

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:

на тему **Математичні і алгоритмічні компоненти програмного комплексу
для побудови інформаційної моделі компенсатора довжини нитки**

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки

Освітня програма Комп'ютерні науки

Виконав: студент групи МгІТ-2-22

Гольдберг Владислав Георгійович

Науковий керівник: професор Щербань Володимир Юрійович

Рецензент, професор Краснитський Сергій Михайлович

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

Гольдбергу Владиславу Георгійовичу

1. Тема кваліфікаційної роботи Математичні і алгоритмічні компоненти програмного комплексу для побудови інформаційної моделі компенсатора довжини нитки,

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 _____ Владислав ГОЛЬДБЕРГ

Науковий керівник _____ Володимир ЩЕРБАНЬ

АНОТАЦІЯ

Гольдберг В.Г. Математичні і алгоритмічні компоненти програмного комплексу для побудови інформаційної моделі компенсатора довжини нитки. – 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 компенсатора довжини нитки для коромислового та повзункового типів. Інформаційна модель включає в себе математичні і алгоритмічні компоненти програмного комплексу для розрахунку компенсатора довжини нитки пневматичних виробничих комплексів.

В кваліфікаційній магістерській роботі запропоновано основні напрями удосконалення моделей компенсатора довжини нитки пневматичних виробничих комплексів для коромислового та повзункового типів на основі оптимізації натягу нитки в зоні заправки за рахунок розробки інформаційної моделі кінематичного процесу взаємодії робочого органу компенсатора та нитки з урахуванням кута обертання кривошипа, довжини шатуна, довжини кронштейна компенсатора, відстані між кронштейном і фіксатором нитки, кута оберту фіксатора нитки, радіусу барабана в точці затиску нитки між барабаном і валиком для завдання тиску, довжини нитки в точці відмірювання, швидкості подачі, координат базисних точок заправної лінії.

Результати кваліфікаційної магістерської роботи можна використовувати для підвищення ефективності роботи пневматичних виробничих комплексів, зменшення енерговитрат та тиску в кінематичних парах, покращення якості продукції, що випускається за рахунок удосконалення кінематичної схеми компенсаторів коромислового та повзункового типів, закону руху робочої ланки компенсаторів коромислового та повзункового типів.

Ключові слова: інформаційна модель, пневматичний виробничий комплекс, компенсатора довжини нитки, оптимізація натягу.

ABSTRACT

Goldberg V.G. Mathematical and algorithmic components of the software complex for building the information model of the thread length compensator. - Manuscript.

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

The qualifying master's thesis is devoted to the construction of the information model of the thread length compensator for rocker and slider types. The information model includes mathematical and algorithmic components of the software complex for calculating the thread length compensator of pneumatic machines.

In the master's qualification thesis, the main directions of improvement of models of thread length compensator of pneumatic machines for rocker and slider types are proposed on the basis of thread tension optimization in the filling zone due to the development of an information model of the kinematic process of the interaction of the working body of the compensator and the thread, taking into account the angle of rotation of the crank, the length of the connecting rod, the length of the compensator bracket, the distance between the bracket and the thread retainer, the angle of rotation of the thread retainer, the radius of the drum at the thread clamping point between the drum and the pressure roller, the length of the thread at the measuring point, the feed rate, the coordinates of the base points of the filling line.

The results of the qualifying master's thesis can be used to increase the efficiency of pneumatic machines, reduce energy consumption and pressure in kinematic pairs, improve the quality of products produced due to the improvement of the kinematic scheme of compensators of rocker and slider types, the law of motion of the working link of compensators of rocker and slider types.

Keywords: information model, pneumatic machine, thread length compensator, tension optimization.

Зміст

Вступ	7.
Розділ 1 Постановка задачі	10.
1.1. Конструктивні особливості компенсатора довжини нитки технологічних виробничих комплексів	10.
1.2. Структура компенсаторів довжини та натягу	25.
Висновки по 1 розділу	30.
Розділ 2 Проектування	31.
2.1. Математичне забезпечення інформаційної моделі компенсатора довжини нитки технологічних виробничих комплексів	31.
2.2. Алгоритмічне забезпечення для розв'язання нелінійних алгебраїчних рівнянь моделі компенсатора довжини нитки технологічних виробничих комплексів	44.
Висновки по 2 розділу	53.
Розділ 3 Програмна реалізація	54.
3.1. Компоненти програмного комплексу для побудови інформаційної моделі компенсатора довжини нитки	54.
3.2. Принципи розробки для програмних комплексів для наукових досліджень технологічних виробничих процесів	59.
Висновки по 3 розділу	64.
Висновки	65.
Список використаних джерел	67.
Додаток А	.
Додаток Б	.

ВСТУП

Актуальність теми. Легка промисловість України охоплює галузі, що виробляють товари народного споживання — тканини, одяг, взуття, предмети галантереї та парфумерії тощо. Серед них — текстильна, швейна, трикотажна, шкіряно-галантерейна, взуттєва, хутрова та інші галузі. Текстильна промисловість займає провідні позиції за вартістю виробленої продукції у складі легкої промисловості. Вона використовує натуральні (бавовняні, вовняні, лляні і шовкові) і штучні та синтетичні (віскоза, капрон, нейлон та ін.) волокна. Текстильна промисловість охоплює виробництво бавовняних, вовняних, лляних та шовкових тканин, що виготовляють тканини, нитки, пряжу.

Найбільш прогресивною та перспективною основою процесу отримання математичних і алгоритмічних компонентів програмного комплексу для побудови інформаційної моделі компенсатора довжини нитки є створення та впровадження в практику об'єктне орієнтованих систем автоматизованого проектування, загальними цілями яких є підвищення ефективності роботи пневматичних виробничих комплексів, зменшення енерговитрат та тиску в кінематичних парах, покращення якості продукції, що випускається.

Мета дослідження — Отримання математичних і алгоритмічних компонентів програмного комплексу для побудови інформаційної моделі компенсатора довжини нитки.

Завдання дослідження. Розробити основні напрями удосконалення моделей компенсатора довжини нитки пневматичних виробничих комплексів для коромислового та повзункового типів на основі оптимізації натягу нитки в зоні заправки за рахунок розробки інформаційної моделі кінематичного процесу взаємодії робочого органу компенсатора та нитки.

Об'єкт дослідження. Технологічні процеси текстильної промисловості.

Предмет дослідження. Система подачі ниток на пневматичних виробничих комплексах.

Методи дослідження. Теоретичною основою при вирішенні науково-технічної проблеми по отриманню математичних і алгоритмічних компонентів програмного комплексу для побудови інформаційної моделі компенсатора довжини нитки є праці провідних вчених в галузях математичного моделювання, теорії алгоритмів, прикладних питань технології переробки сировини, фізико-механічних характеристик матеріалу, питань пов'язаних з розробкою прикладного програмного забезпечення. При отриманні математичних та алгоритмічних компонентів програмного комплексу для побудови інформаційної моделі компенсатора довжини нитки використовувалися методи інтегрального та диференційного числення, диференційної геометрії, математичного аналізу.

Практична цінність – Запропоновано основні напрями удосконалення моделей компенсатора довжини нитки пневматичних виробничих комплексів для коромислового та повзункового типів на основі оптимізації натягу нитки в зоні заправки за рахунок розробки інформаційної моделі кінематичного процесу взаємодії робочого органу компенсатора та нитки з урахуванням кута обертання кривошипа, довжини шатуна, довжини кронштейна компенсатора, відстані між кронштейном і фіксатором нитки, кута оберту фіксатора нитки, радіусу барабана в точці затиску нитки між барабаном і валиком для завдання тиску, довжини нитки в точці відмірювання, швидкості подачі, координат базисних точок заправної лінії для реалізації мети кваліфікаційної магістерської роботи за спеціальністю 122 - Комп'ютерні науки.

Елементи наукової новизни. Мають узагальнюючий характер і містять власні висновки та рекомендації по удосконаленню моделей компенсатора довжини нитки пневматичних виробничих комплексів для коромислового та повзункового типів на основі оптимізації натягу нитки в зоні заправки на

основі розробки математичних, алгоритмічних та програмних компонентів інформаційної моделі компенсатора довжини нитки.

Практична значущість роботи. Результати кваліфікаційної магістерської роботи можна використовувати для підвищення ефективності роботи пневматичних виробничих комплексів, зменшення енерговитрат та тиску в кінематичних парах, покращення якості продукції, що випускається за рахунок удосконалення кінематичної схеми компенсаторів коромислового та повзункового типів, закону руху робочої ланки компенсаторів коромислового та повзункового типів, розроблений пакет прикладного програмного забезпечення може використовуватися у відповідних проектно-конструкторських організаціях, які займаються вирішенням аналогічних та суміжних проблем.

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

Питання пов'язані з розробкою математичних і алгоритмічних компоненти програмного комплексу для побудови інформаційної моделі компенсатора довжини нитки є дуже важливою задачею, яка стоїть перед підприємствами легкої та текстильної промисловості України. Розв'язання проблеми розробки інформаційної моделі компенсатора довжини нитки для коромислового та повзункового типів дозволить оптимізувати натяг нитки в зоні заправки за рахунок розробки інформаційної моделі кінематичного процесу взаємодії робочого органу компенсатора та нитки. Результати кваліфікаційної магістерської роботи можна використовувати для підвищення ефективності роботи пневматичних виробничих комплексів, зменшення енерговитрат та тиску в кінематичних парах, покращення якості продукції, що випускається за рахунок удосконалення кінематичної схеми компенсаторів коромислового та повзункового типів, закону руху робочої ланки компенсаторів коромислового та повзункового типів.

Розділ 1 Постановка задачі.

1.1. Конструктивні особливості компенсатора довжини нитки технологічних виробничих комплексів.

Широкий розвиток інформаційних моделей (дозволяють описувати об'єкт проектування вербально, графічно, табличний, математично), у відмінності від використання матеріальних (натурних) моделей, дозволяють забезпечити процедуру аналізу взаємодій різних компонентів проєктованих виробів і спрощують завдання аналізу функціонування проєктованих виробів. Це приводить до скорочення об'ємів випробувань дослідних зразків проєктованого виробу. Цілком очевидно, що це достатньо, коли на всіх рівнях проєктних процедур використовуватимуться програмні продукти, які засновані на одній ідеології і на єдиній інформаційній моделі. Такий підхід пояснюється складністю систем, що вивчаються і проєктованих, що природно приводить до необхідності розробки прикладного програмного забезпечення для імітації – відтворення на ЕОМ математичних моделей функціонування проєктованого об'єкту. Дане програмне забезпечення може характеризуватися як сукупність універсальних пакетів блокового моделювання, фізичного моделювання і пакетів для наочного опису проєктованих об'єктів з складною логікою взаємозв'язків між окремими складовими.

Пакети блокового моделювання дозволяють будувати на основі принципів об'єктно-орієнтованого моделювання функціональні багаторівневі ієрархічні системи. У них повинні бути закладені можливості для візуалізації і анімації.

Процес проектування структури САПР технологічного процесу орієнтована на процедури синтезу, моделювання і аналізу, що реалізують графічну імітацію технологічного процесу в динаміці і вибір якнайкращого варіанту структури технологічного процесу (ТП). У САПР технологічного процесу можливе завдання різних процедур синтезу структури ТП, що

визначається кваліфікацією експерта-технолога, вибором і використанням одного або комбінації механізмів логічного виводу.

Низхідна технологія проектування характерна для процесів проектування технологічних процесів виготовлення виробів, коли на першому етапі розробляється технологія виготовлення окремих деталей, потім вузлів, потім пристроїв. Всі вони інтегруються, на останній стадії, в технологію виготовлення виробу.

Наявність двох технологій проектування диктує умови побудови різних структурних схем проектної процедури синтезу. На рис. 1.1 приведена одна з них, яка дозволяє реалізувати процедуру синтезу при дедуктивному підході до проектування. Як було вказано вище, процес починається із структурного синтезу.

Переходячи до розгляду автоматизації проектування як системи необхідно перш за все зупинитися на аналізі обслуговуючих підсистем САПР, які складаються з відповідних підсистем. Як наголошувалося вище, що проектують підсистеми включають компоненти, які послідовно реалізуються на стадії проектування об'єктів мета-, макро- і мікро рівня виробу.

Визначення обслуговуючих підсистем витікає з характеристики самої САПР, як сукупності об'єднаних в пакети бібліотеки і модулі програм, що дозволяють реалізувати певні алгоритми в послідовності, визначеній програмами – диспетчерами, які здійснюють зв'язок з автоматизованими робочими місцями і периферією, призначеною для випуску конструкторської документації. Отже, обслуговуючі підсистеми призначені для зберігання і пошуку інформації, для організації обчислювального процесу, для обробки графічної інформації і формування проектної текстової документації.

Описані вище підсистеми, які є самостійними частинами САПР, також підрозділяються на компоненти. Відповідною нормативною документацією виділяється мережа таких компонентів, які присутні в будь-якого вигляду

САПР: методичне забезпечення; математичне забезпечення; лінгвістичне забезпечення; програмне забезпечення; організаційне забезпечення.

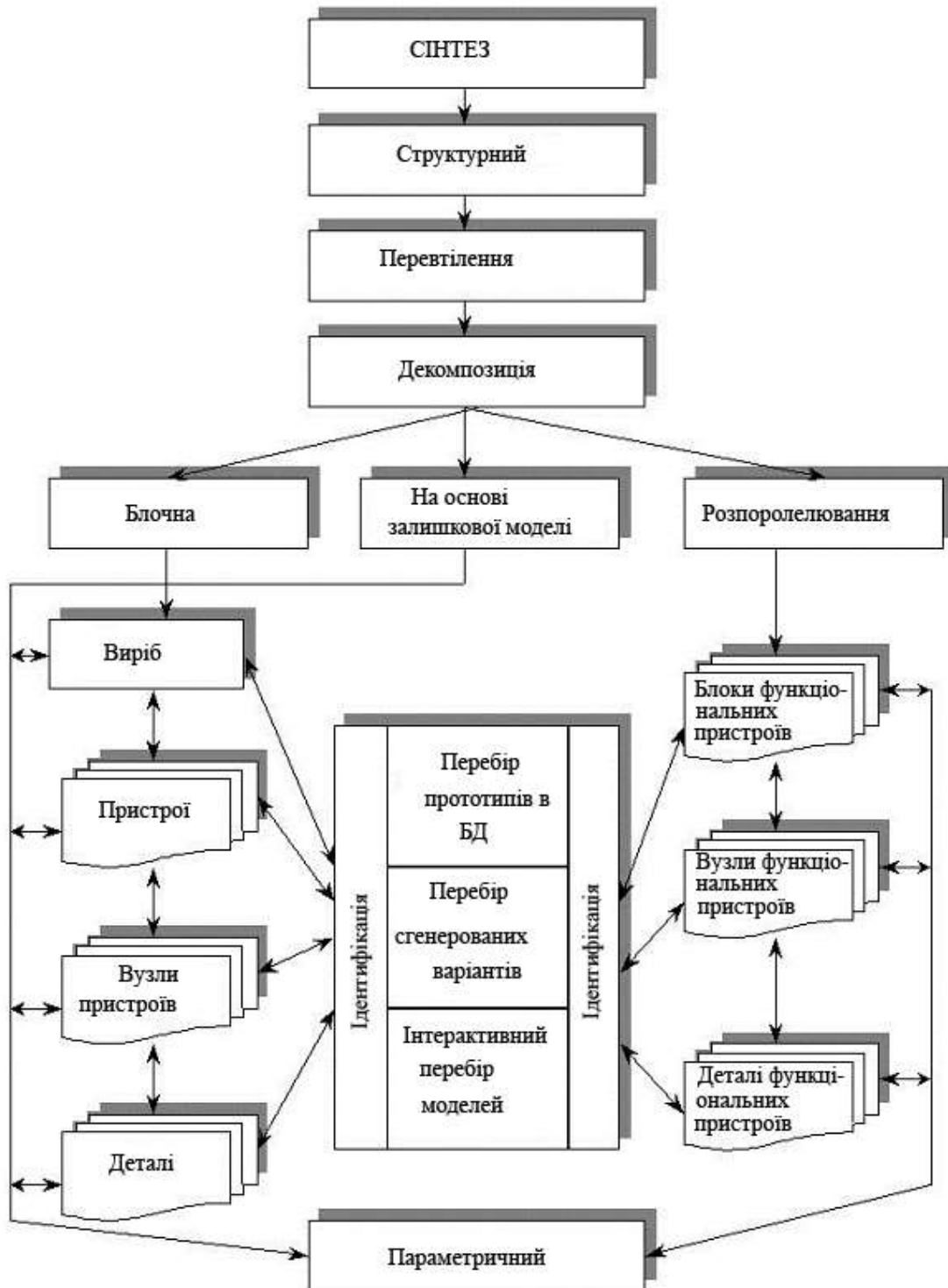


Рис.1.1.

Для побудови інформаційних моделей об'єктів проектування в легкій і текстильній промисловості необхідно враховувати однорідність властивостей наочних областей і їх характер інженерної спрямованості (рис.1.2). Виходячи з сказаного, можна стверджувати, що стосовно легкої і текстильної промисловості основними спостережуваними фізичними процесами і явищами будуть механічні і теплові. Також мають місце фізико-хімічні і хімічні процеси. Зважаючи на специфіку отримання хімічних волокон, нас цікавитимуть фізико-хімічні процеси, що відбуваються при отриманні полімерів. При проектуванні устаткування основне місце займатимуть механічні процеси і явища. Специфіка отримання готової продукції (тканини, трикотаж, готові вироби і ін.) потребує необхідності вивчення механічної взаємодії між робочими органами технологічного устаткування і різними системами натуральних і хімічних ниток, з іншими матеріалами (неткані полотна, шкіра, хутро і ін.).

