

УДК 677.075

Л. Є. ГАЛАВСЬКА, С. Ю. БОБРОВА

Київський національний університет технологій та дизайну

**РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНИХ ЗАСОБІВ МАТЕМАТИЧНОГО ВИРІШЕННЯ
СИСТЕМИ КОМПРОМІСНИХ ЗАДАЧ У ХОДІ ОПТИМІЗАЦІЇ ПОКАЗНИКІВ
ЯКОСТІ ІНТЕГРОВАНОГО ДВОШАРОВОГО ТРИКОТАЖУ**

Стаття присвячена вирішенню питання пошуку раціональних технологічних режимів вироблення інтегрованого двошарового трикотажу для виготовлення функціональної білизни шляхом використання методів математичної оптимізації. Запропонована комп'ютерна програма проектування двошарового трикотажу функціонального призначення з заданими показниками якості.

Ключові слова: інтегрований трикотаж, бікомпонентний трикотаж, трикотаж функціонального призначення, термобілизна, метод математичної оптимізації, лінійне програмування, симплекс метод.

Виготовлення інтегрованого двошарового трикотажу для термобілизни з заданими функціональними властивостями потребує комплексного аналізу взаємозв'язку параметрів процесу в'язання та оцінки якості готового полотна. Такі задачі, де розглядаються одночасно декілька пов'язаних між собою показників якості, вирішуються за допомогою математичної оптимізації і передбачають використання сучасної комп'ютерної техніки. Ця задача відноситься до класу багатокритеріальних задач оптимального управління, що розв'язуються методом лінійного програмування. Відомо, що цими методами можна вирішити багато задач, пов'язаних з ефективним використанням обмежених ресурсів у текстильній промисловості [1]. Складність таких задач пов'язана із суперечністю критеріїв і необхідністю використовувати деякі схеми розумного компромісу, що дозволяють підвищувати якість рішення у випадку руху до оптимуму при кількох критеріях оптимізації [2].

Застосування засобів і методів математичної оптимізації для дослідження і математичного описання технологічного процесу не тільки створює об'єктивну базу для проектування, але й дозволяє прогнозувати функціональні властивості інтегрованого двошарового трикотажу для виготовлення функціональної білизни та керувати процесом в'язання з метою пошуку оптимального варіанту технологічного процесу.

Об'єкти та методи дослідження

Об'єктом дослідження є процес технологічного проектування інтегрованого двошарового трикотажу для виготовлення функціональної білизни з заданими показниками якості. У роботі використано теоретико-експериментальний метод. Для обробки результатів досліджень застосовано загальновідомий метод статистичної обробки даних традиційного активного експерименту.

Постановка завдання

Заправні параметри, за яких очікують певні показники якості готового трикотажного полотна, на виробництві зазвичай встановлюють шляхом підбору. І оскільки доволі часто оптимізація одного показника призводить до погіршення інших та далеко не завжди одразу вдається досягти бажаного результату, то питання пошуку математичного розв'язання задачі – оптимального співвідношення між усіма показниками якості готового трикотажного полотна, де ефективність рішення оцінюється з урахуванням одночасно кількох критеріїв оптимізації, є актуальним.

Задачею технолога є знаходження таких найкращих комбінацій значень факторів x_1, x_2, \dots , при яких параметри оптимізації Y_i прийматимуть значення, що задовольняють вимогам до якості трикотажу при умові знаходження факторів в реально існуючих діапазонах. Таким чином, метою роботи є розробка математичного алгоритму проектування параметрів структури та функціональних властивостей інтегрованого двошарового трикотажу для виготовлення функціональної білизни, а також раціональних технологічних режимів його вироблення на базі застосування сучасної обчислювальної техніки. Для побудови цільових функцій необхідне проведення значної кількості експериментальних досліджень для встановлення взаємозв'язку між функціональними властивостями трикотажу (критеріями оптимізації) та комплексом вхідних характеристик–параметрами процесу в'язання.

Ця задача вирішується за допомогою методу математичного планування експерименту, що дозволяє проводити оптимізацію технологічних процесів за визначеним у ході реалізації експерименту набору параметрів [1, 2].

