

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

Розробка пристрою для визначення повітропроникності матеріалів легкої промисловості

Галузь знань 13 Механічна інженерія
Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
Спеціалізація Машини та апарати легкої промисловості

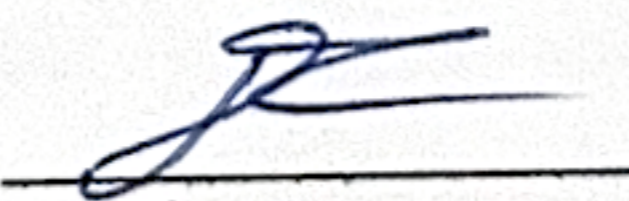
Шифр МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Виконав студент
2 курсу група МБм-23-1


Підпис

Міхалець Б.В.
Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

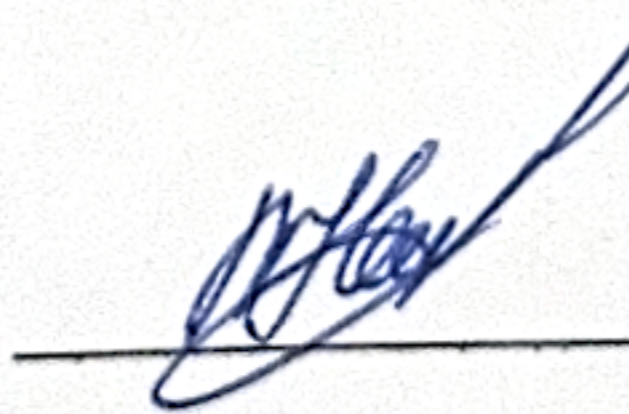
к.т.н., доц. Романець Т.П.
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер


Підпис, дата

доц. ТИМОЩУК О.Т.
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри МАЕЕС


Підпис, дата

к.т.н., доц. Неймак В.С.
Ініціали, прізвище

17 12 2024 р.

Хмельницький 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

Освітній рівень магістр

Галузь знань 13 Механічна інженерія
Шифр і назва

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
Шифр і назва

Освітня програма «Машини і апарати легкої промисловості»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС

к.т.н., доц. Неймак В.С.

12 . 12 . 2024р.

З А В Д А Н Н Я НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Міхалець Богдан Володимирович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Розробка пристрою для визначення повітропроникності матеріалів легкої промисловості

керівник роботи Романець Тарас Петрович, к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 26 08 2024 р. № 60

2. Строк подання студентом роботи на кафедру _____

3. Вихідні дані до роботи звіт з переддипломної практики, технічні характеристики технологічного обладнання легкої промисловості

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Загальні відомості про повітропроникність матеріалів. 2.

Порівняльна характеристика приладів для визначення повітропроникності. 3.

Розробка конструкції пристрою для визначення повітропроникності матеріалів. 4 Розробка методики дослідження повітропроникності матеріалів.

Перелік джерел посилання.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

1. Методи визначення повітропроникності (ДІ, А1). 2. Пристрій для визначення повітропроникності (СК, А1). 3. Пристрій для визначення

повітропроникності (ПЗ, А1). 4 Електрична схема пристрою (ЕЗ, А1).

5. Методика визначення повітропроникності (РР, А1). 6. Графічні залежності повітропроникності (РР, А1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

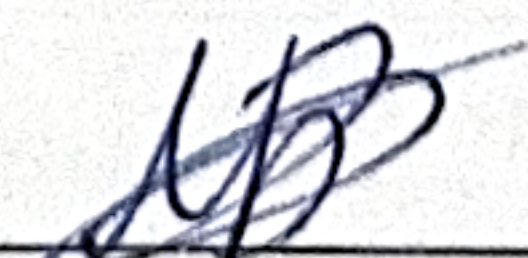
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

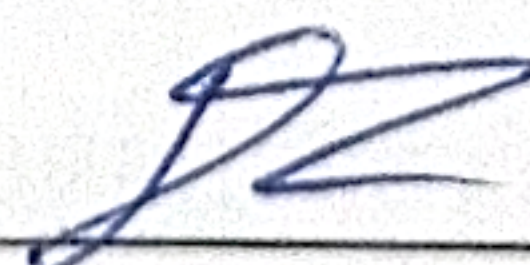
Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Загальні відомості про повітропроникність матеріалів	до 15.10.24р.	
2. Характеристика приладів для визначення повітропроникності	до 30.10.24р.	
3. Розробка конструкції пристрою для визначення повітропроникності матеріалів	до 15.11.24р.	
4 Розробка методики дослідження повітропроникності матеріалів	до 30.11.24р.	
4. Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	до 10.12.24р.	

Студент


Підпис

Б.В. Міхалець
Ініціали, прізвище

Керівник роботи


Підпис

Т.П. Романець
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

до магістерської роботи студента
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

1. Прізвище, ім'я та по батькові _____

Міхалець Богдан Володимирович

2. Тема магістерської роботи Розробка пристрою для визначення повітропроникності матеріалів легкої промисловості

3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента _____

4. Об'єм магістерської роботи: креслень 6 арк., сторінок записки 69

5. Матеріали, що використовуються для виготовлення виробів легкої промисловості, повинні бути міцними, добротними і красивими. Виготовлені з них вироби повинні бути ошатними й у процесі носки тривалий час зберігати незмінними свій зовнішній вигляд і експлуатаційні властивості. Щоб правильно вирішувати питання проектування і виробництва добротних матеріалів різного цільового призначення й оцінювати їх якість, треба мати розроблені науково обґрунтовані об'єктивні методи їхньої оцінки і відповідну апаратуру (прилади). Для ряду експлуатаційних властивостей матеріалів об'єктивних методів їх оцінки поки не створено. Серйозним недоліком є те, що значна частина робіт і методик по оцінці якості матеріалів часто не доводиться до кінця і не виходить за межі лабораторій інститутів. Багато фізичних властивостей матеріалів, що мають важливе гігієнічне значення (повітропроникність, теплопровідність, тощо.), у ТУ взагалі не враховуються. У цих умовах значення лабораторних методів оцінки якості матеріалів здобуває особливо важливе значення. Можна без перебільшення сказати, що в сучасному матеріалознавстві розробка об'єктивних методів оцінки якості матеріалів є однією з найважливіших і актуальних наукових проблем. Метою роботи є вивчення процесу протікання повітря крізь матеріал та розробка пристрою для визначення повітропроникності матеріалів. В першому розділі розрахунково-пояснювальної записки приведено загальні відомості про повітропроникність матеріалів. В другому розділі виконано аналіз методик визначення повітропроникності. В третьому розділі здійснено розробку конструкції пристрою для визначення повітропроникності матеріалів. В четвертому розділі роботи розроблено методику дослідження повітропроникності матеріалів.

