 59,0211; 59,8932; 60,7583; 61,6166; 62,4681; 63,3130; 64,1514; 64,9834; 65,8090; 66,6284.

$$\dot{z} = \frac{\omega_0 \rho}{a} (Z - z), \quad 0 \leq t \leq t_2, \quad (2.3)$$

де $z=z(t)$ - рівняння отвору розкладальника;

ρ - радіус намотування циліндричного пакування ($\rho_1 \leq \rho$);

a - відстань між лініями розкладки і намотування;

$\omega_0 = \frac{R}{\rho} \omega_B \eta$ - кутова швидкість обертання циліндричного пакування;

R - радіус мотального пристрою мотальних апаратів;

ω - кутова швидкість мотального пристрою;

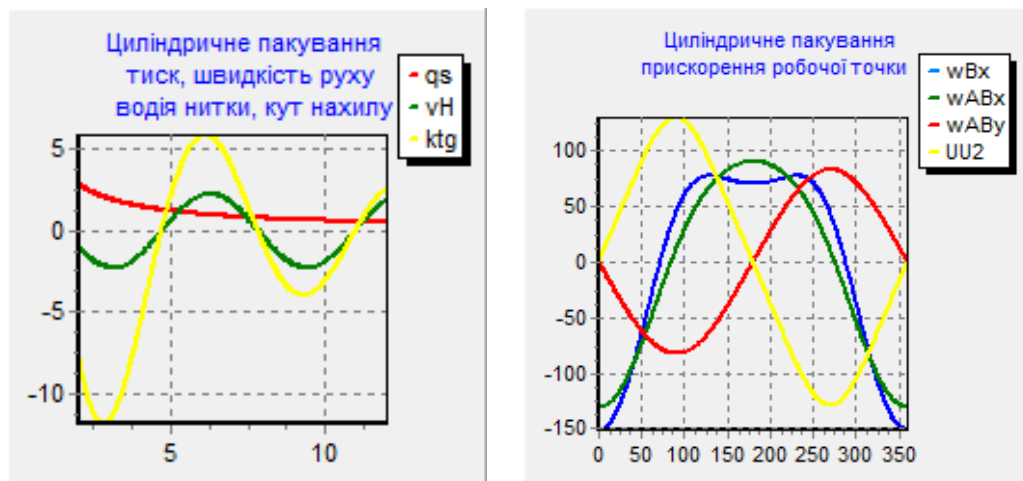
η - коефіцієнт прослизання пакування по валику мотальних апаратів ($\eta < 1$).

Для інформаційної моделі циліндричного пакування, при $t = 0$, маємо

$Z_0 r(1 - \cos \alpha)$ і $|\dot{Z}_0| = R_K \omega t g \alpha = u$, тому

$$z_0 = Z_0 + atg\beta_0 = r(1 - \cos \alpha) + a \frac{u}{\rho \omega_0} = r(1 - \cos \alpha) + \frac{R_K \omega t g \alpha}{R \omega_B \eta}, \quad (2.4)$$

де β_0 - кут підйому лінії витка нитки на циліндричному пакуванні при $t = 0$. На рисунках представлені залежності тиску, швидкості та кута нахилу.



На мотальних апаратах величина a є функцією ρ 2,8312; 2,7965; 2,7626; 2,7295; 2,6972; 2,6657; 2,6349; 2,6048; 2,5754; 2,5466; 2,5185; 2,4910; 2,4640; 2,4377; 2,4119; 2,3867; 2,3619; 2,3377; 2,3140; 2,2908; 2,2680; 2,2456; 2,2237; 2,2022; 2,1812; 2,1605; 2,1402; 2,1203; 2,1008; 2,0816; 2,0628; 2,0443; 2,0261; 2,0083; 1,9907; 1,9735; 1,9566; 1,9399; 1,9236; 1,9075; 1,8916; 1,8761; 1,8608; 1,8457; 1,8309; 1,8163; 1,8019; 1,7878; 1,7739; 1,7602; 1,7467; 1,7334; 1,7204; 1,7075; 1,6948; 1,6823; 1,6700; 1,6578; 1,6458; 1,6340; 1,6224. Для визначення $a = a(\rho)$ розглянемо рис. 2.3.

Для інформаційної моделі циліндричного пакування позначимо через ξ

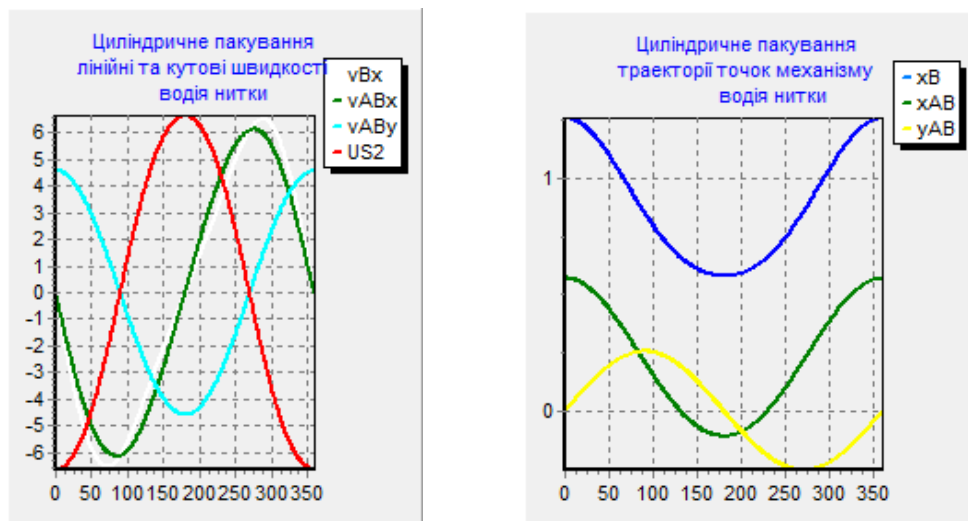
Ордината точки O_2 може бути виражена як через кут ξ , так і через кут ψ , тобто

$$C_2 - l \sin \psi = (R + \rho) \cos \xi,$$

або

$$\psi = \arcsin \frac{C_2 - (R + \rho) \cos \xi}{l} = \psi(\rho). \quad (2.6)$$

На рисунках представлені залежності лінійних та кутових швидкостей та траєкторії.



На початку циліндричного намотування при $\rho = \rho_1$ з рівняння (2.5) маємо -1,0048; -1,0612; -1,1167; -1,1714; -1,2252; -1,2781; -1,3299; -1,3807; -1,4305; -1,4792; -1,5267; -1,5730; -1,6182; -1,6620; -1,7046; -1,7459; -1,7858; -1,8244; -1,8615; -1,8973; -1,9315; -1,9643; -1,9955; -2,0252; -2,0534; -2,0799; -2,1049; -2,1282; -2,1499; -2,1699; -2,1883; -2,2049; -2,2199; -2,2331; -2,2447; -2,2545; -2,2625; -2,2688; -2,2734; -2,2762; -2,2772; -2,2765; -2,2741; -2,2698; -2,2639; -2,2562; -2,2467; -2,2355; -2,2226; -2,2080; -2,1916; -2,1736; -2,1539; -2,1325; -2,1095; -2,0849; -2,0586; -2,0308; -2,0014; -1,9705; -1,9380.

$$\xi_0 = \arcsin \frac{C_2}{\sqrt{C_1^2 + C_2^2}} - \arcsin \frac{C_1^2 + C_2^2 + (R + \rho_1)^2 - l^2}{2(R + \rho_1)\sqrt{C_1^2 + C_2^2}}, \quad (2.7)$$

при цьому виконується умова $AB_0 \perp O_1B_0$, з якого виходить, що

$$R \sin \xi_0 = a_1 - a(\rho_1) \cos \xi_0, \quad R \sin \xi_0 = a_1 + a(\rho_1) \sin \xi_0.$$

Звідси для уточнення величини a_2 отримаємо формулу

$$a_2 = \frac{R - a_1 \sin \xi_0}{\cos \xi_0}. \quad (2.8)$$

Для циліндричного пакування, коли $\xi < \xi_0$ (рис. 2.3), довжина проекції на площину xO_1y ділянки нитки від точки розкладки A до точки намотування B_1

$$a = a(\rho_1) + \sigma. \quad (2.9)$$

де

$$\begin{aligned} \sigma &= R(\xi_0 - \xi) = \\ &= \left[-\arcsin \frac{C_1^2 + C_2^2 + (R + \rho_1)^2 - l^2}{2(R + \rho_1)\sqrt{C_1^2 + C_2^2}} + \arcsin \frac{C_1^2 + C_2^2 + (R + \rho)^2 - l^2}{2(R + \rho)\sqrt{C_1^2 + C_2^2}} \right], \end{aligned} \quad (2.10)$$

де σ - довжина дуги обхвату ниткою мотального валика мотальних апаратів в проекції на площину xO_1y .

