

## ВИБІР СПЕЦІАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ КРІОЗАХИСНИХ ПАКЕТІВ

*В статті представлено експериментальне дослідження кріозахисних властивостей пакетів матеріалів з врахуванням їх теплофізичних характеристик з метою виявлення закономірностей між значеннями коефіцієнта теплопровідності і теплового опору залежно від товщини анізотропних матеріалів.*

*In the article experimental research of kriozaehisnikh properties of packages of materials is presented taking into account their thermophysical descriptions with the purpose of exposure of conformities to the law between the values of coefficient of heat-conducting and thermal resistance depending on the thickness of anisotropic materials.*

Ключові слова: спец матеріали, пакети кріозахисні.

Для проведення теоретичних розрахунків і експериментів були використані класичні уявлення про тепломасоперенос, які характеризуються такими теплофізичними характеристиками як коефіцієнт теплопровідності  $\lambda$ , коефіцієнт теплопередачі  $K$ , тепловий опір  $R$  і густина теплового потоку  $q$  [1-4]. Розроблена математична модель для вирішення зазначеної проблеми свідчить, що проведені розрахунки дають змогу науково обгрунтовано вибрати матеріали, які за своїми властивостями і теплофізичними показниками відповідають необхідним критеріям. Проектування раціонального одягу різного функціонального призначення передбачає насамперед гігієнічні вимоги як до матеріалів, так і до виробу. Це логічно тому, що одяг, особливо для побуту, повинен забезпечити організму комфорт з урахуванням кліматичних особливостей. В зв'язку з цим, до важливих гігієнічних показників спеціалісти відносять такі, як повітропроникнення, водотривкість, паропроникнення, теплозахист тощо, які в сукупності дають змогу проектувати комфортабельний одяг, що здатний штучно утворювати і постійно підтримувати середнєзважену температуру підкостюмного простору, значення якої знаходиться в межах 32,2...33,2°C [5]. Тобто, якщо вказана температура організму людини знаходиться в зазначених інтервалах, то суб'єкт відчуває комфорт, а одяг відповідає необхідним умовам. Але практичні спостереження показують, що проектування того ж таки побутового теплозахисного одягу для різних кліматичних районів не викликає особливих конструкторсько-технологічних проблем, оскільки є уже традиційним, з раніше відпрацьованими і затвердженими нормативними даними відносно повітро-пароводопроникнення, маси, теплового опору та інше. Що ж стосується одягу спеціального, і як правило, багатофункціонального призначення, то гігієнічні та фізико-механічні показники матеріалів, а відтак і виробу вступають в протиріччя, оскільки головними характеристиками є захисні. Так, в нашому випадку одяг повинен бути виготовлений із спеціального матеріалу, який не руйнується мікроорганізмами, тому що вони віднесені до НШФ холодильного цеху м'ясокомбінатів. Аналогічні властивості, а саме біологічну стійкість, повинен мати матеріал утеплювача і підкладкового шару. Указані вимоги нами були вирішені при проведенні досліджень щодо впливу мікроорганізмів на проби текстильних матеріалів різного асортименту. Тому, на основі аналізу отриманих результатів, насамперед були запропоновані такі матеріали як арт. 86039 і зразок № 23.

Тканина арт. 86039 виготовлена із 100 % лавсанового волокна і повинна бути використана для пошиття верху куртки і штанів як найбільш біологічно стійка. Що стосується зразка № 23, до волокнистого складу якого входить 33 % бавовняних і 67 % лавсанових волокон, то його необхідно використати для створення структури кріозахисного пакета. Але указаний матеріал має незначні недоліки. До них насамперед можна віднести волокнистий склад пряжі, яка включає 33 % бавовняних волокон. Така кількість целюлозомістких компонентів, як засвідчили експерименти, приводить до суттєвого зменшення розривальних характеристик, стійкості до стирання по площині, та збільшення коефіцієнта повітропроникності, особливо при збільшенні часу експозиції мікроорганізмів. Тому, для того, щоб кріозахисний пакет, як окрема деталь спеціального одягу, відповідав нормам біологічної стійкості, рекомендується утеплювальний шар розмістити між двома шарами спеціального матеріалу. Серед основних показників слід відзначити особливості будови пряжі. Так, для забезпечення необхідної біологічної стійкості (85...90 %), до складу основних і утокових ниток повинні входити 85...90 % лавсанових і 15...10 % бавовняних волокон. Оскільки указаний матеріал буде призначений для формування кріозахисного пакета з двохстороннім покриттям, то власне утеплювач буде зберігатись від механічного впливу в процесі експлуатації спеціального одягу, його очищення, висушування тощо. Необхідно зазначити, що спеціальний матеріал буде вітчизняного походження і структурно не відрізняється від зразка № 23, а відтак його вартість повинна бути меншою і це дозволить м'ясокомбінатам, незалежно від форми власності, користуватись надійним і конкурентоспроможним спеціальним одягом. Тому, для проведення експериментів, пов'язаних з кріозахистом при формуванні пакетів, був вибраний лавсано-бавовняний матеріал (зразок № 23), матеріал арт. 3053, виготовлений із 100 % бавовняних волокон, та матеріал арт. 3410, виготовлений із 100 % вовняних волокон.