Підпис студента _____

" 17 " 12 20 24 р.

Р І Ш Е Н Н Я Е К :

Протокол 3 від " 25 " 12 20 24 р.

Оцінка проекту ЕК _____

Рекомендації ЕК _____

Особливі відмітки _____

Технічний секретар _____

" 25 " 12 20 24 р.

Зміст

	с.
Вступ	5
1 Загальні відомості про повітропроникність матеріалів	7
1.1 Термінологія і позначення	7
1.2 Апаратура для визначення повітропроникності	9
1.3 Повітропроникність в залежності від тиску повітряного потоку	12
1.4 Порівняльна характеристика приладів для визначення повітропроникності	16
1.5 Матеріали що використовуються в легкій промисловості	24
2 Визначення повітропроникності матеріалів	37
3 Розробка конструкції пристрою для визначення повітропроникності матеріалів	41
3.1 Опис пристрою	41
3.2 Принцип роботи пневматичної системи пристрою	44
3.3 Зразки для проведення експерименту	45
4 Розробка методики дослідження повітропроникності матеріалів	46
4.1 Експериментальні дослідження повітропроникності матеріалів	50
4.2 Заходи безпеки при експлуатації стаціонарного обладнання, що працює під тиском	61
Висновки	66
Перелік джерел посилань	68
Додатки	70

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата				
Виконав		Міхалець Б.В.			Розробка пристрою для визначення повітропроникності матеріалів легкої промисловості	Літера	Аркуш	Аркуші
Перевір.		Романець Т.П.				М	4	69
Н.контр.					ХНУ гр. МБм-23-1			
Затвер.		Неймак В.С.						

ВСТУП

Матеріали, з яких виготовляють споживчі товари, мають бути довговічними, якісними та красивими. Вироби з таких матеріалів також повинні бути елегантними і зберігати свій зовнішній вигляд і експлуатаційні характеристики протягом тривалого часу.

Вироби з повітропроникних матеріалів дозволяють волозі успішно виводитися назовні, забезпечуючи комфортну сухість навіть після тривалого носіння. Вироби з матеріалів, що не пропускають повітря, блокують вологу і тепло всередині. Це спричиняє дискомфорт і неприємні запахи під час носіння.

Для того, щоб правильно проектувати і виготовляти довговічні матеріали для різних застосувань та оцінювати їх якість, необхідні науково обґрунтовані об'єктивні методи оцінки та відповідне обладнання (прилади). Існують методи та обладнання для оцінки міцності, розтяжності, втоми від багаторазового подовження та згинання, твердості, зминання, усадки у вологому стані, гігроскопічності, вологопроникності (наприклад, водонепроникність, повітропроникність, вологоємність, пилопроникність, теплопровідність), стійкості фарбування, термостійкості, зносостійкості, світлостійкості тощо.

Для експлуатаційних характеристик багатьох матеріалів ще не розроблені об'єктивні методи їх оцінки. Серйозним недоліком є те, що багато завдань і методів оцінки якості матеріалів не завершені і часто не виходять за межі лабораторій науково-дослідних інститутів.

Розроблені методи оцінки якості матеріалів часто не впроваджуються в промисловість, оскільки не встановлюють обов'язкових стандартів для промисловості. Тому в чинних ДСТ і ТУ якість матеріалів наразі оцінюють за міцністю, подовженням, щільністю, масою, зовнішніми дефектами та іншими показниками. Як наслідок, вироби з матеріалів, які відповідають вимогам чинних ДСТ та ТУ в промисловості, можуть мати незадовільну якість під час

									Арк.
									5
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	MPMA 24.00.00.000 ПЗ				

експлуатації. Багато фізичних властивостей матеріалів, важливих для гігієни (наприклад, повітропроникність, теплопровідність), взагалі не враховуються в технічних умовах.

Слід зазначити, що численні дослідження, проведені в галузі гігієнічної оцінки матеріалів легкої промисловості для різних умов праці та середовищ, проводилися у відриві від виробництва матеріалів та виробів з них і не мали суттєвого впливу на практику виробництва взуття та шкіргалантерейних виробів.

Як наслідок, у легкій промисловості вибір матеріалів для виробництва виробів досі здійснюється суто емпірично, без належного врахування гігієнічних вимог до взуття, кліматичних умов, умов праці тощо, що призводить до зниження якості продукції та необґрунтованих перевитрат сировини і праці в процесі виробництва. Вищезазначені недоліки завдають серйозних збитків державі та споживачам.

У цьому контексті важливість інспекційних методів оцінки якості матеріалів набуває особливого значення. Без перебільшення можна сказати, що розробка об'єктивних методів оцінки якості матеріалів є однією з найбільш важливих і актуальних наукових проблем сучасного матеріалознавства.

Метою даної роботи є дослідження процесу протікання повітряного потоку крізь матеріали та розробка приладу для вимірювання повітропроникності матеріалів.

					МРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		6

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПОВІТРОПРОНИКНІСТЬ МАТЕРІАЛІВ

Повітропроникність має велике значення для оцінки гігієнічних і технічних властивостей матеріалу. При оцінці гігієнічних властивостей матеріалу важлива характеристика його повітропроникності, а для деяких шкір і тканин індекс повітропроникності включається в технічну специфікацію. Наприклад, при оцінці пальтових тканин індекс повітропроникності характеризує вітростійкість тканини.

Для парашутних тканин повітропроникність є показником, який враховується при розрахунку конструкції та характеристик парашута. У випадку тканинних фільтрів повітропроникність є одним з найважливіших показників.

Незважаючи на важливість повітропроникності, ця властивість шкіри і текстилю недостатньо вивчена і не існує загальноприйнятого методу вимірювання повітропроникності. Також не існує єдиної термінології.

Крім того, недостатньо вивчена залежність повітропроникності від структури матеріалу (щільності, переплетення і т.д.) і умов навколишнього середовища.

1.1 Термінологія і позначення

Відсутня єдність у термінах і позначеннях повітропроникності матеріалів, що значно ускладнює порівняльні дослідження експериментальних матеріалів з різних досліджень.

Значним кроком вперед у розвитку гігієнічних досліджень стало введення німецьким вченим Рубнером [9] коефіцієнта повітропроникності. Цей коефіцієнт виражається як час (у секундах), необхідний для проходження 1 мл повітря через 1 см² тканини товщиною 1 см² при тиску повітря 0,43 мм рт. ст. (розрідження на зворотному боці тканини):

									Арк.
									7
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	МРМА 24.00.00.000 ПЗ				

$$K = \frac{Ft \cdot 0,43}{WHh}, \quad (1.1)$$

де F – площа випробовуваного зразка в см²;

t – час проходження визначеного об'єму повітря у сек.;

W – об'єм повітря що пройшло через зразок в мл;

H – товщина випробовуваного матеріалу в см;

h – перепад тиску при іспиті зразка в мм вод. ст.

