

УДК 677.07

СЛІЗКОВ А.М., ПОПОВ В.П., ГУДЗЕНКО. О.С.

Київський національний університет технологій та дизайну

## РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІНИ ТОВЩИНИ УТЕПЛЮВАЛЬНИХ ПРОКЛАДОК ПРИ ДЕФОРМАЦІЇ СТИСКАННЯ

**Мета.** Прості та доступні методи оцінювання зміни товщини утеплювальних прокладок для одягу при деформації стиснення практично відсутні, тому розробка нового методу актуальна.

**Методика.** Використано аналітичні, експериментальні та статистичні методи дослідження.

**Результати.** Обґрунтовані параметри методу визначення зміни товщини утеплювальних прокладок при деформації стискання. Запропоновано оцінювати ступінь зміни товщини проб утеплювальних прокладок коефіцієнтом стискання.

**Наукова новизна.** Визначено залежності зміни товщини утеплювальних прокладок від часу та величини навантаження і запропоновано критерій оцінювання цієї зміни - коефіцієнт стискання.

**Практична значимість.** Розроблено простий та доступний метод визначення зміни товщини утеплювальних прокладок при деформації стискання

**Ключові слова:** деформація стискання, механічна напруга, одяг, теплозахисна утеплювальна прокладка, метод, середнє арифметичне, коефіцієнт Стьюдента.

**Вступ.** Для захисту людини від дії низьких температур використовують одяг з теплозахисними прокладками. Теплозахисні властивості прокладок в основному визначаються їх товщиною, яка в процесі зберігання та експлуатації зменшується під дією різних факторів.

Відомо [1- 3], що на пружні деформації у текстильних матеріалах мають вплив такі фактори як параметри навколишнього середовища (вологість та температура), а також величина механічної напруги. Для текстильних матеріалів, при їх стисканні, механічна напруга ( $\sigma$ , Н/м<sup>2</sup>) чисельно дорівнює силі пружності, що діє в деформованому тілі на одиницю його площі:

$$\sigma = \frac{F_{np}}{S}$$

де,  $F_{np}$  - величина результуючої сили пружності, Н;  $S$  - площа зразка, по якій розподілена сила пружності, м<sup>2</sup>.

Механічна напруга характеризує ступінь деформації як текстильного матеріалу в цілому так і окремих його частин. Частини матеріалу, у яких механічна напруга перевищує певні критичні значення зазнають зміни геометричних параметрів (товщини та довжини), а також виникає злипання волокон та клейових складових нетканого матеріалу виготовленого за клейовим способом, тобто виникають пластичні деформації.

Жорсткість тіла залежить від форми і розмірів тіла та матеріалу, з якого воно виготовлено. Чим більше значення жорсткості тіла, тим менша деформація тіла.

За законом Гука сила пружності прямо пропорційна деформації тіла і спрямована протилежно напрямку переміщення частинок тіла під час деформації:

$$F_{np} = k\Delta x$$

де  $\Delta x$  – абсолютне зменшення (видовження) тіла,  $k$  - жорсткість тіла (Н/м).

**Постановка завдання.** Теплозахисні властивості одягу залежать від багатьох факторів: теплозахисних властивостей матеріалів які складають пакет одягу та параметрів навколишнього середовища (температури, вологості повітря). В пакеті матеріалів для зимового одягу основну функцію теплозахисту складає утеплювальна прокладка. Теплозахисні властивості цієї прокладки в основному залежать від її товщини. Чим більша товщина утеплювальної прокладки тим кращий її теплозахист. Це пояснюється тим, що вона забезпечує більшу величину нерухливого шару повітря в пакеті одягу [1, 2].

В процесі зберігання багато видів зимового одягу спеціального призначення складається в пачках, які зберігаються під деформацією стискання протягом довгого проміжку часу. В процесі такого зберігання одягу товщина утеплювальної прокладки значно зменшується, зменшуючи таким чином його теплозахисні властивості. Для забезпечення збереження теплозахисних властивостей зимового одягу потрібні дослідження впливу деформації стискання на утеплювальні теплозахисні матеріали.