Для утеплювачів були вибрані зразки бавовняної, вовно-бавовняної та лавсанової вати, характеристики основних фізичних та геометричних показників яких представлені в таблиці 1.

Аналіз указаних показників свідчать про те, що проби відрізняються насамперед волокнистим складом, серед яких найбільш біологічно стійкими є ті, які виготовлені із 100 % лавсанових волокон. Але, не зважаючи на отримані результати досліджень, 100 % бавовна та вовно-бавовняна (50: 50) вата були використані для порівняльних експериментів і практичної перевірки здатності розробленої математичної моделі для розрахунку оптимальних теплофізичних характеристик матеріалів кріозахисного пакета.

Таблиця 1

## Характеристика основних фізичних та геометричних показників утеплювачів

Назва матеріалу утеплювача	Товщина, мм	Густина, г/см <sup>3</sup>	Гігроскопічність, %	Поверхнева густина, г/м <sup>2</sup>	Волокнистий склад проби, %	Коефіцієнт повітропроникності, дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ·с
Вата для одягу	5,0	1,53	9,2	207,0	бавовна-100	323,0
Вовно-бавовняна вата	5,0	1,43	10,8	285,0	вовна-50 бавовна-50	478,0
Синтепон	5,0	1,32	0,7	150,0	лавсан-100	612,0

До такої теплофізичної характеристики проб матеріалів була віднесена теплопровідність  $\lambda$  (вт/м·град), яка вважається основною і чим більше абсолютне її значення, тим менше їх теплозахисні властивості. Окрім цього, коефіцієнт теплопровідності, на відміну від теплового опору текстильних матеріалів і коефіцієнта теплопередачі визначається експериментально. Вивчаючи теплопровідність анізотропних матеріалів, до яких належать текстильні, слід пам'ятати, що її значення може змінюватись залежно від пористості полотна, тобто виду переплетення, вологості волокон і повітря, температури, зміни атмосферного тиску та інше, що суттєво впливають на кінцевий результат [6].

Але, якщо проаналізувати літературні дані [7-9], то складається враження, що для вирішення проблем, пов'язаних з проектуванням теплозахисного одягу (пакетів), вивчати таку теплофізичну характеристику текстильних матеріалів як теплопровідність необов'язково. Для отримання позитивних результатів достатньо змінювати їх товщину і контролювати значення теплового опору, використовуючи наступну формулу:

$$R = \frac{b}{\lambda} + 0,001, \quad (1)$$

де  $b$  – товщина матеріалу, м;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності, обчислений методом найменших квадратів [9] і дорівнює 0,0495 вт/м·град для всіх груп тканин.

Тому, якщо зважити на те, що значення коефіцієнта теплопровідності  $\lambda$  для одного і того ж текстильного матеріалу не може бути постійною величиною, а змінюється залежно від об'ємної маси, вологості, температури, повітропроникнення та інше, то використання указаної залежності слід вважати недостатньо обґрунтованою. Про це свідчать результати досліджень проведені з пробами такого матеріалу як сукно різних артикулів. Так, наприклад, сукно для відомчих виробів (арт. 6404) має коефіцієнт теплопровідності 0,052 вт/м·град при товщині  $3,2 \cdot 10^{-3}$  м, а проби матеріалу арт. 6401 при такій же товщині менш теплопровідні, оскільки  $\lambda = 0,045$  вт/м·град.

