

- 1 – поява-зникнення об'єму всього виробу;
- 2 – відділення-приєднання деталей або елементів одягу;
- 3 – регулювання-фіксація величини, об'єму, форми, силуету виробу і деталей виробу;
- 4 – згортання-розгортання деталей та елементів виробу;
- 5 – розтягування-стягування деталей або частин виробу;
- 6 – заміщення елементів та деталей виробу іншими елементами та деталями;
- 7 – суміщення-розсування частин виробу;
- 8 – трансформація виробу за рахунок оздоблення.

На основі цих базових прототипів була здійснена систематизація прийомів та засобів трансформації костюму, яка являється важливою частиною вихідної інформації для проектування сучасних багатофункціональних виробів, що здатні трансформуватися (рис.1).

### Висновки

Отже, систематизовані знання щодо методів та засобів здійснення трансформації одягу дозволять зробити процес проектування сучасного багатофункціонального одягу більш ефективним і досконалим. В свою чергу, це дозволяє значно розширити асортимент продукції швейної галузі легкої промисловості, а також задовольнити естетичні і експлуатаційні вимоги сучасного споживача.

### Література

1. Муниципальное образовательное учреждение «Мари-Турекская СОШ»: Одежда-трансформер (реферат) [Електронний ресурс] – Режим доступу : [www.docme.ru/doc/39514/odezhda-transformer](http://www.docme.ru/doc/39514/odezhda-transformer)
2. Клуб любителей шитья «Сезон»: Платье трансформер. – Режим доступу : [http://www.season.ru/sovet/sozd\\_vikr/transform.html](http://www.season.ru/sovet/sozd_vikr/transform.html)
3. Одежда-трансформер [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.vdom1.ru/post147341923>

Рецензент: д.т.н. Либа В.П.  
Надійшла 15.2.2012 р.

УДК 687.15:658.52.011.56

О.П. БОХОНЬКО, О.В. ЯРОЩУК, Є.С. БОХОНЬКО  
Хмельницький національний університет

## РОЗРОБКА ТЕПЛОЗАХИСНОГО СПЕЦІАЛЬНОГО ОДЯГУ ЗА ДОПОМОГОЮ СУЧАСНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ

*В роботі розглянуті питання розрахунку теплозахисних показників спеціального одягу. Викладена загальна схема послідовності розрахунку термічного опору з метою вибору раціональної товщини пакету матеріалів для одягу. Запропоновано розрахунок теплозахисних показників в автоматизованому режимі.*

*The questions of calculation of heat cover indexes of the special clothing have been considered in the article. The general chart of sequence of calculation of thermal resistance with the aim of choice of rational thickness of package of materials for clothing has been expounded. The calculation of heat cover indexes in the automated mode has been offered in the article.*

Ключові слова: теплозахисні властивості, термічний опір, пакет матеріалів, повітропроникність, тепловий потік, радіаційно-конвективні тепловтрати.

### Постановка проблеми

Сучасний одяг повинен відповідати цілому ряду вимог. В роботі [1] наданий аналіз номенклатури показників якості швейних виробів різного асортименту. Аналіз показав, що останнім часом при проектуванні швейних виробів верхнього асортименту не достатньо уваги надається розрахунку їх теплозахисних властивостей.

Однак, в кліматичних умовах нашої держави, як показала остання зима, теплозахисний одяг являється предметом першої необхідності. Створення такого одягу можливе при комплексному вирішенні завдань на основі використання знань з текстильного матеріалознавства, фізіології людини, теплофізики, інформаційних технологій та інших областей знань.

Враховуючи актуальність проблеми створення раціонального спеціального теплозахисного одягу нами запропоновано автоматизований розрахунок його термічного опору. Розробка спеціального одягу ускладнюється різноманітністю факторів, з котрими людина стикається в процесі своєї трудової діяльності. Це – різні метеорологічні умови, різна інтенсивність фізичної діяльності і тривалість перебування людини на холоді.

### Виклад основного матеріалу

Загальна схема розрахунку сумарного теплового опору спеціального одягу подібна до побутового

одягу. Однак особливості теплообміну людини, що виконує фізичну роботу, вносять поправки в абсолютні значення величин, що використовуються для визначення необхідних теплоізоляційних властивостей одягу.