На сьогодні існують різні методи визначення деформаційних характеристик при деформації стискання для різних видів матеріалів. Так для полімерних пористих матеріалів розроблені критерії та метод визначення залишкової деформації у разі стискання визначенні у ДСТУ ISO 1856:2008 «Матеріали полімерні пористі еластичні. Метод визначення залишкової деформації у разі стискання», а для матеріалів з високою щільністю метод визначення характеристик напруження під час деформації стискання визначенні у ДСТУ ISO 3386-2:2008 «Матеріали полімерні пористі еластичні. Метод визначення характеристик напруження під час деформування стисканням. Частина 2. Матеріали з високою щільністю»[4-6]. Розглядаючи ці методи можна зазначити, що вони не враховують особливості зміни структури об'ємних нетканних матеріалів при стисканні їх на протязі довгого проміжку часу, тому розробка достатньо простих та достатньо доступних методик визначення впливу деформації стискання на об'ємні текстильні матеріали є актуальною/

**Результати дослідження.** Для дослідження були використані об'ємні неткані полотна клейового способу виробництва (типу «Синтапон») з 100 % ВПЕ поверхневою густиною 150 та 300 г/м<sup>2</sup>, які широко застосовуються в якості утеплювальних прокладок побутового та спеціального одягу для низьких температур.

Для розробки методу оцінки зміни товщини утеплювальних прокладок при деформації стискання потрібно врахувати всі фактори, які можуть впливати на текстильні матеріали при деформації стискання. Такими факторами є величина навантаження, час дії навантаження та параметри навколишнього середовища (температура, вологість повітря). В процесі дослідження параметри навколишнього середовища були постійними, тому їх вплив на результати був практично відсутнім.

Таким чином основними факторами, які мали вплив на деформаційні властивості об'ємних нетканних полотен та їх механічну напруженість були наступні: величина навантаження та час його дії на матеріал.

Крім цього важливим елементом методу є вибір параметрів елементарної проби. Для зручності підрахунків та мінімізації витрат матеріалу параметри елементарної проби були прийняті 100×100 см.

Для кращого визначення товщини елементарної проби вона укладалася на гладку горизонтальну поверхню з обмежувачем зсуву проби і на неї накладалася паперова накладка

аналогічного з нею розміру, вага якої дорівнювала попередньому навантаженню на пробу, що значно покращувало вимірювання її товщини. Вимірювання товщини проби здійснювали за допомогою штангельциркуля з кожної сторони проби з подальшим усередненням. Для кожного варіанту викроювалися по 3 проби з повтором. Кількість вимірювань в кожному варіанті навантаження становила 12, що забезпечило досить малу статистичну похибку до 5%.

Значення зміни товщини проби в процесі відпочинку (при кожному значенні навантаження) вимірювалися в наступних проміжках часу: 1, 5, 10, 15, 30, 60, 120, 180 хв. Графік релаксації проби в процесі відпочинку після деформації стискання представлено на рис. 1.

Середньо арифметичні значення вимірів товщини проб порівнювалися між собою за критерієм Стьюдента –  $t$  (при  $P_d = 0,95$ ) [7-10]. В результаті досліджень визначено, що релаксація матеріалу спостерігається вже після 60 хв. відпочинку проби. Подальший час відпочинку (120 та 180 хв.) незначимо впливає на відновлення товщини проби після навантаження при кожному значенні навантаження, тому для вимірювання зміни товщини проби після навантаження достатньо 60 хв. або 1 год. відпочинку.

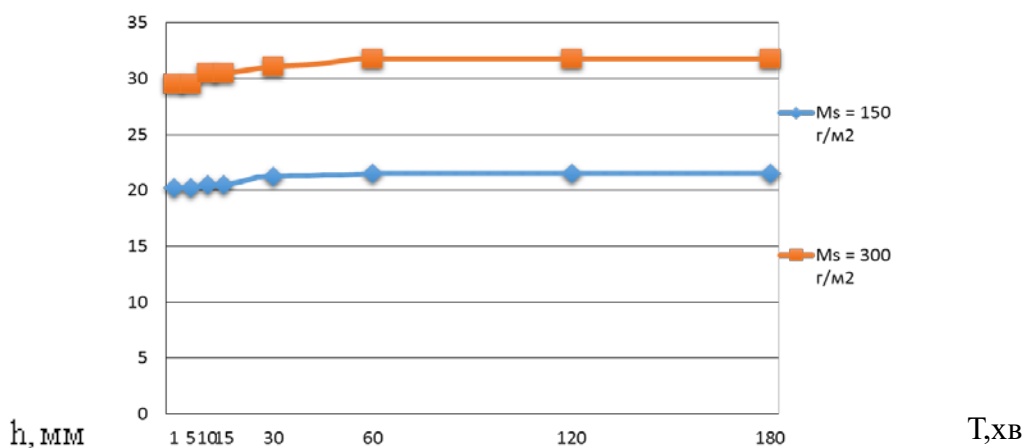


Рис. 1. Графіки зміни товщини проб в процесі відпочинку

Для дослідження впливу зазначених вище факторів на зміну товщини утеплювальних прокладок при деформації стискання було проведено два однофакторних експерименти для кожного значення поверхневої густини утеплювальної прокладки.