Метод Любнера широко використовується в гігієнічних дослідженнях матеріалів, але є абсолютно неприйнятним з ряду причин. Визначення повітропроникності матеріалу за часом, необхідним для проходження через нього певного об'єму повітря, не узгоджується з уявленнями про великий чи малий потік повітря через матеріал. На цю ситуацію вказували Карффа-Корбут, С. І. Слоневський та ін.

Оскільки повітропроникність не є лінійною функцією тиску, перерахунок повітропроникності від одного вентиляційного тиску до нижчого або вищого тиску не дає правильної картини. Нижче наведено експериментальні дані та теоретичні розрахунки досліджень залежності повітропроникності від величини перепаду тиску в різних матеріалах.

Для визначення повітропроникності в даний час використовуються різні позначення. Для парашутних конструкцій - це кількість повітря (в літрах), що проходить через 1 м² тканини за секунду при перепаді тиску 5 мм рт.ст. (в л/м²*с для 5 мм рт.ст.), а при оцінці відомчих тканин - це кількість повітря, що проходить через 1 см² за хвилину при перепаді тиску 10 мм рт.ст. (в мл/см²*хв). Існують також інші позначення.

У роботах зарубіжних авторів немає єдиного способу вираження вологопроникності. Найчастіше використовуються такі показники:

						МРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			8

мл/100 см² при $h=3$ мм вод. ст. [8]; мл/см²*с при $h =$ дин/см² [12]; куб. футів/кв. фут. хв. при $h = 0,5$ дюйма вод. ст. [13] та ін.

Досить доцільно введення стандартного позначення повітропроникності, тому що дає можливість узагальнювати експериментальний матеріал.

Ми вважаємо що найбільш доцільне позначення повітропроникності B , як об'єму повітря, що проходить через 1 см² площі матеріалу в 1 с при тиску h :

$$B_h = \frac{W}{Ft} \text{ [мл/см}^2\text{*с]}. \quad (1.2)$$

Показник тиску не можна ввести у формулу (1.2), якщо залежність повітропроникності від тиску невідома.

Технічним коефіцієнтом повітропроникності C називають кількість мілілітрів [12] повітря, що проходить крізь матеріал площею в 1 см² при тиску на матеріал в 1 мм вод. ст.

Очевидно, ця величина не що інше, як $B_1 - C$, визначена саме при цьому тиску або отримана розрахунком, якщо функція $B = f(h)$ встановлена.

1.2 Апаратура для визначення повітропроникності

Для вимірювання повітропроникності матеріалів використовують різні прилади. Вони відрізняються залежно від способу фіксації зразка, способу вдихання або подачі повітря, способу вимірювання об'єму повітря, що проходить через матеріал, можливої потужності повітряного потоку та інших характеристик.

Для дослідження повітропроникності матеріалів з різною густиною при низьких і відносно високих тисках (до 300-400 мм рт. ст.) потрібен прилад, здатний вимірювати повітропроникність в широкому діапазоні перепадів тиску.

					МРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		9

наступний розрахунок опору тканини в залежності від швидкості повітряного потоку:

$$h = aW^b. \quad (1.3)$$

Як вказує Рекк, матеріали з високою повітропроникністю W характеризуються малим значенням a і великим b . При високій пористості, але при малій повітропроникності будуть малими як b , так і a .

Вирішуючи це рівняння відносно W , одержуємо:

$$W = a'^b \sqrt[b]{h}, \text{ де } a' = \frac{1}{\sqrt[b]{a}}.$$

Прийнявши $h=1$, знаходимо, що a' – як технічний коефіцієнт повітропроникності C . Таким чином, у прийнятих нами позначеннях у залежності від тиску повітропроникність виразиться наступною степеневою функцією:

$$B = Ch^\tau. \quad (1.4)$$

Початкова задача у встановленні прийнятності даного рівняння складалася для розрахунку повітропроникності, у визначенні границь зміни показника τ для матеріалів різної повітропроникності. Після цього вже можна було перейти до функціонального встановлення зв'язку між C і τ .

Повітропроникність прямо не пропорційна тискові, але для щільних натуральних та штучних шкір, з малою повітропроникністю функція $B = f(h)$ наближається до лінійного. Наприклад, для замші повітропроникність з похибкою в межах до 5% може бути виражена рівнянням $B = 0,1336h$.

На основі аналізу експериментальних даних можна зробити висновок, що значення порядку для особливо щільних матеріалів близькі до одиниці, а для

									Арк.
									12
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	МРМА 24.00.00.000 ПЗ				

особливо розріджених матеріалів близькі до 0,5. Однак тільки у випадку щільних матеріалів (< 2) і для розріджених матеріалів (>100) значення не змінюються при різних тисках повітряного потоку до 50 мм рт. ст.

Для матеріалів з коефіцієнтом повітропроникності в межах від 2 до 90 показник ступеня убуває в міру збільшення тиску.

Тому степенева функція може бути використана тільки для розрахунку проникності для щільних або зріджених матеріалів з тиском до 50-100 мм.

Оскільки повітропроникність при 50 мм тиску може бути в залежності від характеристики C визначена степеневою функцією $B_{50} = C50^\tau$, або $\lg B_{50} = \lg C + 1,69897\tau$, була досліджена можливість визначення τ за допомогою емпіричної формули для кожного матеріалу.

На рисунку 1.2 представлений графік різної зміни показника τ для матеріалів повітропроникності.

Опис кривої дають два рівняння, запропоновані А. І. Денисюком :

для C від 1 до 100:

$$\tau = 0,5 \left(1 + \frac{1}{1 + 0,056C} \right); \quad (1.5)$$

для C від 100 до 200:

$$\tau = 0,5 \left(1 + \frac{8,85}{-47,53C} \right). \quad (1.6)$$

У таблиці 1.1 представлені значення a при різній потужності потоку повітря для шкіри штучної з технічним коефіцієнтом $C = 5$.

Таблиця 1.1 – Значення a при різній потужності повітряного потоку для штучної шкіри $C = 5$

h , мм вод. ст.	B	a	B (за розрахунком) $B = 5h^{0,88}$
1	5	5	5
10	39	12,3	38,2
20	71	15,85	69,5
50	151	21,4	149,7
100	241	24,1	288
200	372	26,4	529,5
500	641	28,7	1185
1000	930	29,4	2183
2000	1375	30,7	4015
3000	1740	31,8	5735
4000	2010	31,8	7340

Як видно з даних таблиці 1.1, у міру збільшення тиску перепаду h коефіцієнт a зростає і стає постійним за тиску між 2000 і 3000 мм вод. ст.