Результати та їх обговорення

Процес проектування інтегрованого двошарового трикотажу для виготовлення функціональної білизни з заданими показниками якості передбачає попереднє дослідження та виявлення характеру впливу параметрів в'язання на параметри структури та його фізико-механічні властивості. З цією метою нами сплановано та проведено повний трифакторний експеримент [3]. У якості факторів обрано x_1 – глибину кулірування при формуванні петель на голках циліндру, x_2 – глибину кулірування при формуванні петель на голках ріпшайби, x_3 – глибину кулірування при формуванні з'єднувальних пресових накидів на голках ріпшайби. Після побудови плану проведення повного трифакторного експерименту, нами було встановлено умови його виконання, тобто на основі попереднього експерименту визначено основний рівень факторів, інтервал варіювання, верхній та нижній рівні факторів. Для виготовлення функціональної білизни нами запропонована структура двошарового кулірного трикотажу з пресовим з'єднанням шарів основними нитками гідрофобного шару.

Зразки трикотажних полотен вироблено на двофонтурній круглов'язальній машині «Мультикомет» 20 класу з інтерлочним розташуванням голок.

Для надання полотну поліфункціональності один його шар утворено з гідрофільного виду сировини, а саме з бавовняної пряжі лінійної густини 20 тексХ2 (1, 2, 5 та 6 системи), а інший – з гідрофобного: поліефірних (зразок №1) чи поліпропіленових (зразок №2) текстурованих ниток лінійної густини 16,7 текс (3, 4, 7 та 8 системи).

На підставі результатів експериментальних, з використанням методів статистичної обробки даних для регресійної багатофакторної моделі першого порядку, встановлено залежності, що описують взаємозв'язок між параметрами в'язання та показниками якості трикотажу, а саме: параметрами структури (довжина нитки в петлі в шарах трикотажу, довжина нитки в петлі зі з'єднувальним накидом, товщина трикотажу, поверхнева густина, кількість петельних стовпчиків і петельних рядів в 100 мм трикотажу, зміна лінійних розмірів після прання) й властивостями (релаксаційні характеристики, повітропроникність, гіроскопічність, капілярність) розроблених зразків інтегрованого трикотажу.

У табл. 1 та 2 представлено встановлені у ході реалізації повного трифакторного експерименту регресійні математичні залежності у кодованому та натуральному вигляді.

Таблиця 1. Результати обробки експериментальних даних для зразка №1 (авторська розробка)