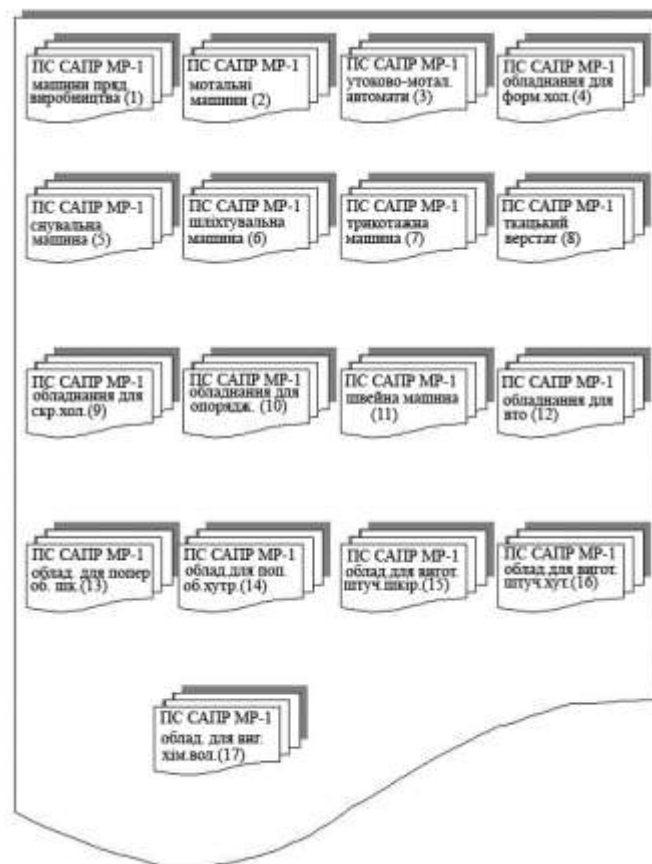


Рис.1.2.

Проведеними дослідженнями комп'ютерної реалізації алгоритму визначення натягу нитки на технологічному устаткуванні з використанням рекурсії визначені значення натягу ниток перед зоною формування тканини і трикотажу на технологічному устаткуванні. Доведено, що на величину натягу ниток перед зоною формування впливають число направляючих на кожній конкретній технологічній машині, радіус кривизни направляючої, кут охоплення ниткою направляючої, кут радіального охоплення нитки, фізико-механічні і структурні характеристики нитки. Значення кутів охоплення ниткою направляючих і кутів радіального охоплення нитки поверхнею направляючої визначаються геометричними параметрами і конструкцією як системи подачі нитки на технологічному устаткуванні, так і конструкцією направляючих. Завдяки цьому стало можливим ще на початковій стадії проектування технологічного процесу визначати натяг нитки перед зоною формування залежно від геометричних і конструктивних параметрів устаткування і фізико-механічних і структурних характеристик нитки. Експериментальними дослідженнями підтверджена коректність зроблених допущень при побудові моделі взаємодії нитки з направляючою з урахуванням її фізико-механічних і структурних характеристик і можливість використання рекурсії при послідовному визначенні натягу по зонах технологічного устаткування від зони входу до зони формування тканини і трикотажу. Зокрема встановлено, що натяг нитки зростає від зони до зони і досягає свого максимуму перед зоною формування. Показано, що надмірне значення натягу приводить до порушення технологічного процесу і до обриву нитки.

Таким чином, є підстави стверджувати про можливість, ще на початковій стадії проектування технологічного процесу виготовлення тканини і трикотажу, спрямованого регулювання натягу нитки перед зоною формування тканини і трикотажу за рахунок коригування геометричних параметрів і конструкції як системи подачі нитки на технологічному

устаткуванні, так і конкретних направляючих, що дозволить мінімізувати значення натягу нитки.

Удосконалення технологічних процесів текстильної промисловості пов'язане з оптимізацією натягу ниток перед зоною формування тканини та трикотажу. Експериментальне визначення натягу перед цією зоною викликає великі труднощі. Це не дозволяє ще на початковій стадії проектування технологічного процесу одержання конкретних тканин та трикотажу з конкретного виду ниток, визначати величину натягу і, як наслідок, удосконалювати форму лінії заправки нитки, підбирати конструктивні параметри напрямних елементів у точках зламу лінії заправки. Зростання натягу нитки перед зоною формування призводить до її обриву, що спричиняє зупинку технологічної машини, в заправці якої знаходяться тисячі ниток.

У умовах істотну допомогу надає математичне моделювання процесу збільшення натягу нитки за зонами технологічного устаткування, використання якого створює передумови використання обчислювального експерименту, який виходить з реалізації відповідних алгоритмів і чисельних методів на ЕОМ. Його використання дозволить ще на початковій стадії проектування визначати величину технологічних навантажень і удосконалювати форму лінії заправки нитки на технологічному обладнанні, що скоротить час реалізації технологічного процесу та підвищить якість продукції, що випускається.

Збільшення натягу нитки відбувається за рахунок сил тертя в зоні контакту з напрямними. Величина сил тертя залежить від матеріалу нитки та напрямної, співвідношення їх геометричних розмірів (радіуса поперечного перерізу нитки та радіуса кривизни напрямної в зоні контакту), реального кута охоплення ниткою напрямної та кута радіального охоплення нитки поверхнею напрямної, фізико-механічних та структурних характеристик нитки, натягу нитки перед напрямною. Послідовне проходження нитки напрямними, від зони входу до зони формування тканини і трикотажу,

призводить до поступового зростання натягу. При цьому вихідний параметр натягу після попередньої напрямної буде вхідним параметром для наступної напрямної, що дозволяє використовувати рекурсію при визначенні натягу перед зоною формування.

У зв'язку з цим актуальним слід вважати дослідження комп'ютерної реалізації алгоритму визначення натягу нитки на технологічному обладнанні з використанням рекурсії.

У цьому дослідженні не враховуються реальні фізико-механічні властивості ниток, саме її жорсткість на вигин, нелінійна залежність сил тертя від величини нормального тиску, реальний кут охоплення ниткою напрямної і кут радіального охоплення нитки поверхнею напрямної. Вплив налаштувань ткацького верстата на величину вхідного натягу нитки розглядається у роботі. Однак авторами не розкривається механізм впливу на поступове збільшення натягу умов взаємодії нитки з направляючими системи подачі нитки ткацького верстата. Встановлюється вплив натягу нитки перед робочою зоною на структурні параметри тканин для захисного одягу, проте причини зростання натягу порівняно з вхідним натягом та механізм їх зміни не розкрито. Розглядає вплив натягу трьох систем поздовжніх ниток на умови формування багатошарових технічних тканин. Вони утворюють три незалежні системи подачі нитки на ткацькому верстаті, у кожній з яких міститься різна кількість напрямних. Отримані рекомендації мають вузький характер і дозволяють прогнозувати напруженість формування багатошарових тканин за зміни їх структури. Подібні результати наведені в роботі при дослідженні переробки бавовняних ниток. Вплив фізико-механічних властивостей бавовняних ниток на умови формування структури полотна наведено у роботі. Однак у роботі відсутня інформація про вплив конструктивних параметрів системи подачі нитки так і конкретних напрямних на величину натягу перед робочою зоною. При визначенні натягу нитки після напрямної, автори враховують жорсткість нитки на вигин, проте при визначенні величини кута охоплення не враховується його зменшення за

рахунок впливу цього параметра, що не дозволяє точно визначити натяг після направляючої. Досить докладно розглянуто питання визначення натягу нитки за наявності радіального охоплення нитки поверхнею направляючої. Автори обмежуються розглядом питання визначення натягу для різних фідерних напрямних трикотажної машини. Однак у роботі не враховується жорсткість нитки на вигин щодо реальних кутів охоплення. Аналогічні результати отримані у роботі [19] для трикотажних машин з напрямними у вигляді фідера. При визначенні натягу не враховуються реальні умови взаємодії у зоні контакту з урахуванням жорсткості вигин нитки. На необхідність урахування відносного зміщення поверхонь нитки і направляючої, що труться, звертається увага в роботі [22], що дуже важливо за наявності анізотропії фрикційних властивостей. При визначенні натягу нитки, в роботі [35], авторами моделюється процес взаємодії з рухомою напрямною, що обертається, радіус кривизни якої значно перевищує радіус перерізу нитки. Даний підхід не можна використовувати для технологічних процесів текстильної та трикотажної промисловості, де радіус кривизни напрямної та радіус перерізу нитки спів мірні. При експериментальному визначенні натягу нитки у роботі [42] представлена механічна схема. Враховуючи діапазон зміни натягу нитки в технологічних процесах текстильного та трикотажного виробництва та інерційність окремих вузлів установки її не можна використовувати для перевірки коректності зроблених припущень при побудові математичної моделі зміни натягу нитки за глибиною заправки технологічної машини. Більш досконала установка наведена у роботі [33]. Використання тензометрії дозволяє визначати натяг із достатнім ступенем точності. Проте цю установку не можна використовувати щодо впливу конструктивних параметрів напрямників складної форми, крім того діапазон зміни кутів охоплення ниткою напрямника дуже обмежений. При експериментальному визначенні натягу нитки є підстави стверджувати про перспективний розвиток методів надмірних вимірів за різних видів функції перетворення (лінійної та нелінійної) у сфері підвищення точності за рахунок

обробки результатів проміжних вимірів [44]. Незалежність результатів експериментальних вимірювань натягу нитки від параметрів функції перетворення тензометричних пристроїв підтверджується у роботі [35].

Таким чином, експериментальне визначення натягу перед зоною формування тканини та трикотажу викликає великі труднощі. Це не дозволяє ще на початковій стадії проектування технологічного процесу одержання конкретних тканин та трикотажу з конкретного виду ниток, визначати величину натягу i , як наслідок, удосконалювати форму лінії заправки нитки, підбирати конструктивні параметри напрямних елементів у точках зламу лінії заправки. Зростання натягу нитки перед зоною формування призводить до її обриву, що спричиняє зупинку технологічної машини.

На даний момент відсутнє математичне моделювання процесу збільшення натягу нитки за зонами технологічного обладнання. Величина сил тертя залежить від матеріалу нитки та напрямної, співвідношення їх геометричних розмірів, реального кута охоплення ниткою напрямної та кута радіального охоплення нитки поверхнею напрямної, фізико-механічних та структурних характеристик нитки, натягу нитки перед напрямною. Послідовне проходження нитки напрямними, від зони входу до зони формування тканини і трикотажу, призводить до ступінчастого зростання натягу, проте відсутня алгоритм визначення цієї величини.

Враховуючи багатофакторну залежність процесу взаємодії нитки з напрямними елементами системи подачі нитки технологічного обладнання, метою роботи є визначення натягу нитки перед зоною формування тканини та трикотажу на основі рекурсії (рис.1.3).

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі завдання: розробити алгоритм визначення натягу нитки на технологічному обладнанні; на основі рекурсивного підходу отримати математичну модель для визначення натягу перед зоною формування залежно від матеріалу нитки та напрямної, співвідношення їх геометричних розмірів (радіуса поперечного перерізу нитки та радіуса кривизни напрямної в зоні контакту), реального

кута охоплення ниткою напрямної та кута радіального охоплення нитки поверхнею напрямної, фізико-механічних та структурних характеристик нитки, натягу нитки перед напрямною; провести експериментальне дослідження щодо визначення впливу зазначених факторів на величину натягу для оцінки коректності зроблених припущень при побудові моделі взаємодії нитки з напрямною.

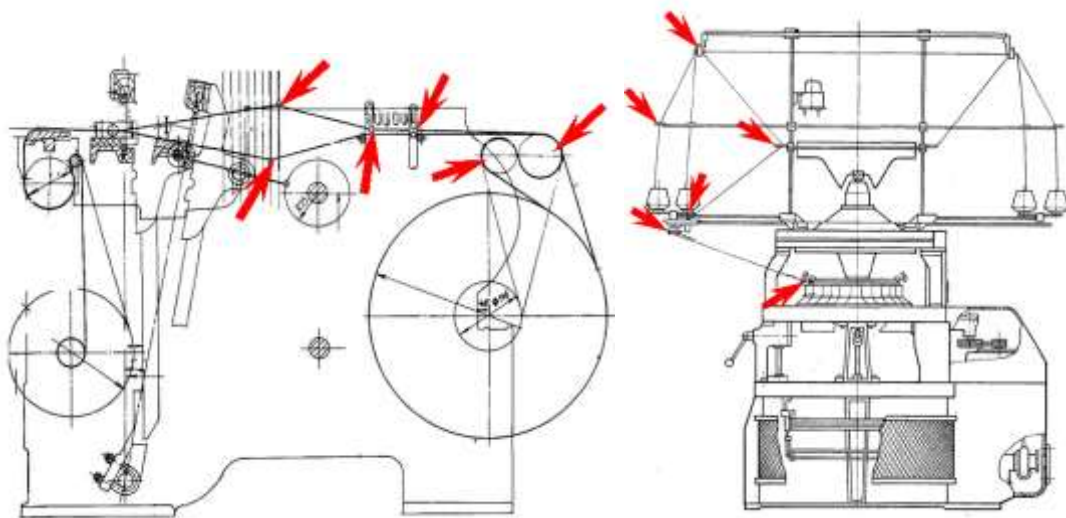


Рис.1.3.

На рис.1.4 представлено блок-схему комп'ютерної реалізації алгоритму визначення натягу нитки на технологічному обладнанні з використанням рекурсії. Зупинимося на окремих блоках. Блок 1 відповідає початку виконання алгоритму. У блоці 2 задаються постійні величини: a , n_1 – постійні коефіцієнти даного виду нитки; Y – коефіцієнт жорсткості нитки на вигин; r – радіус поперечного перерізу нитки.

Лінію заправки можна розбити на зони, у кожній з яких буде один напрямник. Тоді система рівнянь, яка описує зміну натягу по зонах, матиме вигляд

$$\begin{aligned}
 P_1 &= P_0 f_0(P_0), \\
 P_2 &= P_1 f_1(P_1), \\
 &\dots \dots \dots \\
 P_i &= P_{i-1} f_{i-1}(P_{i-1}), \\
 i &= 1, 2 \dots n,
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

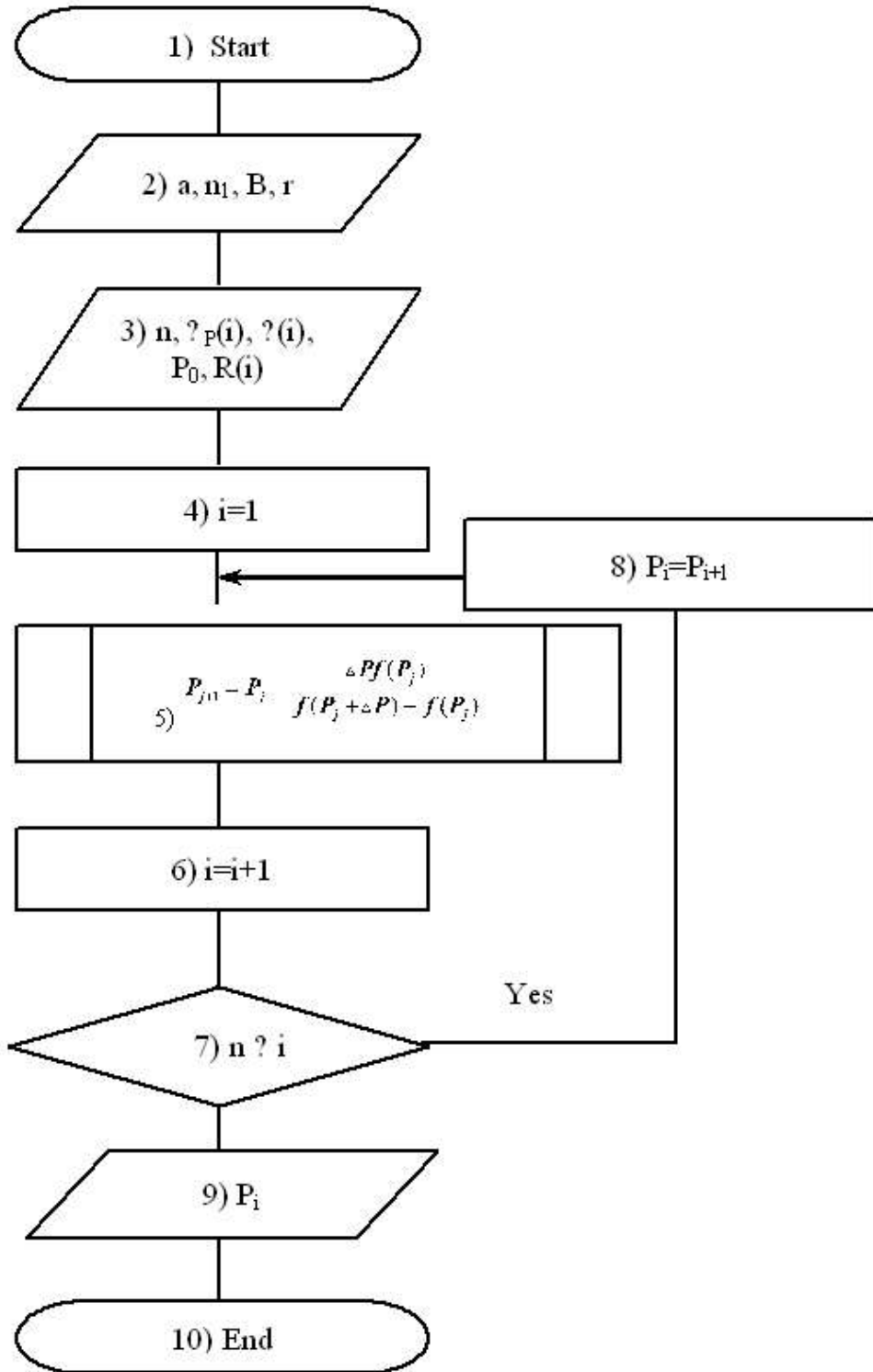


Рис.1.4.

Моделювання процесу взаємодії нитки з напрямною дозволило встановити, що на величину натягу ниток впливають радіус кривизни напрямної, кут охоплення ниткою напрямної, кут радіального охоплення нитки, фізико-механічні та структурні характеристики нитки. Значення кримінальних охоплень ниткою напрямних і кримінальних радіального охоплення нитки поверхнею напрямної визначаються геометричними параметрами і конструкцією як системи подачі нитки на технологічному устаткуванні, і конкретних напрямних. Встановлено, що на натяг нитки перед зоною формування впливають кількість напрямних на кожній конкретній технологічній машині.