Виражаючи опір матеріалу по формулі (1.8), знаходимо значення a :

$$a = \frac{h}{g^2}.$$

При змінному значенні a з достатньою точністю для практичних цілей опір матеріалу h визначає наступне рівняння Х. А. Рахматуліна:

$$h = a g^2 + b g, \quad (1.9)$$

де a і b – коефіцієнти, для матеріалів з різною повітропроникністю.

Застосування розрахунку показало, що він дає досить гарні результати.

1.4 Порівняльна характеристика приладів для визначення повітропроникності

Загальний принцип полягає у створенні різного тиску з обох боків зразка, щоб повітря могло проходити через матеріал. Вакуум під зразком зазвичай створюють за допомогою всмоктувального насоса, вентилятора або потоку води з резервуара, покритого зразком.

Метою даного дослідження було порівняння найбільш часто використовуваних приладів для випробування повітропроникності матеріалів легкої промисловості з метою вибору і розробки уніфікованого методу. Досліджувалися чотири типи вимірювальних приладів:

- 1) стандартний прилад для випробування повітропроникності матеріалів (ГОСТ 6068-81);
- 2) прилад Угорського Інституту текстилю;
- 3) прилад системи М. А. Архангельського;
- 4) прилад купівельного типу, що використовується для перевірки повітропроникності парашутних тканин.

Перші три типи приладів працюють за принципом вимірювання кількості повітря, що проходить через зразок за одиницю часу за заданого перепаду тиску по обидва боки від зразка. Різниця між приладами полягає в методі, що використовується для вимірювання об'єму повітря.

У стандартних приладах і приладах угорського типу об'єм повітря, що проходить через зразок, контролюється газовим лічильником, у той час як у приладах системи М. А. Архангельського об'єм повітря, що проходить через зразок, контролюється каліброваною просмоленою мембраною.

									Арк.
									16
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	МРМА 24.00.00.000 ПЗ				

засічіть час, необхідний для проходження постійного об'єму повітря через зразок, за допомогою секундоміра.

Коефіцієнт пропускання повітря розраховується за такою формулою.:

$$B = \frac{V \cdot 10^3}{t} [\text{л/м}^2 \cdot \text{с}],$$

де V – об'єм повітря в літрах;

t – час іспиту в с.

Устаткування Угорської текстильної асоціації показано на малюнках 1.4 і 1.5. Принципових відмінностей від стандартного обладнання немає. Корпус 1 містить повітряний ящик для розміщення випробовуваного матеріалу 3 і затискну голівку 2 для сильного притиснення зразка до столу під час випробування.

У стінці корпусу є два отвори: один для забору повітря, з'єднаний гумовою трубкою 4 зі всмоктувальним насосом 6 через газоаналізатор 5, і другий для контролю вакууму під зразком, з'єднаний гумовою трубкою 7 з верхнім кінцем двоступеневого манометра 9 через амортизатор 8.

Нижній кінець манометра з'єднаний з колбою, в яку наливо спирт. Шкала мікроманометра калібрується за дистильованою водою, що має низку недоліків. Тому доцільніше використовувати для перевірки спирт і робити поправку на густину спирту в показаннях.

					MPMA 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		18

Працюйте з приладом у такому порядку. Встановіть рівень рідини в манометрі на нульову позначку на шкалі за допомогою рукоятки 10. Помістіть випробуваний зразок на стіл приладу і притисніть його затискною головкою.

Встановивши бажаний ефект всмоктування, відзначте обраний час випробування стрілкою на лічильнику часу і увімкніть лічильник часу кнопкою 17. Під час увімкнення лічильника часу спалахує сигнальна лампа 19, а показання газового лічильника реєструються одразу після увімкнення.

Важливим недоліком цього пристрою є те, що лічильник газу і двигун насоса не вимикаються разом із лічильником часу.

Різниця між двома показаннями газоаналізатора дає кількість літрів повітря, що пройшло через зразок за заданого вакууму за певний час. Отримані дані використовуються для розрахунку індексу вентиляції за такою формулою:

$$B = \frac{V \cdot 10^4}{f \cdot t} [\text{л/м}^2 \cdot \text{с}],$$

де V – об'єм повітря в літрах; f – площа зразка в см^2 ; t – час іспиту в секундах.

Апарат системи М. А. Архангельського являє собою знімну аеродинамічну трубу 1, показану на малюнку 1.6. Циліндр 2 розташований у верхній частині аеродинамічної труби. Зразок поміщається на фланець циліндра. Зразок фіксується кришкою 3 і затискним пристроєм 4.

Робоча площа зразка становить 25 см^2 . Нижній кінець труби через амортизатор з'єднаний із всмоктувальним насосом. Потік повітря регулюється клапаном 5, а об'єм повітря, що проходить через зразок, вимірюється вимірювальною мембраною. Перепад тиску по обидва боки мембрани вимірюється мікроманометром 7 зі шкалою 200 мм рт. ст.

									Арк.
									20
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	МРМА 24.00.00.000 ПЗ				

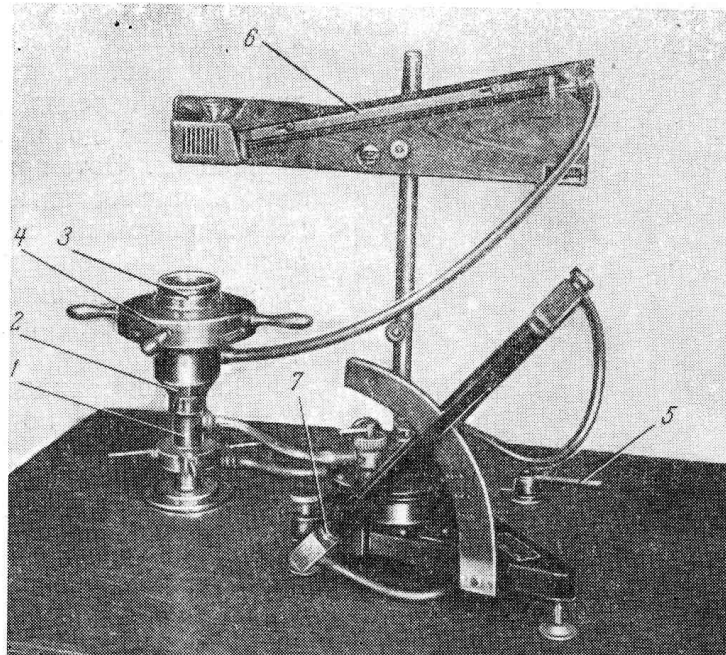


Рисунок 1.6 – Загальний вид приладу системи Н.А. Архангельського для визначення повітропроникності матеріалів

Детальний опис і схеми обладнання див. на стор. 10. Працюйте з обладнанням у такому порядку. Встановіть мікрометр у строго горизонтальному положенні.