№ п/п	Назва показника якості	Регресійна математична залежність у натуральному вигляді
1	2	3
1.	повна деформація вздовж пет. стовпчиків, %	$Y_1 = 12,87 + 5,0x_1 + 4,0x_2 + 4,5x_3$
2.	повна деформація вздовж пет. рядів, %	$Y_2 = -8,36 + 3,5x_1 + 4,5x_2 + 3,0x_3$
3.	швидкооборотна деформація вздовж пет. стовпчиків, %	$Y_3 = 21,38 - 1,0x_1 - 2,5x_2 - 1,0x_3$
4.	швидкооборотна деформація вздовж пет. стовпчиків, %	$Y_3 = 21,38 - 1,0x_1 - 2,5x_2 - 1,0x_3$
5.	швидкооборотна деформація вздовж пет. рядів, %	$Y_4 = 22,3 - 1,5x_1 - 2,0x_2 - 1,5x_3$
6.	повільнооборотна деформації вздовж пет. стовпчиків, %	$Y_5 = -23,44 + 4,25x_1 + 4,25x_2 + 3,75x_3$
7.	повільнооборотна деформації вздовж пет. рядів, %	$Y_6 = -16,13 + 2,5x_1 + 3,5x_2 + 2,5x_3$
8.	залишкова деформація вздовж пет. стовпчиків, %	$Y_7 = -10,81 + 1,75x_1 + 2,25x_2 + 1,75x_3$
9.	залишкова деформація вздовж пет. рядів, %	$Y_8 = -14,53 + 2,5x_1 + 3,0x_2 + 2,0x_3$
10.	висота підйому рідини вздовж пет. стовпчика зі сторони бавовняних ниток, мм	$Y_9 = 199,44 + 7,25x_2$
11.	висота підйому рідини вздовж пет. ряду зі сторони бавовняних ниток, мм	$Y_{10} = 264,94 - 11,25x_2$
12.	висота підйому рідини вздовж пет. стовпчика зі сторони поліефірних ниток, мм	$Y_{11} = 170,44 + 7,25x_1 + 6,25x_3$
13.	висота підйому рідини вздовж пет. ряду зі сторони поліефірних ниток, мм	$Y_{12} = 268,81 - 7,25x_1 - 10,25x_2 - 6,75x_3$
14.	гігроскопічність трикотажу, %	$Y_{13} = 10,05 - 0,55x_1 - 0,44x_2$
15.	усадка полотна, виміряна вздовж пет. стовпчика, %	$Y_{14} = -6,38 + 2,5x_1 + 2,5x_2 + 3,0x_3$
16.	усадка полотна, виміряна вздовж пет. ряду, %	$Y_{15} = 24,13 - 1,5x_1 - 2,0x_2 - 1,5x_3$
17.	повітропроникність полотна, $\text{дм}^3/\text{м}^2\text{с}$	$Y_{16} = -77,08 + 16,44x_1 + 29,2x_2 + 51,39x_3$
18.	кількість пет. стовпчиків в 100 мм трикотажу, пет.ст.	$Y_{17} = 129,25 - 4x_3$
19.	кількість пет. рядів в 100 мм трикотажу, пет.р.	$Y_{18} = 272,75 - 14,0x_1 - 19,5x_2 - 15,5x_3$
20.	поверхнева густина трикотажу, г/кв.м	$Y_{19} = 658,33 - 25,28x_1 - 29,63x_2 - 23,38x_3$
21.	довжина нитки в петлі, утвореної на голках циліндра з поліефірних текстурованих ниток, мм	$Y_{20} = 0,42 + 1,83x_1$
22.	довжина нитки в петлі, утвореної на голках ріпшайби з бавовняної пряжі, мм	$Y_{21} = -0,33 + 2,08x_2$
23.	довжина нитки в петлі зі з'єднувальним накидом, утвореним на голках ріпшайби з поліефірних текстурованих ниток, мм	$Y_{22} = 0,05 + 1,28x_1 + 1,95x_3$

Таблиця 2. Результати обробки експериментальних даних для зразка №2 (авторська розробка)

№ п/п	Назва показника якості	Регресійна математична залежність у натуральному вигляді
1	2	3
1.	повна деформація вздовж пет. стовпчиків, %	$Y_1 = -1,88 + 2,0x_1 + 3,5x_2 + 3,0x_3$
2.	повна деформація вздовж пет. рядів, %	$Y_2 = 4,94 + 1,75x_1 + 1,25x_2 + 1,25x_3$
3.	швидкооборотна деформація вздовж пет. стовпчиків, %	$Y_3 = 24,81 - 1,75x_1 - 1,75x_2 - 2,25x_3$
4.	швидкооборотна деформація вздовж пет. рядів, %	$Y_4 = 18,69 - 1,25x_1 - 1,25x_2 - 1,25x_3$
5.	повільнооборотна деформації вздовж пет. стовпчиків, %	$Y_5 = -16,44 + 2,25x_1 + 3,25x_2 + 3,25x_3$
6.	повільнооборотна деформації вздовж пет. рядів, %	$Y_6 = -7,06 + 1,75x_1 + 1,25x_2 + 1,25x_3$
7.	залишкова деформація вздовж пет. стовпчиків, %	$Y_7 = -10,25 + 1,5x_1 + 2,0x_2 + 2,0x_3$
8.	залишкова деформація вздовж пет. рядів, %	$Y_8 = -6,69 + 1,25x_1 + 1,25x_2 + 1,25x_3$
9.	висота підйому рідини вздовж пет. стовпчика зі сторони бавовняних ниток, мм	$Y_9 = 158,75 + 16,5x_2$

