

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

Дипломна магістерська робота

на тему **Алгоритмічні і програмні компоненти системи проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу**

Виконав: студент групи МгЗІТ-20
спеціальності
122 - Комп'ютерні науки

Єфімова В.

Керівник Калашник В.Ю.

Рецензент Краснитський С.М.

Київ 2021

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КН, д.т.н., професор
Щербань В.Ю.
“ ” грудня 2021 року

Завдання

**на дипломну магістерську роботу
студенту**

Єфімової Вероніки

1. Тема роботи Алгоритмічні і програмні компоненти системи проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу

Науковий керівник роботи к.т.н. Калашник Валерій Юрійович,

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ 04 ” 10 2021 року № 286 .

2. Строк подання студентом роботи 11.12.2021р.

3. Вихідні дані до роботи Розробка кафедри комп'ютерних наук.

4. Зміст дипломної роботи (перелік питань, які потрібно розробити):
РОЗДІЛ 1(математичне забезпечення); РОЗДІЛ 2(алгоритмічне забезпечення);
РОЗДІЛ 3(програмне забезпечення); презентація дипломної магістерської
роботи з основними результатами дослідження (в роздрукованому вигляді
представлена у додатках).

5. Консультанти розділів дипломної магістерської роботи.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Розділ 1</i>	К.т.н. Калашник В.Ю.		
<i>Розділ 2</i>	К.т.н. Калашник В.Ю.		
<i>Розділ 3</i>	К.т.н. Калашник В.Ю.		

6. Дата видачі завдання 10.2021 р.**Календарний план.**

№ з/п	Назва етапів дипломної магістерської роботи	Терміни виконання етапів	Примітка про виконання
1	Розділ 1. Математичне забезпечення. Система процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу.	10.10.2021 р.	
2	Розділ 2. Алгоритмічне забезпечення. Алгоритм процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу.	30.10.2021 р.	
3	Розділ 3. Програмне забезпечення. Система проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу.	10.11.2021 р.	
4	Висновки	25.11.2021 р.	
5	Оформлення дипломної магістерської роботи (чистовий варіант)	30.11.2021 р.	
6	Здача дипломної магістерської роботи на кафедру для рецензування (за 14 днів до захисту)	4.12.2021 р.	
7	Перевірка дипломної магістерської роботи на наявність ознак плагіату (за 10 днів до захисту)	8.12.2021 р.	
8	Подання дипломної магістерської роботи у відділ магістратури для перевірки виконання додатку до індивідуального навчального плану (за 10 днів до захисту)	8.12.2021 р.	
9	Подання дипломної магістерської роботи на затвердження завідувачу кафедри (з 7 днів до захисту)	11.12.2021 р.	

Студент

_____ Сфімова В.

Науковий керівник роботи

_____ Калашник В.Ю.

Керівник відділу магістратури

_____ Черниш О.В.

АНОТАЦІЯ

Єфімова В. Алгоритмічні і програмні компоненти системи проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу. – Рукопис.

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

Дипломну магістерську роботу присвячено дослідженню теоретичних задач активації процесу перенесення термореактивних смол і гідрофобних розчинів по товщині оброблюваних полотниць тканини та обґрунтуванню практичних напрямів забезпечення більш рівномірного розподілу речовини по перетину тканини і окремих її волокон у випадку одночасного контактного впливу на основі розробки математичних та програмних компонентів САПР.

Запропоновано аналітичні залежності між довжиною контактної зони, швидкістю руху тканини і температурою контактної поверхні та основні напрями практичного удосконалення механізму прогрівання полотнища тканини з використанням ефекту градієнта температур на основі розробки математичних та програмних компонентів САПР з урахуванням малої довжини контактної зони, деформації тканини в зоні транспортуючих циліндрів, ізольованості поверхні полотнища тканини в місці її контакту з навколишнім повітряним середовищем. Результати дипломної магістерської роботи можна використовувати для підвищення ефективності прогрівання полотниць вологих віскозних та бавовняних тканин при її контактній сушці на поверхні сушильних пристроїв, що дозволить заощадити електроенергію та підвищити продуктивність процесу сушіння.

Ключові слова: деформація тканини, рівномірний розподіл речовини, ефект градієнта температур, лінійна швидкість проходження віскозних та бавовняних тканин.

АННОТАЦИЯ

Ефимова В. Алгоритмические и программные компоненты системы проектирования процесса изменения температуры сырья в случае одновременного контактного воздействия. – Рукопись.

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

Дипломная магистерская работа посвящена исследованию теоретических задач активации процесса переноса термореактивных смол и гидрофобных растворов по толщине обрабатываемых полотниць ткани и обоснованию практических направлений обеспечения более равномерного распределения вещества по сечению ткани и отдельных ее волокон в случае одновременного контактного воздействия на основе разработки математических и программных компонентов САПР.

Предложены аналитические зависимости между длиной контактной зоны, скоростью движения ткани и температурой контактной поверхности. Рекомендованы основные направления практического усовершенствования механизма прогрева полотнища ткани. Для чего использовался эффект градиента температур на основе разработки математических и программных компонентов САПР с учетом малой длины контактной зоны, деформации ткани в зоне транспортирующих цилиндров, изолированности поверхности полотнища ткани в месте ее контакта с окружающей воздушной средой. Результаты дипломной магистерской работы можно использовать для повышения эффективности прогрева полотнищ вязкозных и хлопчатобумажных тканей при контактной сушке на поверхности сушильных устройств, что позволит экономить электроэнергию и повысить производительность процесса сушки.

Ключевые слова: деформация ткани, равномерное распределение вещества, эффект градиента температур, линейная скорость прохождения вязкозных и хлопчатобумажных тканей.

ANNOTATION

Efimova V. Algorithmic and software components of the design system for the process of changing the temperature of raw materials in the case of simultaneous contact action. - Manuscript.

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

The master's thesis is devoted to the study of theoretical problems of activation of the transfer process of thermosetting resins and hydrophobic solutions through the thickness of the processed fabric panels and the substantiation of practical directions for ensuring a more uniform distribution of matter over the cross section of the fabric and its individual fibers in the case of simultaneous contact action based on the development of mathematical and software components of CAD.

Analytical relationships between the length of the contact zone, the speed of tissue movement and the temperature of the contact surface are proposed. The main directions of practical improvement of the mechanism for warming up the cloth panel are recommended. For this, the effect of the temperature gradient was used on the basis of the development of mathematical and software components of CAD, taking into account the small length of the contact zone, deformation of the tissue in the zone of the transporting cylinders, and the isolation of the surface of the cloth in the place of its contact with the surrounding air environment. The results of the master's thesis can be used to increase the efficiency of heating viscose and cotton fabrics during contact drying on the surface of drying devices, which will save energy and increase the productivity of the drying process.

Keywords: tissue deformation, uniform distribution of matter, temperature gradient effect, linear velocity of viscose and cotton fabrics passing.

ЗМІСТ

Вступ	7.
Розділ 1. Математичне забезпечення. Система проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу	10.
Висновки по 1 розділу	22.
Розділ 2. Алгоритмічне забезпечення. Алгоритм системи проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу	23.
Висновки по 2 розділу	40.
Розділ 3. Програмне забезпечення. Система проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу	41.
Висновки по 3 розділу	50.
Висновки	51.
Список використаних джерел	53.
Додаток 1	61.
Додаток 2	62.
Додаток 3	65.

ВСТУП

Актуальність теми. Підвищення ефективності прогрівання полотнищ вологих віскозних та бавовняних тканин при її контактній сушці на поверхні сушильних пристроїв дозволяє заощадити електроенергію та підвищити продуктивність процесу сушіння. Для розрахунку процесу необхідно виявити аналітичний зв'язок між довжиною контактної зони, швидкістю руху тканини і температурою контактної поверхні циліндрів. Оскільки для вологої тканини встановити таку залежність на підставі загальноприйнятих аналітичних формул скрутно, нами цей зв'язок визначається для випадку прогрівання в аналогічних умовах повітряно-сухої тканини. Механізм прогрівання полотнищ віскозних та бавовняних тканин багато в чому схожий з прогріванням полотна вологих віскозних та бавовняних тканин при їх контактній сушці на поверхні сушильних барабанів. Цей механізм можна представити таким чином: спочатку контакту поверхні мокро віджатої тканини з гарячими поверхнями циліндрів по товщині полотна виникає значний градієнт, під дією якого з одного боку відбувається індуктивне прогрівання, а з іншої - рух через його товщу температурного дифузійного потоку рідкої води.

За рахунок інтенсивного паротворення в місці контакту вологих віскозних та бавовняних тканин з гарячими поверхнями циліндрів, додатково виникає градієнт загального тиску пари, за рахунок якої потік пари також інтенсивно рухається у внутрішні шари віскозних та бавовняних тканин, конденсуючись на поверхні волокон, дуже швидко прогріває всю товщину віскозних та бавовняних тканин, ліквідовуючи температурний градієнт.

Мета дослідження – удосконалення системи проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу.

Завдання дослідження. Розробити відповідні математичні моделі системи проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу, алгоритм для їх реалізації на ЕОМ, програмне забезпечення для реалізації розробленого алгоритму.

Об'єкт дослідження. Технологічний процес сушіння віскозних та бавовняних тканин.

Предмет дослідження. Системи проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу.

Методи дослідження. Теоретичною основою при вирішенні науково-технічної проблеми по удосконаленню системи проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу є математичні та алгоритмічні компоненти САПР. Математичні компоненти системи проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу базуються на аналізі фізичної моделі предмету дослідження з використанням елементів алгебраїчних та диференційних рівнянь, визначених інтегралів, теорії матриць, регресійного аналізу. Алгоритмічні компоненти системи проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу базуються на використанні чисельних методів розв'язання систем алгебраїчних, трансцендентних та диференційних рівнянь, визначених інтегралів. Технологічні компоненти дослідження системи проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу базуються на роботах провідних вчених в галузях розробки математичних та програмних компонентів САПР, технології швейного, текстильного та трикотажного виробництв, текстильного матеріалознавства, механіки нитки, теорії пружності з використанням елементів математичного моделювання.

Елементи наукової новизни. Мають узагальнюючий характер і містять власні висновки та рекомендації по удосконаленню системи проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу на основі розробки математичних та програмних компонентів САПР. На основі розробки математичних компонентів САПР з урахуванням малої довжини контактної зони, деформації тканини в зоні транспортуючих циліндрів, ізолюваності поверхні полотниць віскозних та бавовняних тканин в місці їх контакту з навколишнім повітряним удосконалено механізм

прогрівання полотнищ віскозних та бавовняних тканин з використанням ефекту градієнта температур на основі розробки математичних та програмних компонентів САПР. Запропоновано аналітичні залежності між довжиною контактної зони, швидкістю руху віскозних та бавовняних тканин і температурою контактної поверхні та основні напрями практичного удосконалення механізму прогрівання полотнищ віскозних та бавовняних тканин з використанням ефекту градієнта температур.

Практична цінність. Результати дипломної магістерської роботи можна використовувати для підвищення ефективності прогрівання полотнищ вологих віскозних та бавовняних тканин при її контактній сушці на поверхні сушильних пристроїв, що дозволить заощадити електроенергію та підвищити продуктивність процесу сушіння. Все це дозволяє стверджувати про реалізацію мети дипломної магістерської роботи за спеціальністю 122 - комп'ютерні науки.

Апробація результатів роботи. За результатами дипломної магістерської роботи отримано 2 публікації. Стаття опублікована в спеціалізованому виданні. Зроблена 1 доповідь на Міжнародній науковій конференції.

РОЗДІЛ 1. МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.

Система проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу.

У деяких ситуаціях одна з речовин уже має вирівняну концентрацію, і говорять про дифузію одної речовини в іншій. При цьому зазвичай перенесення речовини відбувається з області з високою концентрацією в область з низькою концентрацією (вздовж вектора градієнта концентрації). Спосіб активації процесу перенесення конденсатів термореактивних смол і гідрофобних розчинів по товщині оброблюваних полотнищ, з метою забезпечення більш рівномірного їх розподілу по перетину тканини і окремих її волокон, заснований на одночасній двосторонній контактній тепловій дії на оброблювану тканину і на використанні короткочасного значного по величині градієнта температур, що виникає у цей момент по товщині полотнища тканини. Така дія конструктивно досягається шляхом пропускання тканини через жало циліндрів, що обертаються. Капілярні властивості текстильних матеріалів мають важливе значення, як в технологічних процесах опоряджувального виробництва, так і при експлуатації. Вони також визначають умови просочування текстильних матеріалів технологічними розчинами при опорядженні та хімічному чищенні.

Прогрівання полотнища вологої тканини при її контактній сушці на поверхні сушильних барабанів схожа з механізмом прогрівання полотнища тканини. Короткочасність контакту, деформація тканини в зоні циліндрів і ізольованість поверхні полотнища тканини в місці її контакту від навколишнього повітряного середовища обумовлює специфіку процесу проникнення рідини в середину тканини. Механізм проникнення рідини в середину тканини можна представити складеним з двох частин. В першій фазі виникає значний градієнт по товщині полотнища при контакту поверхні мокро віджатої тканини з гарячими поверхнями циліндрів. При цьому відбувається індуктивне прогрівання. Далі відбувається рух температурного дифузійного потоку рідкої вологи через товщу матеріалу.

На другій фазі виникає градієнт загального тиску пари за рахунок інтенсивного паротворення в місці контакту вологої тканини з гарячими поверхнями циліндрів. Потік пари також інтенсивно рухається у внутрішні шари і конденсується на поверхні волокон. Це призводить до швидкого прогрівання усієї товщини тканини, що ліквідує температурний градієнт.

Необхідно виявити аналітичний зв'язок між довжиною контактної зони, швидкістю руху тканини і температурою контактної поверхні циліндрів. Це дозволить виконати розрахунок процесу обробки тканини збитковим теплом. Для випадку прогрівання сировини в умовах повітряно-сухої тканини встановити таку залежність на підставі загальноприйнятих аналітичних формул скрутно. Розрахункова схема завдання приведена на рис. 1.1.