Тому, якщо тепловий опір  $R$  розраховувати за формулою (1), то його значення для двох різних матеріалів буде дорівнювати 0,066 м<sup>2</sup>·град/вт. В дійсності, для першого зразка  $R_1 = 0,062$  м<sup>2</sup>·град/вт, а для другого  $R_2 = 0,071$  м<sup>2</sup>·град/вт, що менше на 6,1 % і більше на 7,6 % від розрахованих за вказаною формулою.

Таким чином очевидно, що при проведенні конфекціонування матеріалів для теплозахисного одягу, визначення такої теплофізичної характеристики як коефіцієнт теплопровідності на нашу думку повинен бути обов'язковим.

Про це свідчать і результати отриманих експериментів (рис. 1). Мета проведених досліджень – виявлення закономірностей між значеннями коефіцієнта теплопровідності і теплового опору залежно від товщини такого анізотропного матеріалу як папір. Перевага указаних проб була надана тому, що в ній не присутня наявність відкритих пор і волокнистої складової, які здатні утримувати ізоляційний шар – повітря, а також постійне значення товщини.

Експерименти проводились на приладі методом стаціонарного режиму під постійним тиском на пробу в  $6$  г/см<sup>2</sup>, що достатньо для видалення повітряного прошарку із товщини проби. Вихідне значення товщини паперу дорівнювало  $4 \cdot 10^{-4}$  м (0,4 мм), а її збільшення проводилось методом послідовного накладання однієї проби на іншу і останній сьомий зразок мав товщину  $28 \cdot 10^{-4}$  м (2,8 мм).

Аналіз отриманих результатів свідчить про те, що коефіцієнт теплопровідності змінює своє значення протягом всього експерименту, а саме зменшується при збільшенні товщини проби. Так, якщо при вихідному значенні товщини  $4 \cdot 10^{-4}$  м коефіцієнт теплопровідності дорівнює 0,028 вт/м·град, то уже при товщині, наприклад,  $20 \cdot 10^{-4}$  м його значення стає рівним 0,026 вт/м·град зменшившись на 7,1 %, а при товщині  $28 \cdot 10^{-4}$  м указаний показник дорівнює 0,024 вт/м·град і зменшується в порівнянні з вихідним на 14,3 % (рис. 1).

Якщо узагальнити експериментальні дані, то зміну величини коефіцієнта теплопровідності можна пояснити тільки з позиції структурно-морфологічних та геометричних характеристик зразків що

досліджувались. Очевидно, що мова насамперед буде про природу матеріалів з кристалічною структурою (ізотропні) і при відсутності пор. До таких матеріалів належать метали. Результати досліджень показали, що коефіцієнт теплопровідності, наприклад, алюмінієвої пластини дорівнює (в середньому)  $74 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$  і практично не змінюється як при від'ємних (мінус  $63^\circ\text{C}$ ), так і додатній (плюс  $27^\circ\text{C}$ ) температурах.