Для мотальних апаратів, коли $\xi = \xi_0$ то $a = a(\rho_1)$. Коли $\xi \geq \xi_0$ (рис. 2.3), то нитка до входу на циліндричного пакування в точці B не стосується мотального валика мотальних апаратів 1,6477; 1,6359; 1,6242; 1,6127; 1,6014; 1,5902; 1,5792; 1,5683; 1,5576; 1,5471; 1,5366; 1,5263; 1,5162; 1,5062; 1,4963; 1,4865; 1,4769; 1,4674; 1,4580; 1,4488; 1,4396; 1,4306; 1,4217; 1,4128; 1,4041; 1,3955; 1,3871; 1,3787; 1,3704; 1,3622; 1,3541; 1,3461; 1,3382; 1,3304; 1,3227; 1,3151; 1,3075; 1,3001; 1,2927; 1,2854; 1,2782; 1,2711; 1,2640; 1,2571; 1,2502; 1,2433; 1,2366; 1,2299; 1,2233; 1,2168; 1,2103; 1,2039; 1,1976; 1,1914; 1,1852; 1,1790; 1,1730; 1,1670; 1,1610; 1,1552; 1,1493. Для визначення величини a в цьому випадку розглянемо рис. 2.3. У прямокутному трикутнику ABO_2

$$O_2A = \sqrt{[a_1 - (R + \rho) \sin \xi]^2 + [a_2 - (R + \rho) \cos \xi]^2}, \quad BO_2 = \rho,$$

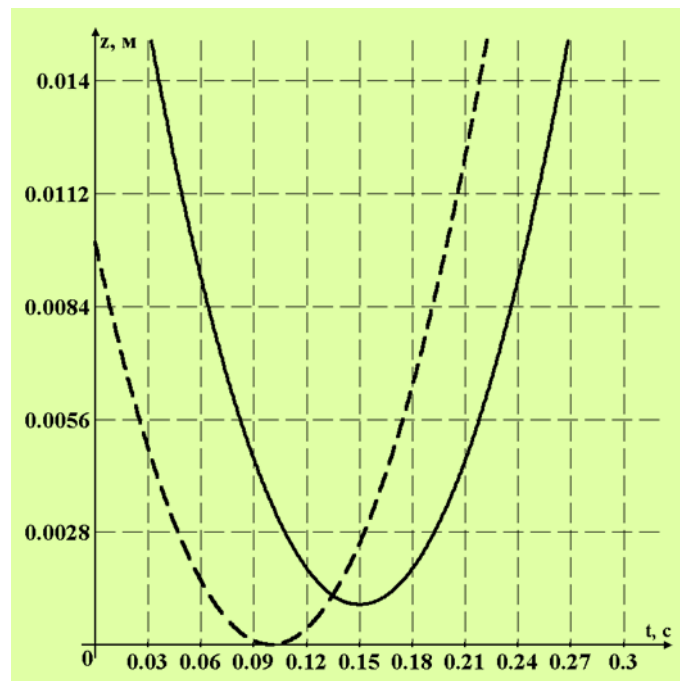
тому

$$a = AB = \sqrt{[a_1 - (R + \rho)\sin \xi]^2 + [a_2 - (R + \rho)\cos \xi]^2} - \rho . \quad (2.11)$$

Для мотальних апаратів набуті розрахункових значень функції $a = a(\rho)$ при $R = 0,078$ м, $l = 0,350$ м, $a_1 = 0,041$ м, $a_2 = 0,031$ м, $C_1 = 0,21$ м, $C_2 = 0,23$ м. Знайдені значення функцій $\xi = \xi(\rho)$, $\psi = \psi(\rho)$, $\omega_0 = \omega_0(\rho)$, $z_0 = z_0(\rho)$, $z_{\min} = z_{\min}(\rho)$ і значення координат

$$X = a_1 - (R + \rho)\sin \xi, \quad Y = a_2 - (R + \rho)\cos \xi, \quad (2.12)$$

точки розкладки A в системі XO_1Yz , у якій розглядається вирішення рівняння (2.3).



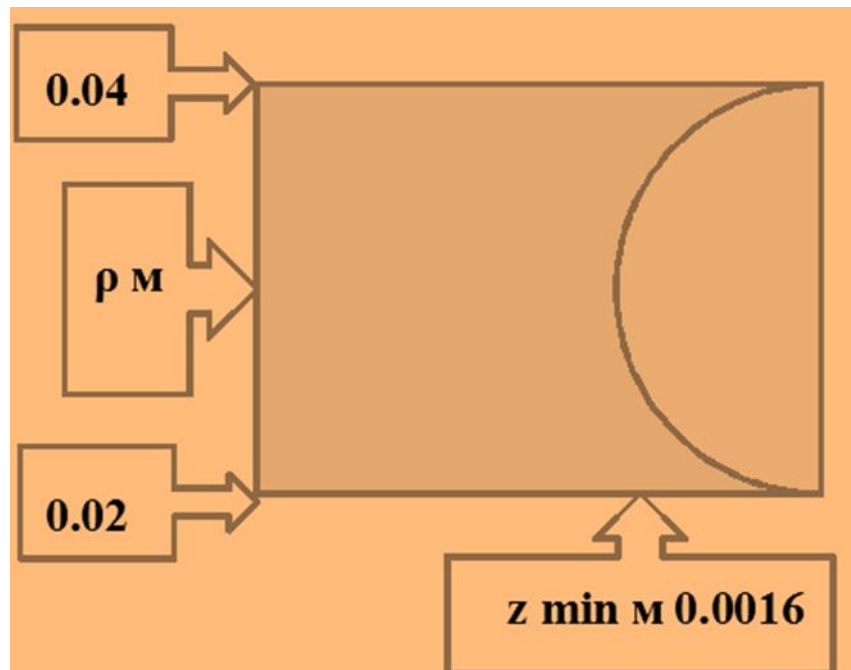


Рис.2.4.

На рис. 2.4 для прикладу приведений графік $z=z(t)$ при $\rho = 0,032$ м. Обчислення для пневматичних намотувальних прядильних апаратів проводилися при $R = 0,081$ м, $h = 0,085$ м, $\alpha = 19^\circ$, $\omega = 3,93$ с⁻¹, $\omega = 9,87$ с⁻¹, $\eta = 0,85$, $\beta_0 = 20^\circ$ 1,6110; 1,5997; 1,5885; 1,5775; 1,5667; 1,5560; 1,5454; 1,5350; 1,5248; 1,5146; 1,5046; 1,4948; 1,4850; 1,4754; 1,4659; 1,4566; 1,4473; 1,4382; 1,4292; 1,4203; 1,4115; 1,4028; 1,3942; 1,3858; 1,3774; 1,3691; 1,3609; 1,3529; 1,3449; 1,3370; 1,3292; 1,3215; 1,3139; 1,3064; 1,2989; 1,2916; 1,2843; 1,2771; 1,2700; 1,2629; 1,2560; 1,2491; 1,2423; 1,2356; 1,2289; 1,2223; 1,2158; 1,2094; 1,2030; 1,1967; 1,1904; 1,1842; 1,1781; 1,1721; 1,1661; 1,1601; 1,1543; 1,1484; 1,1427; 1,1370; 1,1313. На малюнку суцільною лінією зображений розрахунковий графік $z = z(\rho)$, що характеризує форму торцевої поверхні пакування пневматичних намотувальних прядильних апаратів, визначувану кінематичними умовами намотування. Тут же штриховою лінією показана форма торця пакування пневматичних намотувальних прядильних апаратів, визначена експериментально. Максимальне відхилення складає 2% від розмаху зміни величини z . На рисунках представлені залежності поточної маси та об'єм намотки

циліндричного пакування.



З урахуванням пружно-релаксаційних характеристик сировини, фактору часу, характеру переміщення отвору розкладальника, тертям між отвором розкладальника та пряжею, тертям між пряжею та пристроєм для натягу, переміщенням кільцевої планки, частоти обертання пакування та руху розкладальника, розміру та форми кільця, розміру та маси розкладальника, розміру циліндричного пакування, висоти і діаметру балона, опору повітря переміщенню пряжі отримані залежності для розрахунку координат отвору розкладальника мотальних апаратів.

2.2. Алгоритмічні компоненти для побудови інформаційної моделі циліндричного пакування.

Систему лінійних алгебраїчних рівнянь називають сумісною, якщо вона має хоча б один ненульовий розв'язок. В протилежному випадку система лінійних алгебраїчних рівнянь називають несумісною. Система лінійних алгебраїчних рівнянь називається визначеною, якщо вона має тільки один розв'язок (випадок, коли $m=n$). Систему називають невизначеною, якщо вона має безліч розв'язки. Система називається виродженою, якщо головний визначник системи дорівнює нулю. Система називається невиродженою, якщо головний визначник системи не дорівнює нулю. Розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь - одне з основних завдань обчислювальної

де $a_{11} \dots a$ – коефіцієнти при невідомих величинах;

$x_1 \dots x_n$ – невідомі (при вирішенні завдань статички і динаміки це можуть бути реакції в'язків, узагальнені координати, швидкості і прискорення);

$b_1 \dots b_m$ – постійні величини(необхідно відзначити, що враховуючи фізичну суть досліджуваних статичних і динамічних процесів розмірність парних творів в лівій частині рівності системи (2.13) повинна співпадати з розмірністю постійних $b_1 \dots b_m$);

n – число невідомих, які входять в систему;

m – число рівнянь.

Необхідною і достатньою умовою існування єдиного рішення системи лінійних рівнянь є умова $D \neq 0$. У разі рівності нулю визначника системи матриця називається виродженою; при цьому система лінійних рівнянь або не має рішення, або має їх нескінченну множину. На практиці, особливо при обчисленнях на комп'ютері, коли відбуваються округлення або відкидання молодших розрядів чисел, далеко не завжди можна отримати точну рівність визначника нулю. При $D \approx 0$ рішення дуже чутливо до зміни коефіцієнтів системи. Таким чином, малі погрішності обчислень або початкових даних можуть привести до істотних погрішностей в рішенні. Такі системи рівнянь називаються погано обумовленими. Відмітимо, що умова $D \approx 0$ є необхідною для поганої обумовленості системи лінійних рівнянь, але не достатньою.