Завдяки цьому стало можливим ще на початковій стадії проектування технологічного процесу визначати натяг нитки перед зоною формування залежно від геометричних та конструктивних параметрів обладнання та фізико-механічних та структурних характеристик нитки.

Як відомо, точність є однією з найважливіших характеристик вимірювань будь-якого виробничого або технологічного процесу. Тому дотримання високої точності вимірювань на кожному етапі виробництва є першочерговою задачею, адже це являється запорукою виготовлення якісної продукції або отримання достовірної інформації про стан чи величину контрольованого параметру. Крім того, особливу увагу слід приділити складним виробничим процесам, де для визначення контрольованої величини необхідно вимірювати декілька величин на всьому їхньому діапазоні і від точності вимірювання кожної величини залежить кінцева точність вимірювань. Причому, треба враховувати як інструментальну похибку самого засобу вимірювання, так і методичну похибку методу вимірювання, що також впливають на кінцевий результат. Тож на вдосконалення методів і засобів вимірювання, а також на можливість спрямованого регулювання параметрами для покращення отриманого результату направлені наукові роботи, наприклад. Крім того, у випадках, коли функція перетворення сенсора має нелінійний характер, то виникає потреба у додаткових заходах

по її лінеаризації на всьому її діапазоні, що також впливає на точність і вартість засобу вимірювання. Тож, чим точніше буде виміряна кожна величина, тим точніше буде сумарний результат вимірювання. Отже, виникає необхідність у підвищенні точності результатів вимірювань технологічних параметрів, яка була б порівнянна з точністю зразкових мір.

Таким чином, актуальними слід вважати дослідження, що направлені на підвищення точності вимірювання в широкому діапазоні вимірювань при нелінійній функції перетворення, а також при наявності похибки відтворення нормованих величин.

Робота пристрою, що притягує нитку полягає в тому, щоб у процесі утворення стібка подати нитку необхідної довжини для кожного етапу процесу, швидко затягнути отриману петлю, змотати з котушки верхню нитку, витрачену на стібок. Довжина нитки, яку потрібно подавати в різні етапи утворення стібка, різна. Пристрій, що притягує нитку буде виконувати свою функцію тільки тоді, коли довжина нитки, що подається або витягується ним, буде цілком відповідати потребі в ній для утворення стібка. Для того щоб зуміти оцінити роботу пристрою, що притягує нитку, необхідно встановити, яка довжина голкової нитки буде потрібна для будь-якого моменту утворення стібка. Інтенсивне споживання голкової нитки починається з того моменту, коли голка, опускаючись, входить своїм вушком у матеріал. Чим нижче переміщується голка, тим довша потрібна нитка від пристрою, що притягує нитку. Можна було би вважати з деяким припущенням, що в період проведення нитки через матеріал довжина споживаної голкової нитки дорівнює подвоєному переміщенню, пройденому вушком голки. При цьому необхідно врахувати, що затягування попереднього стібка пристрою, що притягує нитку відбувається в той момент, коли матеріал, що зшивається, вже перемістився механізмом подачі приблизно на половину довжини стібка. При шитті тонких матеріалів з невеликою довжиною стібка цю обставину можна не враховувати. Але при

шитті товстих матеріалів, що вимагають більшої довжини стібка, цієї додаткової витрати нитки не можна не враховувати.

Доки голка піднімається зі свого крайнього нижнього положення й носик човника входить у петлю, довжина необхідної нитки майже не змінюється, але щойно носик човника, захопивши петлю, почне обводити її навколо шпульки, споживання нитки різко збільшиться. Довжина нитки, що вивільняється пристрою, що притягує нитку, залежить з одного боку від положення вушка пристрою, що притягує нитку, а з іншого – від положення пристрою, що притягує нитку. Якщо пристрою, що притягує нитку разом з регулятором натягу голкової нитки встановити вище, ніж нижнє положення вушка пристрою, що притягує нитку, то довжина нитки, що вивільняється, буде зменшена. Оскільки довжина нитки, що вивільняється пристроєм, що притягує нитку у кожний окремий момент, повинна перебувати в повній відповідності з довжиною нитки, що необхідна для утворення стібка, то вушко пристрою, що притягує нитку повинно рухатися не довільно, а за цілком визначеним законом, у повній відповідності з рухом голки та човника.

Слід зазначити, що довжина нитки, що вивільняється пристрою, що притягує нитку, завжди повинна бути більше за її потрібну довжину. Невеликий надлишок, або резерв нитки, складає 15...20 %. У момент проколу матеріалу нитка може пошкоджуватися голкою. Щоб цього не відбувалося, у регуляторі натягу голкової нитки кожної швейної машини ставиться особливий пружинний компенсатор у вушко якого заправляється верхня нитка. Він зазвичай називається пружиною й виготовляється з тонкого якісного дроту. Хід пружини легко регулюється упорною пластинкою, що обмежує підйом вушка пружини. Робочим органом механізму пристрою, що притягує нитку незалежно від його кінематичної схеми й конструкції звичайно є відросток пристрою, що притягує нитку й робочим елементом цього відростка є вушко (крім обертового пристрою, що притягує нитку), крізь яке заправлена верхня нитка. У практиці швейного машинобудування існує декілька типів пристрою, що притягує нитку.

Суттєвий вплив на обривність ниток основи чинять циклічні коливання натягу ниток основи всередині кожного циклу утворення тканини. Виникають циклічні коливання натягу ниток основи, як правило, внаслідок невідповідності теоретичної і дійсної функції подачі ниток основи. Одним з найбільш перспективних, з точки зору відтворення теоретичної функції подачі ниток основи, є використання на технологічному обладнанні ротаційних компенсаторів подачі та натягу ниток основи (в подальшому ротаційні компенсатори). Практика показала, що ротаційні компенсатори функціонують на основов'язальних машинах при високих робочих швидкостях, забезпечують 60-70% степінь стабілізації натягу ниток основи та 70-80% степінь відтворення теоретичної функції подачі ниток.

Широке використання ротаційних компенсаторів на ткацьких верстатах обмежується відсутністю досліджень ударної дії ротаційних компенсаторів на нитки основи та суттєвою різницею функцій споживання ниток основи на ткацьких верстатах та основов'язальних машинах як за формою так і за абсолютною величиною. Виходячи з вищесказаного, можна зробити висновок, що удосконалення процесу подачі і натягу ниток основи на ткацьких верстатах можливо забезпечити ротаційними компенсаторами, при цьому необхідно виконати цикл експериментально-теоретичних досліджень з наступною конструктивною адаптацією цих пристроїв.

Інформаційні дослідження показали, що удосконалення процесу подачі і натягу ниток основи на ткацьких верстатах можливо реалізувати за рахунок зменшення пікового натягу ниток основи в період утворення зіву, при цьому зменшення пікового натягу ниток основи в період прибою небажане із-за небезпеки порушення технологічного процесу утворення тканини - зміни щільності тканини. Виникнення циклічних коливань натягу ниток основи всередині кожного циклу утворення тканини на ткацьких верстатах, особливо в період утворення зіву та прибою, обумовлено тим, що теоретична функція подачі ниток основи суттєво відрізняється від дійсної.

Пояснюється це незадовільною роботою механізмів та пристроїв подачі ниток основи.

1.2. Структура компенсаторів довжини та натягу.

Пристрій подачі нитки (рис.1.5), зокрема для еластичних ниток, зокрема для в'язальних машин зі значними коливаннями споживання нитки, таких як плосков'язальні машини, який містить барабанчик подачі нитки, що приводиться в дію електродвигуном, регулюючий пристрій для включення електродвигуна, такий, що постачає необхідну кількість нитки і утримує натяг нитки у межах заданих границь, датчик натягу нитки, що забезпечує стабільну реєстрацію натягу нитки протягом тривалих проміжків часу, і пристрій для перевірки, який приводиться у дію імпульсом, для датчика натягу нитки і який здатний переміщати пристрій для підйому нитки і датчик натягу нитки один відносно одного у положенні вивіряння для вивіряння датчика натягу нитки.

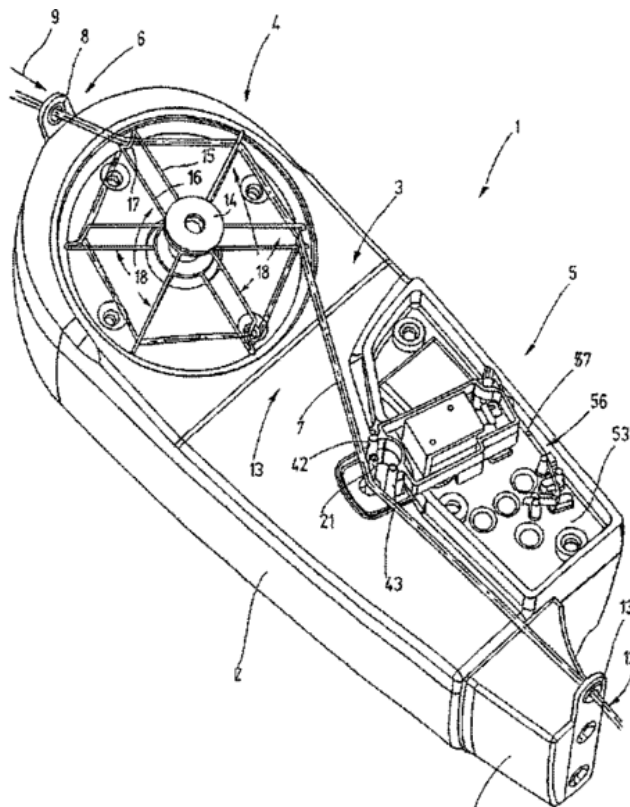


Рис.1.5.

Пристрій подачі нитки (рис.1.6) з електронним регулюванням натягу нитки, зокрема для в'язальних і трикотажних машин, що містить встановлений в

підшипник барабан подачі, який кінематичне пов'язаний з валом крокового електродвигуна, перетворювач напруга частота, виходом підключений до першого входу блоку керування частотою обертання валу барабана подачі нитки по ходу напрямку переміщення нитки регулятор запаси нитки, що складається з датчика резерву нитки з перетворювачем сигналу і керованого датчика натягу нитки, що відрізняється з тим, що з метою підвищення точності та подачі в перехідних режимах роботи пристрою, воно забезпечене послідовно з'єднаними інтегратором і електронним пороговим елементом, при цьому вихід датчика резерву нитки підключений до входу інтегратора, а вихід порогового електронного елемента пов'язаний з входом перетворювача напруга - частота.

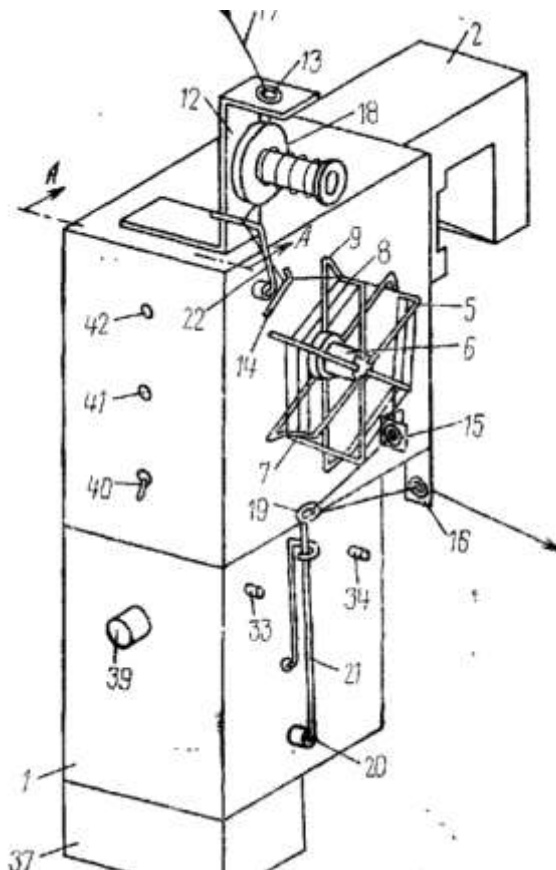


Рис.1.6.

Регулятор натягу нитки (рис.1.7) для плосков'язальної машини, що містить направляючі отвори для нитки, встановлені по ходу лінії заправки нитки, фрикційний шків для підмотування нитки з бобіни, засіб управління шківом

у вигляді серводвигуна і датчик натягу нитки, що подається на голки, що відрізняється тим, що додатково має датчик витрати у вигляді пари сельсин-датчик - сельсин-приймач, допоміжний фрикційний шків, при цьому на валу сельсин-приймача, а датчик натягу нитки виконаний у вигляді пружного комбінованого важеля, що має жорсткий і пружний ділянки, і містить колодкове гальмо, встановлений на жорсткій ділянці з можливістю взаємодії з допоміжним фрикційним шківом, діаметр фрикційного шківа для підмотки допоміжного фрикційного шківа на 1-10%.

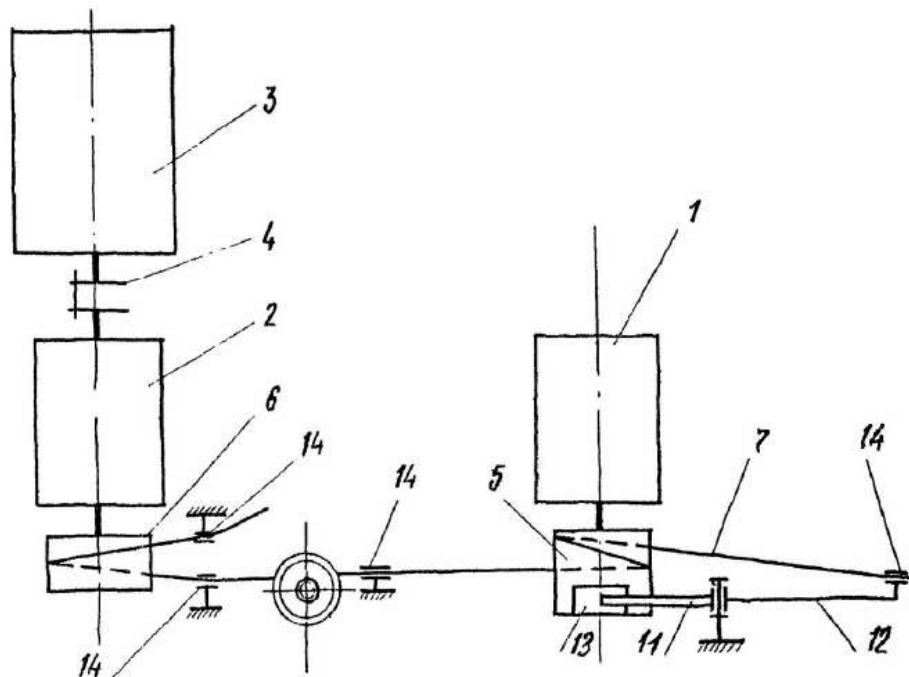


Рис.1.7.

Фрикційний подавальник нитки для подавання щонайменше однієї нитки, що містить щонайменше один спрямовувач нитки елемент, через який або уздовж якого під час функціонування проходить нитка, щонайменше один барабанчик для нитки, який змонтований за допомогою несучого пристрою з можливістю обертання навколо заданої осі на опорі, яка з'єднується з машиною для обробки нитки, причому барабанчик подачі нитки оснащений опорною поверхнею для фрикційного транспортування нитки, важіль для транспортування нитки, який установлений на опорі за допомогою підшипникового пристрою та на якому закріплений елемент для транспортування нитки, розташування якого впливає на фрикційне з'єднання

між ниткою та опорною поверхнею, який відрізняється тим, що містить пристрій утворення вібрації, виконаний з можливістю подання вібраційного руху на нитку.

Пристрій для подавання еластичних ниток (рис.1.8) до в'язальних постів для в'язальних машин, який містить: механізм подачі нитки, який задає шлях проходження нитки, і включає барабанчик подачі нитки, який розташований на шляху переміщення нитки з можливістю намотування навколо нього нитки і служить для подавання нитки у заданому напрямку, електричний привідний пристрій з малим моментом інерції, який жорстко з'єднаний з барабанчиком подачі нитки, датчик визначення натягу нитки, магазин для нитки, що служить для тимчасового розміщення і факультативного повторного приймання нитки, поданої барабанчиком подачі нитки і ще не спожитої у в'язальних постах, і для видавання нитки, потрібної у в'язальних постах, але ще не поданої барабанчиком подачі нитки, який відрізняється тим, що магазин для нитки відокремлений від датчика визначення натягу нитки і утворений відрізком шляху між барабанчиком подачі нитки і в'язальним постом, у якому відрізок еластичної нитки направлений так, що він може вільно розтягуватися, елементи пристрою, що задають шлях проходження нитки виконані непружними, датчик визначення натягу нитки виконаний по суті вільним від вимірювання подачі.

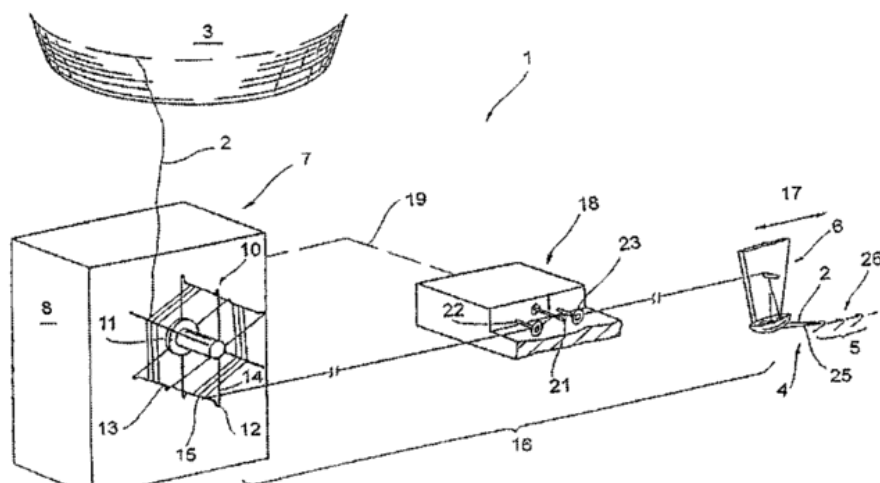


Рис.1.8.