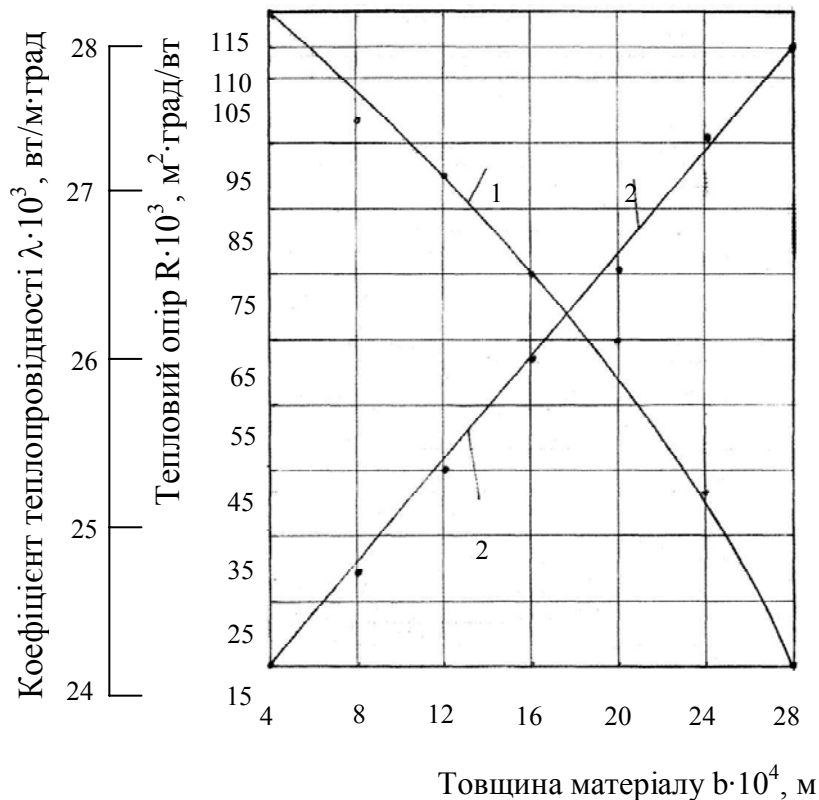


Рис. 1. Зміна значення теплофізичних показників проб матеріалів від товщини:  
1 – коефіцієнт теплопровідності; 2 – тепловий опір

Якщо проаналізувати результати досліджень, пов'язаних з вивченням коефіцієнтів теплопровідності  $\lambda$  анізотропних матеріалів, то виявляється наявність різноманітних за абсолютним значенням показників залежно від температурних параметрів, товщини, пористості тощо. Так, поліуретанова плівка при товщині  $0,025 \text{ м}$  і температури дослідження в межах мінус  $63^\circ\text{C}$  – плюс  $27^\circ\text{C}$  (інтервал –  $10^\circ\text{C}$ ) змінює указаний показник від  $0,018 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$  до  $0,015 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$ , а при товщині  $0,03 \text{ м}$  теплопровідність проб збільшується від  $0,016 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$  до  $0,021 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$ .

Аналогічні залежності були отримані і при вивченні коефіцієнта теплопровідності такого анізотропного матеріалу як пенопласт ПС залежно від діаметра пор та товщини проб. Аналіз отриманих результатів показує, що значення коефіцієнта теплопровідності для указанного матеріалу не є стабільною величиною, а змінюється як від діаметра пор, так і від товщини. Так, якщо діаметр пор із ПС-4 змінювати від  $0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$  до  $3,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$  (інтервал –  $0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ ), то абсолютне значення коефіцієнта теплопровідності збільшується від  $0,039 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$  і до  $0,05 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$  і залежність між вказаними величинами прямолінійна (рис. 2.1).

В разі збільшення товщини проб із пінопласту ПС-1 від  $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$  до  $10,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$  (інтервал –  $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ ), абсолютне значення коефіцієнта теплопровідності теж збільшується від  $0,038 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$  до  $0,04 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$ . Залежність між вказаними величинами теж прямолінійна (рис. 2.2). Слід зазначити, що середній діаметр пор в даному випадку для всіх без виключення проб був однаковим і дорівнював  $0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ .

Таким чином, аналіз результатів досліджень свідчить про те, що коефіцієнт теплопровідності, як одна із основних теплофізичних характеристик, являється сталою величиною тільки для ізотропних матеріалів (наприклад, метали) і багатофакторною функцією для анізотропних (наприклад, полімерна плівка, текстильні матеріали тощо) зразків, оскільки залежить від природи високомолекулярних сполук що їх утворюють, товщини проби, пористості та інше. Причому, в одних випадках при збільшенні товщини зразка з паперу, значення коефіцієнта теплопровідності зменшується (рис. 1.1), а в других випадках (проби із пінопласту ПС-1) – збільшується (рис. 2.2).

Отримані результати коректні і їх абсолютна величина пояснюється різною структурно-морфологічною будовою власне матеріалів із яких виготовлені проби. Так, отримані результати зі зразками паперу дають підставу стверджувати, що структура матеріалу більш сформована, відзначається незначним ступенем анізотропії, а відтак, при збільшенні його товщини, характеризується суттєвими ізоляційними властивостями.

Що стосується пінопластів, то очевидно при наявності наскрізних пор, діаметр яких послідовно

збільшується, приводить до збільшення значення коефіцієнта теплопровідності (рис. 2.1) і це можна вважати логічним.