Продовження табл. 2		
1	2	3
10.	висота підйому рідини вздовж пет. ряду зі сторони бавовняних ниток, мм	$Y_{10} = 255,06 - 11,75x_2$
11.	висота підйому рідини вздовж пет. стовпчика зі сторони поліпропіленових ниток, мм	$Y_{11} = 141,94 + 13,25x_1 + 7,75x_3$
12.	висота підйому рідини вздовж пет. ряду зі сторони поліпропіленових ниток, мм	$Y_{12} = 283,13 - 12,5x_1 - 11,0x_2 - 10,5x_3$
13.	гігроскопічність трикотажу, %	$Y_{13} = 13,19 - 1,14x_1 - 1,54x_2$
14.	усадка полотна, виміряна вздовж пет. стовпчика, %	$Y_{14} = -16,63 + 2,0x_1 + 3,0x_2 + 5,0x_3$
15.	усадка полотна, виміряна вздовж пет. ряду, %	$Y_{15} = 29,0 - 3,5x_1 - 1,5x_2 - 2,5x_3$
16.	повітропроникність полотна, $\text{дм}^3/\text{м}^2\text{с}$	$Y_{16} = -106,08 + 18,26x_1 + 24,29x_2 + 56,73x_3$
17.	кількість пет. стовпчиків в 100 мм трикотажу, пет. ст.	$Y_{17} = 132,32 - 4,25x_3$
18.	кількість пет. рядів в 100 мм трикотажу, пет. р.	$Y_{18} = 283,15 - 12,05x_1 - 13,55x_2 - 30,8x_3$
19.	поверхнева густина трикотажу, г/кв.м	$Y_{19} = 668,98 - 17,38x_1 - 23,93x_2 - 24,03x_3$
20.	довжина нитки в петлі, утвореної на голках циліндра з поліпропіленових текстурованих ниток, мм	$Y_{20} = 0,11 + 1,86x_1$
21.	довжина нитки в петлі, утвореної на голках ріпшайби з бавовняної пряжі, мм	$Y_{21} = -0,17 + 2,01x_2$
22.	довжина нитки в петлі зі з'єднувальним накидом, утвореним на голках ріпшайби з поліпропіленових текстурованих ниток, мм	$Y_{22} = 0,1 + 1,23x_1 + 1,75x_3$

Враховуючи те, що оптимізація одного з параметрів може призвести до того, що інший параметр прийме недопустиме значення, необхідно розглядати зміну всіх показників одночасно. Розв'язком поставленої задачі є деякий компроміс, тобто такий набір значень факторів x_1, x_2, x_3 , при яких, можливо, параметри $Y_1 - Y_{22}$ не досягають оптимальних значень, проте обов'язково знаходяться у межах свого існування та забезпечують найліпші компромісно можливі показники якості. У даному випадку компромісна задача фактично зводиться до пошуку деякої точки у факторному просторі, якій відповідає екстремальне значення цільової функції задачі Y_i (max або min) при введених обмеженнях на показники якості [1, 2, 4]. Як вже зазначалось, поставлена задача відноситься до класу багатокритеріальних задач оптимального управління, що розв'язуються методом лінійного програмування. Всі задачі лінійного програмування можна привести до стандартної форми, у якій цільову функцію мінімізують (або максимізують), а всі обмеження задають у вигляді рівності з невід'ємними змінними.

У роботі [2] для розв'язання оптимізаційної задачі такого роду запропоновано використання симплекс-методу. Її автором розроблено відповідний алгоритм та спеціалізована комп'ютерна програма, що дозволяє математично вирішити системи компромісних задач при оптимізації параметрів готових трикотажних компресійних виробів за допомогою ЕОМ. Запропонований алгоритм може бути використаний при розробці комп'ютерної програми, основною метою якої є вирішення поставленої нами оптимізаційної задачі. На основі встановлених у ході реалізації активного трифакторного експерименту цільових функцій Y_i , обраних керованих змінних x_1, x_2, x_3 та формалізації обмежень створено програмний продукт для технолога, що дозволяє на ЕОМ проектувати весь цикл розробки інтегрованого двошарового трикотажу для виготовлення функціональної білизни від заправних параметрів в'язального обладнання до параметрів його структури та властивостей (рис.1). При цьому показниками раціональних технологічних параметрів роботи в'язального обладнання вважаємо комплекс показників якості трикотажу.