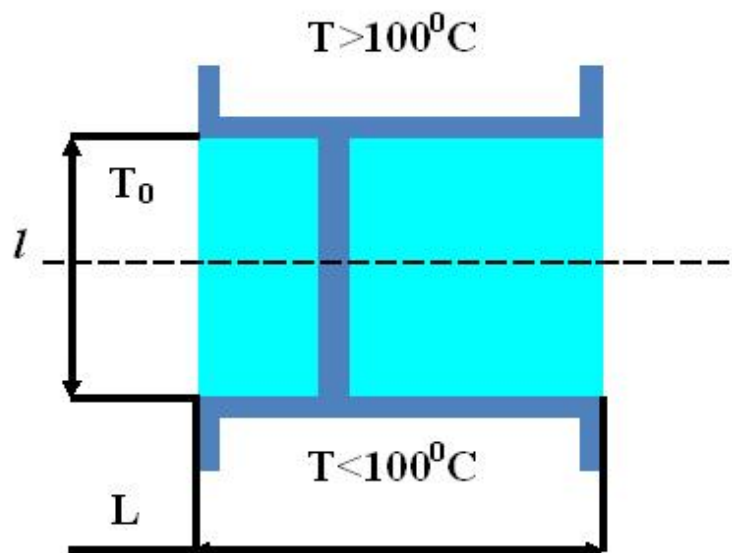


Рис.1.1. Розрахункова схема

Визначення розповсюдження температури по товщині тканини при достатньо великих діаметрах зустрічних циліндрів, що обігріваються, незначній товщині текстильного матеріалу проведемо аналітичним шляхом. Введемо позначення: L - довжина контактної зони для віскозних та бавовняних тканин; l - відстань між двома поверхнями циліндрів; T_0 - початкова температура, рівна температурі розчину перед конденсатом в плюсованій ванні; δ - допустиме

відхилення температури прогрітих віскозних та бавовняних тканин від температури поверхні циліндрів, яке визначалося експериментально. Віскозна чи бавовняна тканини рухаються рівномірно з швидкістю V . При безпосередньому контакті віскозної чи бавовняної тканини з крапельно-рідкою вологою вона поглинається шляхом дифузії молекул води волокно утворюючий полімер. Істотну роль відіграють процеси змочування і капілярного вбирання. Змочування може відбуватися при частковому контакті води і матеріалу (контактне змочування) або при повному зануренні матеріалу у воду (імерсійне змочування).

Результати розрахунків процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу.

E31: 69,7; 70,0; 70,3; 70,7; 71,0; 71,3; 71,7; 72,0; 72,3;
 72,7; 73,0; 73,3; 73,7; 74,0; 74,3; 74,7; 75,0; 75,3; 75,7;
 76,0; 76,3; 76,7; 77,0; 77,3; 77,7; 78,0; 78,3; 78,7; 79,0;
 79,3; 79,7; 80,0; 80,3; 80,7; 81,0; 81,3; 81,7; 82,0; 82,3;
 82,7; 83,0; 83,3; 83,7; 84,0; 84,3; 84,7; 85,0; 85,3; 85,7;
 86,0; 86,3; 86,7; 87,0; 87,3; 87,7; 88,0; 88,3; 88,7; 89,0;
 89,3.

Капілярні процеси в текстильних матеріалах фактично являють собою сумарний ефект капілярного проникнення рідини в простір між волокнами і між нитками. Існує велика кількість звивистих, наскрізних та тупикових пор різного розміру в поперечному перерізі та будови, що значно ускладнює описання капілярних процесів в таких системах.

E32: 2,0428; 2,0434; 2,0440; 2,0447; 2,0453; 2,0459; 2,0465; 2,0472;
 2,0478; 2,0484; 2,0490; 2,0497; 2,0503; 2,0509; 2,0515; 2,0521;
 2,0528; 2,0534; 2,0540; 2,0546; 2,0552; 2,0559; 2,0565; 2,0571;
 2,0577; 2,0583; 2,0589; 2,0596; 2,0602; 2,0608; 2,0614; 2,0620;
 2,0626; 2,0632; 2,0639; 2,0645; 2,0651; 2,0657; 2,0663; 2,0669;
 2,0675; 2,0681; 2,0687; 2,0694; 2,0700; 2,0706; 2,0712; 2,0718;
 2,0724; 2,0730; 2,0736; 2,0742; 2,0748; 2,0754; 2,0760; 2,0766;

2,0772; 2,0778; 2,0784; 2,0790.

Процес передавання температури описується рівнянням теплопровідності для функції $U = f(t, x, y, z)$, при цьому достатньо знати поле температур в контактній зоні.

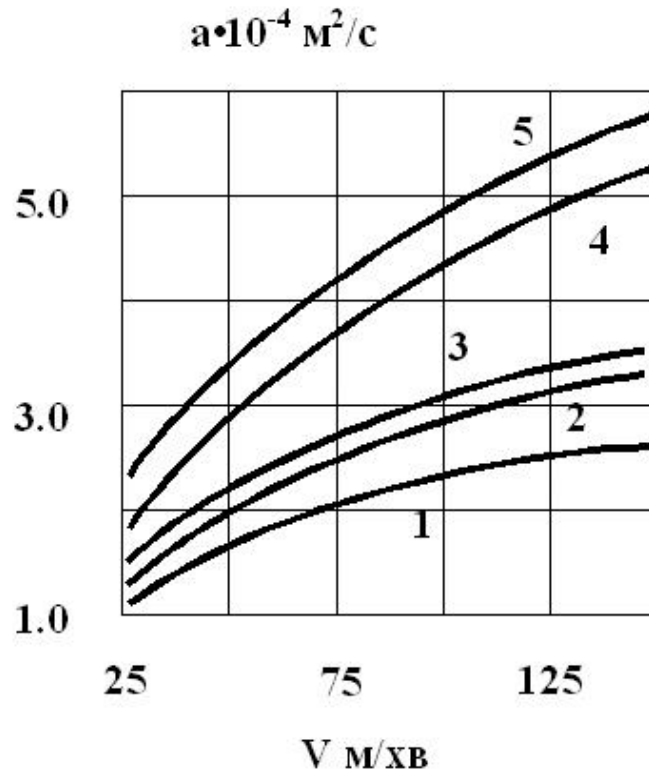


Рис.1.2. Залежності між довжиною контактної зони, швидкістю руху тканини і температурою контактної поверхні

Одним із можливих пояснень цього явища може бути те, що існуючі капіляри в волокнистих матеріалах не мають строго циліндричну форму. При змінній товщині капіляра по його довжині в пряжі або полотні в якості моделі можна використовувати капіляр конічної форми з змінною величиною радіуса по довжині. Переміщення стовпчика рідини в капілярі конічної форми обумовлюється відмінністю в кривизні менісків рідини з двох сторін стовпчика рідини і, відповідно, розходженням у величині капілярного тиску у двох кінців стовпчика рідини. При рівності радіусів в циліндровому капілярі стовпчик рідини не буде переміщатися. При вертикальному положенні конічного капіляра переміщення стовпчика рідини

буде обмежуватися силою тяжіння.

Використання лише рівняння розповсюдження тепла по товщині тканини призводить до спрощення моделі та зниження точності математичного розрахунку. При цьому довжина контактної зони розігрівання збільшується.

Результати розрахунків процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу при використанні спрощеної моделі.

E34: 88,8767; 88,8086; 88,7414; 88,6749; 88,6092; 88,5442; 88,4800;
88,4165; 88,3537; 88,2916; 88,2302; 88,1694; 88,1093; 88,0499; 87,9911;
87,9329; 87,8754; 87,8185; 87,7621; 87,7064; 87,6512; 87,5966; 87,5425;
87,4890; 87,4361; 87,3837; 87,3318; 87,2804; 87,2295; 87,1792; 87,1293;
87,0799; 87,0310; 86,9826; 86,9346; 86,8871; 86,8401; 86,7935; 86,7473;
86,7016; 86,6563; 86,6114; 86,5669; 86,5228; 86,4792; 86,4359; 86,3930;
86,3505; 86,3084; 86,2667; 86,2253; 86,1843; 86,1437; 86,1034; 86,0635;
86,0239; 85,9847; 85,9458; 85,9072; 85,8690.

Експериментально встановлено, що швидкість змочування зростає при наявності перехрещених ділянок пряжі : швидкість змочування зростає, так як на горизонтальних ділянках, на відміну від вертикальних, сила тяжіння не впливає на переміщення стовпчика рідини в капілярі. Важливим фактором при цьому процесі це розмір капілярів оскільки великі капіляри заповнюються рідиною швидше ніж менші, таким чином швидкість змочування є різною на кожній ділянці переплетення.

E35: 6,8530; 6,9085; 6,9640; 7,0196; 7,0753; 7,1310; 7,1868; 7,2427;
7,2986; 7,3546; 7,4106; 7,4667; 7,5229; 7,5791; 7,6354; 7,6918;
7,7482; 7,8047; 7,8613; 7,9179; 7,9746; 8,0313; 8,0881; 8,1450;
8,2020; 8,2590; 8,3160; 8,3732; 8,4304; 8,4876; 8,5449; 8,6023;
8,6598; 8,7173; 8,7749; 8,8325; 8,8902; 8,9480; 9,0058; 9,0637;
9,1216; 9,1797; 9,2377; 9,2959; 9,3541; 9,4124; 9,4707; 9,5291;
9,5876; 9,6461; 9,7047; 9,7633; 9,8221; 9,8808; 9,9397; 9,9986;
10,0575; 10,1166; 10,1757; 10,2348.

Розглянемо розповсюдження тепла з контактних точок поверхні

нагрітих циліндрів до центру, для чого виділимо елементарну ділянку у вигляді тонкого стрижня, перпендикулярну поверхні текстильного матеріалу. Нехтуємо нагрівом за рахунок подовжньої дифузії.

У процесах мембранного розділення використовують заряджені мембрани. Виділяють чотири основні групи заряджених мембран, що відрізняються за складом і способом виготовлення: 1) динамічні мембрани; 2) мембрани з полімеру; 3) мембрани, які одержані шляхом хімічної модифікації незарядженої мембрани; 4) неорганічні мембрани з жорстким каркасом. У всіх групах заряджених мембран величина заряду визначається концентрацією груп (фіксованих іонів), віднесеної до одиниці маси сухої мембрани, або до об'єму розчину в порах. Динамічні мембрани були першими зарядженими мембранами, які представляли практичний інтерес. Основною їх перевагою можна вважати високу продуктивність при задовільній селективності.

Для опису поля температур достатньо функції $U = f(t, x)$, що задовольняє диференційному рівнянню

$$\frac{dU}{dx} = a^2 \frac{d^2U}{dx^2}, \quad t > 0, 0 < x < l, \quad (1.1)$$

початкові граничні умови

$$U|_{x=0} = \psi_1(t), \quad U|_{x=l} = \psi_2(t), \quad (1.2)$$

початкові умови перед нагріванням

$$U|_{t=0} = \varphi(x), \quad (1.3)$$

де a^2 - коефіцієнт провідності температури тканини, m^2/c ;

U - температура, $^{\circ}C$;

x - змінна, що характеризує відстань від одного з кінців стрижня до точок вимірювання температури;

t - часовий параметр, с.

Результати розрахунків процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу для віскозних та бавовняних тканин.

E37: 554,1758; 573,7480; 592,1641; 609,5569; 626,0374; 641,6996; 656,6238;
 670,8788; 684,5245; 697,6130; 710,1900; 722,2958; 733,9662; 745,2330;
 756,1247; 766,6670; 776,8827; 786,7929; 796,4165; 805,7706; 814,8709;
 823,7320; 832,3669; 840,7879; 849,0061; 857,0319; 864,8748; 872,5438;
 880,0470; 887,3922; 894,5865; 901,6366; 908,5488; 915,3289; 921,9824;
 928,5145; 934,9301; 941,2336; 947,4294; 953,5216; 959,5140; 965,4102;
 971,2137; 976,9277; 982,5553; 988,0995; 993,5630; 998,9485; 1004,2585;
 1009,4954; 1014,6615; 1019,7589; 1024,7899; 1029,7563; 1034,6600; 1039,5029;
 1044,2868; 1049,0132; 1053,6838; 1058,3002.

Вплив температури на розділення залежить від природи розчинених компонентів, причому швидкість проходу цих компонентів через мембрану, в порівнянні зі швидкістю течії води, зі зміною температури може відрізнитися. Це явище можна використовувати для більш повного розділення сумішей на їх складові компоненти.

E38: 113,0086; 111,1128; 109,4190; 107,8935; 106,5102; 105,2480; 104,0903;
 103,0231; 102,0353; 101,1174; 100,2614; 99,4607; 98,7094; 98,0027;
 97,3363; 96,7065; 96,1100; 95,5439; 95,0058; 94,4933; 94,0046; 93,5378;
 93,0912; 92,6636; 92,2535; 91,8599; 91,4816; 91,1176; 90,7671; 90,4292;
 90,1033; 89,7886; 89,4845; 89,1904; 88,9058; 88,6302; 88,3630; 88,1040;
 87,8527; 87,6087; 87,3717; 87,1413; 86,9173; 86,6993; 86,4871; 86,2805;
 86,0792; 85,8830; 85,6917; 85,5050; 85,3229; 85,1451; 84,9714; 84,8018;
 84,6360; 84,4739; 84,3154; 84,1604; 84,0087; 83,8602.

Функції $\varphi(x)$, $\psi_1(x)$ та $\psi_2(x)$ мають вигляд

$$\begin{aligned}\varphi(x) &= T_0, \\ \psi_1(t) &= \psi_2(t) = T_0, \quad t \notin [0, t_1], \\ \psi_1(t) &= \psi_2(t) = T_1, \quad t \in [0, t_1].\end{aligned}\quad (1.4)$$

де $t_1 = L/v$ - час знаходження віскозних та бавовняних тканин в контактній зоні.

Методом розділення змінних можна вирішити змішане завдання для рівняння теплопровідності для віскозних та бавовняних тканин

$$U(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} T_n(t) \sin\left(\frac{n\pi x}{l}\right),$$

де

$$T_n(t) = e^{-\left(\frac{\pi a}{l}\right)^2 t} \left[C_n + \frac{2\pi n a^2}{l^2} \int_0^t e^{\left(\frac{\pi a}{l}\right)^2 \tau} \psi_1(\tau) - \right. \\ \left. - (-1)^n \psi_2(\tau) \right] d\tau, \quad (1.5)$$

$$C_n = T_n(0) = \frac{2}{l} \int_0^l \varphi(x) \sin \frac{n\pi x}{l} dx.$$

Обчислюємо для віскозних та бавовняних тканин функцію $T_n(t)$ і константу C_n для конкретних функцій

$$C_n = \frac{2}{l} \int_0^l \varphi(x) \sin \frac{n\pi x}{l} dx = -\frac{2T_0}{n\pi} [-(-1)^n - 1] \quad (1.6)$$

$$C_n = \frac{2}{l} \int_0^l \varphi(x) \sin \frac{n\pi x}{l} dx = -\frac{2T_0}{n\pi} [-(-1)^n - 1]$$

Результати розрахунків наведені нижче.

E36: 1,5897; 1,5903; 1,5909; 1,5915; 1,5922; 1,5928; 1,5934; 1,5940;
 1,5947; 1,5953; 1,5959; 1,5965; 1,5971; 1,5978; 1,5984; 1,5990;
 1,5996; 1,6003; 1,6009; 1,6015; 1,6021; 1,6027; 1,6033; 1,6040;
 1,6046; 1,6052; 1,6058; 1,6064; 1,6070; 1,6077; 1,6083; 1,6089;
 1,6095; 1,6101; 1,6107; 1,6113; 1,6120; 1,6126; 1,6132; 1,6138;
 1,6144; 1,6150; 1,6156; 1,6162; 1,6168; 1,6174; 1,6181; 1,6187;
 1,6193; 1,6199; 1,6205; 1,6211; 1,6217; 1,6223; 1,6229; 1,6235;
 1,6241; 1,6247; 1,6253; 1,6259.