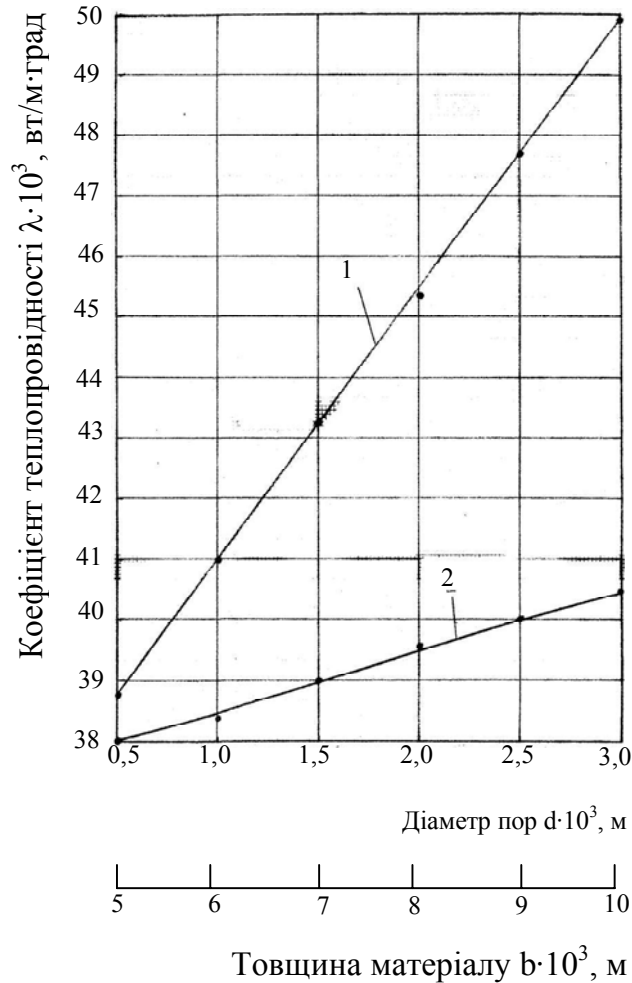


Рис. 2. Залежність коефіцієнта теплопровідності матеріалів (пінопласт ПС) від зміни величини діаметра пор (1) і товщини матеріалу (2)

Аналогічні висновки можна зробити і в разі послідовного збільшення товщини указаних матеріалів при постійному значенні діаметра пор, який дорівнює  $0,5 \cdot 10^{-3}$  м (рис. 2.2). Але в цьому випадку збільшення товщини матеріалу не призводить до бажаних результатів, а саме до зменшення коефіцієнта теплопровідності. Навпаки, збільшення товщини сприяє збільшенню абсолютного значення указаної теплофізичної величини, тобто зменшенню ізоляційних показників.

Отримані закономірності можна пояснити на даному етапі дослідження виходячи тільки з такого поняття як анізотропія, ступінь якої в пінопластах висока в порівнянні з папером. Тому для більш ґрунтованого вивчення указаних залежностей, необхідно провести окрему науково-дослідну роботу.

Окрім цього можна гіпотетично допустити, що не зважаючи на однакову природу і структурно-морфологічну будову матеріалів що досліджувались, збільшення їх товщини або діаметра пор слід сприймати як принципово інший зразок зі своїми фізико-механічними, гігієнічними, захисними і теплофізичними характеристиками. Тому, аналізуючи результати досліджень [6], можна зробити основний висновок про те, що для формування тепло- чи кріозахисного пакета, максимальну увагу необхідно приділити власне ізолюючому матеріалу, який є його складовою частиною. Але серед факторів, які впливають на кріозахисні властивості пакетів [7, 9], особливу увагу приділяють товщині ізоляційного шару, оскільки результати проведеного аналізу і роботи свідчать про пряму залежність між коефіцієнтом теплопровідності  $\lambda$ , коефіцієнтом теплопередачі  $K$  і його товщиною (рис. 2.2). Тому, для вирішення нашої проблеми, необхідно науково обґрунтовано вибрати, або сформувати товщину ізоляційного шару для захисту організму від впливу низької температури (мінус  $30^\circ\text{C}$ ). Вказані вимоги обумовлені і тим, що матеріал для виготовлення верху куртки і штанів повинен бути біологічно стійким, як між іншим і утеплювач. Тому, на основі проведених експериментів, куртка і штани серійно будуть виготовлятися із 100 % лавсанової тканини арт. 86039. Що стосується утеплювача, то в його якості буде використаний синтепон (ТУ У 30514294.001-2000) також виготовлений із 100 % лавсанових волокон. Для з'єднання деталей виробу, як показали результати досліджень, можна використовувати лавсанові, капронові (поліамідні), або поліпропіленові нитки.