При проектуванні спеціального одягу, який відповідає конкретним умовам експлуатації, необхідно мати наступну інформацію:

- температуру повітря, при якій передбачена експлуатація одягу;
- найбільш ймовірну швидкість вітру;
- енергозатрати людини;
- неперервний час перебування на холоді.

Рівень енергозатрат працюючого визначається середньозваженою температурою шкіри, котра використовується для розрахунків теплового опору одягу. Середньозважена температура шкіри людини відповідає її різним тепловідчуттям. При виконанні фізичної роботи різної важкості вона може бути визначена із рівняння:

$$t_{c.ш.} = \frac{T_o - 0,1559 * \frac{Q_{E.T.}}{S} + 43,169}{1,413 - 0,00438 * \frac{Q_{E.T.}}{S}}; ^\circ C \quad (1)$$

де  $S$  – площа поверхні тіла людини, м<sup>2</sup>;

$Q_{E.T.}$  – енергозатрати людини, Вт/м<sup>2</sup>;

$T_o$  – тепловідчуття людини, бали від 1 до 7.

Розрахунок теплового потоку стосовно до проектування спеціального одягу вимагає відомостей про енергозатрати, які витрачає людина на виконання механічної роботи, а також основного обміну. Енергозатрати людини та термічний коефіцієнт корисної дії в стані спокою та виконанні різних рухів наведено в табл.1

Таблиця 1

**Енергозатрати людини та термічний коефіцієнт корисної дії  
при різних видах фізичної діяльності людини**

Вид фізичної діяльності	Енергозатрати $Q_{E.T.}$ , Вт/м <sup>2</sup>	Термічний коефіцієнт корисної дії
Спокій		
- лежачи	40,6	0
- сидячи	58,1	0
- стоячи	69,7	0
Ходьба по рівній місцевості зі швидкістю		
3,0	115,5	0
4,0	139,5	0
5,5	185,0	0
6,5	121,5	0
8,0	337,5	0
Ходьба по похилій місцевості при куті нахилу, град, зі швидкістю км/год.		
5        1,5	139,0	0,07
5        3,0	172,0	0,10
5        5,0	234,0	0,11
5        6,5	355,5	0,10
15       1,5	168,0	0,15
15       3,0	265,5	0,19
25       1,6	209,0	0,20
25       3,0	390,5	0,21

Тепло, яке отримує людина в зимові місяці за рахунок сонячної радіації, при розрахунках теплового опору одягу можна не враховувати завдяки його малій кількості. Крім того, в зв'язку з тим що допускається деяке охолодження організму, раціональне тепло можна вважати додатковим резервом, котрий може продовжити час безперервного перебування людини в заданих метеорологічних умовах.

Враховуючи різноманітний характер фізичної діяльності людини, затрати енергії на механічну роботу при наближених розрахунках приймають рівним 10 % від загальних енергозатрат  $Q_{E.T.}$ .

Дані [2] свідчить про те, що людина одягнута в зимовий комплект одягу (комбінезон, куртка, штани), і виконує фізичну роботу середньої важкості ( $Q_{E.T.} = 209$  Вт) втрачає випаровуванням приблизно 20 % загальних тепловтрат, при цьому вона оцінює свої тепловідчуття як «комфорт». На загальну кількість

тепла випаровуванням вологи значний вплив має вид одягу.

Загальна схема розрахунку термічного опору спеціального одягу, що запропонована в роботі [3] має таку послідовність:

1. Розрахунок енергії, яка затрачена людиною на виконання механічної роботи:

$$Q_M = (Q_{E.T.} - Q_o) \cdot h \quad (2)$$

де  $Q_{E.T.}$  – загальні енергозатрати, Вт;

$Q_o$  – основний обмін, Вт;

$h$  – термічний коефіцієнт корисної дії.