Пристрій подачі нитки, зокрема для еластичних ниток, зокрема для в'язальних машин зі значними коливаннями споживання нитки, таких як плосков'язальні машини, який містить барабанчик, що приводиться в дію електродвигуном, регулюючий пристрій для включення електродвигуна, такий, що постачає необхідну кількість нитки і утримує натяг нитки у межах заданих границь, датчик натягу нитки, що забезпечує стабільну реєстрацію натягу нитки протягом тривалих проміжків часу, і пристрій контролю, який приводиться у дію імпульсом, для датчика натягу нитки і який здатний переміщати пристрій для підйому і датчик натягу нитки один відносно одного у положенні вивіряння для вивіряння датчика натягу нитки. Датчик натягу нитки для реєстрації натягу переміщуваної нитки, зокрема для подавальних механізмів для подавання еластичних ниток, переважно для в'язальних машин, який містить елемент контролю нитки, який розташований на шляху переміщення нитки і має опорну поверхню для нитки, вимірювальний пристрій, з'єднаний з елементом контролю нитки, для реєстрації сили, з якою нитка діє на елемент контролю нитки, пристрій підйому, який може щонайменше вводиться в контакт з ниткою або постійно контактувати з ниткою, виконавчий пристрій, за допомогою якого елемент контролю нитки і нитка можуть рухатись один відносно одного між положенням вивіряння і положенням вимірювання таким чином, що в положенні вивіряння нитка не опирається на елемент контролю нитки, а в положенні вимірювання нитка опирається на елемент контролю нитки.

Висновки по 1 розділу.

1. Проведено огляд літературних джерел по проблемі побудови інформаційної моделі компенсатора довжини нитки для коромислового та повзункового типів з урахуванням кута обертання кривошипа, довжини шатуна, довжини кронштейна компенсатора, відстані між кронштейном і фіксатором нитки, кута оберту фіксатора нитки, радіусу барабана в точці затиску нитки між барабаном і валиком для завдання тиску, довжини нитки в точці відмірювання, швидкості подачі, координат базисних точок заправної лінії. Сформульовано мету та задачі дослідження по проблемі удосконалення моделей компенсатора довжини нитки пневматичних виробничих комплексів для коромислового та повзункового типів на основі оптимізації натягу нитки в зоні заправки за рахунок розробки інформаційної моделі кінематичного процесу взаємодії робочого органу компенсатора та нитки.
2. Аналіз показав, що інформаційна модель повинна включати в себе математичні і алгоритмічні компоненти програмного комплексу для розрахунку компенсатора довжини нитки пневматичних виробничих комплексів.

Розділ 2 Проектування.

2.1. Математичне забезпечення інформаційної моделі компенсатора довжини нитки технологічних виробничих комплексів.

Таким чином, просторова геометрія здатна визначати за допомогою математичних розрахунків об'єм цих самих об'єктів, тобто займаний ними простір. Однак вивчення структур просторових фігур та їх взаємозв'язків визначається деякими основними поняттями, а саме: Суть: основне поняття для всіх наступних, оскільки всі, зрештою, утворені незліченною кількістю точок. У свою чергу, точки нескінченні і не мають вимірюваного (невимірного) виміру. Тому єдиною гарантованою властивістю є його місцезнаходження. Лінія: складена з точок, вона нескінченна з обох сторін і визначає найкоротшу відстань між двома визначеними точками. Лінія: вона має деяку схожість із лінією, оскільки вона однаково нескінченна для кожної сторони, однак вони мають властивість утворювати на собі криві та вузли. Площина: це ще одна нескінченна структура, яка простягається в усіх напрямках.

Для компенсатора довжини нитки для коромислового та повзункового типів відносно площини проєкцій прямі розподіляються на прямі загального положення, та прямі окремого положення. Всі ці принципи, засновані на точках, прямих і площини, дозволяють побудувати геометричний простір. У цьому сенсі за допомогою цих елементів можна обчислити кути та встановити їх властивості, алгебраїчно виразити елементи простору або створити геометричні фігури. Для компенсатора довжини нитки для коромислового та повзункового типів розглянемо рух отвору С компенсатора довжини нитки для коромислового та повзункового типів на пневматичних агрегатах (рис. 2.1 а). Пряма, що довільно розташована по відношенню до площини проєкцій, називається прямою загального положення. Введемо позначення: $\alpha = \alpha(t)$ - кут повороту кривошипа $OA = r$; $l = AB$ - довжина

шатуна; $R = BO_1$ - довжина кронштейна компенсатора довжини нитки для коромислового та повзункового типів; h - відстань між кронштейном BO_1 і фіксатором нитки $C'C = L$; $\beta = \beta(\alpha)$ - кут оберту фіксатора нитки чи кут між $C'C$ та віссю Ox ; O_1 (а, б) - центр обертання кронштейна BO_1 . Прямі, які паралельні до однієї з площини проєкцій, є прямими рівня.

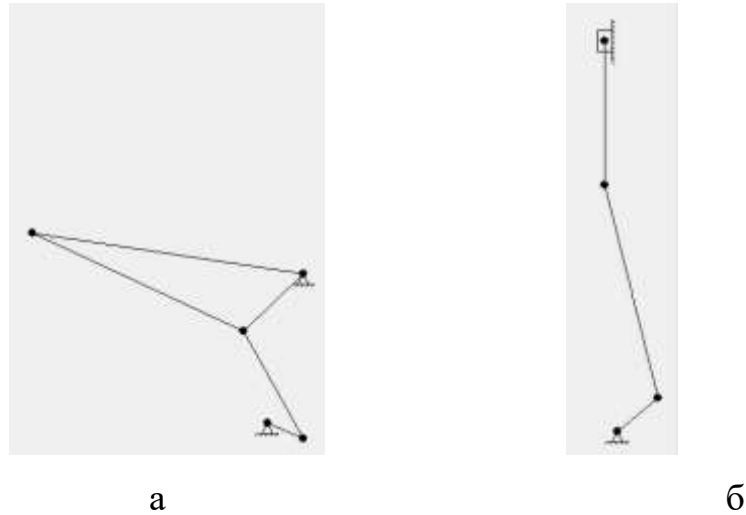


Рис.2.1.

Простором у математиці називають множину, елементи якої (часто звані точками) пов'язані відношеннями, подібними до звичайних зав'язків у евклідовому просторі (наприклад, можна визначити відстань між точками, рівність фігур тощо). Просторові структури є середовищем, у якому будують інші форми і конструкції; наприклад, у евклідовій геометрії вивчають властивості плоских або просторових фігур. Для компенсатора довжини нитки для коромислового та повзункового типів відлік кута α проводимо від осі OZ у напрямі руху годинникової стрілки. У точці B розташований шарнір B .

Головне співвідношення

$$A(0; r \sin \alpha; r \cos \alpha), B(-a + R \cos \beta; 0; b + R \sin \beta).$$

Звідки

$$AB = l = \sqrt{(-a + R \cos \beta)^2 + r^2 \sin^2 \alpha + (b + R \sin \beta - r \cos \alpha)^2},$$

остаточно

$$\beta = \arcsin \frac{a}{\sqrt{a^2 + (b - r \cos \alpha)^2}} - \arcsin \frac{a^2 + R^2 + r^2 + b^2 - 2br \cos \alpha - l_2}{2R\sqrt{a^2 + (b - r \cos \alpha)^2}}. \quad (1.1)$$

Прикладом векторного простору є Евклідові вектори. Вони відображають фізичні величини такі як сили: будь-які дві сили (однакової природи) можна додавати між собою і отримати в результаті третю, а множення вектору сили на дійсний множник дає інший вектор сили. Аналогічним чином, але в більш геометричному сенсі, вектори що відображають переміщення в площині або у тривимірному просторі також утворюють векторні простори. Вектори у векторному просторі не обов'язково повинні бути об'єктами у вигляді стрілок, як їх часто наведено в прикладах: вектори слід розглядати як абстрактні математичні об'єкти із певними властивостями, які в деяких випадках можна зобразити у вигляді направлених відрізків (стрілок). Для компенсатора довжини нитки для коромислового та повзункового типів рівняння руху отвору представлені наступним чином

$$\begin{aligned} x &= -a - h \sin \beta + L \cos \beta, \\ y &= 0, \\ z &= b + h \cos \beta + L \sin \beta. \end{aligned} \quad (1.2)$$

Одно циклові нерозривні характеристики виходять при одноразовому дії повного циклу: «навантаження - розвантаження - відпочинок». Ці характеристики добре відображають особливості деформації текстильних матеріалів. Результати розрахунку ; -0,3625; -0,3712; -0,3797; -0,3879; -0,3960; -0,4040; -0,4117; -0,4192; -0,4266; -0,4337; -0,4406; -0,4474; -0,4539; -0,4603; -0,4664; -0,4724; -0,4781; -0,4836; -0,4890; -0,4941; -0,4990; -0,5037; -0,5082; -0,5124; -0,5165; -0,5204; -0,5240; -0,5275; -0,5307; -0,5337; -0,5365; -0,5391; -0,5415; -0,5436; -0,5456; -0,5474; -0,5489; -0,5502; -0,5513; -0,5523; -0,5530; -0,5534; -0,5537; -0,5538; -0,5537; -0,5533; -0,5528; -0,5521; -0,5511; -0,5499; -0,5486; -0,5470; -0,5452; -0,5433; -0,5411; -0,5387; -0,5362; -0,5334; -0,5304; -0,5272; -0,5239. Розтягування - один з основних видів деформації, який характеризує стан, що передуює розриву. При розтягуванні в нитках і текстильних полотнах

виникають релаксаційні процеси. Релаксаційні процеси - це процеси, які протікають в часі і призводять до встановлення рівноважного стану матеріалів. Одно циклові характеристики матеріалів при розтягуванні можна визначати різними методами, одним з яких є метод, при якому відбувається швидке розтягування зразка до заданої межі з наступним тривалим витриманням, потім швидке звільнення від розтягування і тривалий відпочинок. Геометрія просторових властивостей топографічних об'єктів у наборах векторних даних БТД відповідає ієрархічній моделі простих геометричних об'єктів, визначених специфікацією відкритого непросторового консорціуму. Слід зазначити, що всі три види деформації проявляються і в період навантаження, і в період відпочинку одночасно, але з різними швидкостями. Таким чином, значення складових частин повної деформації розтягування текстильних матеріалів, одержувані після зняття навантаження і при відпочинку, носять умовний характер, тому їх називають умовно-пружна, умовно-еластична, умовно-пластична. Релаксаційні характеристики деформації текстильних матеріалів визначають на приладах. Кожен топографічний об'єкт у БТД може мати декілька альтернативних просторових об'єктів для цифрового опису просторових властивостей. Ці об'єкти можуть подаватися у різних формах (прості геометричні об'єкти, складені геометричні об'єкти, геометричні комплекси або їх поєднання), що відображують різні рівні деталізації просторових властивостей об'єкта. На рис. 1.2 показаний розрахунковий графік функції $\beta = \beta(\alpha)$. В швейному машинобудуванні найбільш широко знайшов застосування кривошипний, коромисла механізм, що притягує нитку. Розглянемо систему проектування механізму з використанням програмних систем, що дозволить автоматизувати процес розробки та конструювання швейного обладнання із заданими технічними характеристиками. Під час проектування механізмів, що притягує нитку необхідно забезпечувати відповідність діаграм нитки, яка подається і використовується, що зазвичай отримується аналітичним або

експериментальним шляхом. Траєкторією точки С є коло радіусу $\sqrt{h^2 + L^2}$.

Результати поточних розрахунків:

-4,5383; -4,4173; -4,2949; -4,1711; -4,0460; -3,9196; -3,7920; -3,6634;
-3,5337; -3,4032; -3,2717; -3,1396; -3,0067; -2,8732; -2,7392; -2,6047; -
2,4698; -2,3346; -2,1991; -2,0634; -1,9277; -1,7919; -1,6561; -1,5203; -
1,3847; -1,2493; -1,1142; -0,9794; -0,8449; -0,7109; -0,5773; -0,4442; -
0,3117; -0,1798; -0,0485; 0,0820; 0,2119; 0,3409; 0,4692; 0,5966;
0,7232; 0,8488; 0,9736; 1,0973; 1,2201; 1,3419; 1,4626; 1,5823;
1,7010; 1,8185; 1,9349; 2,0502; 2,1644; 2,2774; 2,3892; 2,4999.

Механізми транспортуючих рифлених роликів характерні для швейних машин, які використовують для пошиття виробів з шкіри, шкірозамінників, хутра, ватних настилів. жорстких і важких матеріалів. Абсолютна швидкість отвору С компенсатора

$$v = \sqrt{x^2 + z^2} = \sqrt{h^2 + L^2} \frac{d\beta}{d\alpha} \alpha. \quad (1.3)$$

Для компенсатора довжини нитки для коромислового та повзункового типів представлена інша схема на рис. 1.1 б. Проведемо пряму $O_1B = R_1$ тоді для кута β між O_1B і віссю Ox залишається справедливою формула (1.1). Коли задана відстань R від осі O_1 до приливу $BC_1 = h$, то

$$R = \sqrt{R_1^2 + h^2}, \quad \gamma = \angle BO_1C = \arctg \frac{h}{R_1}.$$

Аналіз результатів наукових досліджень з питань перемотування пряжі та ниток дозволив визначити основні напрямки вдосконалення техніки та технології процесу перемотування. При цьому встановлено, що традиційний спосіб формування пакувань на мотальних машинах і автоматах має ряд істотних недоліків і досяг межі в плані конструктивного вдосконалення. Тому інтенсифікація процесу перемотування можлива лише розробки мотальних механізмів нових принципів дії, що виключають недоліки традиційного мотального устаткування. Рух отвору для компенсатора довжини нитки для коромислового та повзункового типів мають вигляд

$$\begin{aligned}x &= -a + L\cos(\beta + \gamma), \\y &= 0, \\z &= b + L\sin(\beta + \gamma),\end{aligned}\quad (1.4)$$

Для компенсатора довжини нитки для коромислового та повзункового типів абсолютна швидкість руху очка C компенсатора довжини нитці на пневматичних агрегатах

$$v = L \frac{d\beta}{d\alpha} \alpha. \quad (1.5)$$

З цією метою розроблено експериментальне встановлення механізму для високошвидкісного перемотування, на якій зниження інерційності нитки при розкладці досягнуто за рахунок заміни її руху по замкнутому витку мотального барабанчика на рух замкнутої кругової траєкторії із заданим радіусом обертання. Результати розрахунку:

5,9135; 6,2404; 6,5656; 6,8893; 7,2113; 7,5316; 7,8503; 8,1672;
8,4824; 8,7958; 9,1075; 9,4174; 9,7255; 10,0316; 10,3359; 10,6383;
10,9387; 11,2370; 11,5333; 11,8275; 12,1196; 12,4094; 12,6969;
12,9822; 13,2650; 13,5454; 13,8233; 14,0985; 14,3711; 14,6410;
14,9081; 15,1722; 15,4334; 15,6915; 15,9465; 16,1983; 16,4467;
16,6917; 16,9331; 17,1710; 17,4051; 17,6355; 17,8619; 18,0843;
18,3027; 18,5167; 18,7265; 18,9319; 19,1327; 19,3288; 19,5202;
19,7068; 19,8884; 20,0650; 20,2364; 20,4025; 20,5632; 20,7184.

Це забезпечує рівномірний гармонійний закон розкладки нитки без динамічних ударів у момент зміни напрямку розкладки. Встановлено, що застосування без інерційного розкладальника нитки і заміна фрикційної передачі руху формується поковці індивідуальним осьовим приводом, поряд з раціонально обраною конструктивною-заправною лінією мотальної установки, дозволяє підвищити швидкість перемотування порівняно з виробничими показниками в 1,5...3 рази в залежності від асортименту. При цьому основний критерій технологічності процесу перемотування - обрив пряжі - не перевищив допустиму норму обривності і склав 2 ... 3 обриву на

105 м нитки навіть при перемотуванні пряжі низької міцності і малої лінійної щільності. Отримання мотальних пакувань різної форми із попередньо заданими структурними параметрами забезпечується переміщенням розкладальника нитки вздовж осі його обертання в процесі перемотування. Отримано математичну модель натягу при високошвидкісному перемотуванні із застосуванням способу без інерційної розкладки нитки, яка встановлює кількісний взаємозв'язок між основними параметрами процесу перемотування. Визначено вплив швидкості перемотування та кута огинання ниткою вічка розкладальника нитки на натяг нитки. Встановлено, що збільшення швидкості перемотування від 18 до 40 м/с призводить до збільшення середнього значення натягу нитки на 20%.

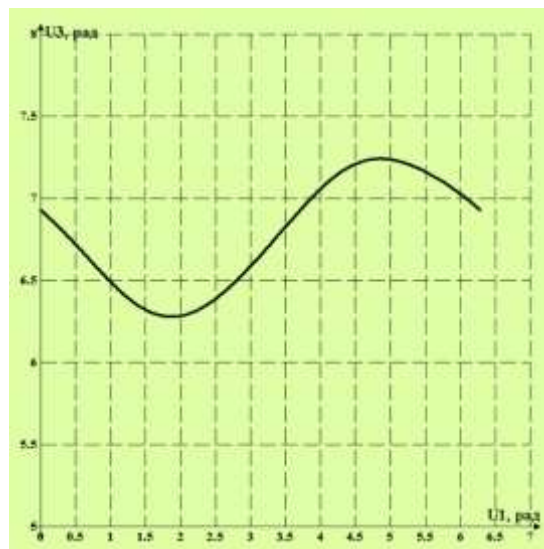


Рис.2.2.