При непарних значеннях n знаходимо коефіцієнти $T_n(t)$ по формулі

$$\begin{aligned}
T_{2k-1}(t) &= \frac{4\pi}{(2k-1)\pi} + \frac{4(T_0 - T_1)}{(2k-1)\pi} e^{-\frac{(2k-1)\pi a}{l} t}, \quad t \in (0, t_1), \\
T_{2k-1}(t) &= \frac{4(T_0 - T_1)}{(2k-1)\pi} - \frac{4(T_1 - T_0)}{(2k-1)\pi} e^{-\left[\frac{(2k-1)\pi a}{l}\right]^2 t_1} - \\
&\quad - \frac{4T_0}{(2k-1)\pi} e^{-\left[\frac{(2k-1)\pi a}{l}\right]^2 (t-t_1)}, \quad t > t_1.
\end{aligned} \tag{1.7}$$

Результати розрахунків будуть мати вигляд.

E38: 78,4023; 78,3457; 78,2898; 78,2345; 78,1799; 78,1260; 78,0727;
78,0201; 77,9680; 77,9166; 77,8658; 77,8155; 77,7658; 77,7167; 77,6681;
77,6201; 77,5727; 77,5257; 77,4793; 77,4334; 77,3879; 77,3430; 77,2986;
77,2546; 77,2111; 77,1681; 77,1255; 77,0834; 77,0417; 77,0005; 76,9597;
76,9193; 76,8793; 76,8398; 76,8006; 76,7618; 76,7235; 76,6855; 76,6479;
76,6107; 76,5738; 76,5373; 76,5012; 76,4654; 76,4299; 76,3948; 76,3601;
76,3257; 76,2916; 76,2578; 76,2243; 76,1912; 76,1584; 76,1259; 76,0937;
76,0618; 76,0301; 75,9988; 75,9678; 75,9370.

При $x = l/2$ достатньою умовою прогрівання є прогрівання в середині віскозних та бавовняних тканин. Тоді температура при $x = l/2$ для віскозних та бавовняних тканин будемо мати

$$\begin{aligned}
U\left(\frac{l}{2}, t\right) &= \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^{k+1} \left\{ \frac{4T_1}{(2k-1)\pi} - \frac{4(T_1 - T_0)}{(2k-1)\pi} e^{-\left[\frac{(2k-1)\pi a}{l}\right]^2 t} \right\}, \quad t \in (0, t_1), \\
U\left(\frac{l}{2}, t\right) &= \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^{k+1} \left\{ \frac{4(T_0 - T_1)}{(2k-1)\pi} - \frac{4(T_1 - T_0)}{(2k-1)\pi} e^{-\left[\frac{(2k-1)\pi a}{l}\right]^2 t_1} - \right. \\
&\quad \left. - \frac{4T_0}{(2k-1)\pi} e^{-\left[\frac{(2k-1)\pi a}{l}\right]^2 (t-t_1)} \right\}, \quad t > t_1.
\end{aligned} \tag{1.8}$$

Експериментальні дослідження свідчать, що максимум отриманої функції досягається при $t > t_1$, а точніше поблизу значення $t = t_1$

$$U_{\max} = U\left(\frac{l}{2}, t_1\right) = \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^{k+1} \left\{ \frac{4T_1}{(2k-1)\pi} - \frac{4(T_1 - T_0)}{(2k-1)\pi} e^{-\left[\frac{(2k-1)\pi a}{l}\right]^2 t_1} \right\}. \tag{1.9}$$

Для віскозних та бавовняних тканин можна оцінити різницю

$$\delta = \left| U\left(\frac{l}{2}, t_1\right) - T_1 \right|. \quad (1.10)$$

Визначаємо довжину контактної зони по розігріванню віскозних та бавовняних тканин в жалі циліндрів. Для чого перепишемо ряд (1.9) у формі

$$U\left(\frac{l}{2}, t_1\right) = \frac{4T_1}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^{k+1}}{2k-1} - \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^{k+1} \left\{ \frac{4(T_1 - T_0)}{(2k-1)\pi} e^{-\frac{(2k-1)\pi a}{l} t_1} \right\}. \quad (1.11)$$

Підсумовуючи перший ряд, отримуємо для віскозних та бавовняних тканин

$$\frac{4T_1}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^{k+1}}{2k-1} = \frac{4T_1}{\pi} \operatorname{arctg} l = T_1. \quad (1.12)$$

Остаточно для віскозних та бавовняних тканин будемо мати вираз

$$\delta = \frac{4(T_1 - T_0)}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^{k+1}}{2k-1} e^{-\frac{(2k-1)\pi a}{l} t_1}. \quad (1.13)$$

Результати розрахунку представлені нижче.

E34: 128,8253; 126,6577; 124,7207; 122,9758; 121,3930; 119,9485; 118,6231;
 117,4011; 116,2696; 115,2179; 114,2369; 113,3189; 112,4574; 111,6467;
 110,8821; 110,1591; 109,4742; 108,8240; 108,2058; 107,6168; 107,0550;
 106,5181; 106,0044; 105,5123; 105,0402; 104,5869; 104,1510; 103,7316;
 103,3275; 102,9379; 102,5619; 102,1987; 101,8476; 101,5080; 101,1792;
 100,8606; 100,5518; 100,2522; 99,9614; 99,6789; 99,4045; 99,1376;
 98,8780; 98,6253; 98,3792; 98,1395; 97,9058; 97,6780; 97,4558; 97,2389;
 97,0271; 96,8203; 96,6183; 96,4208; 96,2277; 96,0389; 95,8542; 95,6734;
 95,4964; 95,3232.

Мембрани з анізотропною структурою характеризуються високою питомою продуктивністю, відсутністю закупорки пор у процесі експлуатації. Термін дії цих мембран визначається, головним чином, хімічною стійкістю матеріалу мембрани в робочих середовищах. Для мембран з ізотропною структурою характерне швидке зниження проникності внаслідок закупорки пор колоїдними або зваженими частинками, які містяться

в розчинах. Мембрани з анізотропною структурою виготовляють з розчинів полімерів з різними добавками, що перешкоджають ущільненню полімеру внаслідок дії капілярних сил, видаленням розчинників або попередньо введених в них добавок. Дифузійні мембрани застосовуються для розділення газів і для розділення рідких сумішей методом випаровування через мембрану.

E35: 0,7105; 0,7583; 0,8062; 0,8542; 0,9023; 0,9504; 0,9986; 1,0468; 1,0951; 1,1435; 1,1919; 1,2404; 1,2890; 1,3376; 1,3862; 1,4350; 1,4838; 1,5327; 1,5816; 1,6306; 1,6797; 1,7288; 1,7780; 1,8272; 1,8765; 1,9259; 1,9753; 2,0248; 2,0744; 2,1240; 2,1737; 2,2235; 2,2733; 2,3232; 2,3732; 2,4232; 2,4732; 2,5234; 2,5736; 2,6238; 2,6742; 2,7246; 2,7750; 2,8256; 2,8761; 2,9268; 2,9775; 3,0283; 3,0791; 3,1300; 3,1810; 3,2320; 3,2831; 3,3343; 3,3855; 3,4368; 3,4882; 3,5396; 3,5911; 3,6426.

Члени ряду убивають по абсолютній величині. Похибка буде менше через те, що сума ряду не перевершує першого члена

$$\delta \leq \left[\frac{4(T_1 - T_0)}{\pi} \right] e^{-\left(\frac{\pi a}{l}\right)^2 t_1}. \quad (1.14)$$

При умові для віскозних та бавовняних тканин $t_1 = L/V$

$$\delta \leq \left[\frac{4(T_1 - T_0)}{\pi} \right] e^{-\left(\frac{\pi a}{l}\right)^2 \frac{L}{V}}. \quad (1.15)$$

Відносно L вирішуємо останню нерівність. Будемо мати

$$L \geq \left(\frac{l^2 v}{\pi^2 a^2} \right) \ln \left[4 \frac{(T_1 - T_0)}{\pi \delta} \right], \quad (1.16)$$

При допустимому відхиленні δ температури тканини від температури поверхні циліндрів для прогрівання тканини товщиною L , рухомою з швидкістю V , достатня довжина контактної зони для віскозних та бавовняних тканин визначається за формулою

$$L = \left(\frac{l^2 v}{\pi^2 a^2} \right) \ln \left[4 \frac{(T_1 - T_0)}{\pi \delta} \right], \quad (1.17)$$

де T_0 и T_1 - відповідно температура навколишнього середовища і поверхні циліндрів, що обертаються, °С.

Результати розрахунків процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу для віскозних та бавовняних тканин.

Е33: 1373,1623; 1378,8621; 1384,4964; 1390,0669; 1395,5752; 1401,0228; 1406,4113; 1411,7421; 1417,0167; 1422,2364; 1427,4026; 1432,5164; 1437,5791; 1442,5919; 1447,5559; 1452,4722; 1457,3419; 1462,1660; 1466,9455; 1471,6814; 1476,3745; 1481,0259; 1485,6363; 1490,2065; 1494,7376; 1499,2301; 1503,6849; 1508,1028; 1512,4844; 1516,8305; 1521,1417; 1525,4188; 1529,6623; 1533,8729; 1538,0512; 1542,1977; 1546,3132; 1550,3981; 1554,4529; 1558,4783; 1562,4747; 1566,4426; 1570,3825; 1574,2949; 1578,1802; 1582,0390; 1585,8717; 1589,6786; 1593,4602; 1597,2170; 1600,9492; 1604,6574; 1608,3418; 1612,0030; 1615,6411; 1619,2566; 1622,8499; 1626,4212; 1629,9709.

Для складного теплового процесу, який відбувається в жалі зустрічних циліндрів вирішення рівняння (1.17) неможливе. Для віскозних та бавовняних тканин відсутні дані для коефіцієнту провідності температури. Необхідно заздалегідь визначати довжину контактної зони для обчислення умовного коефіцієнта провідності температури, а потім вирішувати рівняння (1.17) у вигляді

$$a = \sqrt{\left(\frac{l^2 v}{\pi^2 L}\right) \ln\left[4 \frac{(T_1 - T_0)}{\pi \delta}\right]}, \quad (1.18)$$

Для віскозних та бавовняних тканин залежність умовного коефіцієнта провідності температури від лінійної швидкості проходження через зону циліндрів, що обігріваються, для текстильних матеріалів буде мати значення: 1 – віскозна штапельна тканина арт. 72003 завтовшки 0,00032 м; 2 - декоративна віскозна штапельна тканина ар. 75022 завтовшки 0,00052 м; 3 - меланжева тканина арт. 82045 завтовшки 0,00061 м; 4 - бавовняна саржа арт. 3217 завтовшки 0,00049 м; 5 - бавовняний репс арт. 3159 завтовшки 0,00054 м.

Отримаємо наступні дані.

E32: 1,9660; 1,9667; 1,9673; 1,9680; 1,9687; 1,9693; 1,9700; 1,9706;
 1,9713; 1,9720; 1,9726; 1,9733; 1,9739; 1,9746; 1,9752; 1,9759;
 1,9765; 1,9772; 1,9779; 1,9785; 1,9792; 1,9798; 1,9805; 1,9811;
 1,9818; 1,9824; 1,9831; 1,9838; 1,9844; 1,9851; 1,9857; 1,9864;
 1,9870; 1,9877; 1,9883; 1,9890; 1,9896; 1,9903; 1,9909; 1,9916;
 1,9922; 1,9929; 1,9935; 1,9942; 1,9948; 1,9955; 1,9961; 1,9968;
 1,9974; 1,9981; 1,9987; 1,9994; 2,0000; 2,0007; 2,0013; 2,0020;
 2,0026; 2,0033; 2,0039; 2,0046.

Для віскозних та бавовняних тканин товщина визначалася на вимірнику товщини підприємства з точністю 0,01 мм. Помилка вимірювань товщини склала 1,8%. Виходячи з якісних показників віскозних та бавовняних тканин решта параметрів приймалася оптимальними: діаметр транспортерів 0,245 м; $T_{HB} = T_{BB} = 125^{\circ}\text{C}$; відхилення температури віскозних та бавовняних тканин від температури поверхні транспортерів, визначене експериментально, дорівнювало 22°C .

ВИСНОВКИ ПО 1 РОЗДІЛУ.

1. Для системи проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу для віскозних та бавовняних тканин отримані математичні залежності між довжиною контактної зони, швидкістю руху тканини і температурою контактної поверхні.
2. Отримане математичне забезпечення по удосконаленню механізму прогрівання полотнища тканини з використанням ефекту градієнта температур з урахуванням малої довжини контактної зони, деформації тканини в зоні транспортуючих циліндрів, ізолюваності поверхні полотнища тканини в місці її контакту з навколишнім повітряним середовищем.

РОЗДІЛ 2. АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.

Алгоритм системи проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу.

Алгоритмічний ланцюг математичних залежностей для активації процесу перенесення термореактивних смол і гідрофобних розчинів по товщині оброблюваних полотниць тканини має наступну форму.

Перша алгоритмічна гілка: опис поля температур та рівняння теплопровідності для реалізації алгоритму системи проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу з граничними та початковими умовами представляється наступною системою

$$\frac{dU}{dx} = a^2 \frac{d^2U}{dx^2}, \quad t > 0, 0 < x < l,$$

$$U|_{x=0} = \psi_1(t), \quad U|_{x=l} = \psi_2(t),$$

$$U|_{t=0} = \varphi(x),$$

$$\varphi(x) = T_0,$$

$$\psi_1(t) = \psi_2(t) = T_0, \quad t \notin [0, t_1],$$

$$\psi_1(t) = \psi_2(t) = T_1, \quad t \in [0, t_1].$$

$$U(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} T_n(t) \sin\left(\frac{n\pi x}{l}\right),$$

$$T_n(t) = e^{-\left(\frac{\pi n a}{l}\right)^2 t} \left[C_n + \frac{2\pi n a^2}{l^2} \int_0^t e^{\left(\frac{\pi n a}{l}\right)^2 \tau} \psi_1(\tau) - \right. \\ \left. - (-1)^n \psi_2(\tau) \right] d\tau,$$

$$C_n = T_n(0) = \frac{2}{l} \int_0^l \varphi(x) \sin \frac{n\pi x}{l} dx.$$

Результати розрахунку складових компонентів поля температур для віскозної, бавовняної репсової та саржевої тканини, меланжевої тканини мають наступний вигляд.

E28: 23,5316; 23,5287; 23,5258; 23,5231; 23,5204; 23,5179; 23,5155;
 23,5132; 23,5110; 23,5089; 23,5069; 23,5050; 23,5032; 23,5014; 23,4998;
 23,4983; 23,4968; 23,4955; 23,4942; 23,4930; 23,4919; 23,4909; 23,4900;
 23,4891; 23,4883; 23,4876; 23,4870; 23,4864; 23,4859; 23,4855; 23,4852;
 23,4849; 23,4847; 23,4846; 23,4845; 23,4845; 23,4846; 23,4847; 23,4849;
 23,4851; 23,4854; 23,4858; 23,4862; 23,4867; 23,4872; 23,4878; 23,4885;
 23,4892; 23,4899; 23,4907; 23,4916; 23,4925; 23,4934; 23,4944; 23,4955;
 23,4966; 23,4977; 23,4989; 23,5001; 23,5014.