2. Розрахунок втрати тепла на випаровування вологи з поверхні шкіри та верхніх дихальних шляхів, Вт:

$$Q_{вип.} = [(Q_{e.t.} + D/t) - Q_M] \cdot 0,2 = [(Q_{e.t.} + D/t) - (Q_{e.t.} - Q_o) \cdot h] \cdot 0,2 \quad (3)$$

де  $D$  – допустимий дефіцит тепла в організмі людини, Дж;

$\tau$  – час неперервного перебування людини в заданих метеорологічних умовах, год.

3. Втрати тепла на нагрівання повітря, що вдихається людиною. Дані необхідні для розрахунків представлені в табл. 2

Таблиця 2

Втрати тепла на нагрівання повітря, що вдихається

Енерговитрати людини, Вт	Температура зовнішнього середовища, С					
	0	-3	-10	-15	-20	-25
115	6,10	7,05	8,14	9,1	10,2	11,22
175	8,15	9,48	10,85	12,2	13,6	14,9
235	10,84	12,67	14,44	16,3	18,0	19,9
290	12,20	14,30	16,28	18,4	20,3	22,4
350	14,65	17,09	19,65	22,1	24,2	26,97
400	17,05	19,88	22,80	25,6	28,6	31,4
450	18,35	21,51	24,50	27,7	30,8	33,7

Енерговитрати людини, Вт	Температура зовнішнього середовища, С						
	-30	-35	-40	-45	-50	-55	-60
115	12,2	13,3	14,5	15,2	16,3	17,3	18,4
175	16,3	18,0	19,0	20,6	21,7	23,0	24,4
235	21,6	23,5	25,2	27,1	28,8	30,7	32,6
290	24,4	26,5	28,5	30,6	32,6	34,7	36,6
350	29,3	31,9	34,4	36,5	39,2	41,6	44,2
400	34,2	37,0	39,8	42,7	45,3	48,3	51,2
450	36,9	40,0	43,0	45,8	49,1	52,3	55,2

4. Встановлення радіаційно-конвективних тепловтрат  $Q$  рад. конв., Вт:

$$Q_{рад.конв.} = (Q_{e.t.} + D/t - Q_{вип.} - Q_{дих.} = 0,72 \cdot Q_{e.t.} + 0,8 \cdot D/t - Q_{дих.} + 6,35 \quad (4)$$

5. Розрахунок теплового потоку на одиницю поверхні  $g$ , Вт/м<sup>2</sup>:

$$g = Q_{рад.конв.} / S \quad (5)$$

6. Визначання середньозваженої температури шкіри для тепловідчуття «комфорт», °С

$$t_{с.ш.} = 36,07 - 0,035 \cdot Q_{e.t.} / S \quad (6)$$

7. Визначення сумарного термічного опору одягу на основі розрахованого теплового потоку  $g$  з урахуванням температури шкіри і оточуючого середовища, м<sup>2</sup>·°С/Вт.

$$R_{сум.} = \frac{t_{с.ш.} - t_{п.}}{g} \quad (7)$$

8. Тепловий опір одягу, що розрахований при умові двохгодинного перебування людини на холоді при різній температурі повітря і різному рівні енергозатрат  $R_{сум.}$ , м<sup>2</sup>·°С/Вт., представлені в табл. 3

9. В розраховані значення теплового опору одягу по вище вказаній формулі вносять поправку, що враховує швидкість вітру  $V$  і повітропроникність  $B$  матеріалів для верху одягу

$$C = (0,07B + 2)V + 5, \% \quad (8)$$

10. Виконують кінцевий розрахунок термічного опору одягу з урахуванням поправки на дію вітру і повітропроникності матеріалів:

$$R_T = \frac{R_{сум.} \cdot 100}{100 - C} \quad (9)$$

**Сумарний тепловий опір одягу, призначений для двокождинного перебування людини в середовищі з різною температурою повітря, R сум., C/Вт**