Прямі методи використовують кінцеві співвідношення (формули) для обчислення невідомих. Вони дають рішення після виконання заздалегідь відомого числа операцій. Ці методи порівняно прості і найбільш універсальні, тобто придатні для розв'язання широкого класу лінійних систем. В той же час прямі методи мають і ряд недоліків. Як правило, вони вимагають зберігання в оперативній пам'яті комп'ютера відразу усієї матриці, і при великих значеннях n витрачається багато місця в пам'яті. Далі, прямі методи зазвичай не враховують структуру матриці при великому числі нульових елементів в розріджених матрицях (наприклад, клітинних або стрічкових) ці елементи займають місце в пам'яті машини, і над ними

проводяться арифметичні дії. Виключенням тут є спеціалізовані методи для таких рівнянь, наприклад, метод прогонки. Істотним недоліком прямих методів є також накопичення погрішностей в процесі рішення, оскільки обчислення на будь-якому етапі використовують результати попередніх операцій. Це особливо небезпечно для великих систем, коли різко зростає загальне число операцій, а також для погано обумовлених систем, дуже чутливих до погрішностей. У зв'язку з цим прямі методи використовуються зазвичай для не занадто великих ($n < 1000$) систем з щільно заповненою матрицею і не близьким до нуля визначником.

При проведенні статичних і динамічних досліджень системи розрахунку кінематики пневматичних намотувальних прядильних апаратів доводиться стикатися з необхідністю вирішення систем лінійних рівнянь. Тут можна говорити про їх використання не тільки при вивченні рівноваги механічних об'єктів, але і при вирішенні систем диференціальних рівнянь як звичайних, так і в приватних похідних систем, що описують поведінку, з великим числом мір свободи. Систему рівнянь (2.13) розрахунку кінематики пневматичних намотувальних прядильних апаратів зручно представити у векторній формі

$$A\bar{x} = \bar{b}, \quad (2.14)$$

де A – матриця коефіцієнтів $m \times n$;

\bar{x} - шуканий n – компонентний вектор;

\bar{b} - заданий m – компонентний вектор.

Враховуючи, що нижче розглядатимуться тільки статично визначні завдання (число невідомих дорівнює числу можливих рівнянь $m=n$), то систему лінійних рівнянь (2.1) розрахунку кінематики пневматичних намотувальних прядильних апаратів можна представити у вигляді (матриця коефіцієнтів перетвориться до квадратного вигляду)

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1k}x_k + \dots + a_{1n}x_n &= b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2k}x_k + \dots + a_{2n}x_n &= b_2, \end{aligned}$$

досить ефективні, особливо для погано обумовлених систем. Найбільш відомим з точних методів розв'язання системи лінійних алгебраїчних рівнянь є методи Гауса, суть яких полягає в тому, що система рівнянь, яка розв'язується, зводиться до еквівалентної системи з верхньою трикутною матрицею. Невідомі знаходяться послідовними підстановками, починаючи з останнього рівняння перетвореної системи. Алгоритми Гауса складаються із виконання однотипних операцій, які легко формалізуються. Однак, точність результату й витрачений на його отримання час у більшості випадків залежить від алгоритму формування трикутної матриці системи. У загальному випадку алгоритми Гауса складаються з двох етапів. Вибір того або іншого методу залежить від характеристик ЕОМ, числа рівнянь системи, характеристик матриці коефіцієнтів A . Наприклад, при складанні рівнянь рівноваги твердого тіла деякі коефіцієнти a_{ij} дорівнюють нулю. У таких випадках використовувати метод Гауса послідовного виключення невідомих і метод Гауса з вибором головного елемента не можна. Тому, що при реалізації алгоритму на одному з етапів обчислень відбувається ділення попереднього результату на 0. Машина видає повідомлення про виконання некоректної операції. Нижче ми розглянемо декілька різних методів на конкретних прикладах і постараємося показати як сильні, так і слабкі сторони кожного з них.

Метод послідовного виключення невідомих Гауса заснований на послідовному пониженні порядку системи (2.15) розрахунку кінематики пневматичних намотувальних прядильних апаратів за рахунок виключення невідомих $x_1 \dots x_{n-1}$ в лінійних рівняннях. Це приводить до отримання матриці коефіцієнтів a_{ij} трикутного вигляду. Ця послідовність процедур характеризується як прямий хід виключення змінних. Для його здійснення необхідно послідовно віднімати перше рівняння з подальших, множачи його ліву і праву частини на постійні коефіцієнти, що представляють приватне від ділення постійних коефіцієнтів $m_{ji} = a_{ji}/a_{ii}$, де $i = 1, 2, \dots, n-1; j = i +$

$1, i + 2, \dots, n$. Кінцева система рівнянь розрахунку кінематики пневматичних намотувальних прядильних апаратів на прямому ході має вигляд

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1k}x_k + \dots + a_{1n}x_n &= b_1, \\ a_{22}^{(1)}x_2 + \dots + a_{2k}^{(1)}x_k + \dots + a_{2n}^{(1)}x_n &= b_2^{(1)}, \end{aligned} \quad (2.18)$$

.....

$$a_{kk}^{(k-1)}x_k + \dots + a_{kn}^{(k-1)}x_n = b_k^{(k-1)},$$

.....

$$a_{nn}^{(n-1)}x_n = b_n^{(n-1)},$$

де

$$\begin{aligned} a_{22}^{(1)} &= a_{22} - \frac{a_{21}}{a_{11}}a_{12}; \dots; a_{2k}^{(1)} = a_{2k} - \frac{a_{21}}{a_{11}}a_{1k}; \dots; a_{2n}^{(1)} = a_{2n} - \frac{a_{21}}{a_{11}}a_{1n}; b_2^{(1)} = b_2 - \frac{a_{21}}{a_{11}}b_1; \\ a_{kk}^{(k-1)} &= a_{kk}^{(k-2)} - \frac{a_{kk-1}^{(k-2)}}{a_{k-1k-1}^{(k-2)}}a_{k-1k-1}^{(k-2)}; \dots; a_{kn}^{(k-1)} = a_{kn}^{(k-2)} - \frac{a_{kk-1}^{(k-2)}}{a_{k-1k-1}^{(k-2)}}a_{k-1n}^{(k-2)}; b_k^{(k-1)} = b_k^{(k-2)} - \frac{a_{kk-1}^{(k-2)}}{a_{k-1k-1}^{(k-2)}}b_{k-1}^{(k-2)}; \\ a_{nn}^{(n-1)} &= a_{nn}^{(n-2)} - \frac{a_{nn-1}^{(n-2)}}{a_{n-1n-1}^{(n-2)}}a_{n-1n}^{(n-2)}; b_n^{(n-1)} = b_n^{(n-2)} - \frac{a_{nn-1}^{(n-2)}}{a_{n-1n-1}^{(n-2)}}b_{n-1}^{(n-2)}. \end{aligned}$$

Метод Гауса з послідовним виключенням невідомих (базовий метод) засновано на алгоритмі, в основі якого лежить послідовне виключення невідомих векторах \bar{x} з усіх рівнянь, починаючи з $(i+1)$ -го, шляхом елементарних перетворень: перемноження обох частин рівняння на будь-яке число, крім нуля; додавання (віднімання) до обох частин одного рівняння відповідних частин другого рівняння, помножених на будь-яке число, крім нуля.

Він оснований на приведенні матриці системи до трикутного виду. Це досягається послідовним виключенням невідомих з рівнянь системи. Спочатку за допомогою першого рівняння виключається x_1 з усіх наступних рівнянь системи. Потім за допомогою другого рівняння виключається x_2 з третього і усіх наступних рівнянь. Цей процес, що називається прямим ходом методу Гауса, триває до тих пір, поки в лівій частині останнього (n -го) рівняння не залишиться лише один член з невідомим x_n , тобто матриця системи буде приведена до трикутного виду.

Зворотний хід методу Гауса полягає в послідовному обчисленні шуканих невідомих: вирішуючи останнє рівняння, знаходимо єдине в цьому рівнянні невідоме x_n . Далі, використовуючи це значення, з попереднього рівняння обчислюємо x_{n-1} і т. д. Останнім знайдемо x_1 з першого рівняння.

Відмітимо, що описані процедури застосовні лише для систем з невідродженою матрицею. Інакше (за умови, що обчислення проводяться точно) за допомогою методу Гауса можна відповісти на питання, чи має система нескінченну безліч рішень або не має жодного. Проте ці випадки ми надалі розглядати не будемо, припускаючи, що матриця системи невідроджена.

Метод Гауса, як потужний інструмент для розв'язання систем лінійних рівнянь, не завжди є найкращим вибором, оскільки існують ситуації, коли він може видати ненадійні результати через чисельну нестійкість. Для уникнення чисельної нестійкості застосовується метод виключення Гауса з вибором головного елемента. Основна ідея полягає в тому, що якщо головний елемент a надто малий, відповідний стовпець матриці аналізується для пошуку максимального за модулем елемента. Рядки матриці потім переставляються так, щоб цей максимальний елемент став головним. Це допомагає уникнути ділення на дуже малі числа та зменшити абсолютні похибки.

Проте навіть такий підхід не завжди гарантує стійкість методу. Тому, під час програмної реалізації, зазвичай, вибирають максимальний за модулем елемент не лише в k -му стовпці, а в усій матриці, при цьому вже оброблені стовпці залишаються без змін. Ця стратегія спрямована на зменшення абсолютних значень всіх елементів матриці, що допомагає знизити вплив обчислювальних похибок та округлень. Під час переставляння стовпців матриці, ці перестановки необхідно запам'ятати і виконати їх у зворотному порядку після знаходження розв'язку. Це важливо, оскільки правильний порядок перестановок впливає на кінцевий розв'язок системи рівнянь.