Принцип розкладки нитки та формування пакувань на запропонованому мотальному механізмі суттєво відрізняється від традиційного в промисловості. У зв'язку з цим проведено дослідження форми та структури отриманих мотальних пакувань. Розглянуто параметри, що впливають форму поверхні намотування. Для дослідження визначені режими, що дозволяють сформувати стійку хрестову намотування пряжі на патрон циліндричний. основною характеристикою яких стало співвідношення кутових швидкостей обертання розкладальника нитки та пакування. Найбільш прийнятними для практичного використання виявилися режими, при яких число обертів

поверхні намотування дорівнювало або перевищувало в 2, 3, 4 рази кількість обертів розкладальника нитки. Визначено вплив співвідношення кутових швидкостей обертання на ступінь сідлоподібності утворює пакувань та висоту розкладки нитки на поверхні намотування. На основі аналізу результатів проведених досліджень розроблено технологічний режим формування пакування.

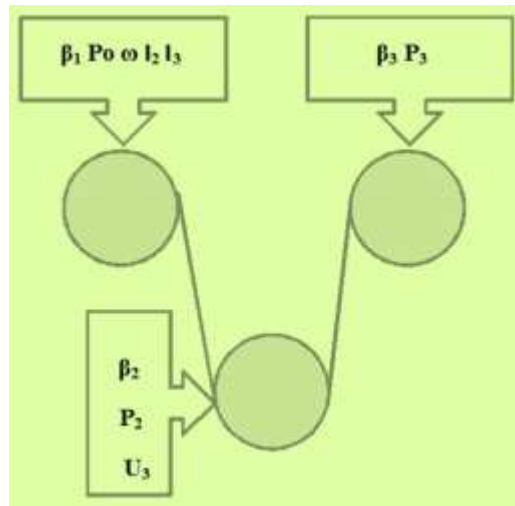


Рис.2.3.

Основним структурним показником мотальних пакувань є щільність намотування пряжі, у характері розподілу якої вздовж твірної пакування є свої особливості, обумовлені способом формування.

У циклах розкладки при русі точки намотування за законом, що утворює, неоднакова: при русі від правого торця до лівого вона перевищує середнє значення щільності на 8 ... 10 %. Водночас спостерігається помітна тенденція збільшення густини намотування на правому торці пакування порівняно з лівим. Виходячи з отриманих результатів дослідження розподілу медіальної щільності, справедливо вважати, що при намотуванні пакувань новим способом не тільки величина, а й напрямок швидкостей точок намотування та розкладки впливають на розташування витків у циклі намотування. Також встановлено вплив співвідношення кутових швидкостей обертання розкладальника нитки та поверхні намотування на щільність намотування. При його збільшенні від 1:1 до 1:4 щільність у середньому з пакування збільшується на 15 %. Це пояснюється збільшенням натягу нитки

в балоні розкладки за рахунок збільшення швидкості "підхоплення" нитки обертається пакуванням.

Для компенсатора довжини нитки для коромислового та повзункового типів

$$A_0(k; a_1 + a_0; H_1), A_1(k; a_1; H_1), A_2(k; -b; H_2), \\ C(x; 0; z), A_3(k; -b_1 - b_2; H_3), A_4(k; -b_1 - b_2 - b_3; H_4),$$

де k - відстань між площиною YOZ і площиною, що містить провідники нитки A_1, A_2, A_3 и A_4 ;

a_0, b_2, b_3 - відстані по осі OY між базисними точками заправної лінії;

a_1, b_1 - відповідно відстані провідників нитки A_1 та A_2 від площини XOZ , у якій рухається отвір C компенсатора довжини нитці на пневматичних агрегатах;

H_1, H_2, H_3, H_4 - відстані від точок A_1, A_2, A_3 и A_4 до площини XOY .

Визначимо для компенсатора довжини нитки для коромислового та повзункового типів вектори

$$\overline{A_0A_1}\{0; a_0; 0\}, \overline{A_1C}\{L \cos \beta - h \sin \beta - a - k; -a; L \sin \beta + h \cos \beta + b - H_1\}, \\ \overline{CA_2}\{k - L \cos \beta + h \sin \beta + a; -b_1; H_2 - L \sin \beta - h \cos \beta - b\}, \\ \overline{A_2A_3}\{0; -b_2; H_3 - H_2\}, \overline{A_3A_4}\{0; -b_3; H_4 - H_3\}, \overline{A_4A_5}\{-l; 0; 0\}.$$

Складові загального натягу нитки визначаються опором відриву нитки від пакування, що розмотується, опором руху нитки в балоні змотування, тертям об направляючі пристрої, силою гальмування нитки в натяжному приладі, опором руху нитки в балоні розкладки

$$\lambda = A_0A_1 + A_1C + CA_2 + A_2A_3 + A_3A_4 = \\ = a_3 + \sqrt{m_1 - 2(n_1 \sin \beta + p_1 \cos \beta)} + \\ + \sqrt{m_2 - 2(n_2 \sin \beta + p_2 \cos \beta)} + m_3 + m_4, \\ m_1 = L^2 + h^2 + a_1^2 + (a + k)^2 + (H_1 - b)^2, \\ m_2 = L^2 + h^2 + b_1^2 + (a + k)^2 + \\ + (H_2 - b)^2, \\ m_3 = \sqrt{b_2^2 + (H_3 - H_2)^2}, m_4 = \sqrt{b_3^2 + (H_4 - H_3)^2}, \\ n_1 = (H_1 - b)L - (a + k)h, n_2 = (H_2 - b)L - (a + k)h, \\ p_1 = (a + k)L + (H_1 - b)h, p_2 = (a + k)L + (H_2 - b)h. \quad (1.6)$$

Порівняльний аналіз виробничих швидкісних режимів і швидкостей, досягнутих на експериментальній установці, дозволяє стверджувати, що на запропонованому мотальному механізмі вдалося підвищити швидкість процесу перемотування в 1,5...3 рази в залежності від асортименту пряжі, що перемотується. При цьому основний критерій технологічності процесу перемотування - обривність пряжі - навіть при перемотуванні пряжі низької міцності і малої лінійної щільності не перевищив припустиму норму обривності і склав 2...3 обриви на 105 м нитки. При $a_1 = b_1$ та $H_1 = H_2$ ця формула приймає вигляд

$$\lambda = a_0 + 2\sqrt{m_1 - 2(n_1 \sin \beta + p_1 \cos \beta)}. \quad (1.7)$$

Нехтуючи можливою нерівномірністю обертання головного валу компенсатора довжини нитки на пневматичних агрегатах, прийmemo $\alpha = \omega t$, де ω - кутова швидкість кривошипа OA , рівна кутовій швидкості головного валу. Кутова швидкість барабана для відмірювання довжини $\omega_{\delta} = i\omega$, де i - передавальне число від головного валу до барабана для відмірювання довжини. Швидкість подачі нитки механізмом для відмірювання довжини $u_{\delta} = \omega_{\delta} R_{\delta}$, де R_{δ} - радіус барабана в точці затиску нитки між барабаном і валиком для завдання тиску. Довжина подачі нитки барабана для відмірювання довжини

$$\lambda_{II} = R_{\delta} i \alpha_{GB}. \quad (1.8)$$

Для компенсатора довжини нитки для коромислового та повзункового типів довжина нитки, що проходить через провідник

$$\lambda_4 = \lambda_{II} - (\lambda_0 - \lambda), \quad (1.9)$$

де λ_0 - довжина нитки між точками A_0 та A_4 у початковий момент при $\alpha = 0$.

Для точки A_4

$$v = u_{\delta} + \frac{d\lambda}{d\beta} \frac{d\beta}{d\alpha} \omega_{\delta}. \quad (1.10)$$

Коли $v > 0$, то нитка під дією тяги повітря рухається в рапіру; при $v < 0$

нитка витягується з рапіри компенсатором. Умові $v = 0$ відповідає момент часу t_0 (або кут α_0) зміни напрямку руху нитці через провідник нитки A_4 .

Величини λ_4 та V визначають також переміщення λ_0 і швидкість v_0 уточної нитки щодо батану. Якщо рапіра рухається згідно із законом $S=S(t)$, те переміщення і швидкість уточної нитки щодо рапіри, вважаючи від її вільного кінця, будуть

$$\lambda_p = \lambda_4 - S, \quad v_p = \dot{\lambda}_4 - \dot{S}. \quad (1.11)$$

У формулах (1.11) відлік S потрібно вести від моменту, співпадаючого з $\alpha = 0$, або брати значення λ_4 , починаючи з моменту, від якого ведеться відлік S . Закономірність руху рапіри встановлена раніше.

Для переходу до оцінки натягу уточної нитки по ділянках заправної лінії необхідно встановити напрям її руху через отвір C компенсатора. Довжина нитки, що проходить через C_1

$$\lambda_C = \lambda_{II} - a_0 - \sqrt{m_1 - 2(n_1 \sin \beta + p_1 \cos \beta)},$$

швидкість руху

$$v_C = u + \frac{n_1 \cos \beta - p_1 \sin \beta}{\sqrt{m_1 - 2(n_1 \sin \beta + p_1 \cos \beta)}}. \quad (1.12)$$

Отримана теоретична математична модель натягу нитки при високошвидкісному перемотуванні з використанням способу без інерційної розкладки, яка визначає вплив основних конструктивне - заправних параметрів експериментальної установки мотального механізму і кінематичних параметрів процесу перемотування на натяг нитки. Її аналіз дозволяє прогнозувати величину і нерівномірність натягу нитки при перемотуванні пряжі на підвищених швидкостях і визначити шляхи зниження середнього рівня натягу нитки, коли $V_C > 0$, то нитка рухається через C та A_2 , при $V_C < 0$ відбувається зворотний рух. На рис. 2.4 показані, графіки функції $\lambda_4 = \lambda_4(\alpha)$ та $\lambda_C = \lambda_C(A)$ для випадку рис. 2.1 а. Проектування виконується за допомогою прямолінійних проєкторів (променів проектування), що йдуть з центру проєкції через кожену точку об'єкта до

перетину з картинної поверхнею (поверхнею проекції). Далі розглядаються тільки плоскі проекції, для яких поверхня проекції – площина в тривимірному просторі.

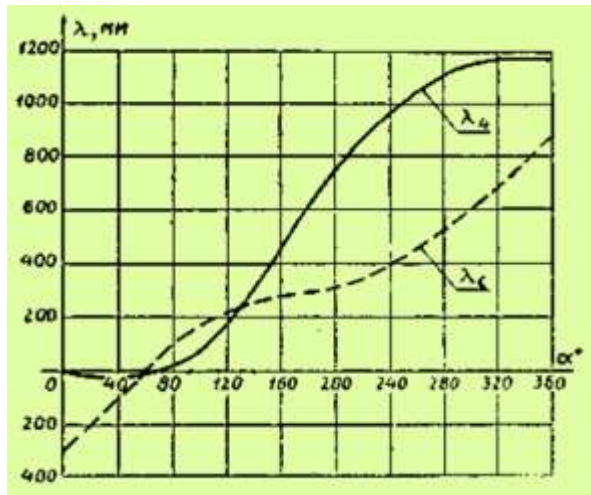


Рис.2.4

Проведено аналіз результатів наукових досліджень з проблем процесу перемотування пряжі і формування пакувань, що дозволив установити основні напрямки вдосконалювання техніки і технології процесу перемотування. При цьому встановлено, що традиційний спосіб формування пакувань має ряд істотних недоліків і досяг межі в плані свого конструктивного удосконалення. Тому інтенсифікація процесу перемотування можлива тільки при розробці мотальних механізмів нових принципів дії, що виключають недоліки традиційних мотальних механізмів. Кути перегину нитки в базисних точках заправної лінії A_1 , C , A_2 и A_3 визначаються по формулі скалярного твору векторів

$$\alpha_1 = \arccos \frac{\overline{A_0 A_1} \cdot \overline{A_1 C}}{A_0 A_1 \cdot A_1 C},$$

$$\alpha_C = \arccos \frac{\overline{A_1 C} \cdot \overline{C A_2}}{A_1 C \cdot C A_2},$$

$$\alpha_2 = \arccos \frac{\overline{C A_2} \cdot \overline{A_2 A_3}}{C A_2 \cdot A_2 A_3},$$

$$\alpha_3 = \arccos \frac{\overline{A_2 A_3} \cdot \overline{A_3 A_4}}{A_2 A_3 \cdot A_3 A_4}.$$

Найбільш реалістична тривимірні об'єкти виглядають в центральній

проекції із-за перспективних деформацій сцени. Центральні проекції паралельних прямих, які не паралельні площині проектування будуть сходитися в точці сходу. В залежності від кількості точок сходу, тобто від числа координатних осей, що перетинають площину проекції, розрізняються наступні перспективні проекції: одно точкова, доточкова і три точкова. Кут перегину нитки α_4 у крапці A_4 рівний $\pi/2$. Визначимо натяг уточної нитки на різних ділянках заправної лінії. Якщо нитка прокидається через зів, то $v > 0$, $V_C > 0$, і в першому наближенні натяг нитки на ділянках A_4A_3 ; A_3A_2 ; A_2C ; CA_1 и A_1, A_0 відповідно рівно

$$\begin{aligned} T_{43} &= \tau \exp(-f\alpha_4), \quad T_{32} = \tau \exp[-f(\alpha_4 + \alpha_3)], \\ T_{2C} &= \tau \exp[-f(\alpha_4 + \alpha_3 + \alpha_2)], \quad T_{C1} = \tau \exp[f(\alpha_4 + \alpha_3 + \alpha_2 + \alpha_C)], \\ T_{10} &= \tau \exp[-f(\alpha_4 + \alpha_3 + \alpha_2 + \alpha_C + \alpha_1)], \end{aligned}$$

де $\tau = \tau(t)$ - натягнення нитки перед рапірою під дією тяги повітря. Якщо $V < 0$ та $V_C < 0$, то

$$\begin{aligned} T_{43} &= \tau \exp(f\alpha_4), \quad T_{32} = \tau \exp[f(\alpha_4 + \alpha_3)], \\ T_{2C} &= \tau \exp[f(\alpha_4 + \alpha_3 + \alpha_2)], \quad T_{C1} = \tau \exp[f(\alpha_4 + \alpha_3 + \alpha_2 + \alpha_C)], \\ T_{10} &= \tau \exp[f(\alpha_4 + \alpha_3 + \alpha_2 + \alpha_C - \alpha_1)]. \end{aligned}$$

В багатьох графічних застосунках часто постає задача локалізувати точку на заданій множині об'єктів. Найпростіший метод вирішення цієї задачі, це послідовний перебір всіх об'єктів по черзі і тестування точки на входження в них. Звичайно такий алгоритм є абсолютно не оптимальним, оскільки в найгіршому випадку нам доведеться протестувати всі об'єкти множини. Для збільшення швидкодії операцій геометричного пошуку використовуються різноманітні структури просторової індексації. Аналогічно може бути визначене натягу нитки в інших можливих випадках. Однією з найважливіших задач тривимірної графіки є визначення, які частини об'єктів (ребра, грані), що знаходяться у тривимірному просторі, будуть видимі при заданому способі проектування, а які будуть закриті від спостерігача іншими об'єктами. В якості можливих видів проектування традиційно розглядаються паралельне і центральне.

Одним з основних і найбільш складних етапів приготування пряжі до ткацтва є процес перемотування, здійснюваний на мотальних машинах і автоматах. Незважаючи на те, що мотальні машини замінюються мотальними автоматами, вага їх у текстильній промисловості залишається високою. Підвищити ефективність використання мотальних машин можна за рахунок удосконалення технології процесу перемотування, а саме, за рахунок підвищення швидкості руху нитки, збільшення асортименту пряжі, що перемотується, і видів одержуваних пакувань. На сучасному виробничому мотальному устаткуванні швидкість перемотування не перевищує 15 м/с. При існуючій технології процесу перемотування, ця швидкість є граничною і подальше її підвищення неможливе через конструктивні особливості мотального устаткування. У зв'язку з цим, задачу по зняттю обмеження швидкості перемотування з метою підвищення продуктивності процесу варто визнати актуальною.

2.2. Алгоритмічне забезпечення для розв'язання нелінійних алгебраїчних рівнянь моделі компенсатора довжини нитки технологічних виробничих комплексів.

Математичними моделями багатьох об'єктів і процесів навколишнього світу є нелінійні рівняння і системи нелінійних рівнянь: алгебраїчні і трансцендентні — для сталих станів, диференціальні — для динамічних процесів. У цьому розділі ми розглянемо методи розв'язання нелінійних алгебраїчних і трансцендентних рівнянь. Розв'язання нелінійних рівнянь виду

$$f(x) = 0$$

виконується переважно чисельними методами, основними властивостями яких є інерційність рішення і локальність апроксимації.

На відміну від лінійних рівнянь не існує прямих методів розв'язання нелінійних рівнянь. Загалом процедура розв'язання нелінійних рівнянь

складається з двох етапів: попереднє знаходження інтервалів, що містять лише один корінь (локалізація коренів) і подальше уточнення коренів (розв'язання рівняння).

Процедура розв'язання починається з вибору початкової точки X_0 і обчислення нев'язки рівняння. Якщо $f(x)$ не дорівнює 0, за певним алгоритмом формується послідовність уточнень X_N з використанням інформації про знак нев'язки, про значення самої нев'язки ϵ або про швидкість її зміни.