Енергозатрати людини, Вт	Температура повітря, С										
	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
115	00,58	00,68	00,79	00,90	11,02	11,13	11,24	11,35	11,49	11,51	11,74
175	00,45	00,52	00,60	00,68	00,70	00,87	00,96	10,01	11,09	10,19	11,28
235	00,33	00,39	00,45	0,51	00,55	00,63	00,70	00,50	00,83	00,80	10,97
290	00,23	00,28	00,33	00,38	00,48	00,48	00,53	00,48	00,63	00,69	00,74
350	00,19	00,23	00,27	00,31	00,35	00,39	00,45	00,42	00,52	00,56	00,61
400	00,16	00,19	00,23	00,26	00,29	00,33	00,37	00,39	00,44	00,48	00,52
450	00,13	00,16	00,19	00,22	00,25	00,28	00,31	00,35	00,38	00,43	00,45

11. По термічному опорі одягу визначають середньозважену товщину пакету матеріалів. Значення товщини пакету матеріалів одягу від сумарного термічного опорі наведена в табл. 4.

Таблиця 4

**Середньозважена товщина  $\delta$  пакету матеріалів одягу (куртка, штани, комбінезон) мм, і відповідний їй сумарний термічний опір одягу R сум.,  $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$**

R сум	$\delta$	R сум	$\delta$	R сум	$\delta$
0,12	0,0	0,38	6,5	0,62	15,8
0,14	0,5	0,40	7,0	0,64	15,5
0,16	1,0	0,42	7,5	0,66	16,0
0,18	1,5	0,44	8,0	0,68	17,5
0,20	2,0	0,46	9,0	0,70	18,5
0,22	2,5	0,48	9,5	0,72	19,0
0,24	3,0	0,50	10,0	0,74	20,5
0,26	3,5	0,52	11,0	0,75	21,5
0,28	4,0	0,54	11,5	0,78	23,5
0,30	5,0	0,56	12,0	0,80	25,5

12. При визначенні товщини пакета на різних ділянках тіла використовують дані про раціональний розподіл утеплювача, які наведені в роботі [4]

Таким чином, для створення теплозахисного одягу необхідно виконати декілька взаємозв'язаних етапів, а саме:

- розрахунок сумарного теплового опорі одягу у відповідності з заданими метеорологічними умовами (температурою повітря і швидкістю її руху), важкістю фізичної роботи, часом безперервного перебування на холоді і визначення товщини пакету матеріалів одягу (середньозваженої товщини і товщини на окремих ділянках), необхідної для створення виробів із заданим термічним опором;

- вибір самих матеріалів;
- виготовлення одягу необхідної конструкції і заданої товщини;

- експериментальна оцінка теплоізоляційних властивостей одягу для виявлення відповідності теплоізоляційних властивостей виготовленого одягу розрахунковій величині термічного опорі;

- оцінка теплоізоляційних властивостей одягу в умовах виробничої діяльності;

З метою скорочення часу проектування теплозахисного одягу пропонується проводити розрахунки в автоматизованому режимі. Це дає можливість не тільки скоротити терміни виконання розрахунків, але і швидко і точно розрахувати термічний опір, вибрати товщину пакету одягу на окремих ділянках тіла. Крім того, автоматизована система дозволяє

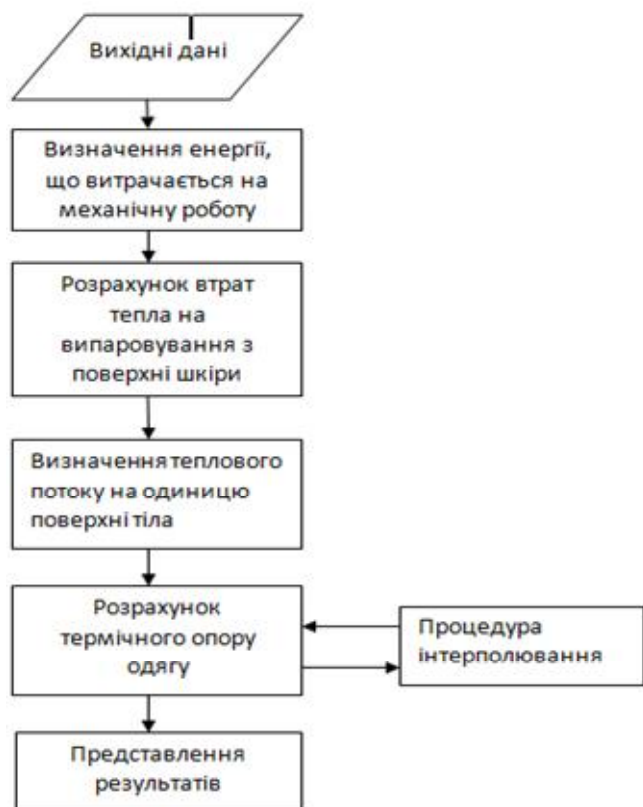


Рис. 1. Блок-схема автоматизованого розрахунку термічного опорі спеціального одягу

проектувати одяг із заданими теплозахисними властивостями.