Метод Гауса з вибором головного елемента. Основним обмеженням методу Гауса є припущення про те, що всі елементи $a^{(k-1)}$ на які проводиться ділення на кожному кроці методу, відмінні від нуля. Елемент $a^{(k-1)}$ називається ведучим елементом на k -му кроці виключення. Слід мати на увазі, що навіть якщо якийсь ведучий елемент не дорівнює нулю, а просто близький до нього, в процесі обчислень може відбуватися значне накопичення похибок. Уникнути цього дозволяє метод Гауса з вибором головного елемента. Ідея методу полягає в тому, щоб на черговому кроці виключати ту невідому, при якій стоїть найбільший за модулем коефіцієнт. Отже, ведучим елементом тут вибирається головний, тобто найбільший за модулем елемент матриці. Тим самим, якщо $\det \neq 0$, то в процесі обчислень не відбудеться ділення на нуль. Для отримання такої системи необхідно використовувати алгоритм, який включає в себе наступні етапи:

1. Організація циклу по всім рівнянням від 1 до $N-1$ ($k = 1, 2, \dots, N-1$).
2. В кожному k -му стовпці визначається номер l -го рівняння з головним елементом (тобто номер l -го рівняння, в якому знаходиться коефіцієнт при x_k зі всіх рівнянь починаючи з k -го до N -го).
3. Якщо номер цього рівняння l не дорівнює k ($l < > k$), тоді необхідно переставити місцями l -е рівняння з k -м.
4. Нормування k -го рівняння, тобто ділення всіх коефіцієнтів k -го рівняння на a_{kk} (головний елемент при x_k), включаючи b_k .
5. Перетворення всіх i -х рівнянь, починаючи з $(k+1)$ до N у відповідності з базовим алгоритмом Гауса з метою отримати еквівалентну систему з верхньою трикутною матрицею коефіцієнтів.
6. Кінець циклу по k .

У кожному рядку матриці, якщо рядок не складається із самих нулів, не нульове входження, яке знаходиться лівіше від усіх називають провідним коефіцієнтом цього рядка. Тому якщо два провідних коефіцієнти знаходяться в одному стовпці, тоді можна застосувати операцію над рядком аби один з

цих коефіцієнтів став нульовим. Далі, використавши операцію заміни рядків, завжди можна впорядкувати рядки таким чином, що для кожного не нульового рядка, провідний коефіцієнт знаходитиметься праворуч від провідного коефіцієнта рядка, що знаходиться вище. Якщо це так для всіх рядків, то говорять що матриця знаходиться у рядковій ступінчастій формі. Таким чином ліва нижня частина матриці містить лише нулі, і всі нульові рядки знаходяться нижче не нульових рядків. Слово «ступінчаста» використовується тут тому, оскільки можна вважати, що рядки матриці впорядковані за їх розміром, так що найбільший рядок знаходиться зверху, а найменший рядок — знизу.

Розв'язок, що отримуються за допомогою прямих методів, зазвичай містять погрішності, викликані округленнями при виконанні операцій над числами з плаваючою точкою на комп'ютері з обмеженим числом розрядів. У ряді випадків ці погрішності можуть бути значними, і необхідно знайти спосіб їх зменшення. Розглянемо тут один з методів, що дозволяє уточнити рішення, отримане за допомогою прямого методу.

Розглянутий процес уточнення розв'язку є фактично ітераційним методом розв'язування системи лінійних рівнянь. При цьому відмітимо, що для знаходження чергового наближення, тобто на кожній ітерації, розв'язуються системи рівнянь з однією і тією ж матрицею, що є матрицею початкової системи, при різних правих частинах. Це дозволяє будувати економічні алгоритми. Наприклад, при використанні методу Гауса скорочується об'єм обчислень на етапі прямого ходу.

Розв'язання системи лінійних рівнянь за допомогою розглянутого методу (а також розв'язання систем лінійних рівнянь іншими ітераційними методами, розв'язок ітераційними методами рівнянь іншого виду і їх систем) зводиться до наступного.

-Вводяться початкові дані, наприклад, коефіцієнти рівнянь і допустиме значення похибки.

- Задаються початкові наближення значень невідомих (вектор-стовпець $\mathbf{x}^{(0)}$). Вони або вводяться в комп'ютер, або обчислюються яким-небудь чином (зокрема, шляхом розв'язання системи рівнянь за допомогою прямого методу).

- Потім організовується циклічний обчислювальний процес, кожен цикл якого є однією ітерацією – перехід від попереднього наближення $\mathbf{x}^{(k-1)}$ до наступного $\mathbf{x}^{(k)}$. Якщо виявляється, що зі збільшенням числа ітерацій наближений розв'язок прагне до точного, то ітераційний метод називають таким, що сходиться.

На практиці наявність збіжності і досягнення необхідної точності зазвичай визначають приблизно, поступаючи таким чином. При малій (із заданою допустимою похибкою) зміні \mathbf{x} на двох послідовних ітераціях, тобто при малій відмінності $\mathbf{x}^{(k)}$ від $\mathbf{x}^{(k-1)}$, процес припиняється, і відбувається виведення значень невідомих, отриманих на останній ітерації.

Висновки по 2 розділу.

1. Отримані математичні залежності для визначення координат отвору розкладальника мотальної машини з урахуванням пружно-релаксаційних характеристик сировини, фактору часу, характеру переміщення отвору розкладальника, тертям між отвором розкладальника та пряжею, тертям між пряжею та пристроєм для натягу, переміщенням кільцевої планки, частоти обертання пакування та руху розкладальника, розміру та форми кільця, розміру та маси розкладальника, розміру циліндричного пакування, висоти і діаметру балона, опору повітря переміщенню пряжі.

2. Запропоновані алгоритми чисельного розв'язання систем алгебраїчних рівнянь, які використовують в комп'ютерному програмному комплексі розрахунку оптимальних параметрів робочих елементів та технологічного процесу формування циліндричних пакувань, що дозволяє удосконалювати

технологічний процес формування циліндричного пакування на основі оптимізації геометричних характеристик та технологічних режимів.

Розділ 3 Програмна реалізація.

3.1. Програмний комплекс для побудови інформаційної моделі циліндричного пакування.

Для моделі циліндричного пакування був розроблений комп'ютерний програмний комплекс розрахунку оптимальних параметрів робочих елементів та технологічного процесу формування циліндричних пакувань на основі обраного алгоритмічного забезпечення. Програмний комплекс для побудови інформаційної моделі циліндричного пакування включає три форми:

```
TForm1hmeln=class(TForm);
TForm2hmeln=class(TForm);.
TForm3hmeln=class(TForm)
```

Об'єктно-орієнтоване програмування революціонізувало спосіб написання коду. Від великомасштабних корпоративних програм до невеликих додатків. Об'єктно-орієнтоване програмування забезпечує потужний і гнучкий підхід до розробки. З ним розробники мислять в термінах об'єктів, класів і методів, роблячи код більш інтуїтивно зрозумілим і простішим в обслуговуванні. Окрім того, об'єктно-орієнтоване програмування дає змогу розробникам створювати ефективний і «багаторазовий» код, скорочуючи час і вартість розробки в цілому, а також додавати нові функції до існуючого коду. Вся парадигма об'єктно-орієнтованого програмування — це концепція об'єктів. Ці об'єкти містять дані, які ми також називаємо атрибутами або властивостями, і методи. Об'єкти можуть взаємодіяти один з одним за чотирма принципами: інкапсуляція, наслідування, поліморфізм та абстракція.

На рис.3.1 представлена перша форма комп'ютерного програмного комплексу розрахунку оптимальних параметрів робочих елементів та технологічного процесу формування циліндричних пакувань. При розробці програмного комплексу необхідно дотримуватися наступних рекомендацій:

- не допускати складності в коді; об'єктно-орієнтований код може стати дуже складним, тому зробіть простоту та ефективність пріоритетами розробки;
- дотримуйтеся принципів SOLID, аби уникнути проблем, вони допомагають зберегти код гнучким, легким у підтримці та зміні;
- важливо усвідомлювати, як класи взаємодіють між собою, щоб забезпечити ефективну роботу програми;
- наслідування може стати дуже складним та заплутаним, якщо використовувати його забагато;
- використовуйте абстракцію для спрощення розуміння;
- дотримуйтеся стандартів та конвенцій програмування, це допоможе зберегти код зрозумілим та легким у підтримці.