Програмне забезпечення написано мовою Object Pascal у середовищі Delphi з урахуванням об'єктно-орієнтовного підходу, відповідає вимогам до автоматизованої процедури, та пропонує зручний діалоговий режим роботи. Для запуску програми необхідно активувати «*.exe» файл. Програма зустрічає користувача вікном, в якому необхідно обрати вид сировини для утворення гідрофобного шару інтегрованого двошарового трикотажу та режим розрахунку (рис. 2).

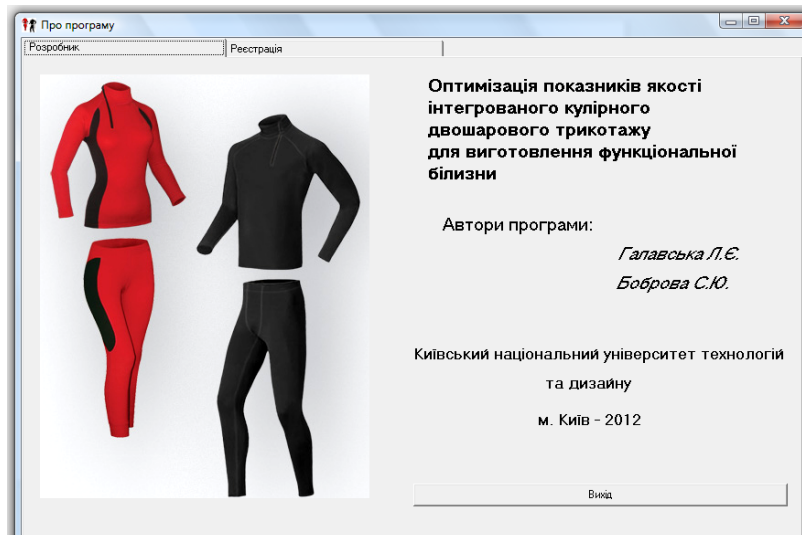


Рис. 1. Вікно «Інформація про розробників» (авторська розробка)

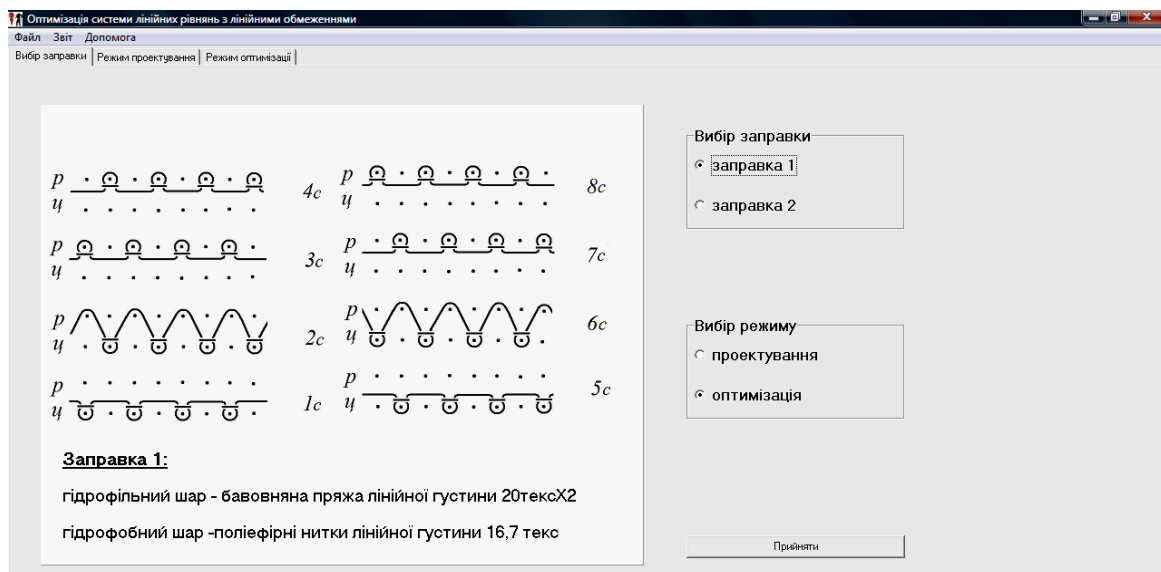


Рис. 2. Вікно вибору заправки та режиму здійснення розрахунків (авторська розробка)

Створена програма надає можливість користувачеві автоматично проводити розрахунки технологічних параметрів роботи в'язального обладнання у двох режимах, які було названо «режим проектування» та «режим оптимізації». Після натискання кнопки «Прийняти» активується вікно обраного користувачем режиму здійснення розрахунків. У даному випадку на рис. 3 представлено активоване вікно «режиму оптимізації».