Вибір початкового значення x_0 є важливим етапом, який істотно впливає на ефективність усієї процедури розв'язання і навіть на можливість одержання розв'язку. Знайомство з існуючими методами почнемо з прикладу простого одновимірного нелінійного рівняння. Припустимо, що це рівняння має не менше одного дійсного кореня. Дослідження об'єктів і явищ на їх математичних моделях на сьогоднішній день залишається дуже важливою і актуальною проблемою. Застосування і дослідження таких моделей дозволяє розв'язати багато різноманітних проблем. Методи вирішення лінійних рівнянь компенсатора довжини нитки для коромислового та повзункового типів були відомі ще стародавнім грекам. Коріння квадратного рівняння (рівняння алгебри 2-го ступеня)

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

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

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

Для компенсатора довжини нитки для коромислового та повзункового типів Залежно від знаку дискримінанта $D = b^2 - 4ac$ маємо: два дійсних і різних кореня ($D > 0$); два комплексні корені ($D < 0$); один кратний корінь ($D = 0$) $-b/2a$. Формули

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

зв'язують між собою коріння і коефіцієнти квадратного рівняння (.2.1). Теорема, для позитивного коріння, встановлює справедливість співвідношень між ними і коефіцієнтами многочлена

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

у вигляді

$$\begin{aligned} a_0 &= (-1)^n x_1 x_2 \dots x_n, \\ a_1 &= (-1)^{n-1} (x_1 x_2 \dots x_{n-1} + x_1 \dots x_{n-2} x_n + \dots + x_2 x_3 \dots x_n), \\ a_{n-2} &= x_1 x_2 + x_1 x_3 + \dots + x_{n-1} x_n, \\ a_{n-1} &= -(x_1 + x_2 + \dots + x_n). \end{aligned} \quad (2.5)$$

Математичні методи дослідження об'єктів та систем давно і успішно застосовують майже в усіх сферах діяльності людини: у фізиці, механіці, астрономії, економіці, медицині, техніці тощо. До появи ЕОМ основні зусилля вчених були направлені на пошук розв'язці, поданих у явному вигляді. Проте у математиці часто зустрічаються задачі, розв'язок яких неможливо отримати у вигляді залежностей, що пов'язують шукані величини з вхідними. Для розв'язання таких задач намагаються знайти будь який нескінченний процес, що збігається до шуканої відповіді. Якщо такий процес знайдено, то, виконуючи певну кількість кроків і обриваючи обчислення, ми отримуємо наближений розв'язок.

Такий підхід до розв'язання задач був відомий ще до появи ЕОМ, проте він застосовувався дуже рідкою внаслідок великої складності. Залучення комп'ютерної техніки суттєво розширило клас задач, що можуть бути ефективно розв'язані. Тепер досліднику під час побудови математичної моделі не слід намагатися її максимально спростити, як це було потрібно для отримання розв'язку в явному вигляді. Його увага, перш за все, повинна бути направлена на те, щоб врахувати найсуттєвіші особливості досліджуваного об'єкта або явища. Після цього він вирішує питання що-до розробки і реалізації алгоритму розв'язання відповідної задачі на комп'ютері.

Бурхливий розвиток комп'ютерної техніки сприяв широкому процесу математизації науки, техніки і господарства в цілому. Саме розробка і

застосування чисельних методів розв'язання прикладних задач на базі комп'ютерів є предметом сучасної прикладної математики. Математика виникла з практичних потреб людини і її розвиток сприяв загальному науково-технічному прогресу цивілізації, а потреби природознавства, техніки і практичної діяльності людей ставили перед математикою нові задачі і стимулювали її розвиток. Ступінь розвитку суспільства визначається рівнем розвитку математичного апарату, вмінням отримати всю необхідну інформацію про досліджуваний об'єкт, можливістю описати його найсуттєвіші риси і властивості мовою математичних понять. Тобто, дуже актуальною і важливою задачею постає задача побудови математичної моделі досліджуваного об'єкта.

Для компенсатора довжини нитки для коромислового та повзункового типів вирішення трансцендентних рівнянь $f(x)=0$ рекомендується здійснювати в два етапи. На першому етапі проводиться приблизне визначення коріння. Звичайно це можна здійснити графічним способом, а на другому етапі проводиться уточнення значення коріння. При цьому вважаємо, що трансцендентне рівняння або рівняння на деякому відрізку $[a, b]$ відповідають теоремі про існування кореня безперервної функції: якщо функція $f(x)$ безперервна на відрізку $[a, b]$, її похідна $f'(x)$ в $]a, b[$ зберігає знак, на кінцях відрізання функція приймає значення з протилежними знаками $f(a)f(b) < 0$, то на цьому відрізку існує корінь рівняння $f(x)=0$ (принаймні, хоч би один).

Математична модель (ММ) будується на основі деякого абстрагування, спрощення та ідеалізації об'єкта, а тому завжди є його наближеним описом. Але завдяки заміні реального об'єкта його ММ виникає можливість сформулювати задачу його вивчення як математичну, для розв'язування якої застосовують математичний апарат, що не залежить від природи досліджуваного об'єкта. ММ – це, як правило, різноманітні рівняння, які описують поведінку досліджуваних об'єктів і явищ [1, 4].

Вивчення реальних явищ або процесів часто приводить до потреби розв'язування диференціального рівняння або їх системи. Тому диференціальні рівняння, які виникають в результаті дослідження цих явищ чи процесів, називають диференціальними моделями. Диференціальні рівняння – окремий випадок тієї множини математичних моделей, які виникають в процесі вивчення реального світу. Математичне моделювання широко використовують у геофізиці, хімії, геології, біології, економіці, соціології, екології, медицині, психології, лінгвістиці та інших науках.

Побудувавши математичну модель, намагаються знайти її розв'язок. Для складних прикладних задач, як правило, не існує точного розв'язку у вигляді явних формул або скінченної послідовності арифметичних операцій, кожна з яких виконується точно. У таких випадках застосовують потужний математичний засіб розв'язування задач – чисельні методи. Найпростіші чисельні методи виникли і широко використовувалися задовго до появи ЕОМ. Але є багато прикладних задач, для яких знайти розв'язок без застосування комп'ютерів практично неможливо. Сучасні швидко дійні обчислювальні машини стали стимулом для розробки нових чисельних методів.

В роботі запропоновано основні напрями удосконалення моделей компенсатора довжини нитки пневматичних виробничих комплексів для коромислового та повзункового типів на основі оптимізації натягу нитки в зоні заправки за рахунок розробки інформаційної моделі кінематичного процесу взаємодії робочого органу компенсатора та нитки. Варіант 1. (кутова швидкість обертання головного валу пневматичних виробничих комплексів $\omega = 30,0 \text{ c}^{-1}$). Значення структурних параметрів пневматичних виробничих комплексів: вхідна ланка – 0,030 м; проміжна ланка – 0,125 м; вихідна ланка – 0,105 м; геометричний параметр – 0,154 м. оптимізації натягу нитки в зоні заправки за рахунок розробки інформаційної моделі кінематичного процесу.

На рис.2.5 представлені залежності геометричних та кінематичних параметрів компенсатора довжини нитки для коромислового та

повзункового типів з урахуванням кута обертання кривошипа, довжини шатуна, довжини кронштейна компенсатора, відстані між кронштейном і фіксатором нитки, кута оберту фіксатора нитки, радіусу барабана в точці затиску нитки між барабаном і валиком для завдання тиску, довжини нитки в точці відмірювання, швидкості подачі, координат базисних точок заправної лінії.

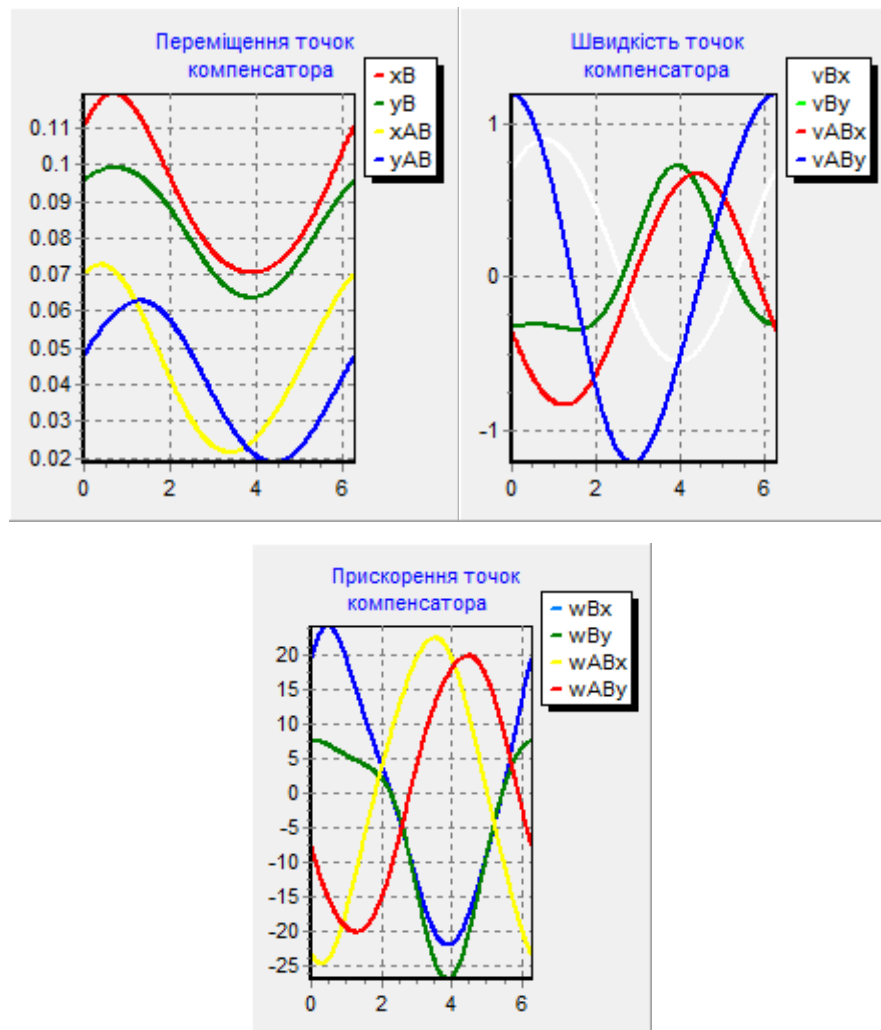


Рис.2.5.

Для варіанта 2 (кутова швидкість обертання головного валу пневматичних виробничих комплексів $\omega = 30,0 \text{ с}^{-1}$). Значення натягу нитки – 15 сН, перший геометричний параметр – 29 см; другий геометричний параметр - 70 мм; третій геометричний параметр - 25 мм; коефіцієнт фрикційних властивостей – 0,25.

На рис.2.6 представлені графічні залежності кінематичних параметрів структурних елементів пневматичних виробничих комплексів, як функцій кута оберту.

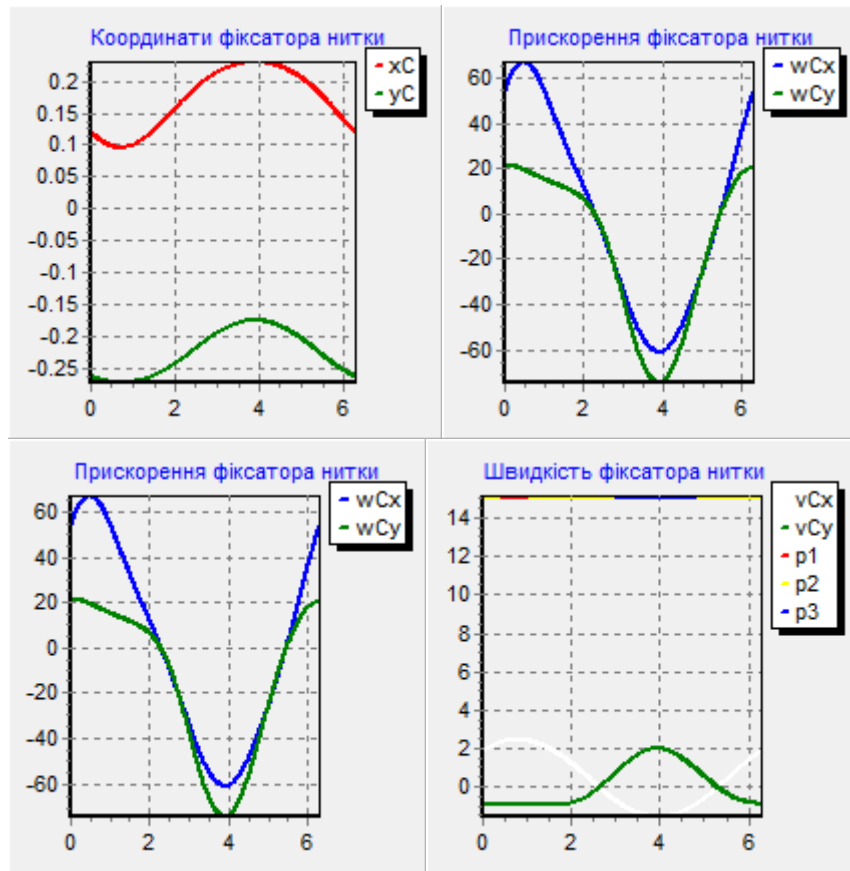


Рис.2.6.

Для варіанту 3: (кутова швидкість обертання головного валу пневматичних виробничих комплексів $\omega = 65,0 \text{ c}^{-1}$); вхідна ланка – 0,030 м; проміжна ланка – 0,125 м; вихідна ланка – 0,105 м; геометричний параметр – 0,154 м. На рис.2.7 представлені залежності переміщень та кутів, кутових та лінійних швидкостей та кутових та лінійних прискорень точок механізму компенсатора пневматичного агрегату як функції кута обертання валу пневматичного агрегату. Представлені для 3 варіанту залежності геометричних та кінематичних параметрів компенсатора довжини нитки для коромислового та повзункового типів з урахуванням кута обертання кривошипа, довжини шатуна, довжини кронштейна компенсатора, відстані між кронштейном і фіксатором нитки, кута оберту фіксатора нитки, радіусу барабана в точці затиску нитки між барабаном і валиком для завдання тиску,

довжини нитки в точці відмірювання, швидкості подачі, координат базисних точок заправної лінії.

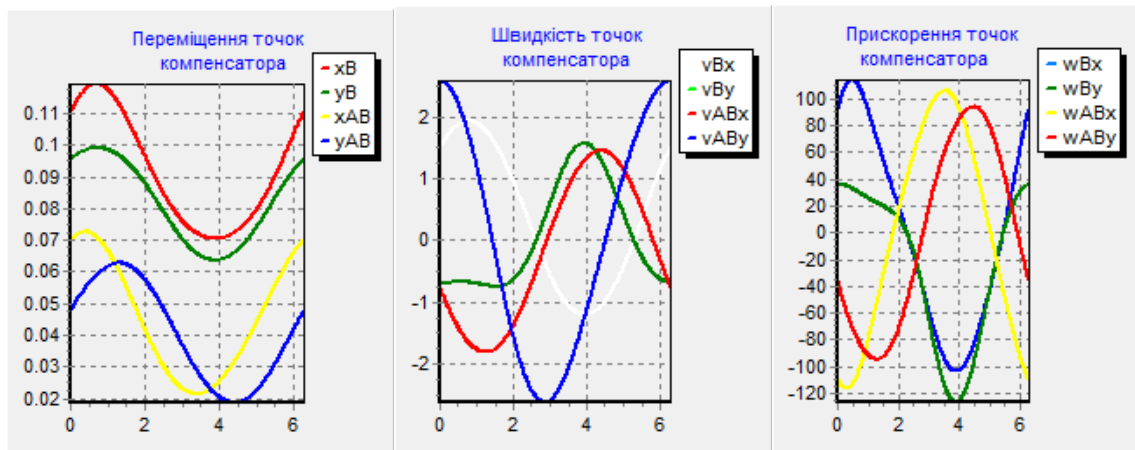


Рис.2.7.

Для варіанта 4 (кутова швидкість обертання головного валу пневматичних виробничих комплексів $\omega = 30,0 \text{ с}^{-1}$). Значення натягу нитки – 15 сН, перший геометричний параметр – 30 см; другий геометричний параметр - 130 мм; третій геометричний параметр - 50 мм; коефіцієнт фрикційних властивостей – 0,25.

На рис.2.8 представлені графічні залежності кінематичних параметрів структурних елементів пневматичних виробничих комплексів, як функцій кута оберту. Результати поточних розрахунків -6,6751; -6,7405; -6,8028; -6,8618; -6,9175; -6,9699; -7,0189; -7,0646; -7,1069; -7,1457; -7,1810; -7,2129; -7,2413; -7,2661; -7,2874; -7,3051; -7,3192; -7,3297; -7,3367; -7,3400; -7,3397; -7,3359; -7,3284; -7,3173; -7,3026; -7,2843; -7,2625; -7,2371; -7,2082; -7,1757; -7,1398; -7,1004; -7,0576; -7,0113; -6,9617; -6,9088; -6,8525; -6,7930; -6,7303; -6,6645; -6,5955; -6,5235; -6,4484; -6,3705; -6,2896; -6,2059; -6,1194; -6,0303; -5,9385; -5,8441; -5,7472; -5,6480; -5,5463; -5,4424; -5,3363; -5,2280; -5,1177; -5,0055; -4,8913; -4,7753; -4,6576.

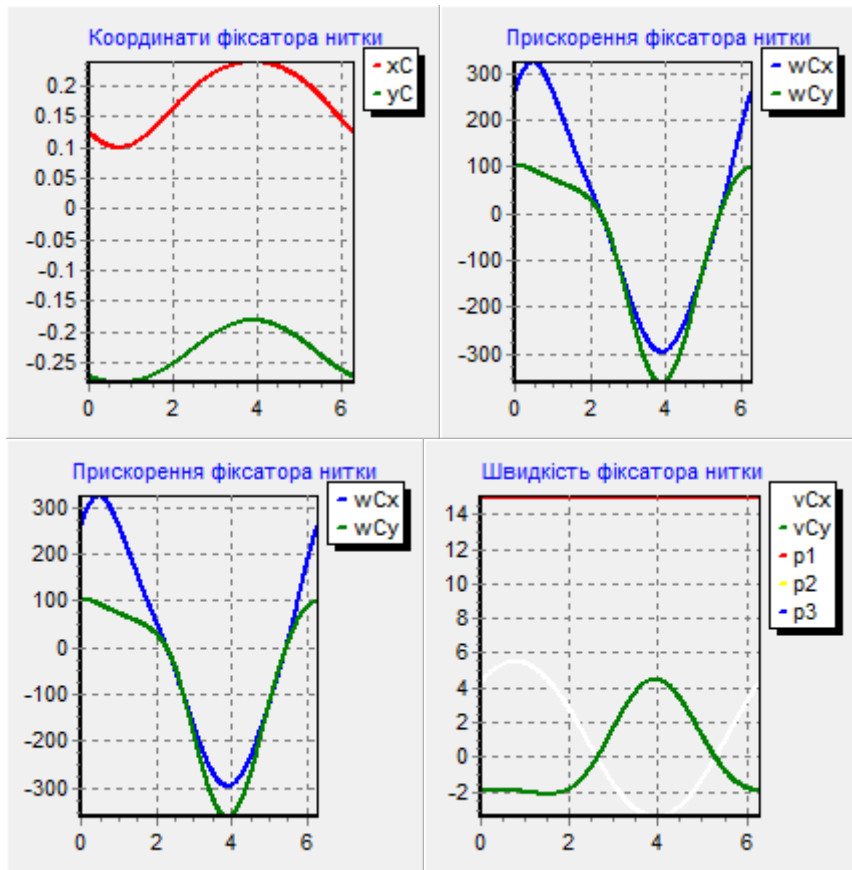


Рис.2.8.