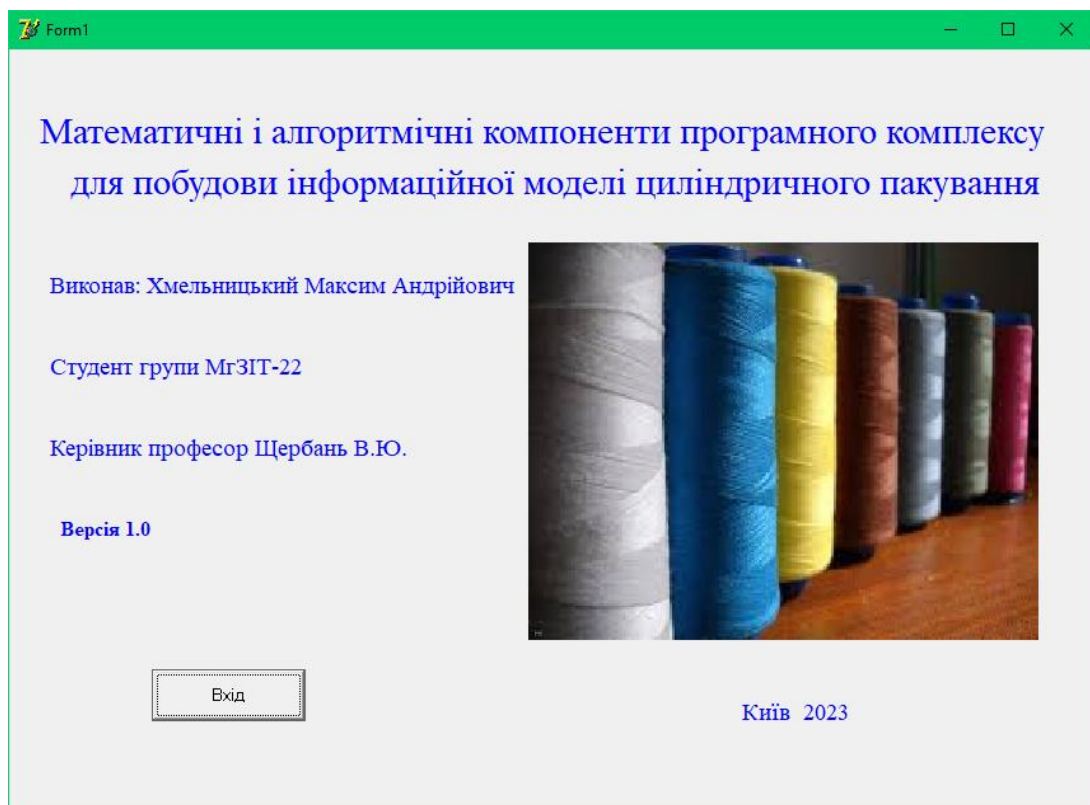


Рис.3.1.

Програмний комплекс для побудови інформаційної моделі включає наступні основні компоненти:

```

TForm1hmeln = class(TForm); Button1hmeln: TButton;
    Image1hmeln: TImage; Label1hmeln: TLabel;
    Label2hmeln: TLabel; Label3hmeln: TLabel;
    Label4hmeln: TLabel; Label5hmeln: TLabel;
    Label6hmeln: TLabel; Label7hmeln: TLabel;
    Label8hmeln: TLabel.

```

На рис.3.2 представлена друга форма комп'ютерного програмного комплексу розрахунку оптимальних параметрів робочих елементів та технологічного процесу формування циліндричних пакувань з урахуванням пружно-релаксаційних характеристик сировини, фактору часу, характеру переміщення отвору розкладальника, тертям між отвором розкладальника та пряжею, тертям між пряжею та пристроєм для натягу, переміщенням кільцевої планки. Результати поточних розрахунків 3,7222; 3,7500; 3,7778; 3,8056; 3,8333; 3,8611; 3,8889; 3,9167; 3,9444; 3,9722; 4,0000; 4,0278; 4,0556; 4,0833; 4,1111; 4,1389; 4,1667; 4,1944; 4,2222; 4,2500; 4,2778; 4,3056; 4,3333; 4,3611; 4,3889; 4,4167; 4,4444; 4,4722; 4,5000; 4,5278; 4,5556; 4,5833; 4,6111; 4,6389; 4,6667; 4,6944; 4,7222; 4,7500; 4,7778; 4,8056; 4,8333; 4,8611; 4,8889; 4,9167; 4,9444; 4,9722; 5,0000; 5,0278; 5,0556; 5,0833; 5,1111; 5,1389; 5,1667; 5,1944; 5,2222; 5,2500; 5,2778; 5,3056; 5,3333; 5,3611; 5,3889. Об'єктно-орієнтоване програмування ґрунтується на чотирьох основних принципах: інкапсуляція (Дані та методи, пов'язані з ними, зберігаються всередині об'єкта. Це дає змогу приховувати його внутрішню реалізацію і надавати тільки інтерфейс, необхідний для взаємодії. Так розробник може створювати надійні та захищені програми, запобігаючи несанкціонованому доступу); успадкування (В об'єктно-орієнтованому програмуванні можна створювати нові класи на основі вже наявних. Новий клас називається похідним, а наявний – базовим або батьківським. Під час успадкування похідний клас отримує всі атрибути та методи базового і може додавати свої власні. Успадкування дає можливість повторно

використовувати код та створювати ієрархії класів «від загального до приватного» для реалізації складних схем. Це сприяє підвищенню ефективності розробки та забезпечує більш логічну організацію коду. Не потрібно постійно переписувати однакові властивості для різних об'єктів, достатньо успадкувати їх від одного «батька»); поліморфізм (Об'єкти різних класів можуть мати однакові методи, але реалізовувати їх різними способами. Програма працює з усіма об'єктами, використовуючи загальний інтерфейс, що робить код гнучкішим і універсальним); абстракція (Замість того щоб детально описувати кожен частину системи, абстракція фокусується на найважливішому. Вона дозволяє розробникам приховати складність реалізації та зосередитися на ключових аспектах об'єкта).

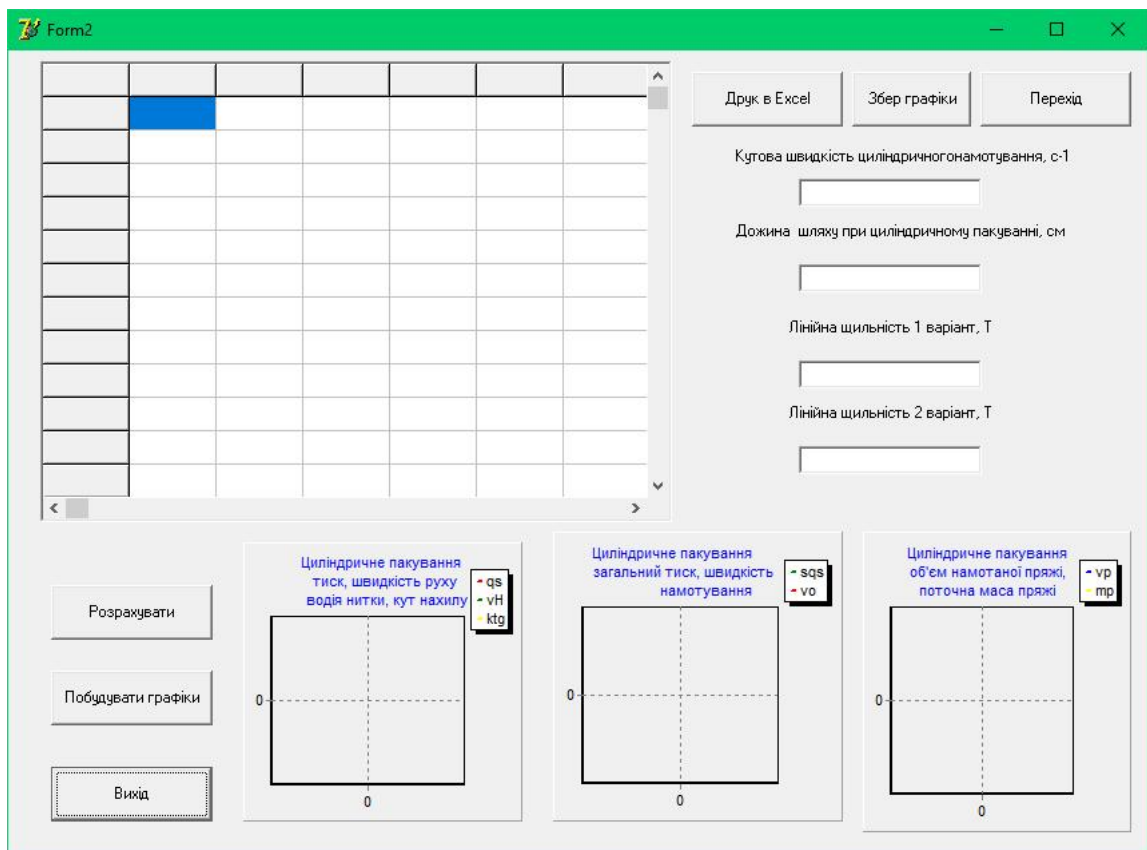


Рис.3.2.

Переваги об'єктно-орієнтованого програмування є однією з причин його широкого застосування в різних галузях розробки. Результати розрахунків -1,1066; -1,0860; -1,0646; -1,0423; -1,0193; -0,9954; -0,9708; -0,9455; -0,9194; -0,8926; -0,8651; -0,8369; -0,8081; -0,7787; -

0,7487; -0,7181; -0,6869; -0,6553; -0,6231; -0,5904; -0,5573; -0,5237; -0,4898; -0,4554; -0,4207; -0,3857; -0,3504; -0,3148; -0,2790; -0,2429; -0,2067; -0,1703; -0,1338; -0,0972; -0,0605; -0,0237; 0,0130; 0,0498; 0,0865; 0,1231; 0,1597; 0,1961; 0,2324; 0,2685; 0,3044; 0,3400; 0,3754; 0,4105; 0,4453; 0,4798; 0,5138; 0,5475; 0,5808; 0,6136; 0,6459; 0,6777; 0,7091; 0,7398; 0,7700; 0,7996; 0,8286. Модульність і повторне використання коду. ООП дає змогу розділити програму на невеликі та зрозумілі частини, які відповідають за певну функціональність. Модулі, класи та об'єкти можуть бути використані повторно, що спрощує розробку, налагодження та підтримку ПЗ. Гнучкість і масштабованість. ООП робить програму гнучкішою і більш розширюваною, даючи змогу додавати нові класи і методи без необхідності переписувати весь код. Це забезпечує можливість адаптації коду мінливих вимог. Простота супроводу. Кожен об'єкт має свою власну функціональність і дані, що спрощує пошук та виправлення помилок. Код стає зрозумілим, тому тестувальник і програмісту з ним простіше працювати. Безпека. Програма з кодом складніше зламати. Поліпшення продуктивності. Розробники пишуть оптимізований і ефективний код, що може призвести до підвищення продуктивності програми. Легка інтеграція. ООП дозволяє швидко інтегрувати різні компоненти програми, створюючи об'єкти, які взаємодіють один з одним. Це спрощує розробку складних систем. Результати поточних розрахунків - 1,9040; -1,8686; -1,8317; -1,7935; -1,7538; -1,7128; -1,6704; -1,6268; -1,5819; -1,5358; -1,4885; -1,4401; -1,3905; -1,3399; -1,2882; -1,2356; -1,1820; -1,1275; -1,0721; -1,0159; -0,9589; -0,9011; -0,8427; -0,7836; -0,7239; -0,6637; -0,6029; -0,5417; -0,4800; -0,4180; -0,3557; -0,2931; -0,2302; -0,1672; -0,1041; -0,0409; 0,0224; 0,0856; 0,1488; 0,2119; 0,2747; 0,3374; 0,3998; 0,4620; 0,5237; 0,5851; 0,6460; 0,7064; 0,7662; 0,8255; 0,8841; 0,9421; 0,9993; 1,0557; 1,1114; 1,1661; 1,2200; 1,2730; 1,3249; 1,3758; 1,4257.