Встановіть діафрагму з необхідним розміром апертури, використовуючи малий розмір апертури для щільних матеріалів і великий розмір апертури для пористих матеріалів. Помістіть зразок на фланець циліндра і затисніть кришку.

Увімкніть насос, встановіть необхідний вакуум під зразком на позначці 5 і запишіть показання мікрометра, який контролює перепад тиску в трубі до і після діафрагми. З даних про діаметр мембрани і перепад тиску за таблицею визначається об'єм повітря (см³/с), що пройшло через зразок. Швидкість проходження повітря розраховується за таким рівнянням:

$$B = \frac{V \cdot 10}{f} [\text{л/м}^2 \cdot \text{с}],$$

де V – об'єм повітря в см³/с;

										Арк.
										21
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	МРМА 24.00.00.000 ПЗ					

f – площа зразка в $см^2$.

Пристрій типу «шоппер» показано на рис. 1.7. Він складається з повітряного боксу 1 з кришкою 2 і тканинного затискача 3, розташованого так само, як затискач стандартного приладу, з робочою площею зразка 10 $см^2$.

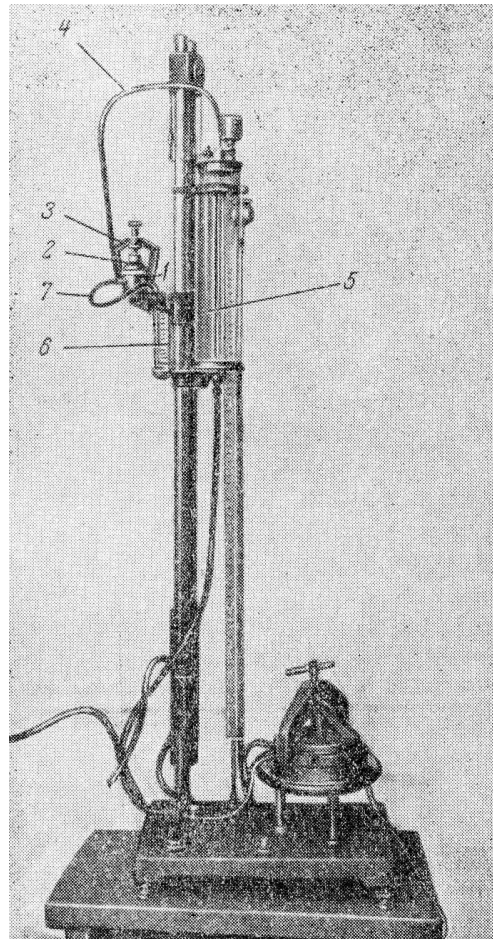


Рисунок 1.7 – Загальний вид приладу типу Шоппер для визначення повітропроникності матеріалів

Повітряний короб з'єднаний зі скляним циліндром 5 металевою трубкою 4. Трубка пронизує верхню кришку циліндра і закінчується за 10-20 мм від дна циліндра. Вакуум під зразком контролюється мікрометром 6, а повітряний ящик з'єднаний гумовою трубкою 7.

Прилад експлуатують у такому порядку. Закрийте нижній зливний клапан циліндра, влийте дистильовану воду через верхній клапан, потім закрийте

									Арк.
									22
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	МРМА 24.00.00.000 ПЗ				

верхній клапан. Встановіть мікрометр строго горизонтально. Закріпіть зразок у затискному пристрої та встановіть вакуум під зразком на 0,1 мм рт. ст., поперемінно відкриваючи і закриваючи нижній клапан. Жіночу мензурку ставлять під зливний клапан, відкривають клапан і одночасно запускають секундомір; через 10 с закривають пробку і визначають об'єм води (см³), витиснутої повітрям із циліндра в мензурку, що має відповідати об'єму повітря, яке пройшло через зразок за вказаний час.

Коефіцієнт повітропроникності розраховується за таким рівнянням.:

$$B = \frac{VH \cdot 10}{htf} [\text{л/м}^2 \cdot \text{с}],$$

де V – об'єм води в см³ витиснутий з циліндра;
 H – постійна різниця тисків, рівна 5 мм вод. ст.;
 h – різниця тисків у мм вод. ст. під час іспиту;
 t – час іспиту в с.;
 f – робоча площа зразка в см².

Описані в цьому пункті прилади представлено в [МРМА 24.00.00.000 ДІ].

1.5 Матеріали для верху взуття

У виробництві взуття використовують натуральні, штучні та синтетичні шкіри, а також повсть, фетр та інші матеріали. Матеріали, що використовуються для верху взуття, мають бути міцними та стійкими до механічних пошкоджень, світла, вологи та стирання.

Водночас вони мають бути гнучкими та м'якими, щоб відповідати стандартам комфорту. Поверхневий шар не повинен мати тріщин і глибоких зморшок. Сьогодні все більшого значення набуває «чистота» матеріалу. Ні під час носіння, ні під час зберігання взуття не повинне виділяти речовин, що

						МРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			23

чинять шкідливий вплив на організм людини. Натуральна шкіра - дублена зі шкіур домашньої або дикої худоби.

Підготовчі роботи, дублення (хромове дублення, рослинне дублення, комбіноване дублення (рослинне хромове дублення, рослинне хромове синтетичне дублення), жирове дублення), обробка (стругання, фарбування, лакування, просочення полімерними речовинами, розгладження, пресування, операції з пом'якшення шкіри), водо- і зносостійкість, Натуральна сітка (візерункова поверхня), різана сітка (штучно видавлений малюнок), рельєфний малюнок, полірована поверхня (нубук), полірована бахрама (велюр), полірована поверхня.

Хромова шкіра включає: - волов'ячу шкіру: свинячу, волов'ячу, напівшкіру, ялову, ялинову; - кінську шкіру: поні, ялову, передню; - свинячу шкіру; - верблюжу шкіру; - козячу шкіру: шевр, козячу шкіру; - овечу шкіру: шевр. Шкіра композитного дублення включає: - взуттєву шкіру.