Друга алгоритмічна гілка: значення коефіцієнтів в рівнянні теплопровідності та умови прогрівання в середині віскозної, бавовняної репсової та саржевої тканини представлені наступною системою алгебраїчних рівнянь

$$T_{2k-1}(t) = \frac{4\pi}{(2k-1)\pi} + \frac{4(T_0 - T_1)}{(2k-1)\pi} e^{-\frac{(2k-1)\pi a}{l} t}, \quad t \in (0, t_1),$$

$$T_{2k-1}(t) = \frac{4(T_0 - T_1)}{(2k-1)\pi} - \frac{4(T_1 - T_0)}{(2k-1)\pi} e^{-\left[\frac{(2k-1)\pi a}{l}\right]^2 t_1} -$$

$$- \frac{4T_0}{(2k-1)\pi} e^{-\left[\frac{(2k-1)\pi a}{l}\right]^2 (t-t_1)}, \quad t > t_1.$$

$$U\left(\frac{l}{2}, t\right) = \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^{k+1} \left\{ \frac{4T_1}{(2k-1)\pi} - \frac{4(T_1 - T_0)}{(2k-1)\pi} e^{-\left[\frac{(2k-1)\pi a}{l}\right]^2 t} \right\}, \quad t \in (0, t_1),$$

$$U\left(\frac{l}{2}, t\right) = \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^{k+1} \left\{ \frac{4(T_0 - T_1)}{(2k-1)\pi} - \frac{4(T_1 - T_0)}{(2k-1)\pi} e^{-\left[\frac{(2k-1)\pi a}{l}\right]^2 t_1} -$$

$$- \frac{4T_0}{(2k-1)\pi} e^{-\left[\frac{(2k-1)\pi a}{l}\right]^2 (t-t_1)} \right\}, \quad t > t_1.$$

Результати розрахунків представлені нижче.

E210: 0,5308; 0,5314; 0,5320; 0,5327; 0,5333; 0,5339; 0,5345;
 0,5352; 0,5358; 0,5364; 0,5370; 0,5377; 0,5383; 0,5389; 0,5395;
 0,5401; 0,5408; 0,5414; 0,5420; 0,5426; 0,5432; 0,5439; 0,5445;
 0,5451; 0,5457; 0,5463; 0,5469; 0,5476; 0,5482; 0,5488; 0,5494;

0,5500; 0,5506; 0,5512; 0,5519; 0,5525; 0,5531; 0,5537; 0,5543;
 0,5549; 0,5555; 0,5561; 0,5567; 0,5574; 0,5580; 0,5586; 0,5592;
 0,5598; 0,5604; 0,5610; 0,5616; 0,5622; 0,5628; 0,5634; 0,5640;
 0,5646; 0,5652; 0,5658; 0,5664; 0,5670.

Третя алгоритмічна гілка: екстремальне значення умови прогрівання в середині віскозної, бавовняної репсової та саржевої тканини

$$U_{\max} = U\left(\frac{l}{2}, t_1\right) = \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^{k+1} \left\{ \frac{4T_1}{(2k-1)\pi} - \frac{4(T_1 - T_0)}{(2k-1)\pi} e^{-\left[\frac{(2k-1)\pi a}{l}\right]^2 t_1} \right\}.$$

$$\delta = \left| U\left(\frac{l}{2}, t_1\right) - T_1 \right|.$$

$$U\left(\frac{l}{2}, t_1\right) = \frac{4T_1}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^{k+1}}{2k-1} - \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^{k+1} \left\{ \frac{4(T_1 - T_0)}{(2k-1)\pi} e^{-\left[\frac{(2k-1)\pi a}{l}\right]^2 t_1} \right\}.$$

$$\frac{4T_1}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^{k+1}}{2k-1} = \frac{4T_1}{\pi} \operatorname{arctg} l = T_1.$$

Четверта алгоритмічна гілка: математичні залежності похибки та довжини контактної зони віскозної, бавовняної репсової та саржевої тканини з поверхнею циліндрів

$$\delta = \frac{4(T_1 - T_0)}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^{k+1}}{2k-1} e^{-\left[\frac{(2k-1)\pi a}{l}\right]^2 t_1}.$$

$$\delta \leq \left[\frac{4(T_1 - T_0)}{\pi} \right] e^{-\left[\frac{\pi a}{l}\right]^2 t_1}.$$

$$\delta \leq \left[\frac{4(T_1 - T_0)}{\pi} \right] e^{-\left[\frac{\pi a}{l}\right]^2 \frac{L}{v}}.$$

$$L \geq \left(\frac{l^2 v}{\pi^2 a^2} \right) \ln \left[4 \frac{(T_1 - T_0)}{\pi \delta} \right],$$

$$L = \left(\frac{l^2 v}{\pi^2 a^2} \right) \ln \left[4 \frac{(T_1 - T_0)}{\pi \delta} \right],$$

$$a = \sqrt{\left(\frac{l^2 v}{\pi^2 L}\right) \ln\left[4 \frac{(T_1 - T_0)}{\pi \delta}\right]}.$$

Цифрові залежності між довжиною контактної зони, швидкістю руху тканини і температурою контактної поверхні для удосконалення механізму прогрівання полотнища тканини з використанням ефекту градієнта температур мають вигляд.

E212: 24,5406; 24,5363; 24,5320; 24,5279; 24,5239; 24,5201; 24,5163;
 24,5126; 24,5091; 24,5057; 24,5024; 24,4991; 24,4960; 24,4930; 24,4901;
 24,4873; 24,4846; 24,4820; 24,4794; 24,4770; 24,4747; 24,4724; 24,4703;
 24,4682; 24,4662; 24,4643; 24,4625; 24,4607; 24,4590; 24,4575; 24,4559;
 24,4545; 24,4531; 24,4519; 24,4506; 24,4495; 24,4484; 24,4474; 24,4465;
 24,4456; 24,4448; 24,4441; 24,4434; 24,4428; 24,4422; 24,4418; 24,4413;
 24,4409; 24,4406; 24,4404; 24,4402; 24,4400; 24,4399; 24,4399; 24,4399;
 24,4400; 24,4401; 24,4403; 24,4405; 24,4408.

Алгоритм розв'язання диференційних рівнянь при аналізі системи проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу

Розв'язання задач активації процесу перенесення термореактивних смол і гідрофобних розчинів по товщині оброблюваних полотнищ тканини потребує інтегрування систем диференційних рівнянь. Характер граничних умов впливає на поділення диференційних рівнянь на класи. До першого класу належать одно точкові. До другого класу належать двох точкові. До третього класу належать багато точкові. До одно точкових відносяться звичайні диференціальні рівняння. Їх граничні умови повинні виконуватися в одній точці. До двох точкових відносяться диференціальні рівняння, у яких початкові або граничні умови задані в двох точках. До багато точкових диференціальних рівнянь, порядку вище другого, відносяться такі, у яких граничні умови мають ступінь вище за першу.

0,4865; 0,4902; 0,4939; 0,4976; 0,5013; 0,5051; 0,5088; 0,5125;
0,5163; 0,5200; 0,5238; 0,5275.

Методи вирішення диференціальних рівнянь диференціального рівняння задач активації процесу перенесення термореактивних смол і гідрофобних розчинів по товщині можна розділити на методи, що не містять ніяких способів оцінки погрішності та кінцево-різницеві методи оцінки. До перших можна віднести методи Ейлера, метод трапецій, метод Рунге - Кута. До других відносяться метод Адамса, метод Крилова.

Диференціальне рівняння задач активації процесу перенесення термореактивних смол і гідрофобних розчинів по товщині має вигляд

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

Необхідно знайти наближене рішення диференціального рівняння задач активації процесу перенесення термореактивних смол і гідрофобних розчинів по товщині (2.7) в точках з координатами $x_1 = x_0 + h$, $x_2 = x_0 + 2h, \dots, x_n = x_0 + nh$, де h - постійний крок; x_0 - координата початку відрізка.

Початкова умова $x = x_0$, $y_0 = y(x_0)$. Наближене значення першої похідної диференціального рівняння задач активації процесу перенесення термореактивних смол і гідрофобних розчинів по товщині має вигляд

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

де $k = 0, 1, \dots, n-1$.

Прирівнюючи (2.7) і (2.8), отримаємо

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

звідки

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

Використовуючи рекурентну формулу (2.9) для точок $k = 0, 1, \dots, n-1$ будуємо ламану, яка приблизно замінює інтегральну криву диференціального

рівняння задач активації процесу перенесення термореактивних смол і гідрофобних розчинів по товщині. Суть методу полягає в тому, що через початок кожного відрізка $[x_k, x_{k+1}]$ проводиться дотична до інтегральної кривої диференціального рівняння задач активації процесу перенесення термореактивних смол і гідрофобних розчинів по товщині.

Погрішність методу пропорційна h^2 . З урахуванням сказаного вище були отримані результати розрахунку для вовняної репсової тканини та вовняної саржевої тканини:

E24: 22,1148; 22,1139; 22,1131; 22,1123; 22,1117; 22,1112; 22,1108;
 22,1104; 22,1102; 22,1100; 22,1100; 22,1100; 22,1101; 22,1103; 22,1105;
 22,1109; 22,1113; 22,1118; 22,1124; 22,1130; 22,1138; 22,1146; 22,1154;
 22,1164; 22,1174; 22,1184; 22,1196; 22,1207; 22,1220; 22,1233; 22,1247;
 22,1262; 22,1277; 22,1292; 22,1308; 22,1325; 22,1342; 22,1360; 22,1378;
 22,1397; 22,1417; 22,1437; 22,1457; 22,1478; 22,1499; 22,1521; 22,1543;
 22,1566; 22,1589; 22,1613; 22,1637; 22,1661; 22,1686; 22,1711; 22,1737;
 22,1763; 22,1790; 22,1816; 22,1844; 22,1871.

Метод трапецій реалізується застосуванням на кожному кроці рекурентної формули

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

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

Рекурентна формула для реалізації методів Рунге - Кута має вигляд

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

Суть методів Рунге - Кута полягає в тому, що на початковому етапі через точку M_k проводять лінію поля $f(x_k, y_k)$ та обчислюють координати точки M_{ke} , яка ділить відрізок $[x_k, x_{k+1}]$ навпіл.

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

Рекурентна формула методу Рунге - Кута четвертого порядку має вигляд

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

Метод Рунге - Кута четвертого порядку володіє більшою стійкістю до виникнення нестійкості рішення. Його погрішність пропорційна h^5 .

Результати розрахунку представлені нижче:

E27: 37,3650; 37,4704; 37,5756; 37,6805; 37,7852; 37,8897;
 37,9939; 38,0979; 38,2016; 38,3051; 38,4084; 38,5115; 38,6143; 38,7170;
 38,8194; 38,9216; 39,0235; 39,1253; 39,2269; 39,3282; 39,4294; 39,5303;
 39,6310; 39,7316; 39,8319; 39,9321; 40,0321; 40,1318; 40,2314; 40,3308;
 40,4300; 40,5291; 40,6279; 40,7266; 40,8251; 40,9234; 41,0215; 41,1195;
 41,2172; 41,3149; 41,4123; 41,5096; 41,6067; 41,7036; 41,8004; 41,8970;
 41,9935; 42,0898; 42,1859; 42,2819; 42,3777; 42,4734; 42,5689; 42,6643;
 42,7595; 42,8545; 42,9494; 43,0442; 43,1388; 43,2333.

Метод Рунге – Кута - Мерсона з автоматичною зміною кроку забезпечує можливість наближення оцінки похибки на кожному кроці інтегрування.

Рекурентна система рівнянь методу Рунге – Кута - Мерсона з автоматичною зміною кроку має вигляд

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

Погрішність обчислення за методом Рунге – Кута - Мерсона з автоматичною зміною кроку y_{k+1} визначається по формулі

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

Результати розрахунку за методом Рунге – Кута - Мерсона з автоматичною зміною кроку представлені нижче:

E22: 0,4310; 0,4317; 0,4323; 0,4329; 0,4335; 0,4342; 0,4348; 0,4354;
 0,4360; 0,4367; 0,4373; 0,4379; 0,4385; 0,4391; 0,4398; 0,4404;
 0,4410; 0,4416; 0,4422; 0,4429; 0,4435; 0,4441; 0,4447; 0,4453;
 0,4460; 0,4466; 0,4472; 0,4478; 0,4484; 0,4490; 0,4497; 0,4503;
 0,4509; 0,4515; 0,4521; 0,4527; 0,4533; 0,4539; 0,4546; 0,4552;
 0,4558; 0,4564; 0,4570; 0,4576; 0,4582; 0,4588; 0,4594; 0,4600;
 0,4606; 0,4612; 0,4619; 0,4625; 0,4631; 0,4637; 0,4643; 0,4649;
 0,4655; 0,4661; 0,4667; 0,4673.

Для методу Рунге – Кута - Мерсона з автоматичною зміною кроку порівнюємо отриману погрішність R_{k+1} із заданою E

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

Варіант 1. (Швидкість транспортування тканини $V = 6,3$ см/с). Значення параметрів системи контролю умовного коефіцієнта провідності температури при одночасній контактній тепловій дії для віскозної репсової тканини, віскозної саржевої тканини та меланжевої тканини визначалися при середній товщині 0,62 мм - для віскозної репсової тканини, 0,74 мм – для віскозної саржевої тканини, 0,83 мм - меланжевої тканини. Температура навколишнього середовища дорівнювала $T_0 = 25^0$ С. Реалізація програмного забезпечення для системи контролю умовного коефіцієнта провідності температури при одночасній контактній тепловій дії дозволяє визначати довжину контактної зони: LVRT - для віскозної репсової тканини; LVST – віскозної саржевої тканини; LMT – для меланжевої тканини. Допустиме відхилення температури прогрітої тканини: DELVRT - для віскозної репсової тканини; DELVST – для віскозної саржевої тканини; DELMT - для меланжевої тканини. Коефіцієнт провідності температури: AVRT - для віскозної репсової тканини; AVST - для віскозної саржевої тканини; AMT - для меланжевої тканини. На рис.2.1 та 2.1.1 представлені залежності довжини контактної зони, допустимого відхилення температури прогрітої тканини, коефіцієнту провідності температури для віскозної репсової тканини, віскозної саржевої тканини та меланжевої тканини.