Попри безліч переваг, об'єктно-орієнтоване програмування має деякі недоліки, які слід враховувати під час розробки ПЗ. Складніша крива навчання порівняно з процедурним програмуванням. Будуть потрібні час і зусилля, щоб повністю освоїти концепції ООП і застосовувати їх на практиці. Можливість дублювання коду і надмірності. У разі неправильного проектування класів та об'єктів може виникнути ситуація, коли одна й та сама функціональність реалізована в декількох частинах коду, що призводить до надмірності й складності обслуговування. Перевантаження пам'яті та обробки даних. Класи та об'єкти споживають більше пам'яті, ніж прості процедурні структури даних, оскільки вони містять додаткову інформацію, таку як методи та властивості.

Наслідування є одним з найвагоміших принципів об'єктно-орієнтованого програмування, оскільки воно дозволяє створювати ієрархічні структури об'єктів. Результати розрахунків 2,0278; 2,0556; 2,0833; 2,1111; 2,1389; 2,1667; 2,1944; 2,2222; 2,2500; 2,2778; 2,3056; 2,3333; 2,3611; 2,3889; 2,4167; 2,4444; 2,4722; 2,5000; 2,5278; 2,5556; 2,5833; 2,6111; 2,6389; 2,6667; 2,6944; 2,7222; 2,7500; 2,7778; 2,8056; 2,8333; 2,8611; 2,8889; 2,9167; 2,9444; 2,9722; 3,0000; 3,0278; 3,0556; 3,0833; 3,1111; 3,1389; 3,1667; 3,1944; 3,2222; 3,2500; 3,2778; 3,3056; 3,3333; 3,3611; 3,3889; 3,4167; 3,4444; 3,4722; 3,5000; 3,5278; 3,5556; 3,5833; 3,6111; 3,6389; 3,6667; 3,6944. Використовуючи наслідування можна створити загальний клас, який буде визначати характеристики і поведінку, властиві певному набору пов'язаних об'єктів. В подальшому цей клас може спадкуватися іншими, другорядними класами, кожен з яких додаватиме унікальні, властиві лише йому характеристики і доповнюватиме або змінюватиме поведінку базового класу. В термінах Java такий загальний клас називається суперкласом (superclass) або базовим класом (base class), або батьківським

класом (parent class), а клас, який його наслідує - підкласом (subclass) або дочірнім класом (child class), або похідним класом. (derived class).

Комп'ютерна форма $TForm2hmeln = class(TForm)$ включає наступні основні компоненти:

```
TForm2hmeln = class(TForm); Button1hmeln: TButton;
Button2hmeln: TButton; StringGrid1hmeln: TStringGrid;
Button3hmeln: TButton; Button4hmeln: TButton;
Chart1hmeln: TChart; Button5: TButton;
Series1hmeln: TLineSeries; Series2hmeln: TLineSeries;
Series3hmeln: TLineSeries; Series4hmeln: TLineSeries;
Series1hmeln1: TLineSeries; Series1hmeln2: TLineSeries;
Button6: TButton
Edit1hmeln: TEdit; Edit2hmeln: TEdit;
Edit3hmeln: TEdit; Edit4hmeln: TEdit;
Label1hmeln: TLabel; Label2hmeln: TLabel;
Label3hmeln: TLabel; Label4hmeln: TLabel;
Chart2hmeln: TChart; Series5hmeln: TLineSeries;
Series6hmeln: TLineSeries; Series7hmeln: TLineSeries;
Series8hmeln: TLineSeries; Chart3hmeln: TChart;
Series9hmeln: TLineSeries; Series10hmeln: TLineSeries;
```

Третя форма комп'ютерного програмного комплексу розрахунку для інформаційної моделі циліндричного пакування має вигляд (див. рис.3.3).

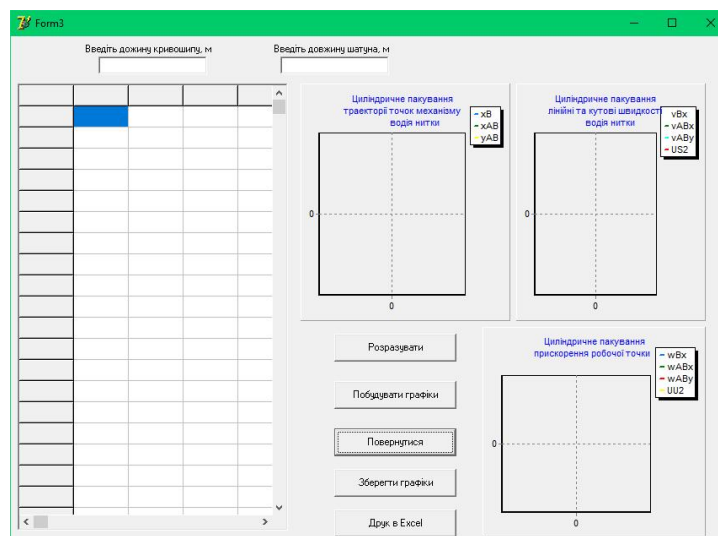


Рис.3.3.

На формі розташовані наступні основні компоненти:

```

TForm3hmeln = class(TForm); Button1hmeln: TButton;
    StringGrid1hmeln: TStringGrid;
    Button2hmeln: TButton;
Button3hmeln: TButton; Label1hmeln: TLabel;
Label2hmeln: TLabel; Label3hmeln: TLabel;
    Edit1hmeln: TEdit; Edit2hmeln: TEdit;
    Edit3hmeln: TEdit; Label4hmeln: TLabel;
    Label5hmeln: TLabel; Edit4hmeln: TEdit;
    Edit5: TEdit; Button4hmeln: TButton;
Chart1hmeln: TChart; Chart2hmeln: TChart;
    Series1hmeln: TLineSeries;
    Series2hmeln: TLineSeries;
Series3hmeln: TLineSeries; Series4hmeln: TLineSeries;
    Series5hmeln: TLineSeries;
    Series6hmeln: TLineSeries;
Series7hmeln: TLineSeries; Series8hmeln: TLineSeries;
Series9hmeln: TLineSeries; Series10hmeln: TLineSeries;
    Series1hmeln1: TLineSeries;
    Series12hmeln: TLineSeries;
Series13hmeln: TLineSeries; Series14hmeln: TLineSeries;
Series15hmeln: TLineSeries; Series16hmeln: TLineSeries;
Button5hmeln: TButton.

```

На рис.3.4 та 3.5 представлені результати комп'ютерного програмного комплексу розрахунку оптимальних параметрів робочих елементів та технологічного процесу формування циліндричних пакувань. Інформаційна модель включає в себе математичні і алгоритмічні компоненти програмного комплексу, використання яких дозволяє удосконалювати технологічний процес формування циліндричного пакування на основі оптимізації геометричних характеристик та технологічних режимів. Результати поточних розрахунків 2,9466; 2,9090; 2,8724; 2,8366; 2,8018; 2,7678; 2,7346; 2,7022; 2,6705; 2,6396; 2,6094; 2,5799;

2,5510; 2,5228; 2,4952; 2,4682; 2,4417; 2,4159; 2,3905; 2,3657;
 2,3414; 2,3176; 2,2943; 2,2714; 2,2490; 2,2271; 2,2055; 2,1844;
 2,1637; 2,1433; 2,1234; 2,1038; 2,0845; 2,0657; 2,0471; 2,0289;
 2,0110; 1,9934; 1,9761; 1,9592; 1,9425; 1,9261; 1,9099; 1,8941;
 1,8784; 1,8631; 1,8480; 1,8331; 1,8185; 1,8041; 1,7900; 1,7760;
 1,7623; 1,7488; 1,7355; 1,7224; 1,7094; 1,6967; 1,6842; 1,6718;
 1,6597. У традиційному програмуванні (чим ми досі займалися), програма — це набір інструкцій для комп'ютера, які визначають дані (через об'єкти), а потім працюють з цими даними (через оператори і функції). Об'єкти і функції, які працюють з цими даними, є окремими одиницями, які об'єднуються для отримання програмістом бажаного результату. Через те, що вони є окремими одиницями, традиційне програмування часто не дозволяє використовувати інтуїтивне представлення реальності. Це є справою програміста — керувати і з'єднувати властивості (змінні) з поведінкою (функціями) відповідним чином, що призводить до створення коду. Це дозволяє створювати програми модульним способом, що спрощує не тільки написання і розуміння коду, але і забезпечує більш високий рівень можливості повторного використання цього коду. Об'єкти також забезпечують інтуїтивний спосіб роботи з даними, дозволяючи програмісту визначити, як він буде взаємодіяти з об'єктами, і як ці об'єкти будуть взаємодіяти з іншими об'єктами. Результати розрахунків :: -0,5840; -0,6167; -0,6490; -0,6808; -0,7121; -0,7428; -0,7729; -0,8025; -0,8314; -0,8597; -0,8873; -0,9142; -0,9404; -0,9659; -0,9907; -1,0147; -1,0379; -1,0603; -1,0819; -1,1027; -1,1226; -1,1416; -1,1598; -1,1770; -1,1934; -1,2088; -1,2233; -1,2369; -1,2495; -1,2611; -1,2718; -1,2815; -1,2902; -1,2979; -1,3046; -1,3102; -1,3149; -1,3186; -1,3212; -1,3229; -1,3235; -1,3231; -1,3216; -1,3192; -1,3157; -1,3112; -1,3057; -1,2992; -1,2917; -1,2832; -1,2737; -1,2633; -1,2518; -1,2394; -1,2260; -1,2117; -1,1965; -1,1803; -1,1632; -1,1452; -1,1263.