Блок-схема автоматизованого розрахунку термічного опору спеціального одягу представлена на рис. 1.

На основі блок-схеми розроблена програма розрахунку термічного опору пакету одягу. В програмі використана мова програмування високого рівня Microsoft C# з технологією Windows Forms. Вона жорстко пов'язана з конструктивними особливостями Windows, що не змінилися протягом останніх десяти років. Вибір цієї мови програмування обґрунтований тим, що для кінцевого продукту більш важлива базова функціональність, а не візуальний користувацький інтерфейс, який можна отримати при використанні Windows Presentation Foundation. При написанні програми використані базові компоненти керування та бібліотека класів NET Framework.

Інтерфейс вибору вихідних даних та рекомендовані параметри пакету одягу – на рис. 2.

Початкові дані для заданого варіанту		Товщина пакету одягу на окремих ділянках тіла	
Основний обмін, Вт	68	Туллуб	1,26
Радіаційно-конвективні тепловтрати, Вт	34	Плече та передпліччя	1,14
Енергозатрати людини, Вт	200	Стегна	1,13
Температура повітря, °C	-5	Гонілка	0,9
Повітропроникність матеріалу, дм <sup>3</sup> /с/м <sup>2</sup> ·с	30		
Швидкість вітру, м/с	3,5		
Площа поверхні тіла, м <sup>2</sup>	1,8		
Час перебування людини на холоді, год	1,5		
Втрати тепла на дихання, Вт	23		

Рис. 2. Інтерфейс вибору вихідних даних та параметри пакету одягу

При розробці програми використана мова програмування високого рівня Microsoft C# з технологією Windows Forms. Вона жорстко пов'язана з конструктивними особливостями Windows, що не змінилися протягом останніх десяти років. Вибір цієї мови програмування обґрунтований тим, що для кінцевого продукту більш важлива базова функціональність, а не візуальний користувацький інтерфейс, який можна отримати при використанні Windows Presentation Foundation. При написанні програми використані базові компоненти керування та бібліотека класів NET Framework.

### Висновки

Створення теплозахисного одягу з заданими теплозахисними показниками є складним і громіздким процесом, при розрахунку показників використовується цілий ряд формул і табличних даних.

Запропонована блок-схема алгоритму та мова програмування високого рівня Microsoft C# з технологією Windows Forms дозволяє скоротити важкий і громіздкий процес і підвищити точність, об'єктивність та оперативність розрахунків.

Застосування автоматизованого підходу дає можливість проектування одягу з прогнозованими теплозахисними показниками. Розроблена програма дозволяє проектувати одяг підвищеної комфортності.

### Література

1. Ярошук О.В. Структурний підхід до оптимізації показників якості текстильних матеріалів та виробів з них / О.В. Ярошук, О.П. Бохонько, О.Ю. Лепікаш // Вісник ХНУ. Технічні науки. – 2011. – № 1 – с. 209–213.
2. Афансьєва Р.Ф. «Геометрические основы проектирования одежды от защиты от холода» / Афансьєва Р.Ф. – М., 1976. – 135 с.
3. Делль Р.А. Гигиена одежды. Легпромбытиздат / Делль Р.А. Афанасьєва Р.Ф., Чубарова З.С. – 1991, 160 с.
4. Бохонько О.П. Методичний вказівки для виконання лабораторних робіт з курсу «Гігієна одягу» / Бохонько О.П. – Хмельницький, ХТИ. – 1990. – 48 с.

Рецензент: д.т.н. Либа В.П.

Надійшла 19.2.2012 р.