У першому експерименті досліджувався вплив величини навантаження на зміну товщини утеплювальних прокладок. Величина навантаження варіювалася від 10 до 50 Н з інтервалом в 10 Н, що забезпечувало значення механічної напруги на пробу відповідно від 1000 до 5000 Н/м<sup>2</sup>. Час навантаження був прийнятий 24 год. або 1 доба. За результатами попереднього експерименту було визначено, що при меншому часі (від 1 до 20 год.) із зазначеними величинами навантаження зміни товщини прокладок були практично відсутні. На рис.2 представлені графіки зміни товщини проби в залежності від величини навантаження.

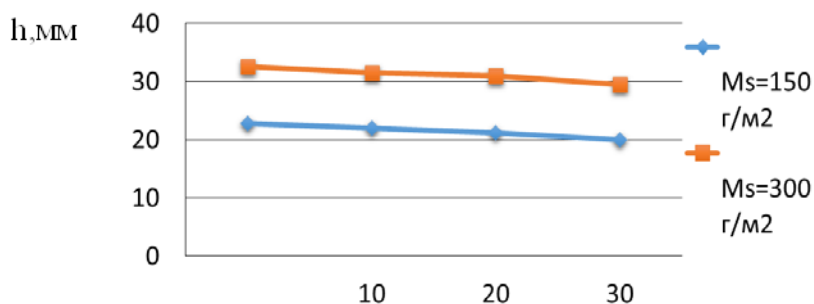


Рис. 2. Графіки залежності зміни товщини проби від величини навантаження

В результаті проведення першого експерименту визначили, що величина навантаження, при встановленому часі навантаження 24 год. (1 доба), значимо впливає на зміну товщини прокладок тільки при значеннях 30, 40 та 50 Н при порівнянні середніх значень за критерієм Стьюдента –  $t$  (при  $P_D = 0,95$ ). При менших значеннях (10 та 20 Н) вплив навантаження не мав значимого впливу. Для подальших досліджень було прийнято оптимальну величину навантаження на пробу, яка дорівнювала 30 Н.

У другому експерименті досліджувався вплив часу навантаження на зміну товщини утеплювальної прокладки. Виходячи з результатів попереднього експерименту значення часу навантаження були прийняті наступні: 1, 2, 3 та 4 доби. Величина навантаження на пробу становила 30 Н, що становить  $3000 \text{ Н/м}^2$  механічної напруги. На рис. 3 представлені графіки зміни товщини проби в залежності від часу навантаження.

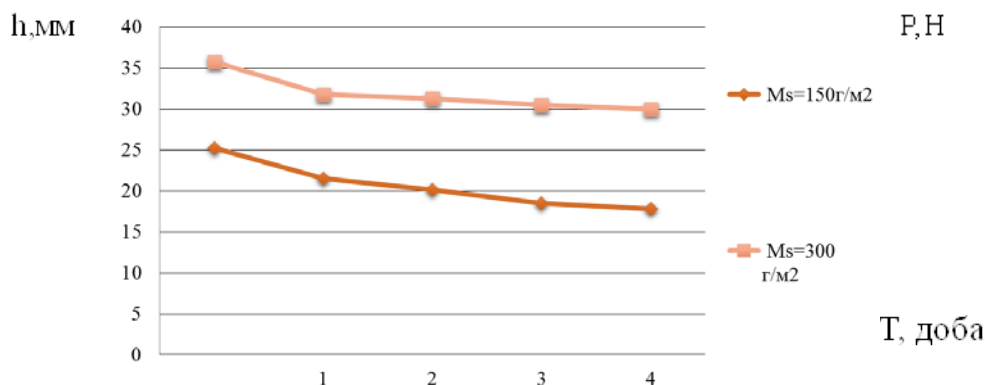


Рис. 3. Графіки зміни товщини проби в залежності від часу навантаження

В результаті дослідження визначили, що значимі зміни товщини проби спостерігаються при усіх значеннях встановленого вище часу навантаження при порівнянні між собою середніх значень за критерієм Стьюдента –  $t$  (при  $P_D = 0,95$ ). Таким чином для методу приймається значення часу навантаження 1 доба, що значно скорочує час проведення дослідження та покращує умови роботи експериментатора.