Для виконання розрахунків у даному режимі користувач обирає критерій оптимізації та конкретизує напрямок оптимізації: *максимум* чи *мінімум*.

Крім вибору цільової функції, технолог також може ввести обмеження на будь-який із показників якості, передбачений у розрахунках, шляхом переміщення бігунків. У автоматичному режимі відбувається розрахунок найкращих комбінацій параметрів в'язання (обраних факторів x_1, x_2, x_3), що задовольняють висунутій користувачем вимозі та очікувані значення показників якості (цільових функцій Y_i). У «режимі проектування» відбувається розрахунок очікуваних показників якості (цільових функцій Y_i) трикотажу на підставі обраних значень параметрів в'язання (вхідних параметрів x_1, x_2, x_3) у рамках можливого діапазону їх існування.

За результатами розрахунків у автоматичному режимі формується протокол, який містить інформацію про розробників програми, заправні дані, вид обладнання.

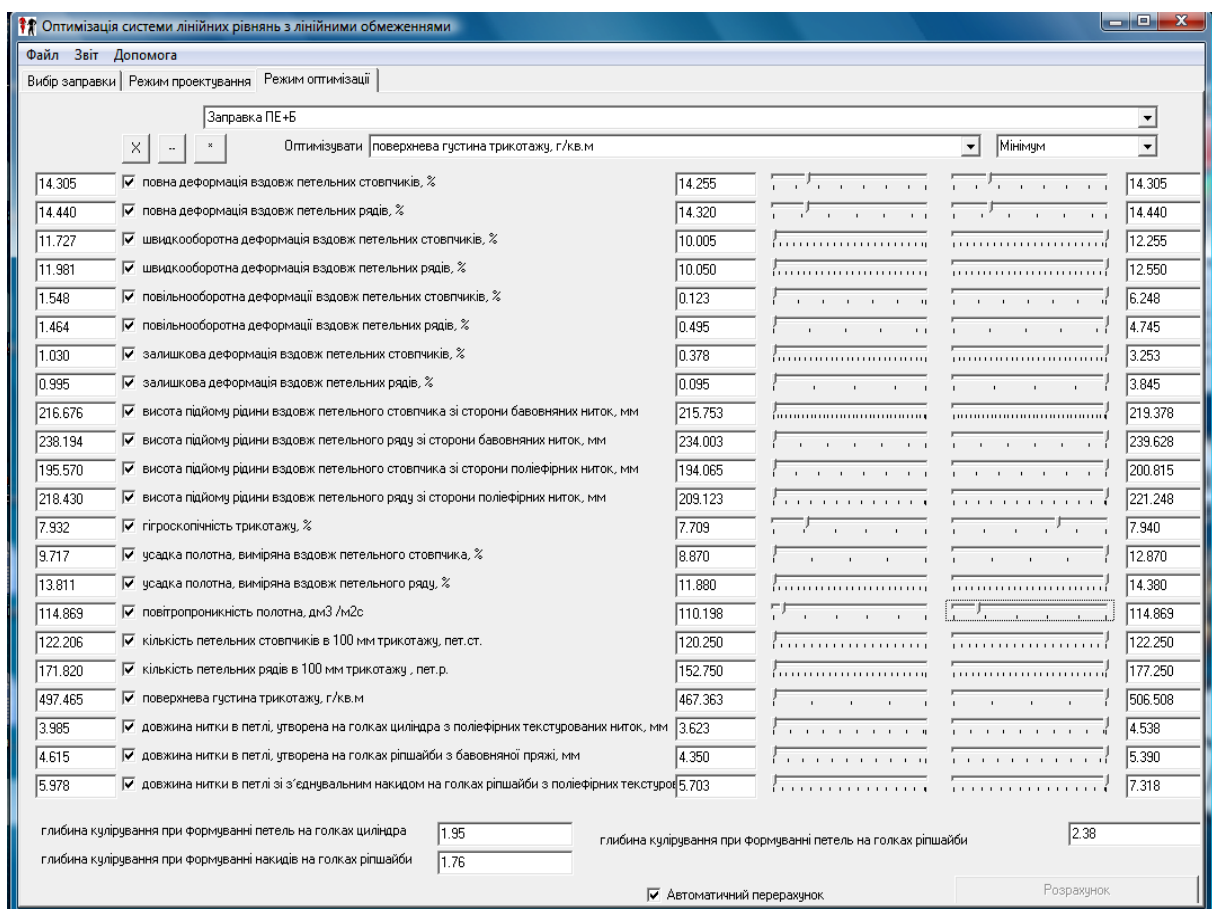


Рис. 3. Вікно «Режим оптимізації» (авторська розробка)

Програмою передбачена допоміжна система: вкладка Допомога → Робота з програмою, яка у разі виникнення конфліктів обладнання й програмного забезпечення або у випадку виникнення питань у користувача, дозволяє їх уникнути. Дана функція дозволяє знаходити інформацію про види функціональної білизни; характеристики сировини гідрофільного та гідрофобного шарів інтегрованого двшарового трикотажу; заправні дані, структуру переплетення; технічну характеристику в'язального обладнання; режими розрахунків.

Висновки

Проблему розробки оптимальних параметрів, споживчих властивостей інтегрованого двошарового трикотажу для виготовлення функціональної білизни та рекомендацій щодо технологічних параметрів роботи в'язального обладнання необхідно вирішувати комплексно, враховуючи їх тісний кореляційний зв'язок. Наявність знань про взаємозв'язок основних показників якості трикотажу та технологічних параметрів роботи в'язального обладнання дозволяє зменшити матеріальні витрати на впровадження у виробництво, збільшити продуктивність праці та обладнання, раціонально використовувати можливості в'язального обладнання та сировинні ресурси. Оптимізація показників якості трикотажних полотен функціонального призначення та процесу їх вироблення комп'ютерними засобами дає значний економічний ефект і є складовою успішного функціонування будь-якого сучасного трикотажного підприємства.