Висновки по 2 розділу.

1. Для пневматичних виробничих комплексів отримані математичні залежності для побудови інформаційної моделі компенсатора довжини нитки для коромислового та повзункового типів з урахуванням кута обертання кривошипа, довжини шатуна, довжини кронштейна компенсатора, відстані між кронштейном і фіксатором нитки, кута оберту фіксатора нитки, радіусу барабана в точці затиску нитки між барабаном і валиком для завдання тиску, довжини нитки в точці відмірювання, швидкості подачі, координат базисних точок заправної лінії.
2. Реалізовані алгоритми для розв'язання нелінійних алгебраїчних рівнянь моделі компенсатора довжини нитки технологічних виробничих комплексів, що дозволило підвищити ефективність роботи пневматичних виробничих комплексів, зменшити енерговитрати та тиск в кінематичних парах, покращити якість продукції, що випускається за рахунок удосконалення кінематичної схеми компенсаторів коромислового та повзункового типів, закону руху робочої ланки компенсаторів коромислового та повзункового типів.

Розділ 3 Програмна реалізація.

3.1. Компоненти програмного комплексу для побудови інформаційної моделі компенсатора довжини нитки.

Для реалізації алгоритму була реалізована наступна програма для програмного комплексу для побудови інформаційної моделі компенсатора довжини нитки. Вона включає три форми:

```
TForm1vgoldber = class(TForm);  
TForm2vgoldber = class(TForm);.  
TForm3vgoldber = class(TForm)
```

На рис.3.1 представлена перша форма програмного комплексу для побудови інформаційної моделі компенсатора довжини нитки.



Рис.3.1.

Вона включає наступні основні компоненти:

```

TForm1vgoldber = class(TForm); Button1vgoldber: TButton;
    Image1vgoldber: TImage; Label1vgoldber: TLabel;
    Label2vgoldber: TLabel; Label3vgoldber: TLabel;
    Label4vgoldber: TLabel; Label5vgoldber: TLabel;
    Label6vgoldber: TLabel; Label7vgoldber: TLabel;
    Label8vgoldber: TLabel.

```

На рис.3.2 представлена друга форма програмного комплексу для побудови інформаційної моделі компенсатора довжини нитки для коромислового та повзункового типів.

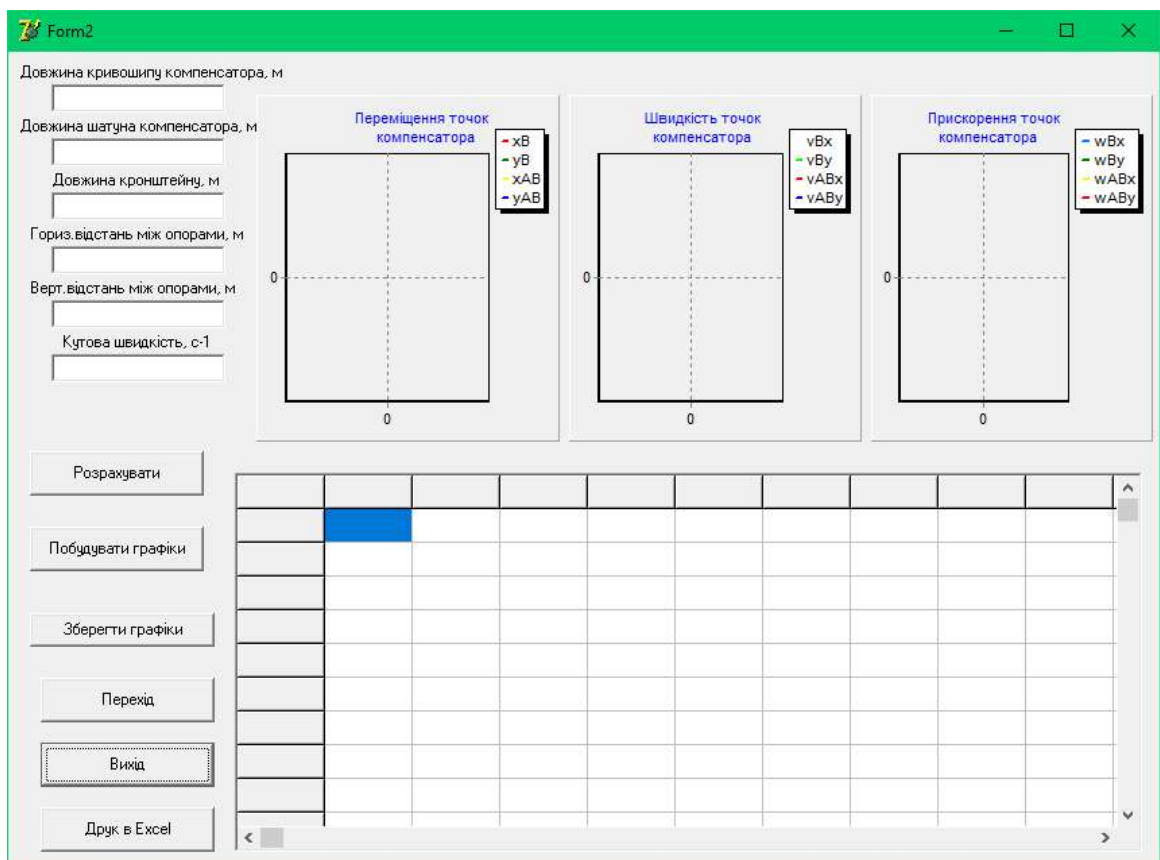


Рис.3.2

Вона включає наступні основні компоненти:

```

TForm2vgoldber = class(TForm); Button1vgoldber : TButton;
Button2vgoldber : TButton; StringGrid1vgoldber : TStringGrid;
    Button3vgoldber : TButton; Button4vgoldber : TButton;
        Chart1vgoldber : TChart; Button5 : TButton;
Series1vgoldber : TLineSeries; Series2vgoldber : TLineSeries;
Series3vgoldber : TLineSeries; Series4vgoldber : TLineSeries;
    Edit1vgoldber : TEdit; Edit2vgoldber : TEdit;
    Edit3vgoldber : TEdit; Edit4vgoldber : TEdit;
    Label1vgoldber : TLabel; Label2vgoldber : TLabel;
    Label3vgoldber : TLabel; Label4vgoldber : TLabel;
Chart2vgoldber : TChart; Series5vgoldber : TLineSeries;
Series6vgoldber : TLineSeries; Series7vgoldber : TLineSeries;
Series8vgoldber : TLineSeries; Chart3vgoldber : TChart;
Series9vgoldber : TLineSeries; Series10vgoldber : TLineSeries;
Series1vgoldber1 : TLineSeries; Series1vgoldber2 : TLineSeries; Button6 : TButton.
Третя форма програмного комплексу для побудови інформаційної моделі має
вигляд (див. рис.3.3).

```

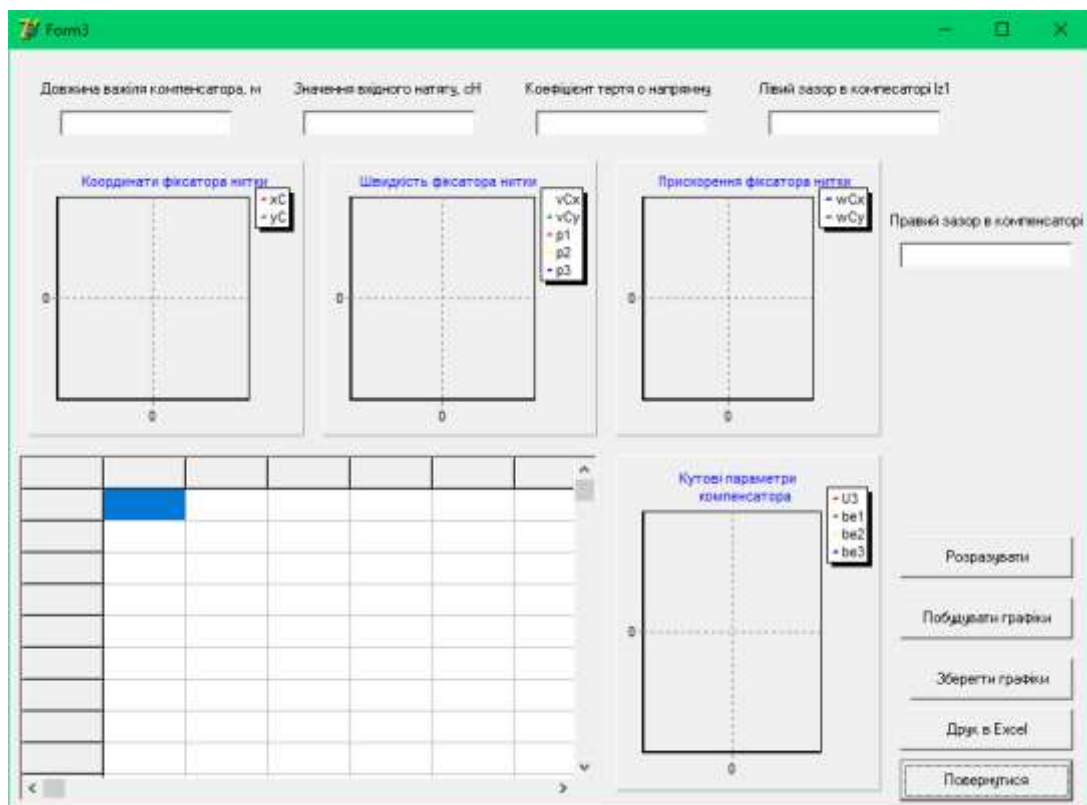


Рис.3.3

Вона включає наступні основні компоненти:


```
TForm3vgoldber = class(TForm);Button1vgoldber : TButton;  
StringGrid1vgoldber : TStringGrid;  
Button2vgoldber : TButton;  
Button3vgoldber : TButton; Label1vgoldber : TLabel;  
Label2vgoldber : TLabel;Label3vgoldber : TLabel;  
Edit1vgoldber : TEdit; Edit2vgoldber : TEdit;  
Edit3vgoldber : TEdit;Label4vgoldber : TLabel;  
Label5vgoldber : TLabel;Edit4vgoldber : TEdit;  
Edit5 : TEdit;Button4vgoldber : TButton;  
Chart1vgoldber : TChart;Chart2vgoldber : TChart;  
Series1vgoldber : TLineSeries;  
Series2vgoldber : TLineSeries;  
Series3vgoldber : TLineSeries; Series4vgoldber : TLineSeries;  
Series5vgoldber : TLineSeries;  
Series6vgoldber : TLineSeries;  
Series7vgoldber : TLineSeries; Series8vgoldber : TLineSeries;  
Series9vgoldber : TLineSeries; Series10vgoldber : TLineSeries;  
Series1vgoldber1: TLineSeries;  
Series12vgoldber : TLineSeries;  
Series13vgoldber : TLineSeries;Series14vgoldber : TLineSeries;  
Series15vgoldber : TLineSeries; Series16vgoldber : TLineSeries;  
Button5vgoldber : TButton.
```

На рис.3.4 та 3.5 представлені результати роботи програми побудови інформаційної моделі компенсатора довжини нитки для коромислового та повзункового типів.

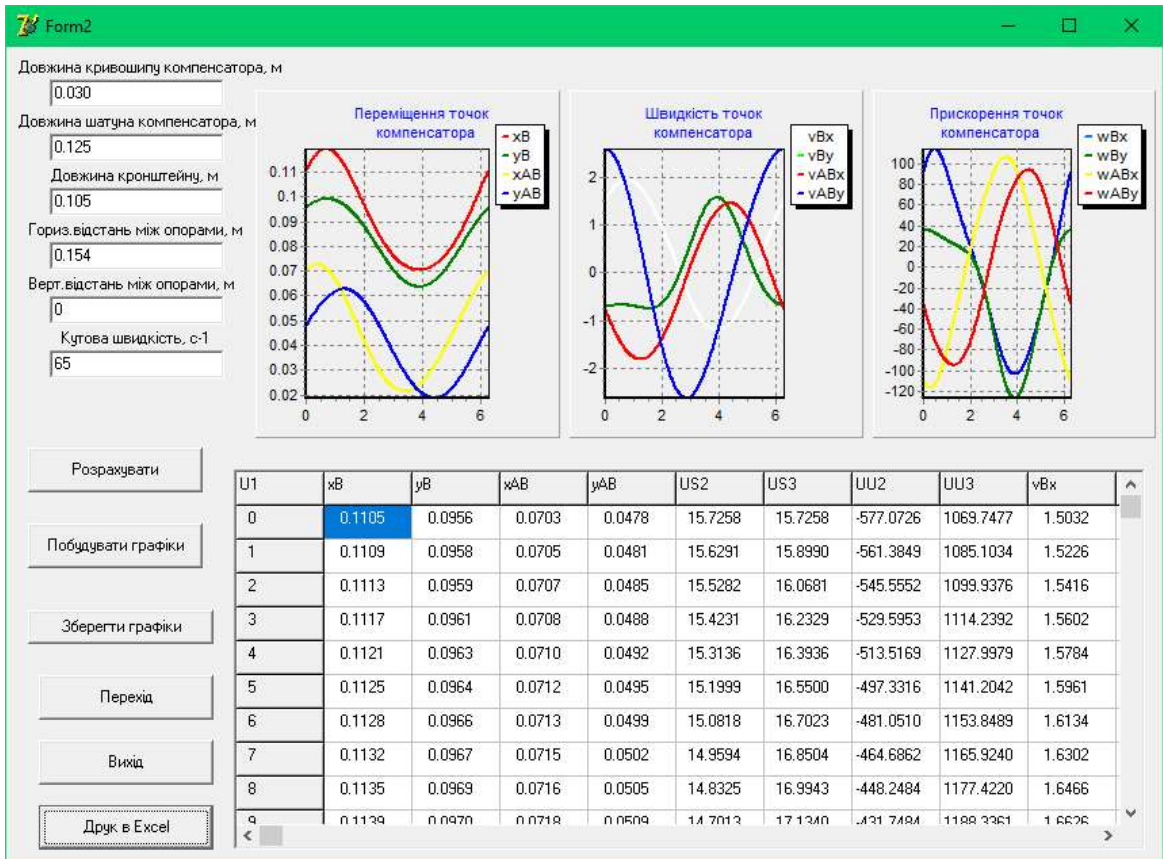


Рис.3.4

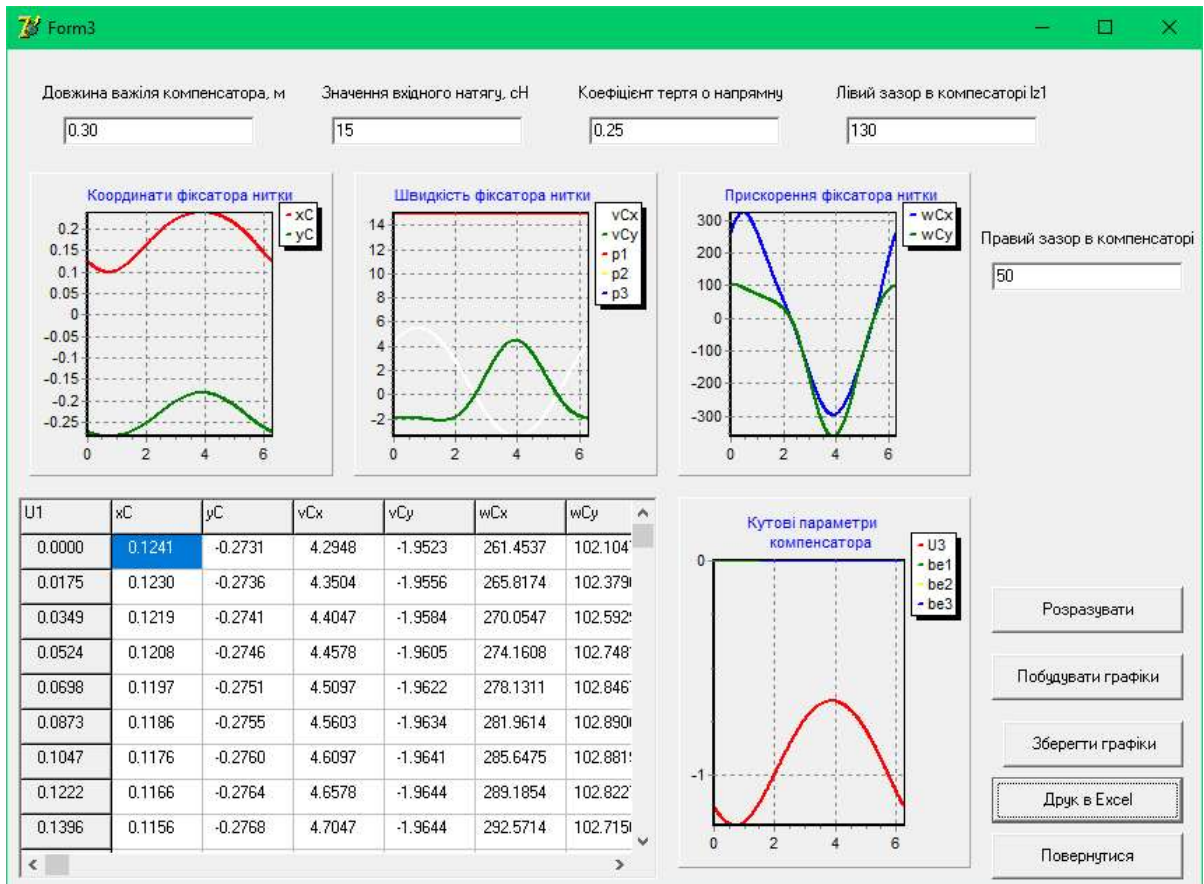


Рис.3.5

3.2. Принципи розробки для програмних комплексів для наукових досліджень технологічних виробничих процесів.