Шкіра жирового дублення: - замша. Юкта - м'яка, з прожилками, водостійка шкіра. Шкіра Buff tarmi - найнижчий шар шкіри, отриманий розпилюванням за товщиною і виготовлений методом комбінованого дублення. Опоек - шкіра з ніжною, м'якою, гладенькою поверхнею, дрібною, майже невидимою сіткою, гарною щільністю і високою міцністю, використовується в основному для задників модельного і дитячого модного взуття.

Шкіра хромового дублення товстіша, ніж рогова шкіра, має більшу і трохи грубішу сітку і використовується для чоловічого, жіночого, дитячого та модного взуття.

Хромова напівшкіра товстіша і грубіша, ніж тумбер, має виражену міздру і використовується так само, як і тумбер. У ялівцю і бика зазвичай використовується зовнішній шар шкіри з більшим і грубішим малюнком на поверхні. Використовується для виготовлення чоловічого взуття.

Хромована кінська шкіра виготовляється зі шкіри лошат, лошат і передньої частини коней. Вона характеризується меншою міцністю, меншою

									Арк.
									24
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	МРМА 24.00.00.000 ПЗ				

щільністю, більшою проникністю і пористістю, ніж волова шкіра. Шеврон виготовляється з козячої шкіри і вирізняється високою міцністю, гарною посадкою та гігієнічністю. Використовується для моделей і дитячого модного взуття.

Шевретта - це шкіра з овчини. Вона міцна на розрив, еластична, проникна, а зовнішня шкіра відстає від дерми. Використовується для підкладок і для халяви недорогого літнього взуття.

Свиняча шкіра - проникна шкіра, яка використовується в літньому взутті масового виробництва.

Велюр - шкіра хромового дублення з ворсистю поверхнею. Гладкий велюр зі срібною обробкою і тисненням.

Нубук - рогова шкіра, цільнозернова або напівзернова, хромового дублення, з полірованою поверхнею. Незабарвлена або злегка пофарбована. Використовується для верху літнього взуття. Хромові фольга для верху взуття - виходить з нижнього шару під час дублення шкіри. Використовується для важких черевиків і сандалій.

Лаковане оздоблення - шкіра хромового дублення, вкрита лаковою плівкою для додання їй блиску і красивого зовнішнього вигляду. Застосування лакованої шкіри обмежене через її низькі гігієнічні властивості (погана проникність плівки). Використовується для пошиття моделей і дитячого модного взуття.

Замша - шкіра жирового дублення, що має високу водостійкість, низьку теплопровідність і м'яку щетину. Використовується для виготовлення елегантного і дорогого взуття. В останні десятиліття частка штучної шкіри на взуттєвому ринку неухильно зростає. Важливо відзначити, що основними виробниками рельєфної шкіри є італійські шкіряні заводи, які визнані лідерами світової шкіряної індустрії. Нині близько 80 % шкіри, виробленої в Італії, піддається процесу шліфування. Це явище має значний вплив як на ринок шкіри, так і на ринок взуття.

									Арк.
									25
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	МРМА 24.00.00.000 ПЗ				

Шліфування - це оздоблювальна операція, спрямована на вирівнювання поверхні шкіри або бахроми за допомогою абразивних матеріалів. Зазвичай вона виконується після фарбування, дублення і сушіння.

Однак деякі шкіряні заводи оснащені обладнанням, здатним шліфувати дублений напівфабрикат. У цьому разі кірка, отримана після фарбування і жирування, вже шліфується.

Існують також традиційні види шкіри, для яких шліфування є основною операцією оздоблення, наприклад нубук (шліфування зовнішньої шкіри) і велюр (шліфування бахроми). Сьогодні деякі взуттєві фабрики використовують у виробництві поліровані кірки. У цьому випадку оздоблювальні операції виконуються на готовому взутті (технологія оздоблення взуття).

Однак ринок полірованої шкіри, що швидко розвивається, пов'язаний не з цими виробами, а з виробами, що вимагають полірування перед покриттям.

Під час їхнього виробництва шліфування завжди давало змогу зробити поверхню шкіри більш однорідною і поліпшити адгезію плівки, що утворюється під час нанесення покриття. Однак у звичайних виробів є і недоліки. Шліфування руйнує поверхневу шкіряну плівку, і шкіра втрачає свій природний вигляд.

З цієї причини довгий час шкіряні заводи випускали поліровану шкіру, близьку до штучних матеріалів. Це означало, що товста плівка, або «штучне обличчя», повинна була бути створена шляхом покривного фарбування. Така продукція (коледжі, коробки тощо) традиційно була присутня як на міжнародному, так і на національному ринках.

Також традиційно ці вироби не користувалися великою популярністю. Однак переваги рельєфної шкіри виявилися настільки привабливими, що розвиток технологій і дизайну обробки взуттєвої шкіри впродовж останніх десятиліть був зумовлений головною метою - розробити ринки збуту для цих шкір.

									Арк.
									26
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	MPMA 24.00.00.000 ПЗ				

Нині це завдання виконано на 99 %, принаймні на європейському ринку. Розвиток ринку штучних шкір йшов таким шляхом Розвиток двох основних груп подій на ринку шкіри: розробка дизайнів оздоблення, які дають змогу замінити натуральний вигляд шкіри спеціальними візуальними ефектами, та розробка технологій і нового покоління хімічних матеріалів, які дають змогу виробляти поліровані аналоги більшості видів оздоблення поверхні. До першої групи належать такі види оздоблення, як Pull Up, Brush Off, Crazy Horse, Colour Up, Napra, Mud, Antique і Crazy, причому кількість варіантів постійно збільшується.

Примітно, що в гонитві за новими варіантами дизайну, здатними хоча б на деякий час захопити взуттєвий ринок, шкіряні заводи та компанії, що виробляють хімікати для виробництва шкіри, змогли створити парфумерні аромати, текстильний вигляд, металевий блиск, штучну міздрю, зміну кольору під впливом температури, павутиння, ефект м'ятої шкіри тощо.

Перша група товарів - це розробка нових видів шкіри зі дедалі більше й більше особливими властивостями. Коротко зупинимося на найпоширеніших виробках першої групи Пулл-ап - продукт, одержуваний шляхом нанесення спеціальної олії або жиру на поверхню полірованої кірки. Зазвичай колір суміші для покриття темніший, ніж колір фону кірки. Особливістю цього продукту є те, що колір шкіри змінюється при згинанні або розтягуванні.