Для оцінки ступеня зміни товщини проб утеплювальних прокладок після деформації стискання пропонується застосовувати наступний показник – коефіцієнт стискання. Коефіцієнт стискання проби  $K_{CT}$ , %, визначається за наступною формулою:

$$K_{CT} = \frac{h_R}{h_0} \cdot 100, \%$$

де  $h_K$  – кінцева товщина проби після відпочинку, мм;  $h_0$  – початкова товщина проби, мм.

При порівнянні утеплювальних прокладок різної поверхневої густини визначено, що при її збільшенні з 150 до 300 г/м<sup>2</sup> вплив навантаження та часу його дії на матеріал значимо зменшується при порівнянні між собою середніх значень за критерієм Стьюдента –  $t$  (при  $P_D = 0,95$ ) майже у два рази, що може пояснюватися суттєвим зменшенням величини механічної напруги на об'єм утеплювальної прокладки, що становить відповідно –  $1,5 \times 10^5$  Н/м<sup>3</sup> та  $0,9 \times 10^5$  Н/м<sup>3</sup>. Коефіцієнт стискання для проби з поверхневою густиною 300 г/м<sup>2</sup> становив 89%, а для проби з поверхневою густиною 150 г/м<sup>2</sup> – 72%, що також пояснюється зазначеною вище причиною.

**Висновки.** Розроблено простий та доступний метод оцінки зміни товщини об'ємних нетканних матеріалів для утеплювальних прокладок, який використовується на низці підприємств України. Час навантаження проб до 20 годин не значимо (при  $P_D = 0,95$ ) впливає на зміну товщини прокладок. При зміні часу від 1 до 3 діб визначено, що ці значення часу навантаження призводять до значимих змін товщини прокладок. Величина навантаження до 30 Н значно збільшує час проведення дослідження, тому доцільно було її збільшувати.

В результаті досліджень запропоновані наступні параметри методу: розміри проби 100×100 мм, значення величини навантаження – 30 Н, а значення часу навантаження – 24 год. (1 доба). Запропоновано оцінювати ступінь зміни товщини проб утеплювальних прокладок після деформації стискання коефіцієнтом стискання.

#### Література

1. Бузов Б.А., Алыменкова Н.Д. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности. Швейное производство. М.: Изд. центр «Академия», 2004. – 448 с.
2. Орленко Л.В., Гаврилова Н.И. Конфекционирование материалов для одежды: Учебное пособие. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2006. – 288 с.
3. Кукин Г. Н., Соловьев А. Н. Текстильное материаловедение (текстильные полотна и изделия). М.: Легпромбытиздат, 1992. – 272 с.
4. ДСТУ ISO 1856:2008 «Матеріали полімерні пористі еластичні. Метод визначення залишкової деформації у разі стискання» - К.: Держспоживстандарт, 2008. – 15-с.
5. ДСТУ ISO 3386-2:2008 «Матеріали полімерні пористі еластичні. Метод визначення характеристик напруження під час деформування стисканням. Частина 2. Матеріали з високою щільністю». - К.: Держспоживстандарт, 2008. – 12-с.
6. Методы испытания и исследования неметаллических материалов / Под ред. Паншина Б. И., Перова Б. В., Шарова М. Я. - М.: Машиностроение, 1973.- Т.3.- 284с.
7. Севостьянов А. Г. Методы и средства исследования механико-технологических