Завдання автоматизації математичних розрахунків і обчислень походить з витоків людської цивілізації, до появи перших рахункових пристроїв — абака, соробану та інших елементарних пристосувань. Проривним моментом в цьому процесі можна вважати появу електронних обчислювальних машин (ЕОМ) і калькуляторів, що працюють на напівпровідниках.

В наші дні практично всі інженерні розрахунки проводяться із застосуванням комп'ютерної техніки. При цьому, сфера розробки інженерного програмного забезпечення відокремилася в окрему індустрію, яка працює на стику різних науково-технічних знань і дисциплін — математики, фізики, електроніки, програмування. Цей міждисциплінарний підхід в повній мірі поєднує в собі ідеї STEM (science, technology, engineering, mathematics).

Програми для інженерних розрахунків

Наступний рисунок (рис.3.6) не претендує на вичерпне пояснення, але дає загальне уявлення про розмаїття розрахункових програм.

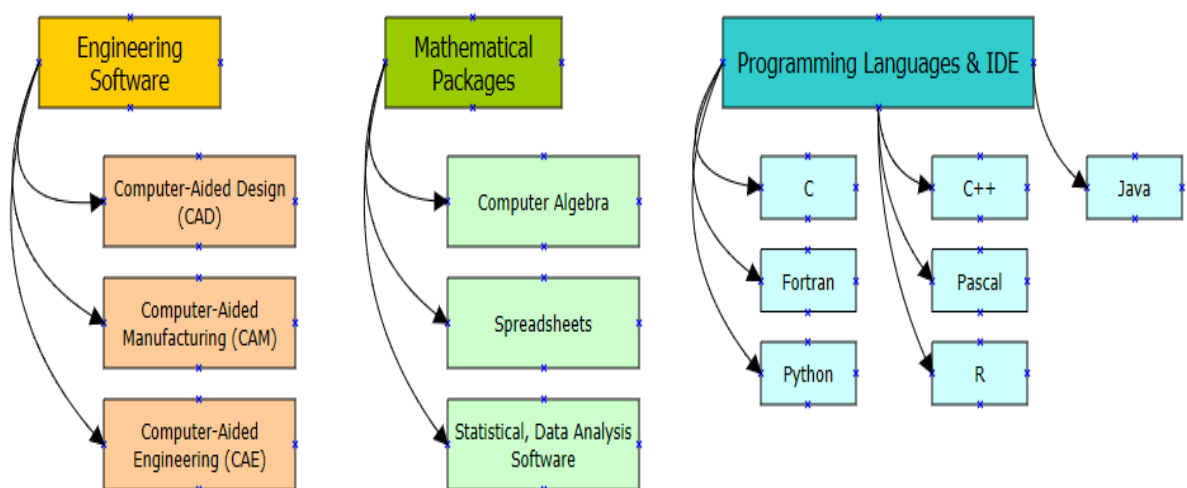


Рис.3.6

Як бачимо, вибір того чи іншого розрахункового ПЗ визначається, в першу чергу, завданнями, які стоять перед інженером.

Розв'язання науково технічних та математичних задач як бачимо здійснюється у таких напрямках:

- системи автоматизованого проектування;
- використання математичних пакетів (електронні таблиці Excel, пакети MathCad, Mathematica, Stat та ін.) для виконання математичних обчислень та графічних залежностей;
- створення спеціальних програм із застосуванням популярних мов програмування (C++, Visual Basic, C#).

Перші два напрями не вимагають від науковця глибокого знання програмування і дозволяють сконцентруватися саме на розв'язанні відповідної математичної задачі, а не на програмуванні математичних функцій, які вже запрограмовані в пакеті

Системи автоматизованого проектування прийнято ділити на три основні типи: CAD, CAE, CAM. Безпосередньо розрахунковим програмним забезпеченням вважаються CAE-пакети, хоча розрахункові модулі нерідко інтегруються і в CAD, і в CAM-програми (наприклад, AutoCAD вміє обчислювати масові і геометричні характеристики тіл і плоских фігур).

Математичні пакети - це окрема категорія програмного забезпечення, яке застосовується вченими та інженерами для виконання різних математичних розрахунків. Великою перевагою математичних пакетів є можливість подати результати обчислень не тільки у числових значеннях, а й у вигляді графіків та діаграм. Такі програми здатні до певної міри наблизити користувача до "паперових" обчислень. Інтерфейс цих програм часто нагадує нам звичний аркуш паперу, на якому ми пишемо формули, а самі обчислення програма виконує автоматично. Так працює широко відомий Mathcad. До цієї ж категорії можна віднести пакети так званої "комп'ютерної алгебри". Крім звичних обчислень, їх використовують, щоб:

отримати рішення в аналітичному вигляді (наприклад, у вигляді формули)

спростити або якимось чином перетворити обчислення (найпростіший приклад: $\sin\alpha\cos\beta \pm \cos\alpha\sin\beta = \sin(\alpha \pm \beta)$)

Комп'ютерна алгебра реалізується в онлайн-сервісах WolframAlpha, десктопній програмі Maple та ін.

Варто зазначити, що математичні програми останніх поколінь багато в чому є універсальним, багатофункціональним програмним забезпеченням, оскільки дозволяють вирішувати інженерні завдання з різноманітних галузей і сфер людської діяльності. Можливості таких програм виходять далеко за рамки "просто обчислень", надаючи інженеру потужні інструменти для розв'язання задач математичної статистики, теорії ймовірності, диференціального й інтегрального числення, теорії графів і автоматів, матричної алгебри, роботи з графіками і багато іншого. Це мультизадачні пакети, в буквальному сенсі "на всі випадки життя".

Третій напрям вимагає досконалого знання мов програмування і використовується, здебільшого, для створення оригінальних програм для задач, які не розв'язуються за допомогою математичних пакетів. У першу чергу це стосується створення динамічних моделей реальних виробничих процесів з використанням елементів графіки та мультимедіа, які органічно вбудовуються у програму.

Розрахунки в професійному математичному софті як правило організовуються за принципом скрипта або коду, тобто програмуються. Мови математичного моделювання багато в чому схожі на традиційні мови програмування, проте в кожній конкретній програмі присутні свої особливості. Чи є це суттєвою проблемою, швидше за все - зовсім ні, бо сучасний інженер вже неминуче стикається з автоматизацією в тому чи іншому вигляді. Саме тому розробникам інженерного ПО бажано максимально забезпечити свою продукцію мовами програмування і засобами скриптизації. Наприклад, Автокад (повна його версія) підтримує діалект мови програмування LISP під назвою AutoLISP, а Tekla Structures — Tekla Open API, що суттєво розширює можливості "ручного" діалогового режиму

взаємодії програми з користувачем. У зв'язку з активним розвитком ВІМ-технологій, набирає популярність графічне програмування (тут варто згадати Dynamo, Grasshopper), в основі яких лежить скриптізація із застосуванням мов програмування C++, Visual Basic, Python. Згаданий вище TechEditor підтримує мови програмування Pascal і Basic, а також формульну розмітку LaTeX.

Отже, за допомогою скриптів інженер може:

- автоматизувати рутинні, повторювані операції;
- визначити, яким чином додатку слід реагувати на зміну параметрів;
- запускати ланцюжки повторюваних процесів (наприклад, в задачах оптимізації) тощо.

Якщо порівняти між собою десктопні і онлайн-версії інженерного програмного забезпечення то основною перевагою "Коробкової" версії програм для інженерних розрахунків є те, що програму можна використовувати без підключення до Інтернету. Установка відбувається як завжди, за допомогою програми-інсталятора. Розробники нерідко випускають переносні (portable) версії своїх продуктів. Це дозволяє запускати їх без інсталятора, безпосередньо з носія даних (жорсткого диска або навіть флешки). Наприклад, TechEditor має і окремий інсталятор, і портативний варіант запуску.

Варто визнати, що в кількісному відношенні софт для інженерів представлений сьогодні переважно в десктопних версіях. Це пояснюється просто: Інтернет і мобільні технології істотно молодше персональних комп'ютерів і практично всі технологічні рішення спочатку створювалися для персональних ЕОМ. Тому для багатьох інженерних програм на сьогоднішній день найбільш функціональними є саме десктопні версії.

Тож в тому випадку коли завдання наукових досліджень вимагають створення програм із застосуванням спеціальних сучасних середовищ програмування зараз здебільшого застосовують пакети з парадигмою об'єктно-орієнтованого програмування, які мають досконалий і сучасний

графічний інтерфейс, можливості приєднання та використання стандартних функцій Windows, підтримують роботу в локальних мережах, можуть обмінюватись даними з іншими програмами в процесі виконання. Такі пакети побудовані на нових засадах, пов'язаних не тільки з операційною системою Windows, об'єктно-орієнтовним програмуванням, технологією візуального проектування, використанням як готових стандартних компонент, так і розроблених користувачем і поміщених у бібліотеку. Завдяки цим якостям науковець може швидко і якісно розробляти програми для тих конкретних завдань, які виникають під час дослідження.

Найефективнішим є розроблення програм для вивчення складних технологічних процесів, які відрізняються ймовірнісним характером та недостатньо теоретично вивчені. Для дослідження таких процесів необхідно створювати комп'ютерні моделі, які б поєднували графічне зображення процесу, його математичний опис та динамічну зміну впродовж певного часу. Використання можливостей ООП й функціоналів середовища операційних систем дозволяє: – під час розроблення на екрані мати всі елементи керування майбутньою програмою; - швидко створювати меню користувача; – одержувати на екрані комп'ютера зображення, які ілюструють програму, вхідні й вихідні дані у вигляді дво- та тривимірних графіків; – здійснювати імпорт графічних зображень із графічних редакторів замість програмування графіки; – контролювати зміну вихідних параметрів упродовж роботи..

Висновки по 3 розділу.

1. Розроблений програмний комплекс для побудови інформаційної моделі компенсатора довжини нитки коромислового та повзункового типів.
2. Реалізація програмного комплексу для компенсатора довжини дозволяє удосконалити моделі компенсатора довжини нитки пневматичних виробничих комплексів для коромислового та повзункового типів на основі оптимізації натягу нитки в зоні заправки за рахунок розробки інформаційної моделі кінематичного процесу взаємодії робочого органу компенсатора та нитки з урахуванням кута обертання кривошипа, довжини шатуна, довжини кронштейна компенсатора, відстані між кронштейном і фіксатором нитки, кута оберту фіксатора нитки, радіусу барабана в точці затиску нитки між барабаном і валиком для завдання тиску, довжини нитки в точці відмірювання, швидкості подачі, координат базисних точок заправної лінії, що дозволяє підвищити ефективність роботи пневматичних виробничих комплексів, зменшити енерговитрати та тиск в кінематичних парах, покращити якість продукції, що випускається за рахунок удосконалення кінематичної схеми компенсаторів коромислового та повзункового типів, закону руху робочої ланки компенсаторів коромислового та повзункового типів.

Висновки.

1. Проведено огляд літературних джерел по проблемі побудови інформаційної моделі компенсатора довжини нитки для коромислового та повзункового типів з урахуванням кута обертання кривошипа, довжини шатуна, довжини кронштейна компенсатора, відстані між кронштейном і фіксатором нитки, кута оберту фіксатора нитки, радіусу барабана в точці затиску нитки між барабаном і валиком для завдання тиску, довжини нитки в точці відмірювання, швидкості подачі, координат базисних точок заправної лінії. Сформульовано мету та задачі дослідження по проблемі удосконалення моделей компенсатора довжини нитки пневматичних виробничих комплексів для коромислового та повзункового типів на основі оптимізації натягу нитки в зоні заправки за рахунок розробки інформаційної моделі кінематичного процесу взаємодії робочого органу компенсатора та нитки.
2. Аналіз показав, що інформаційна модель повинна включати в себе математичні і алгоритмічні компоненти програмного комплексу для розрахунку компенсатора довжини нитки пневматичних виробничих комплексів.
3. Для пневматичних виробничих комплексів отримані математичні залежності для побудови інформаційної моделі компенсатора довжини нитки для коромислового та повзункового типів з урахуванням кута обертання кривошипа, довжини шатуна, довжини кронштейна компенсатора, відстані між кронштейном і фіксатором нитки, кута оберту фіксатора нитки, радіусу барабана в точці затиску нитки між барабаном і валиком для завдання тиску, довжини нитки в точці відмірювання, швидкості подачі, координат базисних точок заправної лінії.
4. Реалізовані алгоритми для розв'язання нелінійних алгебраїчних рівнянь моделі компенсатора довжини нитки технологічних виробничих комплексів, що дозволило підвищити ефективність роботи пневматичних виробничих комплексів, зменшити енерговитрати та тиск в кінематичних парах, покращити якість продукції, що випускається за рахунок удосконалення

кінематичної схеми компенсаторів коромислового та повзункового типів, закону руху робочої ланки компенсаторів коромислового та повзункового типів.

5. Розроблений програмний комплекс для побудови інформаційної моделі компенсатора довжини нитки коромислового та повзункового типів.

6. Реалізація програмного комплексу для компенсатора довжини дозволяє удосконалити моделі компенсатора довжини нитки пневматичних виробничих комплексів для коромислового та повзункового типів на основі оптимізації натягу нитки в зоні заправки за рахунок розробки інформаційної моделі кінематичного процесу взаємодії робочого органу компенсатора та нитки з урахуванням кута обертання кривошипа, довжини шатуна, довжини кронштейна компенсатора, відстані між кронштейном і фіксатором нитки, кута обертання фіксатора нитки, радіусу барабана в точці затиску нитки між барабаном і валиком для завдання тиску, довжини нитки в точці відмірювання, швидкості подачі, координат базисних точок заправної лінії, що дозволяє підвищити ефективність роботи пневматичних виробничих комплексів, зменшити енерговитрати та тиск в кінематичних парах, покращити якість продукції, що випускається за рахунок удосконалення кінематичної схеми компенсаторів коромислового та повзункового типів, закону руху робочої ланки компенсаторів коромислового та повзункового типів.

Список використаних джерел.

1. Національна рамка кваліфікацій –[http://zakon4.rada.gov.ua /laws/show /1341-2011-п](http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1341-2011-п).
2. Закон «Про освіту» -<http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/2145-19>.
3. ДСТУ 7239:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація.[Чинний від 01–08–2011]. К.: Держспоживстандарт України, 2011. 11 с.
4. Національний класифікатор України: «Класифікатор професій» ДК 003:2010.–К. : Видавництво «Соцінформ», 2010.
5. Державний класифікатор України: Класифікація видів економічної діяльності ДК009:2005. -Київ: Держстандарт України,2006.
6. Перелік галузей знань і спеціальностей –[http://zakon4.rada.gov.ua/laws /show/ 266-2015-п](http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/266-2015-п).
7. Закон «Про вищу освіту» -<http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>.
8. 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.
9. Щербань В.Ю., Колиско О.З., Колиско М.І., Кириченко А.М., Щербань Ю.Ю. Комп'ютерна реалізація алгоритму рекурсії для гребінчатого пристрою натягу панчішних автоматів / В.Ю. Щербань, О.З. Колиско, М.І. Колиско, А.М. Кириченко, Ю.Ю. Щербань // Вісник Хмельницького національного університету. – 2022, №2 (307). – С. 194-197.
10. Щербань В.Ю., Іщенко В. Д., Колиско О.З., Гольдберг М.І., Щербань Ю.Ю. Комп'ютерна реалізація алгоритму Дейкстри для визначення форми заправки нитки на основі пошуку оптимального шляху графа / В.Ю. Щербань, В. Д. Іщенко, О.З. Колиско, М.І. Гольдберг, Ю.Ю. Щербань //

Вісник Хмельницького національного університету. – 2022, №3 (309). – С. 217-220.

11. 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.

12. Yakubitskaya I.A. Differential equations of the relative motion of the filament element on the end sections of the coil of the winding drum / I.A. Yakubitskaya, V.V. Chugin, V.Yu. Shcherban // Technology of the textile industry. - 1997. - №6. - P.50-54.

13. 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.

14. 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.

15. 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.

16. 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.

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. 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.

19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. 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.
23. 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.
24. 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.
25. 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.
26. 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.

27. 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.

28. 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.

29. 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.

30. 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.

31. 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.

32. 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.
33. 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.
34. 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.
35. Щербань В. Ю. Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/В.Ю.Щербань.-К.:КНУТД, 2016. – 184 с.
36. Щербань В. Ю. Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/В.Ю. Щербань.-К.: Освіта України, 2017. – 238 с.
37. 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.
38. 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.
39. 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.
40. 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.

41. Щербань В.Ю. Механіка нитки/В.Ю.Щербань. – К.: Видавництво «Укрбланковидав». – 2018. – 533 с.
<https://ER.KNUTD.EDU.UA/HANDLE/123456789/9517>
42. Щербань В. Ю. Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/ В.Ю. Щербань.-К.: Освіта України, 2018. – 257 с.
43. Щербань В.Ю. Базове проектує забезпечення САПР в індустрії моди/ В.Ю.Щербань, Ю.Ю.Щербань, О.З. Колиско, Г.В. Мельник, М.І. Шолудько, В.Ю. Калашник. – К.: Освіта України, 2018. – 902 с.
44. Щербань В. Ю. Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/ В.Ю. Щербань.-К.: Освіта України, 2019. – 252 с.
45. 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.
46. Щербань В. Ю. Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/В.Ю.Щербань – К.: Освіта України: ФОП Масляков, 2020. – 236 с.
47. Щербань В. Ю. Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві / В.Ю.Щербань – К.: Освіта України, 2021. – 248 с.
48. 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.
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. 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.

51. 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.

52. 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.

53. 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.

54. 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.

55. 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.

56. 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.

57. 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.

58. 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.

59. 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.

60. 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.

61. 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.

62. 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.

63. 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.