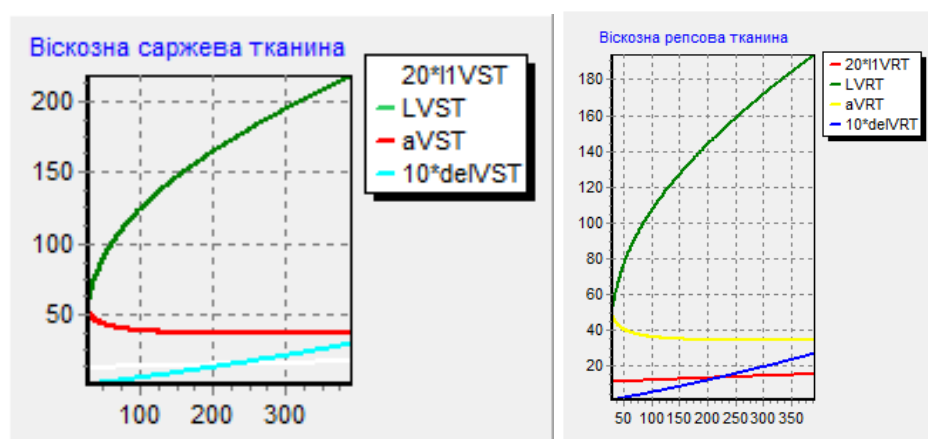


Рис.2.1

Результати розрахунків для віскозної репсової тканини, віскозної саржевої тканини та меланжевої тканини, для швидкості транспортування 6,3 см/с, мають вигляд:

E22: 0,3543; 0,3549; 0,3556; 0,3563; 0,3569; 0,3576; 0,3582; 0,3589;
 0,3595; 0,3602; 0,3609; 0,3615; 0,3622; 0,3628; 0,3635; 0,3641;
 0,3648; 0,3655; 0,3661; 0,3668; 0,3674; 0,3681; 0,3687; 0,3694;
 0,3700; 0,3707; 0,3714; 0,3720; 0,3727; 0,3733; 0,3740; 0,3746;
 0,3753; 0,3759; 0,3766; 0,3772; 0,3779; 0,3785; 0,3792; 0,3798;
 0,3805; 0,3811; 0,3818; 0,3824; 0,3831; 0,3837; 0,3844; 0,3850;
 0,3857; 0,3863; 0,3870; 0,3876; 0,3883; 0,3889; 0,3896; 0,3902;
 0,3909; 0,3915; 0,3922; 0,3928.

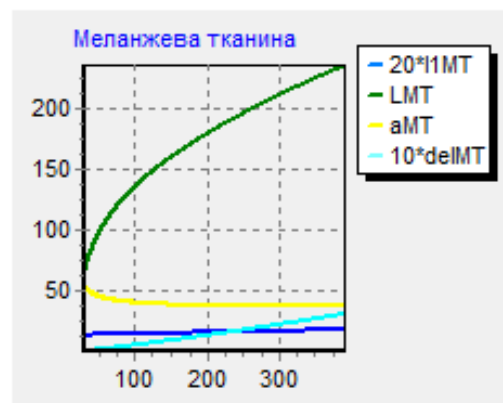


Рис.2.1.1

E24: 24,8437; 24,7428; 24,6467; 24,5551; 24,4677; 24,3842; 24,3043;
 24,2279; 24,1546; 24,0844; 24,0171; 23,9524; 23,8903; 23,8306; 23,7732;
 23,7179; 23,6647; 23,6134; 23,5639; 23,5162; 23,4702; 23,4258; 23,3829;
 23,3414; 23,3014; 23,2627; 23,2252; 23,1890; 23,1540; 23,1201; 23,0872;
 23,0554; 23,0246; 22,9948; 22,9659; 22,9378; 22,9106; 22,8843; 22,8587;
 22,8339; 22,8099; 22,7866; 22,7639; 22,7420; 22,7206; 22,6999; 22,6798;
 22,6603; 22,6414; 22,6230; 22,6052; 22,5878; 22,5710; 22,5546; 22,5388;
 22,5234; 22,5084; 22,4939; 22,4797; 22,4660.

Варіант 2. (Швидкість транспортування тканини $V = 12,5$ см/с).
 Значення параметрів системи проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу для віскозної репсової тканини VRS, віскозної саржевої тканини VST та меланжевої тканини MT. На рис.2.2 та 2.2.1 представлені залежності довжини контактної зони, допустимого відхилення температури прогрітої тканини, коефіцієнту провідності

температури для віскозної репсової тканини, віскозної саржевої тканини та меланжевої тканини для швидкості транспортування 12,5 см/с.

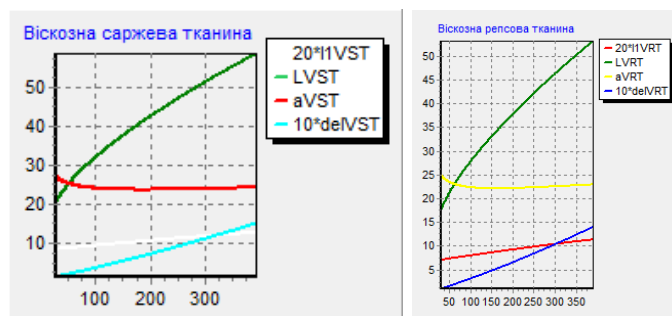


Рис.2.2

Результати розрахунків другого варіанту для віскозної репсової тканини, віскозної саржевої тканини та меланжевої тканини, для швидкості транспортування 12,5 см/с, мають вигляд:

E26: 0,4113; 0,4119; 0,4126; 0,4133; 0,4139; 0,4146; 0,4152; 0,4159;
 0,4165; 0,4172; 0,4179; 0,4185; 0,4192; 0,4198; 0,4205; 0,4211;
 0,4218; 0,4225; 0,4231; 0,4238; 0,4244; 0,4251; 0,4257; 0,4264;
 0,4270; 0,4277; 0,4284; 0,4290; 0,4297; 0,4303; 0,4310; 0,4316;
 0,4323; 0,4329; 0,4336; 0,4342; 0,4349; 0,4355; 0,4362; 0,4368;
 0,4375; 0,4381; 0,4388; 0,4394; 0,4401; 0,4407; 0,4414; 0,4420;
 0,4427; 0,4433; 0,4440; 0,4446; 0,4453; 0,4459; 0,4466; 0,4472;
 0,4479; 0,4485; 0,4492; 0,4498.

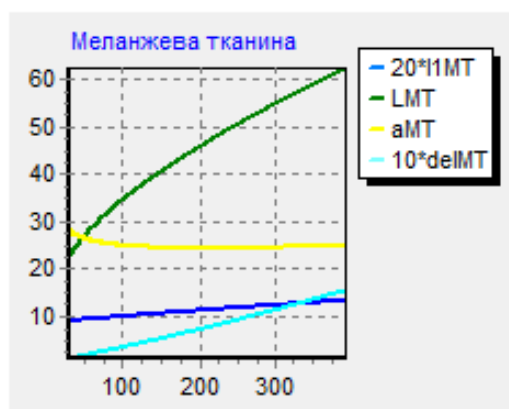


Рис.2.2.1

E28: 26,7678; 26,6556; 26,5487; 26,4467; 26,3491; 26,2559; 26,1666;
 26,0810; 25,9989; 25,9201; 25,8444; 25,7716; 25,7016; 25,6342; 25,5693;
 25,5067; 25,4464; 25,3881; 25,3319; 25,2776; 25,2251; 25,1744; 25,1253;

25,0778; 25,0318; 24,9872; 24,9441; 24,9023; 24,8618; 24,8225; 24,7843;
 24,7473; 24,7114; 24,6766; 24,6427; 24,6098; 24,5779; 24,5469; 24,5167;
 24,4874; 24,4588; 24,4311; 24,4041; 24,3779; 24,3523; 24,3275; 24,3033;
 24,2797; 24,2568; 24,2345; 24,2128; 24,1916; 24,1710; 24,1509; 24,1313;
 24,1123; 24,0937; 24,0756; 24,0580; 24,0408.

Результати розрахунків значення параметрів системи проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу для бавовняних тканин саржевого та репсового переплетення

Варіант 3. (Швидкість транспортування тканини $V = 3,8$ см/с). Значення параметрів системи проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу для бавовняної саржевої тканини VRS, бавовняної репсової тканини VST визначалися при середній товщині 0,77 мм – для бавовняної саржевої тканини, 0,87 - для бавовняної репсової тканини. Температура навколишнього середовища дорівнювала $T_0 = 18^{\circ}$ С. На рис.2.3 та 2.3.1 представлені залежності довжини контактної зони, допустимого відхилення температури прогрітої тканини, коефіцієнту провідності температури.



Рис.2.3

Результати розрахунків третього варіанту для бавовняної саржевої тканини, бавовняної репсової тканини, для швидкості транспортування 3,8 см/с, мають вигляд:

E212: 28,1246; 28,0046; 27,8902; 27,7809; 27,6764; 27,5764; 27,4806;
 27,3887; 27,3005; 27,2157; 27,1343; 27,0559; 26,9804; 26,9077; 26,8376;
 26,7700; 26,7048; 26,6418; 26,5809; 26,5220; 26,4650; 26,4099; 26,3566;
 26,3049; 26,2548; 26,2063; 26,1592; 26,1136; 26,0693; 26,0263; 25,9845;
 25,9440; 25,9045; 25,8663; 25,8290; 25,7928; 25,7576; 25,7234; 25,6900;
 25,6576; 25,6260; 25,5952; 25,5653; 25,5361; 25,5077; 25,4800; 25,4530;
 25,4267; 25,4011; 25,3760; 25,3517; 25,3279; 25,3047; 25,2820; 25,2600;
 25,2384; 25,2174; 25,1969; 25,1769; 25,1573.

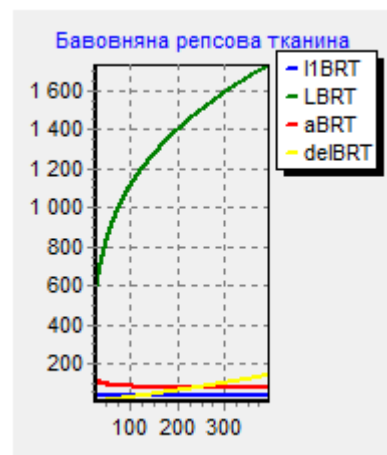


Рис.2.3.1

E24: 22,4527; 22,4398; 22,4273; 22,4151; 22,4033; 22,3918; 22,3806;
 22,3698; 22,3593; 22,3492; 22,3393; 22,3297; 22,3204; 22,3114; 22,3027;
 22,2943; 22,2861; 22,2781; 22,2704; 22,2630; 22,2558; 22,2488; 22,2421;
 22,2355; 22,2292; 22,2231; 22,2172; 22,2116; 22,2061; 22,2008; 22,1957;
 22,1908; 22,1860; 22,1815; 22,1771; 22,1729; 22,1688; 22,1650; 22,1612;
 22,1577; 22,1543; 22,1510; 22,1479; 22,1449; 22,1421; 22,1394; 22,1368;
 22,1344; 22,1321; 22,1299; 22,1279; 22,1260; 22,1242; 22,1225; 22,1209;
 22,1195; 22,1182; 22,1169; 22,1158.

Варіант 4. (Швидкість транспортування тканини $V = 14,7$ см/с).
 Значення параметрів системи проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу для бавовняної саржевої тканини VRS, бавовняної саржевої тканини VST. На рис.2.4 та 2.4.1 представлені залежності довжини контактної зони, допустимого відхилення

температури прогрітої тканини, коефіцієнту провідності температури для бавовняної саржевої тканини VRS, бавовняної саржевої тканини VST для швидкості транспортування 14,7 см/с.



Рис.2.4

Результати розрахунків четвертого варіанту для бавовняної саржевої тканини, бавовняної репсової тканини, для швидкості транспортування 14,7 см/с, мають вигляд:

E28: 24,0241; 24,0078; 23,9919; 23,9764; 23,9613; 23,9465; 23,9322;
 23,9182; 23,9046; 23,8913; 23,8783; 23,8657; 23,8534; 23,8414; 23,8297;
 23,8183; 23,8072; 23,7964; 23,7859; 23,7756; 23,7656; 23,7559; 23,7464;
 23,7371; 23,7281; 23,7194; 23,7108; 23,7025; 23,6944; 23,6865; 23,6789;
 23,6714; 23,6642; 23,6571; 23,6502; 23,6436; 23,6371; 23,6308; 23,6247;
 23,6187; 23,6129; 23,6073; 23,6019; 23,5966; 23,5915; 23,5865; 23,5817;
 23,5770; 23,5725; 23,5681; 23,5639; 23,5598; 23,5558; 23,5520; 23,5483;
 23,5447; 23,5412; 23,5379; 23,5347.

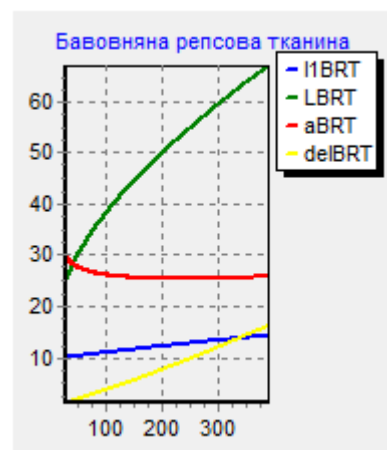


Рис.2.4.1

E29: 0,3037; 0,3070; 0,3104; 0,3138; 0,3171; 0,3205; 0,3239; 0,3273;
0,3307; 0,3341; 0,3375; 0,3409; 0,3443; 0,3477; 0,3511; 0,3545;
0,3579; 0,3614; 0,3648; 0,3682; 0,3717; 0,3751; 0,3786; 0,3820;
0,3855; 0,3889; 0,3924; 0,3959; 0,3993; 0,4028; 0,4063; 0,4098;
0,4133; 0,4168; 0,4203; 0,4238; 0,4273; 0,4308; 0,4343; 0,4378;
0,4413; 0,4449; 0,4484; 0,4519; 0,4555; 0,4590; 0,4626; 0,4661;
0,4697; 0,4732; 0,4768; 0,4804; 0,4839; 0,4875; 0,4911; 0,4947;
0,4983; 0,5019; 0,5055.

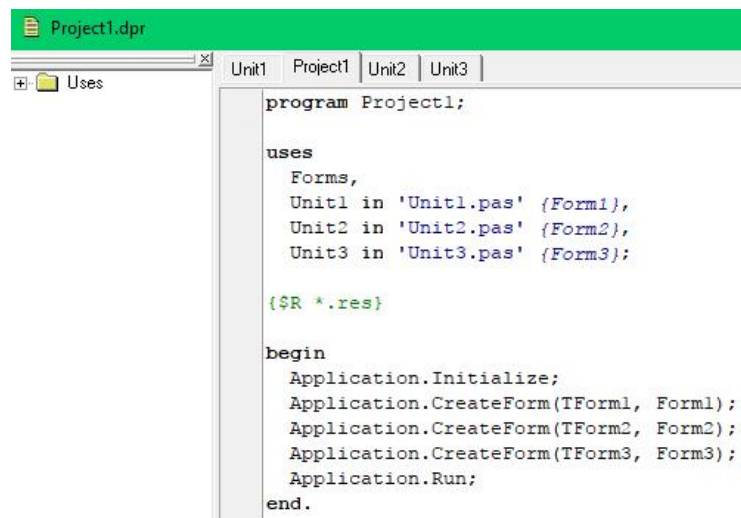
ВИСНОВКИ ПО 2 РОЗДІЛУ

1. Для натуральних та штучних тканин отримані математичні залежності для реалізації алгоритму розрахунку процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу для віскозних та бавовняних тканин при її контактній сушці на поверхні сушильних пристроїв.
2. Для віскозної, бавовняної репсової та саржевої тканини, меланжевої тканини запропоновані залежності для реалізації алгоритму визначення довжини контактної зони, допустимого відхилення температури прогрітої тканини, коефіцієнту провідності температури системи проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу при чисельному розв'язанні системи диференціальних рівнянь.
3. Для віскозної, бавовняної репсової та саржевої тканини, меланжевої тканини представлені результати розрахунків параметрів системи проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу для визначення довжини контактної зони, допустимого відхилення температури прогрітої тканини, коефіцієнту провідності температури.

РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.

Система проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу.

Для реалізації алгоритму була реалізовано комп'ютерний проект для системи проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу. На рисунку представлена структура проекту.



```

Project1.dpr
├── Uses
├── Unit1
├── Project1
├── Unit2
└── Unit3

program Project1;

uses
  Forms,
  Unit1 in 'Unit1.pas' {Form1},
  Unit2 in 'Unit2.pas' {Form2},
  Unit3 in 'Unit3.pas' {Form3};

{$R *.res}

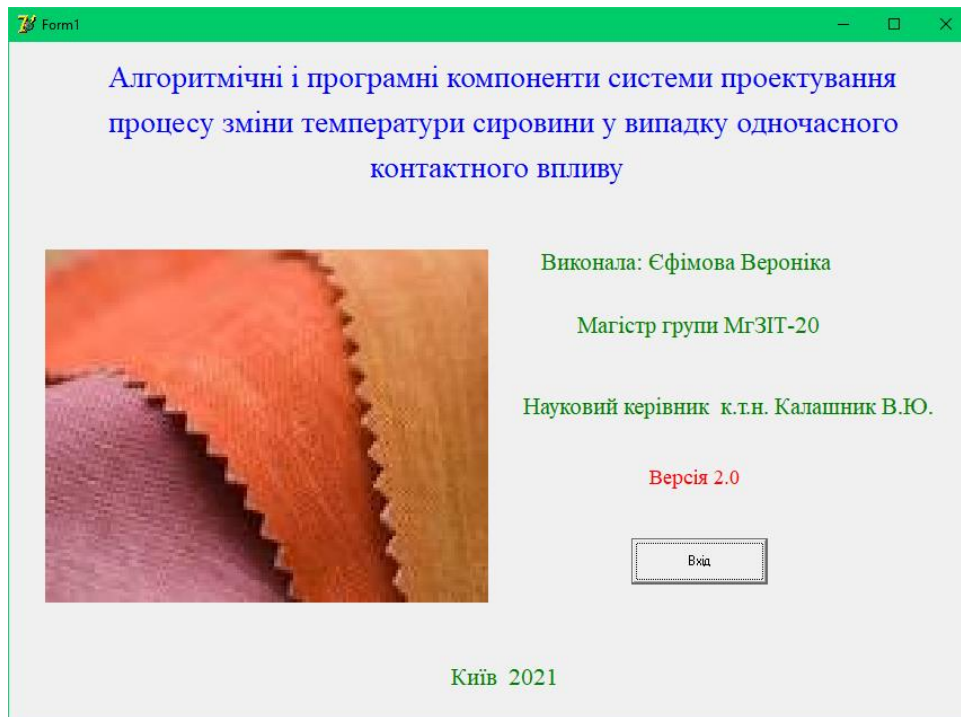
begin
  Application.Initialize;
  Application.CreateForm(TForm1, Form1);
  Application.CreateForm(TForm2, Form2);
  Application.CreateForm(TForm3, Form3);
  Application.Run;
end.

```

В результаті були отримані залежності між довжиною контактної зони, швидкістю руху тканини і температурою контактної поверхні:

E11: 0,5480; 0,5487; 0,5493; 0,5500; 0,5507; 0,5513; 0,5520; 0,5526;
 0,5533; 0,5540; 0,5546; 0,5553; 0,5559; 0,5566; 0,5572; 0,5579;
 0,5585; 0,5592; 0,5599; 0,5605; 0,5612; 0,5618; 0,5625; 0,5631;
 0,5638; 0,5644; 0,5651; 0,5658; 0,5664; 0,5671; 0,5677; 0,5684;
 0,5690; 0,5697; 0,5703; 0,5710; 0,5716; 0,5723; 0,5729; 0,5736;
 0,5742; 0,5749; 0,5755; 0,5762; 0,5768; 0,5775; 0,5781; 0,5788;
 0,5794; 0,5801; 0,5807; 0,5814; 0,5820; 0,5827; 0,5833; 0,5840;
 0,5846; 0,5853; 0,5859.

Проект включає три форми: TForm1ephimova = class(TForm); TForm2ephimova = class(TForm); TForm3ephimova = class(TForm). На рисунку представлена перша форма програми для проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу.



Програмний код інтерфейсу модуля unit Unit1 має вигляд.

```

TForm1
├── Variables/Constants
└── Uses

unit Unit1;

interface
    |
uses
    Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, ComObj, Forms,
    Dialogs, StdCtrls, TeEngine, Series, ExtCtrls, TeeProcs, Chart, Math,
    Grids, Jpeg, Printers, ShellAPI;

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

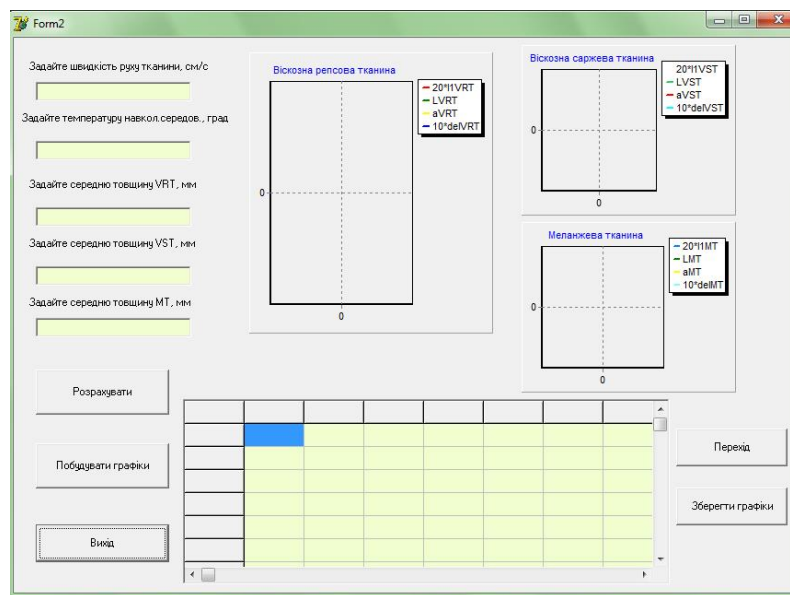
```

Він включає структурні компоненти програми для проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу: кнопку Button1; вікно для розташування зображення Image1; однострокові поля для розташування інформації Label1, Label2, Label3, Label4, Label5, Label6, Label7, Label8. Результати розрахунку мають вигляд:

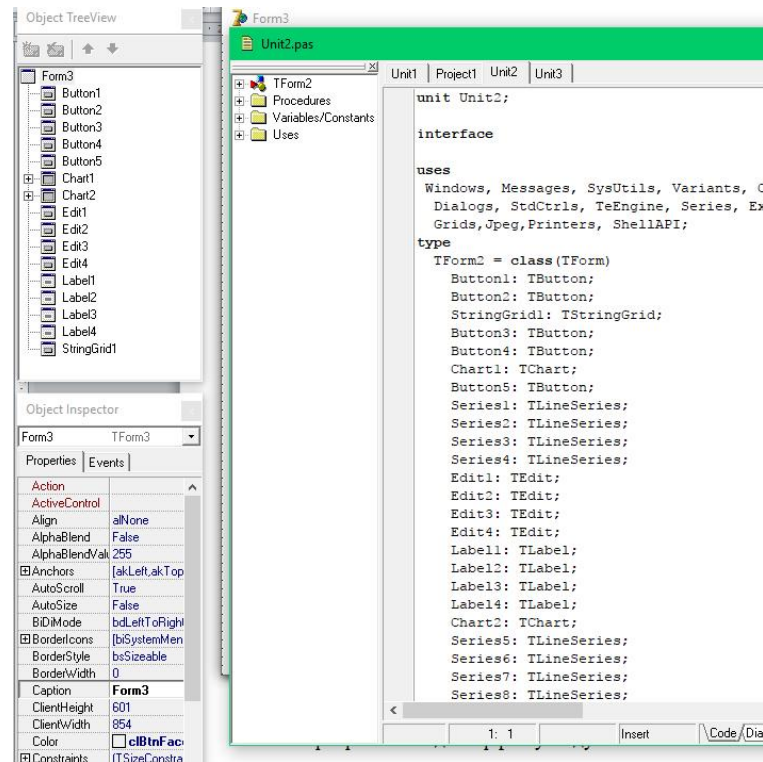
E15: 0,6425; 0,6432; 0,6438; 0,6445; 0,6452; 0,6458; 0,6465; 0,6471;
0,6478; 0,6485; 0,6491; 0,6498; 0,6504; 0,6511; 0,6517; 0,6524;

0,6530; 0,6537; 0,6544; 0,6550; 0,6557; 0,6563; 0,6570; 0,6576;
 0,6583; 0,6589; 0,6596; 0,6603; 0,6609; 0,6616; 0,6622; 0,6629;
 0,6635; 0,6642; 0,6648; 0,6655; 0,6661; 0,6668; 0,6674; 0,6681;
 0,6687; 0,6694; 0,6700; 0,6707; 0,6713; 0,6720; 0,6726; 0,6733;
 0,6739; 0,6746; 0,6752; 0,6759; 0,6765; 0,6772; 0,6778; 0,6785;
 0,6791; 0,6798; 0,6804.

На рисунку представлена друга форма Form2 програми для системи проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу.



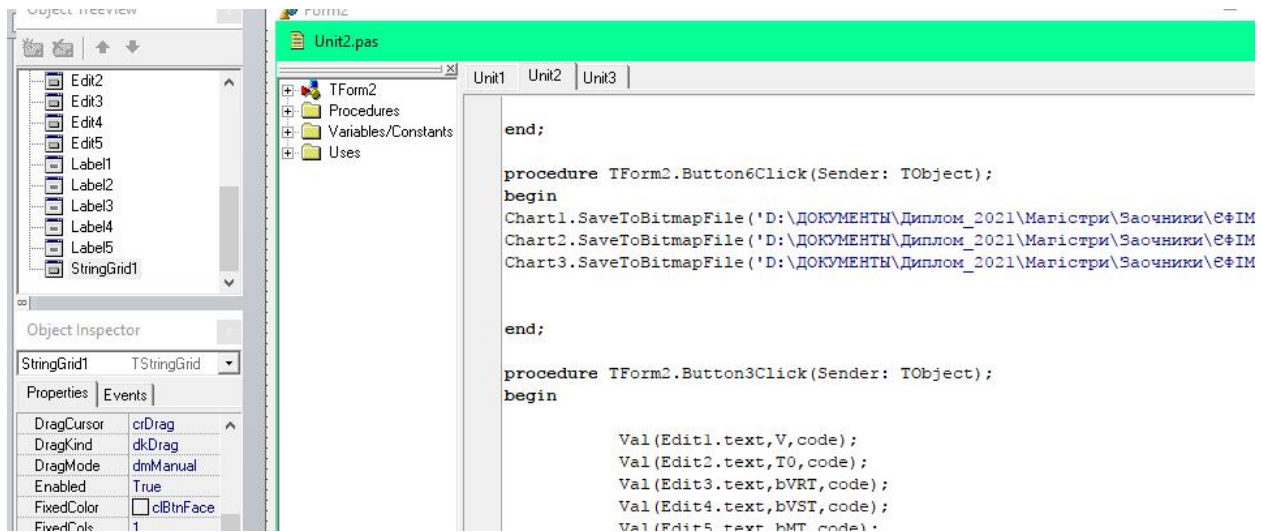
Програмний код інтерфейсу модуля unit Unit2 має вигляд. Він включає структурні компоненти програми для проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу: кнопки Button1ephimova, Button2ephimova, Button3ephimova, Button4ephimova, Button5ephimova; вікно для розташування зображення Image1ephimova; одно рядкові поля для розташування інформації Label1ephimova, Label2ephimova, Label3ephimova, Label4ephimova, Label5ephimova.



Нижче наведені результати розрахунку:

E110: 66,3791; 68,7570; 70,9986; 73,1195; 75,1328; 77,0499; 78,8800;
 80,6314; 82,3111; 83,9254; 85,4795; 86,9784; 88,4261; 89,8264; 91,1828;
 92,4982; 93,7754; 95,0168; 96,2246; 97,4010; 98,5476; 99,6663; 100,7586;
 101,8258; 102,8695; 103,8906; 104,8905; 105,8701; 106,8303; 107,7722;
 108,6965; 109,6040; 110,4955; 111,3717; 112,2331; 113,0804; 113,9142;
 114,7350; 115,5433; 116,3396; 117,1243; 117,8979; 118,6607; 119,4132;
 120,1557; 120,8886; 121,6121; 122,3266; 123,0324; 123,7297; 124,4189;
 125,1001; 125,7737; 126,4398; 127,0988; 127,7507; 128,3958; 129,0343;
 129,6663.

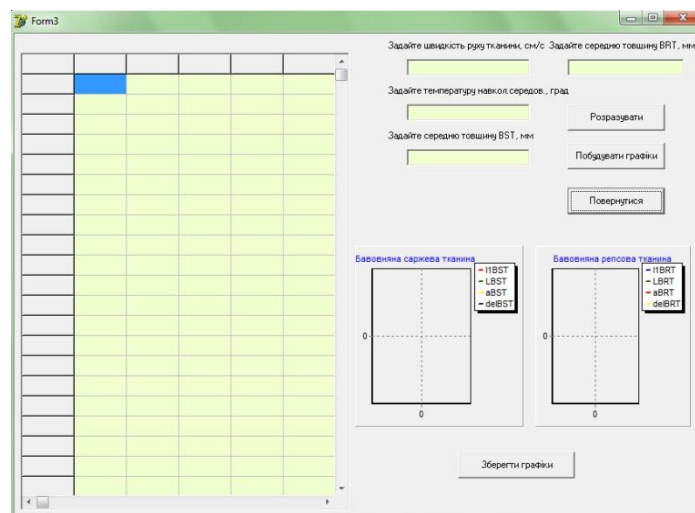
Крім того, модуль unit 1Unit2 включає: три компоненти для відображення графічної інформації Chart1ephimova, Chart2ephimova, Chart3ephimova; п'ять одно рядкових вікон для введення інформації Edit1ephimova, Edit2ephimova, Edit3ephimova, Edit4ephimova, Edit5ephimova; багато рядкове вікно для виведення цифрової інформації StringGrid1ephimova. Для введення значень довжини контактної зони, швидкості руху тканини, середньої товщини віскозних тканин саржевого та репсового переплетень використовувалася процедура procedure Form2.Button3Click(Sender: Object).