Найчастіше на ринку зустрічається коричнева перетяжка на бежевій або жовтій кірці з жирним або восковим грифом завтовшки не менше 1,4 мм. Його основне застосування - в чоловічих чоботях. Crazy Horse - аналогічний вищезгаданому артикул, але одержуваний шляхом нанесення на кірку вогнестійкого воску. У цьому разі ефект знебарвлення на згинах більш виражений. Brush-off - покриття, що складається з двох шарів, нижній з яких має яскравий колір (червоний, жовтий, синій тощо) з хорошою стійкістю до стирання, а верхній - традиційний колір взуття, наприклад, чорний або коричневий, що легко відшаровується під час носіння. Здебільшого

									Арк.
									27
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	MPMA 24.00.00.000 ПЗ				

використовується при виготовленні молодіжного взуття, переважно чобіт. Готовий виріб піддається брашируванню, внаслідок чого верхній темний шар оздоблення знімають у виступаючих місцях (носок, п'ята), оголюючи світлу підкладку. Бруд - найпопулярніший на сьогоднішній день продукт. Його виготовляють шляхом нанесення на кольорову поліровану кірку матового воскового покриття низької якості.

Спосіб застосування такий самий, як і в попередній статті: готовий виріб розчісується. У результаті шар воску видаляється, залишаючи лише природні дефекти шкіри, які й підкреслюються. У цьому випадку дефекти шкіри відіграють роль екзотичного дизайну.

Антикваріат - це вироби, виконані з використанням пласти, зазвичай блідих або світлих тонів. Плівка відрізняється від кольору натуральної шкіри і характеризується сприйнятливістю до вигину. На останньому етапі обробки плівка розривається барабаном, внаслідок чого утворюються тріщини, в які переходить колір кірки.

У результаті шкіра набуває антикварного вигляду Naplac - м'який однотонний продукт, виготовлений на рельєфній кірці. Оздоблення нагадує лаковану шкіру з безліччю великих опуклих складок після поділу барабаном. Colour Up - продукт із лаковим покриттям. Його відмінною особливістю є те, що в місцях розтягування або вигину з'являються інші кольори. Зазвичай колір поверхні - чорний, а колір підкладки - яскравий, наприклад червоний, синій або жовтий.

Використання таких полірованих предметів та інших предметів з оригінальним зовнішнім виглядом, які тут не згадуються, вимагає спеціальної дизайнерської розробки. Як правило, популярність таких виробів сильно залежить від модних тенденцій. Другий напрямок розвитку полірованої шкіри все ж набагато важливіший для вітчизняного ринку, на якому традиційно переважають класичні речі. Гладка, тиснена, матова, блискуча, м'яка, еластична, щільна і пружна. Глибина полірування, що використовується при їх

									Арк.
									28
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	МРМА 24.00.00.000 ПЗ				

виробництві, варіюється в широких межах. Наприклад, однією з найпоширеніших технік, широко використовуваних сьогодні, особливо в Італії, є «косметичне» легке полірування поверхні. Шкіру, отриману в такий спосіб, часто можна відрізнити від натуральної тільки під час огляду під великим збільшенням.

Нині полірована шкіра широко використовується в європейських країнах як у шкіряній, так і у взуттєвій промисловості [1]. Однак в Україні досі існує недовіра до полірованої шкіри. Це пояснюється тим, що на вітчизняний ринок нещодавно вийшло нове покоління рельєфної шкіри. Стара» продукція зі штучної шкіри часто не відповідає вимогам державного стандарту на взуттєву шкіру.

Штучна шкіра - це шкіра, отримана шляхом просочення або покриття текстильної, нетканої або трикотажної основи складом на основі полівінілхлориду, поліуретану, композиційних полімерів або гуми [2]. Наприклад - вініловий футбол Т (на тканинній основі), TR (на трикотажній основі) і NT (на нетканій основі); - уретанова шкіра; - еласто-уретанова шкіра (ворсова тканинна основа, вкрита гумою та поліуретаном); - замша Т; - лак Т; - компаунд Т; - шарголін; -евкутин; - взуттєва шкіра та ін. До штучних матеріалів з гумовими плівкоутворювачами належать протектори взуття, ворсові та штучні футони.

Підосви взуття виготовляють на основі бавовняного протектора, що являє собою складне тришарове ткане полотно. Його фарбують у різні кольори і використовують у поєднанні з юкою для підосви чобіт. Кирза - міцна і водонепроникна, але плівка непориста, тому повітронепроникна; Ворсит - з бавовняного вельвету з нанесеною на ворсову поверхню гумовою сумішшю або розчином латексу; оздоблення - натуральна хромована шкіра. Недоліки - погана формованість, стійкість до стирання і гігієнічність. Штучні футони виготовляються з фланелі або бавовни, просочених гумовою сумішшю або латексом на нафтовій основі, вулканізованих і вироблених. Штучна шкіра ICF

									Арк.
									29
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	MPMA 24.00.00.000 ПЗ				

гігієнічна, має низьку теплопровідність і використовується для пошиття утепленого взуття для дітей. До штучних матеріалів з використанням полівінілхлоридних плівкоутворювачів відносяться «Чарголін» і «Юктін». Chargolin - це тришаровий протектор з полівінілхлоридною мембраною і тисненням. Він має чудову зносостійкість і водонепроникність, але використовується для верху черевиків через свої погані гігієнічні властивості. Юктин - тканина, вкрита пастою з полівінілхлоридної смоли, що має низьку паропроникність, але відмінний теплозахист, використовується для верху теплих чобіт «Юкта».

Штучна замша з полівінілхлориду - використовується для верху взуття, але має низькі гігієнічні властивості. Штучна лакована шкіра - представлена в асортименті яскравих і перламутрових кольорів. Блискуча, гнучка, стійка до сухого і вологого тертя, але має недолік - непроникність для повітря і пари, тому використовується для взуття, наприклад, для чобіт.

Вінілова шкіра - представлена в різних кольорах, гладка, з тисненням і шевронами. Цей матеріал має відмінну водостійкість і зносостійкість, але за стійкістю до багаторазових вигинів поступається натуральній шкірі і використовується для халяв чобіт і різного взуття. Еластан володіє високими фізико-механічними та гігієнічними властивостями і використовується в зимовому і капцівковому взутті для утримання тепла.

Гранітол - штучний матеріал, виготовлений з нітроцелюлозних плівкоутворювачів. Гранітол використовується для виготовлення жорстких підносів і підшов взуття. Він розм'якшується в суміші органічних розчинників, стає пластичним, добре прилягає до взуття і стає твердим після висихання.

Штучний матеріал із сечовино-формальдегідним плівкоутворювачем - мофолін. Морфолін використовується для виготовлення твердих таць і задників і легко розм'якшується в 5%-ному розчині хлориду амонію. Штучні матеріали з використанням поліамідних плівкоутворювачів включають штучну шкіру IR-PA і поліамідну нейлонову сітку.