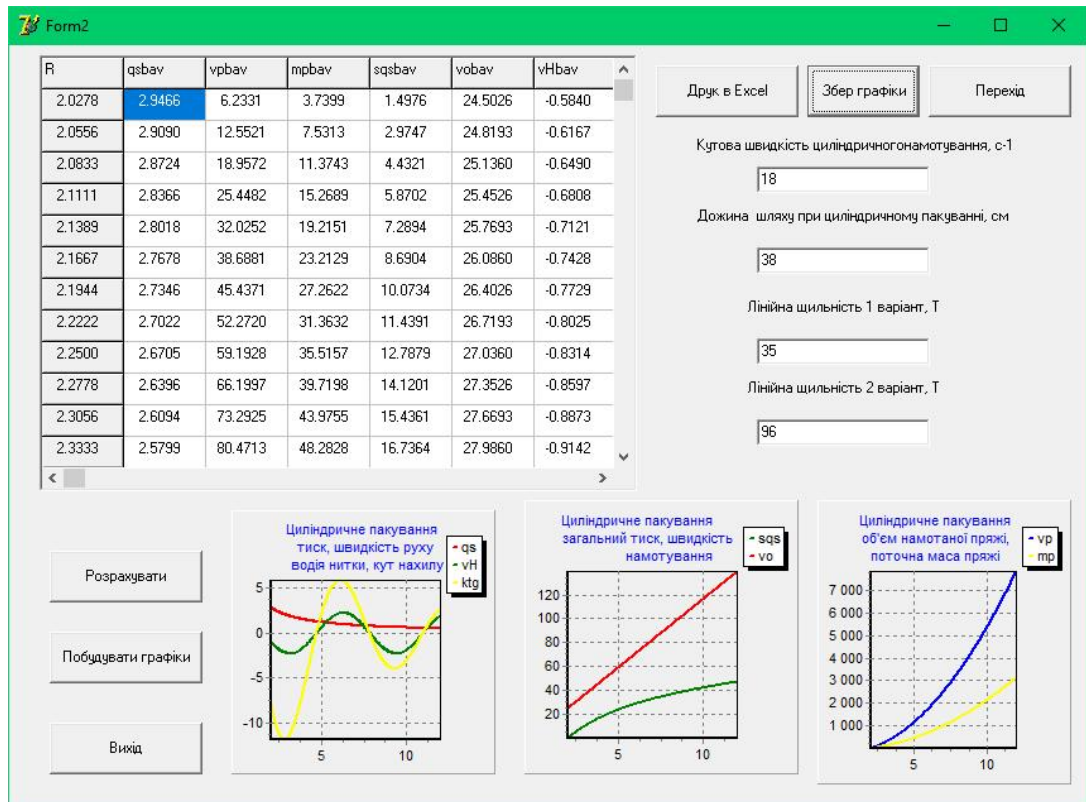


Рис.3.4.

В наші дні в більшості випадків для написання складних програм, які мають вирішувати широке коло корпоративних завдань використовують об'єктно-орієнтований підхід програмування, оскільки в порівнянні із процедурним(функціональним) такий підхід має ряд переваг, описаних нижче.

- 1) Зменшення кількості помилок. За рахунок того, що можна розбити програму на велику кількість класів, у кожного класу можуть бути свої дані, до яких ніхто ніколи ззовні не зможе отримати доступу.
- 2) Прискорення налагодження програми. Більшість даних і методів строго прив'язані до свого класу й інші класи не мають до них доступу, пошук помилки, як правило, обмежується рамками лише одного класу, а не всієї програми.
- 3) Набагато прискорюється модифікація програми та нарощування функціоналу за рахунок написання нових класів.

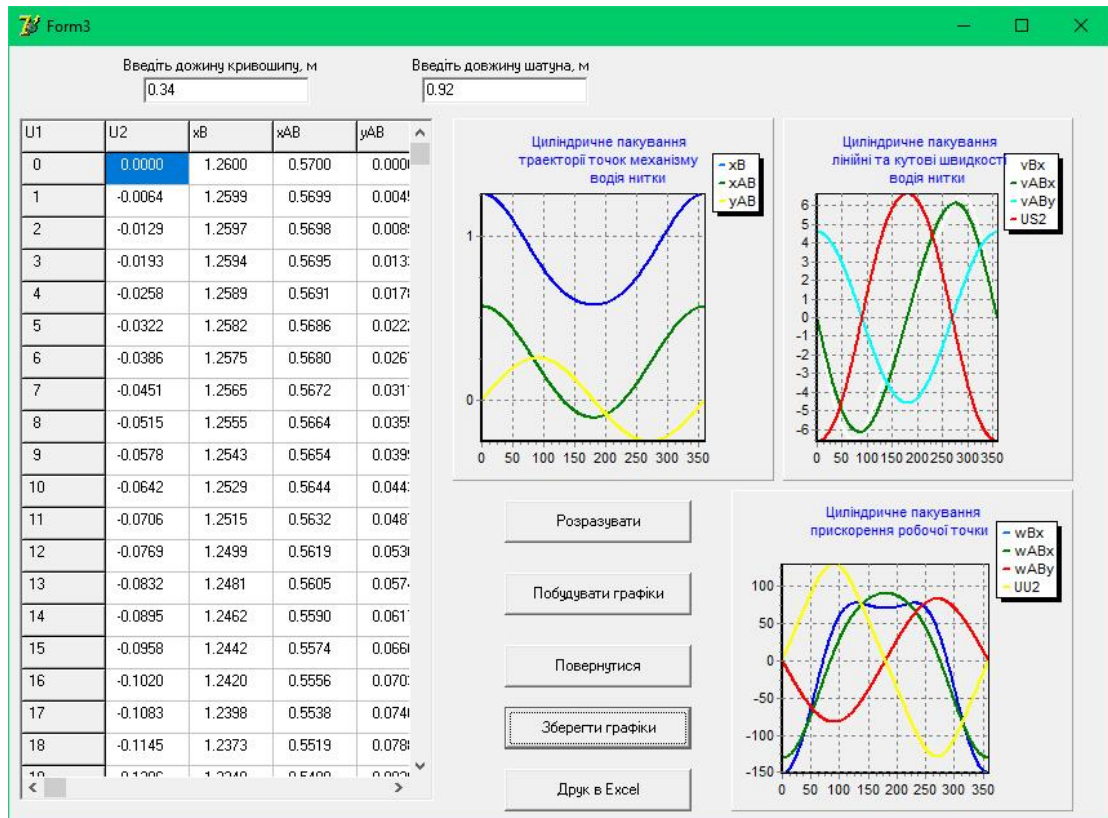


Рис.3.5.

Однією з основних ідіом програмування можна вважати принцип, коли задля скорочення частотності повторення коду в програмі, а також ефективного оперування сутностями предметної області, використовують абстракції. Якщо на початку за допомогою 0 і 1 оперували напряму з фізичною частиною, то згодом винайшли асемблер, що уможливив символічне представлення інструкцій (закодованих різними варіантами мов асемблера) в двійковий код. Саме це можна вважати першим рівнем абстракції, який дозволяє писати програми і оперувати даними з предметної області, не вдаючись в деталі реалізації. Будь-які намагання винайти щось нове у світі програмування відбуваються шляхом численних спроб та маніпуляцій. Згодом розвиток потужних електронно-обчислювальних машин змінив ситуацію кардинально. Схоже відбувалося і з функціональним програмуванням: воно поступово стало проникати у сучасні мови. Втім, основою проблемою став не синтаксис, адже більшість інженерів володіють кількома мовами і використовують наявні знання для вивчення нових. Найскладнішим виявилось змінити спосіб мислення. Функціональне

програмування набуває популярності завдяки своїй ефективності та універсальності у вирішенні сучасних проблем. Програми створюються за допомогою послідовних функцій, кожна з яких приймає вхідне значення і повертає постійне вихідне значення, не змінюючи або не впливаючи на роботу самої програми.