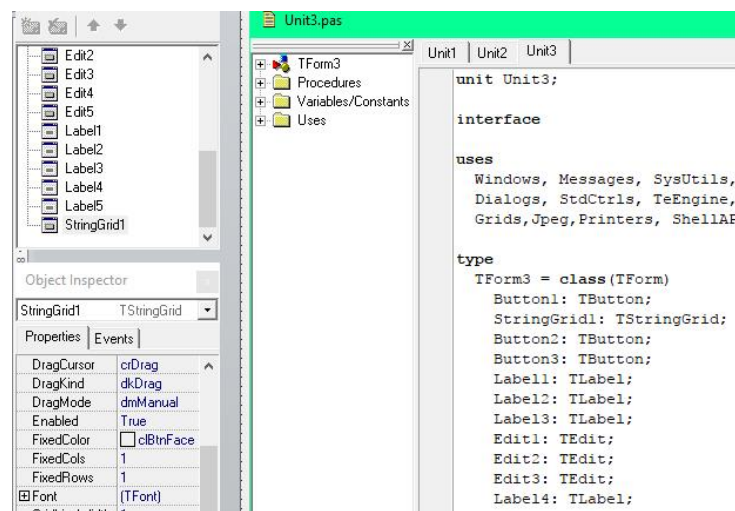
Для зберігання графічної інформації використовувалася процедура `procedure TForm2.Button6Click(Sender: TObject)`. Результати розрахунку мають вигляд:

E17: 39,4455; 39,3876; 39,3311; 39,2759; 39,2219; 39,1692; 39,1176;
 39,0673; 39,0180; 38,9698; 38,9227; 38,8766; 38,8314; 38,7873; 38,7440;
 38,7017; 38,6603; 38,6197; 38,5799; 38,5409; 38,5028; 38,4653; 38,4287;
 38,3927; 38,3575; 38,3229; 38,2890; 38,2558; 38,2232; 38,1912; 38,1598;
 38,1291; 38,0988; 38,0692; 38,0401; 38,0115; 37,9835; 37,9559; 37,9289;
 37,9024; 37,8763; 37,8507; 37,8255; 37,8008; 37,7765; 37,7527; 37,7293;
 37,7063; 37,6836; 37,6614; 37,6396; 37,6181; 37,5970; 37,5762; 37,5558;
 37,5358; 37,5161; 37,4967; 37,4777; 37,4589.

Третя форма Form3 програми для проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу має вигляд.



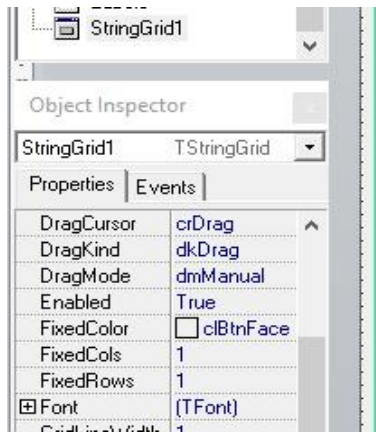
Програмний код інтерфейсу модуля unit 1Unit3 має вигляд. Він включає структурні компоненти програми для проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу: кнопки Button31erhimova, Button32erhimova, Button33erhimova; одно строкові поля для розташування інформації Label31erhimova, Label32erhimova, Label33erhimova, Label34erhimova. Крім того, він включає: два компоненти для відображення графічної інформації Chart31erhimova, Chart32erhimova; чотири одно строкових вікна для введення інформації Edit31erhimova, Edit32erhimova, Edit33erhimova, Edit34erhimova; багато строкове вікно для виведення цифрової інформації StringGrid31erhimova.



Нижче представлені результати розрахунків:

E18: 0,4887; 0,4956; 0,5026; 0,5095; 0,5165; 0,5234; 0,5304; 0,5374;
 0,5443; 0,5513; 0,5583; 0,5654; 0,5724; 0,5794; 0,5864; 0,5935;
 0,6005; 0,6076; 0,6147; 0,6217; 0,6288; 0,6359; 0,6430; 0,6502;
 0,6573; 0,6644; 0,6715; 0,6787; 0,6859; 0,6930; 0,7002; 0,7074;
 0,7146; 0,7218; 0,7290; 0,7362; 0,7434; 0,7507; 0,7579; 0,7652;
 0,7724; 0,7797; 0,7870; 0,7942; 0,8015; 0,8088; 0,8162; 0,8235;
 0,8308; 0,8381; 0,8455; 0,8529; 0,8602; 0,8676; 0,8750; 0,8824;
 0,8898; 0,8972; 0,9046; 0,9120.

Для введення значень довжини контактної зони, швидкості руху тканини, середньої товщини бавовняних тканин саржевого та репсового переплетень використовувалася процедура procedure Form3.Button32Click(Sender: Object).



```

{$R *.dfm}

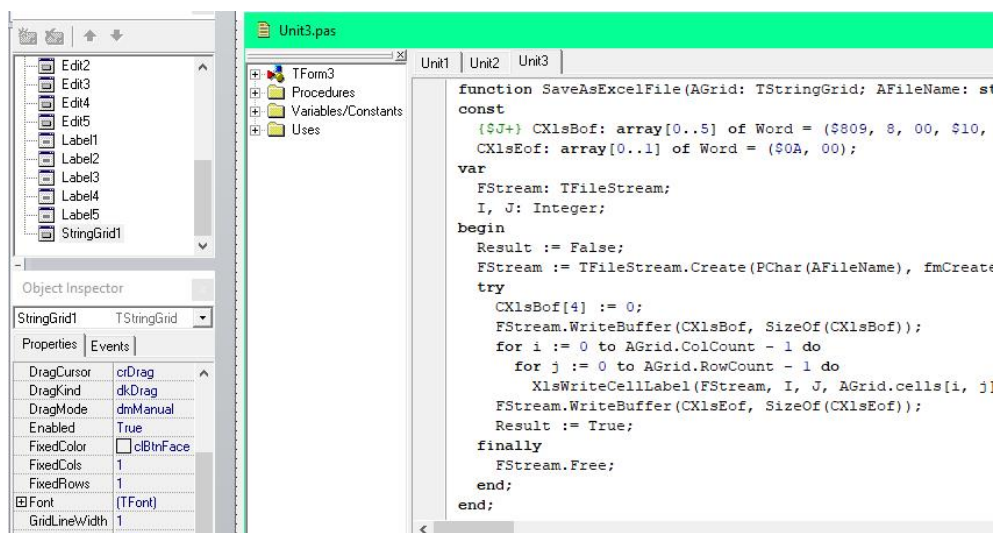
procedure TForm3.Button1Click(Sender: T
begin
Form3.Hide;
Form2.Show;
end;
    procedure TForm3.Button2Click(Sender:
begin
        Val(Edit1.text,V,code);
        Val(Edit2.text,I0,code);
        Val(Edit3.text,bBST,code);
        Val(Edit4.text,bBRT,code);
        begin
            StringGrid1.cells[0,0]:='T11'

```

Для зберігання графічної інформації використовувалася процедура `procedure Form33.Button35Click(Sender: Object)`. Результати розрахунків мають вигляд:

E111: 41,4472; 41,3845; 41,3233; 41,2634; 41,2049; 41,1477; 41,0917;
 41,0370; 40,9834; 40,9310; 40,8797; 40,8295; 40,7803; 40,7322; 40,6850;
 40,6388; 40,5935; 40,5492; 40,5057; 40,4630; 40,4212; 40,3802; 40,3400;
 40,3005; 40,2618; 40,2239; 40,1866; 40,1500; 40,1141; 40,0789; 40,0443;
 40,0103; 39,9769; 39,9441; 39,9120; 39,8803; 39,8493; 39,8187; 39,7887;
 39,7593; 39,7303; 39,7018; 39,6738; 39,6463; 39,6192; 39,5926; 39,5664;
 39,5407; 39,5154; 39,4905; 39,4660; 39,4419; 39,4182; 39,3949; 39,3720;
 39,3494; 39,3272; 39,3053; 39,2838; 39,2626.

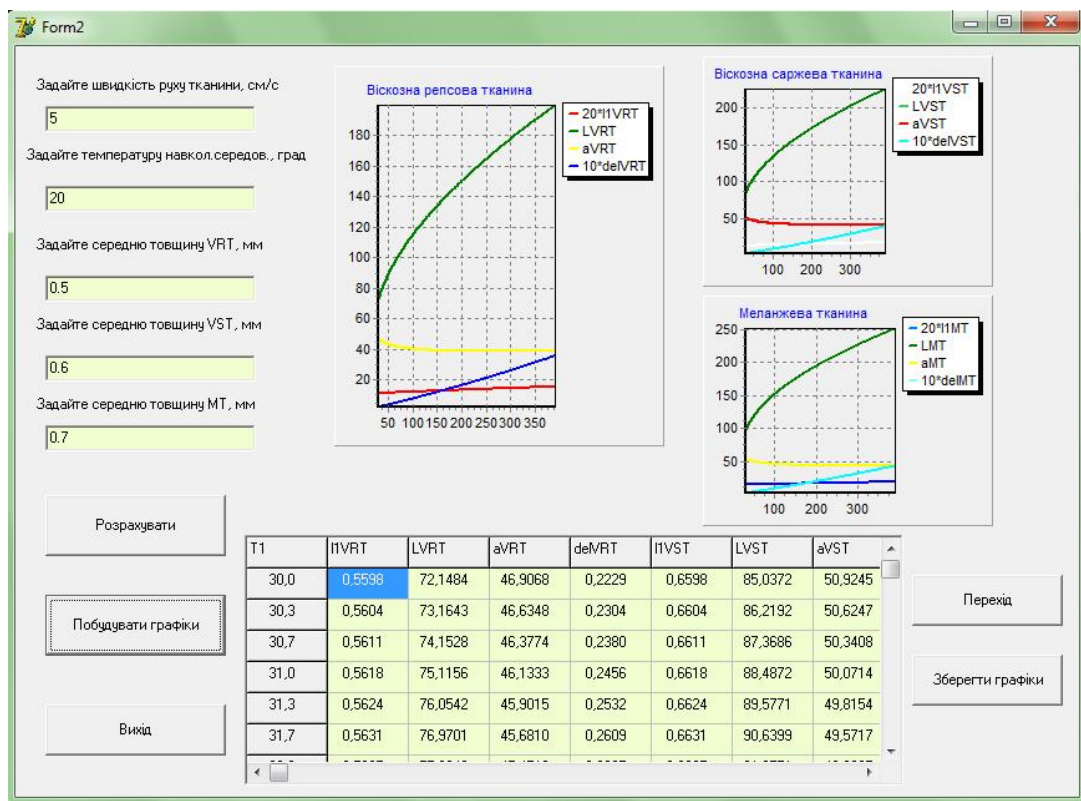
Для представлення цифрової інформації, після розрахунків в модулях Unit2 та Unit3, в табличному вигляді використовувалася функція `function Save As1Excel File (Grid: String Grid; File Name: string): Boolean`



та процедури: `procedure Form2.Button3Click(Sender: Object)` та `procedure Form2.Button3Click(Sender: Object)`.



На рисунку показана друга форма програми з представленими результатами розрахунку для першого та другого варіанту для віскозної репсової тканини, віскозної саржевої тканини та меланжевої тканини при проектуванні процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу.

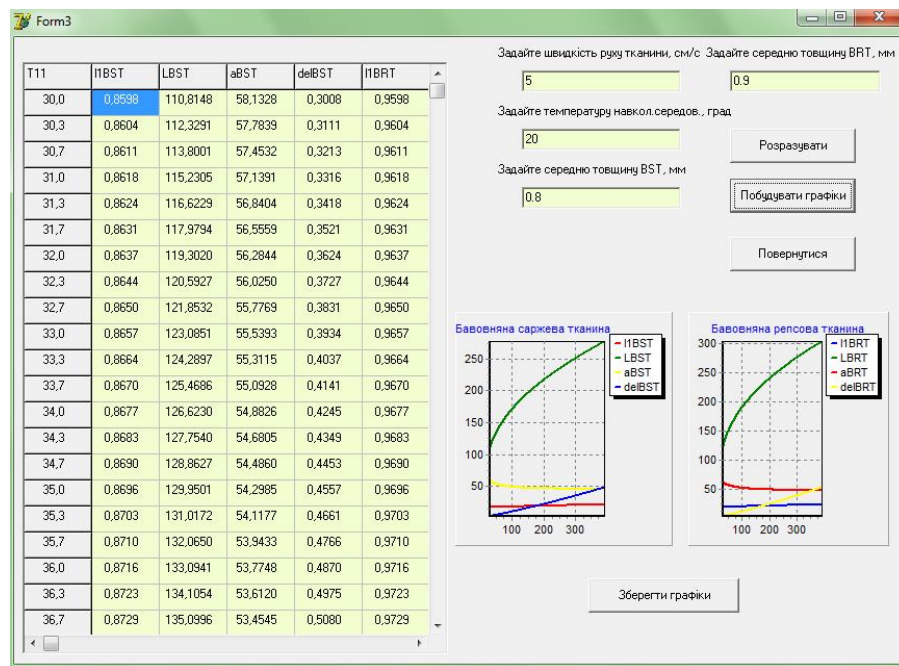


Результати розрахунку мають вигляд:

E12: 126,9074; 127,2684; 127,6280; 127,9863; 128,3434; 128,6991; 129,0536;
129,4069; 129,7589; 130,1097; 130,4593; 130,8078; 131,1551; 131,5012;
131,8462; 132,1901; 132,5329; 132,8746; 133,2152; 133,5548; 133,8933;
134,2308; 134,5672; 134,9027; 135,2372; 135,5706; 135,9031; 136,2347;
136,5653; 136,8949; 137,2237; 137,5515; 137,8784; 138,2044; 138,5295;
138,8537; 139,1771; 139,4996; 139,8213; 140,1421; 140,4621; 140,7812;

141,0996; 141,4171; 141,7339; 142,0498; 142,3650; 142,6794; 142,9931;
 143,3059; 143,6181; 143,9294; 144,2401; 144,5500; 144,8592; 145,1677;
 145,4754; 145,7825; 146,0889; 146,3945.

На рисунку показана третя форма програми з представленими результатами розрахунку для третього та четвертого варіанту для бавовняної репсової тканини та бавовняної саржевої тканини при проектуванні процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу.



Нижче наведені результати розрахунків:

E16: 146,1024; 146,4987; 146,8934; 147,2866; 147,6782; 148,0682; 148,4568;
 148,8438; 149,2294; 149,6136; 149,9963; 150,3776; 150,7575; 151,1361;
 151,5133; 151,8892; 152,2638; 152,6370; 153,0090; 153,3797; 153,7492;
 154,1174; 154,4844; 154,8502; 155,2149; 155,5783; 155,9406; 156,3017;
 156,6617; 157,0206; 157,3784; 157,7351; 158,0907; 158,4452; 158,7987;
 159,1511; 159,5025; 159,8529; 160,2023; 160,5506; 160,8980; 161,2444;
 161,5898; 161,9343; 162,2778; 162,6203; 162,9620; 163,3027; 163,6425;
 163,9814; 164,3194; 164,6566; 164,9928; 165,3282; 165,6627; 165,9964;
 166,3292; 166,6612; 166,9924; 167,3228.

ВИСНОВКИ ПО 3 РОЗДІЛУ.