#### References

1. Buzov B. A, Alymenkova N. D. (2004) *Materyalovedenye production of products in mild industry. GARMENT production.* М.: Publishing. Center "Academy", 448 p.
2. Orlenko L. V, Gavrilov N. I. (2006) *Konfeksyonyrovanye materials for odezhdы: Uchebnoe posobyе.* М.: FORUM: INFRA-M, 288 p.
3. Kukyn G. N, Soloviev A. N. (1992) *Tekstylnoe materyalovedenye (tekstylnye fabric and products.* М.: Lehprombytyzdat, 272 p.
4. DSTU ISO 1856: 2008. *Polymer porous elastic. The method of determining permanent deformation when compression* К.: DSSU, 2008. 15 p.
5. DSTU ISO 3386-2: 2008. *Polymer porous elastic. The method of determining characteristics of strain during compression deformation. Part 2. Materials with high density.* К.: DSSU, 2008. 12 p.
6. Panshina B.I, Perova B.V., Sharova M.Ya. (1973) *Methods of trials and research materials nemetalicheskyh.* М.: Engineering, 284 p.
7. Sevost'yanov A. G. (2007) *Metody ispytaniya i issledovaniya nemetalicheskikh materialov [Methods and Mechanics sredstva research and technological processes tekstylnoy industry].* М.: MSTU them. A. Kosyhyna, 646 p.
8. Asoloviev A. N., Kiryukhin S. M. (1974) *Metody i sredstva issledovaniya mekhaniko-*



процессов текстильной промышленности. — М.: МГТУ им. А. Н. Косыгина, ООО «Совъяж Бево», 2007 - 646 с.

8. Соловьев А. Н., Кирюхин С. М. Оценка качества и стандартизация текстильных материалов. М.: Легкая индустрия, 1974. – 245 с.

9. Афифи А., Эйзен С. Статистический анализ. Подход с использованием ЭВМ. - М.: «Мир», 1982 - 488 с.

10. Демківський О. Б. та ін. Статистична обробка результатів вимірювань та експериментальних даних в текстильній промисловості. - К.: КНУТД, 2012. – 106 с.

tekhnologicheskikh protsessov tekstil'noy promyshlennosti. [Quality evaluation and standardization of textile materials]. М: Lehkaya Industriia, 245 p.

9. Afifi A., Eyzen S. (1982) *Statysticheskyy analysis. Using Approach with computers*. 488 p.

10. Demkivsky A. B. (2012) *Statystychna obrobka rezultativ vymiryuvan ta eksperymentalnykh danykh v tekstyl'niy promyslovosti* [Statistical analysis of measurement results and experimental data in the textile industry] Kyiv National University of Technologies and Design. 106 p. [in Ukrainian]

## РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ТОЛЩИНЫ УТЕПЛЯЮЩИХ ПРОКЛАДОК ПРИ ДЕФОРМАЦИИ СЖАТИЯ

СЛИЗКОВ А.Н., ПОПОВ В.П., ГУДЗЕНКО О.С.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

**Цель.** Простые и доступные методы оценки изменения толщины утепляющих прокладок для одежды при деформации сжатия практически отсутствуют, поэтому разработка нового метода актуальна.

**Методика.** Используются аналитические, экспериментальные и статистические методы исследования.

**Результаты.** Обоснованы параметры метода определения изменения толщины утепляющих прокладок при деформации сжатия. Предложено оценивать степень изменения толщины проб утепляющих прокладок коэффициентом сжатия.

**Научная новизна.** Определены зависимости изменения толщины утепляющих прокладок от времени и величины нагрузки, а также предложен критерий оценивания этого изменения - коэффициент сжатия

**Практическая значимость.** Разработан простой и доступный метод оценки определения изменения толщины утепляющих прокладок при деформации сжатия.

**Ключевые слова:** деформация сжатия, механическое напряжение, одежда, утепляющая прокладка, метод, среднее арифметическое, коэффициент Стьюдента.

## DEVELOPMENT OF THE METHOD OF DETERMINING THE CHANGE OF THICKNESS OF THERMAL GASKETS IN THE DEFORMATION OF CONDENSATION

SLIZKOV A.N., POPOV V.P., GUDZENKO O.S.

Kyiv National University of Technology and Design

**Goal.** Simple and affordable methods for assessing the change in the thickness of heat-insulating linings for clothing with compression deformation are practically absent, so the development of a new method is relevant.

**Methodology.** Analytical, experimental and statistical methods of research are used.

**Results.** The parameters of the method for determining the change in the thickness of the heat-insulating pads are deformed under compression deformation. It was proposed to estimate the degree of change in the thickness of the samples of the insulating gaskets by the coefficient of compression.

**Scientific novelty.** Dependencies of the change in the thickness of the heat-insulating pads versus time and the magnitude of the load are determined, and a criterion for estimating this change, the compression coefficient.

**Practical significance.** A simple and accessible method for estimating the change in the thickness of thermal insulation gaskets for compression deformation is developed.

**Key words:** compression deformation, mechanical stress, clothing, heat-insulating pad, method, arithmetic mean, Student's coefficient.