Необхідно зазначити, що конструкція кріозахисного пакета може бути виготовлена у вигляді зйомного жилета, тобто утеплювач (синтепон) розміщується між двома шарами лавсано-бавовняної (67: 33)

тканини (зразок 23). Зверху на жилет одягається куртка, виготовлена із тканини арт. 86039. Така ж конструкція може бути передбачена і для штанів.

Таким чином, рекомендований швейний вибір відноситься до раціональних як з міркувань ергономіки, так і технічних вимог до ЗІЗ вантажників холодильних цехів м'ясокомбінатів.

### Література

1. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. – М.: Энергия, 1977. – 343 с.
2. Михеев М.А., Михеева И.М. Краткий курс теплопередачи. – М. – Л.: Госэнергоиздат, 1960. – 208 с.
3. Лыков А.В. Михайлов Ю.А. Теория тепло- и массопереноса. – М.: Госэнергоиздат, 1963. – 535 с.
4. Лыков А.В. Теория теплопроводности. – М.: Высшая школа, 1967. – 600 с.
5. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. – М.: Энергия, 1977. – 343 с.
6. Исаченко В.П., Осипом В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. – М.: Энергия, 1969. – 439 с.
7. Колесников П.А. Тепло защитные свойства одежды. – М.: Легкая индустрия, 1965. – 346 с.
8. Лабораторный практикум по материаловедению швейного производства: Учебн.пособие для вузов / Б.А. Бузов, Н.Д. Альменкова, Д.Г. Петропавловский и др. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Легпромбытиздат, 1991. – 432 с.
9. Колесников П.А. Основы проектирования теплозащитной одежды. – М.: Легкая индустрия, 1971. – 112 с.

Надійшла 15.2.2010 р.

УДК 685.31.02

О.Г. МУЧАК, К.О. ПРИСЯЖНА, І.А. МАНДЗЮК  
Хмельницький національний університет

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВЗУТТЯ. ПОВІДОМЛЕННЯ 1

*Розглянуто і виконано аналіз сучасного ринку виготовлення, споживання, експорту та імпорту взуття до Європи і України. Ринок України сформований в основному за рахунок Китаю. Ця продукція лише в деяких випадках, не сертифікована як по відношенню до використаних матеріалів, так і до виробу в цілому.*

*Нагальним є питання визначення екологічної безпеки матеріалів, що використовують для виготовлення взуття. Дослідження в Україні за цим напрямком практично відсутні.*

*Study and analyze current market production, consumption, exports and imports of shoes to Europe and Ukraine. The Market of Ukraine formed mainly by China. This product is only for some cases not certified as in relation to the materials used and the product as a whole.*

*The actual important issue is the definition of environmental security materials used to manufacture shoes. Research in the Ukraine in this regard is practically absent.*

Ключові слова: екологічна безпека матеріалів, методи оцінки.

Сучасний рівень споживання взуттєвих виробів диктує підвищення вимог до їхньої якості, в тому числі й з точки зору екологічної безпеки.

Для того щоб краще зрозуміти необхідність дослідження у напрямку екологічної безпеки взуття, здійснимо аналіз даних ринку взуття [1].

Згідно з рішенням комісії 2002/231/ЄС взуттєві вироби визначаються як “предмети одягу, що призначені для того щоб захищати або покривати ногу з нерухомою зовнішньою підошвою, яка вступає в контакт з ґрунтом”.

В таблиці 1 наведено стан ринку взуття ЄС на період 2002-2006 рр.

Таблиця 1

### Виробництво ЄС 26, споживання і зовнішня торгівля

	2002	2003	2004	2005	2006	% від росту 2002-2006
Виробництво тис. пар	900 535	780 811	728 211	614 097	587 088	-35
Експорт тис. пар	214 348	181 276	170 085	163 579	172 713	-19
Імпорт тис. пар	1 232 914	1 455 036	1 709 875	1 969 532	2 140 075	74
Найвне споживання тис. пар	1 919 101	2 054 571	2 268 001	2 420 050	2 554 450	33

Тенденції розвитку взуттєвої промисловості ЄС 26 (2002-2006 роки) показано на рис. 1.