Загалом об'єктно-орієнтоване програмування є потужною парадигмою, що забезпечує структурований та модульний підхід до розробки програмного забезпечення. Воно дозволяє розробникам створювати код, що пере використовується і підтримується, організуючи функціональність у взаємодіючих один з одним об'єктах. Дотримуючись принципів інкапсуляції, наслідування, поліморфізму та абстракції, розробники можуть створювати гнучкі та розширювані програмні програми. ООП стала основою сучасного програмування. Принцип поділу інтерфейсу говорить, що програміст-клієнт не повинен бути змушений залежати від способів, які він не використовує. Відповідно до цього принципу потрібно розділяти великі інтерфейси на маленькі і більш специфічні, щоб програміст-клієнт знав лише методи, які йому цікаві. Метою принципу поділу інтерфейсу є збереження системи у незв'язаному стані, що полегшить ідентифікацію, внесення змін та повторне розгортання.

Висновки по 3 розділу.

1. На основі реалізації принципів об'єктно-орієнтованого програмування розроблено комп'ютерний комплекс для розрахунку оптимальних параметрів робочих елементів та технологічного процесу формування циліндричних пакувань.
2. Реалізація комп'ютерного програмного комплексу розрахунку оптимальних параметрів робочих елементів та технологічного процесу формування циліндричних пакувань дозволяє удосконалювати робочі елементи та технологічні процеси формування циліндричних пакувань на мотальних апаратах з урахуванням пружно-релаксаційних характеристик сировини, фактору часу, характеру переміщення отвору розкладальника,

тертям між отвором розкладальника та пряжею, тертям між пряжею та пристроєм для натягу, переміщенням кільцевої планки, частоти обертання пакування та руху розкладальника, розміру та форми кільця, розміру та маси розкладальника, розміру циліндричного пакування, висоти і діаметру балона, опору повітря переміщенню пряжі.

Висновки.

1. Проведено огляд літературних джерел по проблемі побудови інформаційної моделі циліндричного пакування з урахуванням пружно-релаксаційних характеристик сировини, фактору часу, характеру переміщення отвору розкладальника, тертям між отвором розкладальника та пряжею, тертям між пряжею та пристроєм для натягу, переміщенням кільцевої планки, частоти обертання пакування та руху розкладальника, розміру та форми кільця, розміру та маси розкладальника, розміру циліндричного пакування, висоти і діаметру балона, опору повітря переміщенню пряжі.
2. Для розробки математичних і алгоритмічних компонентів програмного комплексу для побудови інформаційної моделі циліндричного пакування необхідна розробка аналітичного методу аналізу процесу формування циліндричних пакувань, з урахуванням впливу органів мотальних машини, і на його основі створенню відповідного прикладного програмного забезпечення.
3. Отримані математичні залежності для визначення координат отвору розкладальника мотальної машини з урахуванням пружно-релаксаційних характеристик сировини, фактору часу, характеру переміщення отвору розкладальника, тертям між отвором розкладальника та пряжею, тертям між пряжею та пристроєм для натягу, переміщенням кільцевої планки, частоти обертання пакування та руху розкладальника, розміру та форми кільця, розміру та маси розкладальника, розміру циліндричного пакування, висоти і діаметру балона, опору повітря переміщенню пряжі.
4. Запропоновані алгоритми чисельного розв'язання систем алгебраїчних рівнянь, які використовують в комп'ютерному програмному комплексі розрахунку оптимальних параметрів робочих елементів та технологічного процесу формування циліндричних пакувань, що дозволяє удосконалювати технологічний процес формування циліндричного пакування на основі оптимізації геометричних характеристик та технологічних режимів.

5. На основі реалізації принципів об'єктно-орієнтованого програмування розроблено комп'ютерний комплекс для розрахунку оптимальних параметрів робочих елементів та технологічного процесу формування циліндричних пакувань.

6. Реалізація комп'ютерного програмного комплексу розрахунку оптимальних параметрів робочих елементів та технологічного процесу формування циліндричних пакувань дозволяє удосконалювати робочі елементи та технологічні процеси формування циліндричних пакувань на мотальних апаратах з урахуванням пружно-релаксаційних характеристик сировини, фактору часу, характеру переміщення отвору розкладальника, тертям між отвором розкладальника та пряжею, тертям між пряжею та пристроєм для натягу, переміщенням кільцевої планки, частоти обертання пакування та руху розкладальника, розміру та форми кільця, розміру та маси розкладальника, розміру циліндричного пакування, висоти і діаметру балона, опору повітря переміщенню пряжі.

Список використаних джерел.

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

11. 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.
12. 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.
13. Vasilchenko V.N. Equilibrium of a filament of a root base in the zone of formation of a multilayer technical fabric / V.N. Vasilchenko, V.Yu. Shcherban // Technology of the textile industry. - 1986. - № 5. - P.44-47.
14. Vasilchenko V.N. Influence of the twist of a Capron complex filament on the value of its flexural rigidity / V.N. Vasilchenko, V.Yu. Shcherban // Technology of the textile industry. - 1986. - №4. - P.8-9.
15. Щербань В.Ю., Іщенко В. Д., Колиско О.З., Гольдберг М.І., Щербань Ю.Ю. Комп'ютерна реалізація алгоритму Дейкстри для визначення форми заправки нитки на основі пошуку оптимального шляху графа / В.Ю. Щербань, В. Д. Іщенко, О.З. Колиско, М.І. Гольдберг, Ю.Ю. Щербань // Вісник Хмельницького національного університету. – 2022, №3 (309). – С. 217-220.
16. Щербань В.Ю., Іщенко В. Д., Колиско О.З., Гольдберг М.І., Щербань Ю.Ю. Визначення вагових функцій ребр неорієнтованого графа при комп'ютерному пошуку оптимального шляху з використанням алгоритму Дейкстри / В.Ю. Щербань, В. Д. Іщенко, О.З. Колиско, М.І. Гольдберг, Ю.Ю. Щербань // Вісник Хмельницького національного університету. – 2022, №4 (311). – С. 270-273.
17. 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.

18. 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.
19. Щербань В.Ю., Колиско О.З., Колиско М.І., Кириченко А.М., Щербань Ю.Ю. Комп'ютерна реалізація алгоритму рекурсії для гребінчатого пристрою натягу панчішних автоматів / В.Ю. Щербань, О.З. Колиско, М.І. Колиско, А.М. Кириченко, Ю.Ю. Щербань // *Вісник Хмельницького національного університету*. – 2022, №2 (307). – С. 194-197.
20. 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.
21. 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.
22. 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.
23. 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.
24. 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.

- 25.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.
- 26.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.
- 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 Масляков, 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.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.
- 33.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.
- 34.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.
- 35.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.
- 36.Щербань В.Ю., Колиско О.З., Колиско М.І., Кириченко А.М., Щербань Ю.Ю. Комп'ютерні процедури програмного комплексу для визначення напруженості процесу подачі нитки на круглов'язальних машинах / В.Ю. Щербань, О.З. Колиско, М.І. Колиско, А.М. Кириченко, Ю.Ю. Щербань // Вісник Хмельницького національного університету. – 2022, №1 (305). – С. 256-259.
37. Vasilchenko V.N., Shcherban' V.Yu., Apokin Ts.V. Attachment for holding multilayer fabrics in the clamps of a universal tensile tester/ V.N. Vasilchenko , V.Yu. Shcherban', Ts.V. Apokin // Textile industry. – 1987. - №8. - pp.62.
- 38.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.
- 39.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.

40. Прогнозування процесів на основі моделювання часових рядів: навч. Посібник./ П.І. Бідюк, В.Ю.Щербань, Є.О. Демківський, Т.І. Демківська.- К.:КНУТД, 2017.-324 с.
- 41.Щербань В.Ю. Структура комп'ютерної програми реалізації алгоритму рекурсії для визначення технологічних зусиль/В.Ю. Щербань, А.К. Петко, О.З. Колиско, Ю.Ю. Щербань, М.І. Шолудько// Вісник Хмельницького національного університету.- 2020.-№ 1 (281). - С.249-253.
- 42.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.
- 43.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.
- 44.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.
- 45.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.

- 46.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.
- 47.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.
- 48.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.
- 49.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.
- 50.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.
- 51.Ресурсоощадні технології виробництва текстилю, одягу та взуття: монографія: в 2 т. Т.2/Підвищення надійності ресурсоощадних виробництв текстилю, одягу і взуття на основі новітніх технологій та системного управління/ В.Ю.Щербань, Б.Ф. Піпа, В.В. Чабан. – К. : КНУТД, 2016. – 214 с.

- 52.Ресурсоощадні технології та обладнання швейної та текстильної промисловості: монографія: в 2 ч. Ч.1/Наукові основи та інженерні методи проектування ресурсоощадних технологій і обладнання швейної та текстильної промисловості/ В.Ю.Щербань, Г.Б. Параска, Б.В. Орловський. – К. : КНУТД, 2015. – 339 с.
- 53.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.
- 54.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.
- 55.Щербань В.Ю. Механіка нитки/В.Ю.Щербань. – К.: Видавництво «Укрбланковидав». – 2018. – 533 с.
<https://ER.KNUTD.EDU.UA/HANDLE/123456789/9517>
- 56.Щербань В. Ю. Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/ В.Ю. Щербань.-К.: Освіта України, 2018. – 257 с.
- 57.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.
- 58.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.
- 59.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.

- 60.Ресурсоощадні технології та обладнання швейної та текстильної промисловості: монографія: в 2 ч. Ч.2/Шляхи підвищення ефективності швейної та текстильної галузей України на базі новітніх технологій та управління/ В.Ю.Щербань, Г.Б. Параска, Б.В. Орловський. – К.: КНУТД, 2015. – 270 с.
- 61.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.
- 62.Щербань В. Ю. Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/В.Ю.Щербань.-К.:КНУТД, 2016. – 184 с.
- 63.Щербань В. Ю. Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/В.Ю. Щербань.-К.: Освіта України, 2017. – 238 с.