1. Розроблено програмне забезпечення для чотирьох варіантів при проектуванні процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу для: віскозної репсової тканини; віскозної саржевої тканини; меланжевої тканини; бавовняної репсової тканини; бавовняної саржевої тканини.
2. Реалізація програмного забезпечення для проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу дозволяє удосконалити механізм прогрівання полотнища тканини з використанням ефекту градієнта температур з урахуванням малої довжини контактної зони, деформації тканини в зоні транспортуючих циліндрів, ізолюваності поверхні полотнища тканини в місці її контакту з навколишнім повітряним середовищем.

5. ВИСНОВКИ.

1. Для системи проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу для віскозних та бавовняних тканин отримані математичні залежності між довжиною контактної зони, швидкістю руху тканини і температурою контактної поверхні.
2. Отримане математичне забезпечення по удосконаленню механізму прогрівання полотна тканини з використанням ефекту градієнта температур з урахуванням малої довжини контактної зони, деформації тканини в зоні транспортуючих циліндрів, ізольованості поверхні полотна тканини в місці її контакту з навколишнім повітряним середовищем.
3. Для натуральних та штучних тканин отримані математичні залежності для реалізації алгоритму розрахунку процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу для віскозних та бавовняних тканин при її контактній сушці на поверхні сушильних пристроїв.
4. Для віскозної, бавовняної репсової та саржевої тканини, меланжевої тканини запропоновані залежності для реалізації алгоритму визначення довжини контактної зони, допустимого відхилення температури прогрітої тканини, коефіцієнту провідності температури системи проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу при чисельному розв'язанні системи диференціальних рівнянь.
5. Для віскозної, бавовняної репсової та саржевої тканини, меланжевої тканини представлені результати розрахунків параметрів системи проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу для визначення довжини контактної зони, допустимого відхилення температури прогрітої тканини, коефіцієнту провідності температури.
6. Розроблено програмне забезпечення для чотирьох варіантів при проектуванні процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу для: віскозної репсової тканини; віскозної саржевої тканини;

меланжевої тканини; бавовняної репсової тканини; бавовняної саржевої тканини.

7. Реалізація програмного забезпечення для проектування процесу зміни температури сировини у випадку одночасного контактного впливу дозволяє удосконалити механізм прогрівання полотнища тканини з використанням ефекту градієнта температур з урахуванням малої довжини контактної зони, деформації тканини в зоні транспортуючих циліндрів, ізоляваності поверхні полотнища тканини в місці її контакту з навколишнім повітряним середовищем.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.

1. Державний класифікатор України: Класифікація видів економічної діяльності ДК009:2005. -Київ: Держстандарт України,2006.
2. ДСТУ 7239:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація.[Чинний від 01–08–2011]. К.: Держспоживстандарт України, 2011. 11 с.
3. Закон «Про вищу освіту» -<http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>.
4. Закон «Про освіту» -<http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/2145-19>.
5. Національний класифікатор України: «Класифікатор професій» ДК 003:2010.–К. : Видавництво «Соцінформ», 2010.
6. Перелік галузей знань і спеціальностей –<http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/266-2015-п>.
7. Національна рамка кваліфікацій –<http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1341-2011-п>.
8. 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.
9. 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.
10. Ресурсоощадні технології виробництва текстилю, одягу та взуття: монографія: в 2 т. Т.2/Підвищення надійності ресурсоощадних виробництв текстилю, одягу і взуття на основі новітніх технологій та системного управління/ В.Ю.Щербань, Б.Ф.Піпа, В.В.Чабан та ін. – К.:КНУТД, 2016. – 214 с.
11. Ресурсоощадні технології та обладнання швейної та текстильної промисловості: монографія: в 2 ч. Ч.1/Наукові основи та інженерні методи

- проектування ресурсоощадних технологій і обладнання швейної та текстильної промисловості/ В.Ю.Щербань, Г.Б.Параска, Б.В.Орловський та ін. – К.:КНУТД, 2015. – 339 с.
12. Ресурсоощадні технології та обладнання швейної та текстильної промисловості: монографія: в 2 ч. Ч.2/Шляхи підвищення ефективності швейної та текстильної галузей України на базі новітніх технологій та управління/ В.Ю.Щербань, Г.Б.Параска, Б.В.Орловський та ін. – К.:КНУТД, 2015. – 270 с.
 13. 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.
 14. Щербань В. Ю.Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/В.Ю.Щербань.-К.:КНУТД, 2016. – 184 с.
 15. Щербань В. Ю.Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/В.Ю.Щербань.-К.:Освіта України, 2017. – 238 с.
 16. 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.
 17. Прогнозування процесів на основі моделювання часових рядів: навч. Посіб./П.І.Бідюк, В.Ю.Щербань, Є.О.Демківський, Т.І.Демківська.- К.:КНУТД, 2017.-324 с.
 18. 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.
 19. Щербань В.Ю. Механіка нитки/В.Ю.Щербань. – К.:Видавництво «Укрбланковидав». – 2018. – 533 с.
<https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/9517>
 20. Щербань В. Ю.Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/В.Ю.Щербань.-К.:Освіта України, 2018. – 257 с.

21. Щербань В.Ю. Базове проектуюче 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.
22. Щербань В. Ю. Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/В.Ю.Щербань.-К.:Освіта України, 2019. – 252 с.
23. 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.
24. Щербань В. Ю. Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві/В.Ю.Щербань – К.:Освіта України: ФОП Маслаков, 2020. – 236 с.
25. Щербань В. Ю. Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві / В.Ю.Щербань – К.:Освіта України, 2021. – 248 с.
26. 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.
27. 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.
28. 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.
29. 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.
30. 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.

31. 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.
32. 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.
33. 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.
34. 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.
35. Shcherban' V.Yu. Interaction of stiff yarns with the working parts of knitting and sewing machines/V.Yu.Shcherban' // Textile industry. -1988. - № 10. - pp.53.
36. Vasil'chenko V.N., Shcherban' V.Yu., Apokin Ts.V. Attachment for holding multilayer fabrics in the clamps of a universal tensile tester/ V.N.Vasil'chenko , V.Yu.Shcherban' , Ts.V.Apokin // Textile industry. – 1987. - №8. - pp.62.
37. Shcherban' V., Melnyk G. , Sholudko M. and Kalashnyk V. Warp yarn tension during fabric formation/V.Shcherban' , G.Melnyk , M.Sholudko, V.Kalashnyk // Fibres and Textiles. – 2018. – volume 25. - №2. – pp.97-104.
38. Shcherban' V., Melnyk G. , Sholudko M., Kolysko O. and Kalashnyk V. Yarn tension while knitting textile fabric/V.Shcherban' , G. Melnyk , M.Sholudko , O.Kolysko, V.Kalashnyk// Fibres and Textiles. – 2018. - volume 25. - №3. - pp. 74-83.
39. Shcherban' V., Melnyk G. , Sholudko M., Kolysko O. and Kalashnyk V. Improvement of structure and technology of manufacture of multilayer technical fabric/V.Shcherban' , G. Melnyk , M.Sholudko , O.Kolysko, V.Kalashnyk// Fibres and Textiles. – 2019. - volume 26 - № 2 - pp. 54-63.

40. Shcherban' V., Korogod G., Chaban V., Kolysko O., Shcherban' Yu., Shchutska G. Computer simulation methods of redundant measurements with the nonlinear transformation function / V. Shcherban', G. Korogod, V. Chaban, O. Kolysko, Yu. Shcherban', G. Shchutska // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. - 2019. - volume 98. -№2/5. – pp.16-22.
41. Shcherban' V., Makarenko J., Melnyk G., Shcherban' Y., Petko A., Kirichenko A. Effect of the yarn structure on the tension degree when interacting with high-curved guides/ V. Shcherban', J. Makarenko, G. Melnyk, Y. Shcherban', A. Petko, A. Kirichenko // Fibres and Textiles. – 2019. - volume 26 - № 4 - pp. 59-68.
42. Shcherban' V., Makarenko J., Petko A., Melnyk G., Shcherban' Yu., Shchutska G. Computer implementation of a recursion algorithm for determining the tension of a thread on technological equipment based on the derived mathematical dependences / V.Shcherban', J.Makarenko, A.Petko, G.Melnyk, Yu.Shcherban', G.Shchutska // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. - 2020. - volume 104. -№2/1. – pp.41-50.
43. Shcherban' V., Kolysko O., Melnyk G., Sholudko M., Shcherban' Y. and Shchutska G. Determining tension of yarns when interacting with guides and operative parts of textile machinery having the torus form / V. Shcherban', O. Kolysko, G. Melnyk, M. Sholudko, Y. Shcherban' and G. Shchutska // Fibres and Textiles. – 2020. - volume 27 - № 4 - pp. 87-95.
44. Shcherban' V., Korogod G., Kolysko O., Kolysko M., Shcherban' Yu., Shchutska G. Computer simulation of multiple measurements of logarithmic transformation function by two approaches / V. Shcherban', G. Korogod, O. Kolysko, M. Kolysko, Yu. Shcherban', G. Shchutska // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. - 2020. - volume 6. -№4 (108). – pp. 6-13.
45. Shcherban' V., Korogod G., Kolysko O., Kolysko M., Shcherban' Yu., Shchutska G. Computer simulation of logarithmic transformation function to expand the range of high-precision measurements / V. Shcherban', G. Korogod, O. Kolysko, M. Kolysko, Yu. Shcherban', G. Shchutska // Eastern-European

- Journal of Enterprise Technologies. - 2021. - volume 2. -№9 (110). – pp. 27-36.
46. Shcherban' V., Kolysko O., Melnyk G., Sholudko M., Shcherban' Yu., Shchutska G. and Kolva N. Determination of tension for polyamide and basalt multifilament yarns while weaving industrial fabrics / V. Shcherban', O. Kolysko, G. Melnyk, M. Sholudko, Yu. Shcherban', G. Shchutska, N. Kolva // *Fibres and Textiles*. – 2021. - volume 28 - № 1 - pp. 75-85.
47. Щербань В.Ю. Використання рекурсивного підходу для визначення натягу ниток в робочій зоні технологічного обладнання/В.Ю.Щербань, Н.І.Мурза, А.М. Кириченко, Г.В. Мельник, М.І.Шолудько//Вісник ХНУ.- 2018.-№ 3(261). - С.7-11.
48. Щербань В.Ю. Взаємодія текстильних ниток з напрямними великої кривини у випадку наявності радіального охоплення/В.Ю.Щербань, Н.І.Мурза, А.М. Кириченко, Г.В. Мельник, М.І.Шолудько// Вісник Хмельницького національного університету.- 2018.-№ 2 (259). - С.12-16.
49. Щербань В.Ю. Удосконалення системи подачі ниток на основі оптимізації пружної системи заправки круглов'язальних машин/В.Ю.Щербань, Г.В. Мельник, Н.І.Мурза, А.М. Кириченко, М.І.Шолудько // Вісник Хмельницького національного університету.- 2018.-№ 4 (263). - С.11-16.
50. Щербань В.Ю. Структура комп'ютерної програми реалізації алгоритму
51. рекурсії для визначення технологічних зусиль/В.Ю. Щербань, А.К. Петко, О.З. Колиско, Ю.Ю. Щербань, М.І. Шолудько// Вісник Хмельницького національного університету.- 2020.-№ 1 (281). - С.249-253.
52. Первая Н.В., Андреева О.А., Щербань В.Ю. Дослідження технологічних параметрів процесу формування верху взуття / Н.В. Первая, О.А. Андреева, В.Ю. Щербань// Вісник Хмельницького національного університету.- 2020.-№ 1 (281). - С.175-181.
53. Щербань В.Ю. Програмні модулі комп'ютерної програми реалізації алгоритму рекурсії для випадку змінного вхідного натягу/ В.Ю.Щербань,

- А.К.Петко, О.З.Колиско, Ю.Ю.Щербань, М.І.Шолудько// Вісник Хмельницького національного університету.- 2020.-№ 2 (283). - С.213-218.
54. Щербань В.Ю., Петко А.К., Колиско О.З., Щербань Ю.Ю., Шолудько М.І. Комп'ютерна реалізація алгоритму рекурсії для випадку змінного діаметру сировини / В.Ю.Щербань, А.К.Петко, О.З.Колиско, Ю.Ю.Щербань, М.І.Шолудько // Вісник Хмельницького національного університету.- 2020, № 3(285). – С.263-267.
55. Щербань В.Ю., Колиско О.З., Щербань Ю.Ю., Шолудько М.І., Мельник Г.В. Алгоритмічні та програмні компоненти при комп'ютерному визначенні натягу для шайбового натягувача з використанням рекурсії / В.Ю.Щербань, О.З.Колиско, Ю.Ю.Щербань, М.І.Шолудько, Г.В.Мельник // Вісник Хмельницького національного університету. Том 1.- 2020, № 4(287).– С.252-256.
56. Щербань В.Ю., Колиско О.З., Щербань Ю.Ю., Шолудько М.І., Мельник Г.В. Структура програмних модулів та процедур комп'ютерної програми для основних елементів системи при реалізації алгоритму рекурсії / В.Ю.Щербань, О.З.Колиско, Ю.Ю.Щербань, М.І.Шолудько, Г.В.Мельник// Вісник Хмельницького національного університету. - 2020, № 5(289).– С.302-306.
57. Щербань В.Ю., Петко А.К., Колиско О.З., Щербань Ю.Ю., Колиско М.І. База фрикційних властивостей комп'ютерної програми для визначення натягу нитки при реалізації алгоритму рекурсії / В.Ю.Щербань, А.К.Петко, О.З.Колиско, Ю.Ю.Щербань, М.І.Колиско // Вісник Хмельницького національного університету. - 2021, № 1(293).– С.234-237.
58. Щербань В.Ю., Петко А.К., Колиско О.З., Щербань Ю.Ю., Галавська Л.Є. Програмні модулі та процедури комп'ютерної програми для визначення натягу кевларової нитки при в'язанні з використанням алгоритму рекурсії / В.Ю.Щербань, А.К.Петко, О.З.Колиско, Ю.Ю.Щербань, Л.Є. Галавська // Вісник Хмельницького національного університету. - 2021, № 2(295).– С.271-274.

59. Щербань В.Ю., Макаренко Ю.В., Колиско О.З., Щербань Ю.Ю., Галавська Л.Є. Комп'ютерна реалізація алгоритму рекурсії при визначенні натягу ниток при формуванні багат шарових тканин з поліетиленових ниток / В.Ю. Щербань, Ю.В. Макаренко, О.З. Колиско, Ю.Ю. Щербань, Л.Є.Галавська // Вісник Хмельницького національного університету. – 2021, №3 (297). – С. 204-207.
60. Щербань В.Ю., Макаренко Ю.В., Колиско О.З., Щербань Ю.Ю., Колиско М.І. Реалізація програмних модулів процедури рекурсії при комп'ютерному визначенні натягу основних ниток багат шарової тканини для військового спорядження / В.Ю. Щербань, Ю.В. Макаренко, О.З. Колиско, Ю.Ю. Щербань, М.І. Колиско // Вісник Хмельницького національного університету. – 2021, №4 (299). – С. 155-159.