Список використаної літератури

1. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Оптимизация механико-технологических процессов текстильной промышленности. – М.: Легпромбытиздат, 1991. – 256 с.
2. Боброва С.Ю. Розробка технології в'язання еластичних виробів заданої форми: дис... канд. техн. наук: 05.19.03 / Боброва Світлана Юріївна. – К.: КНУТД, 2003. – 192 с.
3. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1980.
4. Банди Брайан. Основы линейного программирования. М., 1989. – 174 с.

Стаття надійшла до редакції 04.10.2012

Разработка компьютерных средств математического решения системы компромиссных задач в ходе оптимизации показателей качества интегрированного двухслойного трикотажа

Галавская Л.Е., Боброва С.Ю.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

В статье решён вопрос поиска рациональных технологических режимов изготовления интегрированного двухслойного трикотажа для функционального белья путем использования методов математической оптимизации. Предложена компьютерная программа проектирования двухслойного трикотажа функционального назначения с заданными показателями качества.

Ключевые слова: интегрированный трикотаж, бикомпонентный трикотаж, трикотаж функционального назначения, термобельё, метод математической оптимизации, линейное программирование, симплекс метод.

Computer aids development of the mathematical decision of compromise problems system during optimisation of quality indicators of the integrated double-layer knitted fabric

Galavska L., Bobrova S.

Kyiv National University of Technologies and Design

In article the question of search of rational technological modes of the integrated double-layer knitted fabric manufacturing for functional balbriggan is decided by use of mathematical optimisation methods. The computer program of designing of double-layer knitted fabric of a functional purpose with the quality set indicators is offered.

Keywords: the integrated knitted fabric, two componential knitted fabric, functional purpose knitted fabric, thermo balbriggan, a method of mathematical optimisation, linear programming, a simplex a method.