									Арк.
									30
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	MPMA 24.00.00.000 ПЗ				

Поліамідна штучна шкіра IR-PA використовується для виготовлення підкладок для взуття. Поліамідна нейлонова сітка використовується для верху жіночого літнього взуття. До штучних шкіряних матеріалів з поліуретановими плівкоутворювачами відносяться штучна шкіра і лакустрин. До штучних матеріалів на основі складних (композиційних) полімерів належать Sovinol, Viscycle і підкладкові матеріали.

Совінол вирізняється наявністю пористої мембрани, гарним зовнішнім виглядом, достатньою міцністю, морозостійкістю і подовженням; вакалім морозостійкіший і менш схильний до багаторазових деформацій, але поступається за паропроникністю; совінол і вакалім використовують для чобіт та іншого взуття; вакалім використовують для чобіт та іншого взуття. Як підкладкові матеріали використовують синтетичну шкіру та голкопробивні основи, покриті пористою поліамідно-латексною композицією з тіньовим друком.

Синтетична шкіра являє собою поліефірно-уретанове покриття на нетканій волокнистій основі з армувальною тканиною або без неї (що складається з волокон лавсану (60%) і бавовни (40%)). Наприклад, SK-2, SK-8, Flow Barrac. За зовнішнім виглядом нагадує натуральну шкіру. Не втрачає форму, витримує багаторазові згинання і незначно поступається натуральній шкірі в гігієнічності.

Лаковані шкіри на трикотажній основі з поліуретановим покриттям мають хороші експлуатаційні характеристики. Дихаючі властивості шкіри сильно варіюються залежно від типу сировини, щільності, рельєфу і способу виробництва. Такі технічні процеси, як озолення, розм'якшення, пікелювання і волочіння, розпушують волокнисту структуру шкіри, підвищуючи її повітропроникність.

Інші процеси (прокатка, розгладжування, глазурування, фарбування покриття), які змушують структурні елементи злипатися і зменшують кількість пор, навпаки, знижують повітропроникність.

									Арк.
									31
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	MPMA 24.00.00.000 ПЗ				

Під час випробування жодна бульбашка вологи не вийшла назовні. Цей факт дозволив зробити висновок про те, що повітропроникність цього матеріалу дуже погана. Дихаючі властивості термовзуття є негативним фактором, оскільки знижують теплостійкість взуття, але водночас дихаючі властивості важливі для гігієни, оскільки забезпечують природну вентиляцію повітря під час носіння взуття, що особливо важливо для літнього і спортивного взуття.

Крім наявності або відсутності наскрізних отворів, товщини, об'ємної ваги і різниці тиску, на повітропроникність також впливають такі чинники, як вологість і кількість шарів матеріалу у взутті.

Висновки до першого розділу.

У першому розділі цієї роботи розглянуто основні теоретичні відомості про повітропроникність матеріалів, що використовуються при виробництві виробів легкої промисловості. Розглянуто та проаналізовано обладнання, що використовується для вимірювання повітропроникності матеріалів.

					МРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		34

Швидкість руху повітря в капілярі визначається таким рівнянням. [5]:

$$v_0 = \frac{\rho^2}{8} \cdot \frac{p_{mp}}{l \eta_s}, \quad (2.1)$$

де ρ - середній радіус трубки порової; p_{mp} - втрати по довжині тиску l капіляра, $p_{mp} = p_a - p_s$; η_s - коефіцієнт в'язкості динамічної повітря.

Швидкість повітря в матеріалі фільтрації деталі:

$$v = m v_0 = m \frac{\rho^2}{8} \frac{p_{mp}}{l \eta_s} = K_n \frac{p_{mp}}{l \eta_s}, \quad (2.2)$$

де m - коефіцієнт матеріалу пористості деталі; $K_n = m \frac{\rho^2}{8}$ - коефіцієнт проникності матеріалу.

Згідно закону фільтрації Дарсі [13]:

$$v = K_\phi \frac{h_{mp}}{l}, \quad (2.3)$$

де $K_\phi = \gamma \frac{K_n}{\eta_s}$ - коефіцієнт фільтрації [м/с]; $h_{mp} = \frac{p_{mp}}{\gamma}$ - втрати на тертя напора.

Отже:

$$v = K_\phi \frac{p_{mp}}{\gamma l}. \quad (2.4)$$

									Арк.
									36
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

Для шкіри [17] коефіцієнт зв'язаний з пористістю проникності матеріалу m залежністю $K_n = 0,5 \cdot 10^{-8} \cdot m$ (см²).

Знайдемо коефіцієнт фільтрації, привівши до системи розмірності СІ:

$$K_\phi = \frac{\gamma}{\eta_s} 0,5 \cdot 10^{-12} \cdot m.$$

Існує низка простих і надійних методів визначення пористості матеріалів. Для практичного визначення коефіцієнта фільтрації шкіри без покриття можна використовувати таку аналітичну залежність. Для шкіри з покриттям [18] коефіцієнт фільтрації на порядок нижчий.

Щоб оцінити швидкість потоку через зразок, визначається швидкість потоку повітря через область фільтрації. ω :

$$Q_{sp} = v\omega = K_\phi \omega \frac{P_{mp}}{\gamma l}. \quad (2.4)$$

Площа зразка, через який фільтрується повітря, обмежена внутрішнім краєм кільця ущільнювача. Її значення визначається таким рівнянням. $\omega = \pi r^2$. Розрідження цієї ділянки по всій площі однакове і дорівнює різниці між тиском атмосферним p_a та тиском в камері під зразком p_s . Потік крізь зразок повітря можна обчислити за формулою:

$$Q = \frac{\pi r^2 K_\phi}{\gamma l} (p_a - p_s). \quad (2.5)$$

Знайдемо потік масовий повітря:

$$Q_m = Q \rho_a = \frac{\pi r^2}{g l} K_\phi (p_a - p_s). \quad (2.6)$$

Для визначення тривалості проходження повітря через зразок використовується формула Клапейрона-Менделєєва.:

$$\frac{\pi r^2}{g l} K_\phi (p_a - p_s) = \frac{\mu p_s dV}{RT dt}; \quad (2.7)$$

Зробимо заміни:

$$A = \frac{\mu}{RT}; \quad (2.8)$$

$$C = \frac{\pi K_\phi}{gl}. \quad (2.9)$$

З урахуванням заміні вираз (2.7) матиме вигляд:

$$dt = \frac{A}{C} \cdot \frac{p_s}{r^2 (p_a - p_s)} dV. \quad (2.10)$$

Після інтегрування отримаємо:

$$t_n = \frac{A}{C} \cdot \frac{p_s}{r^2 (p_a - p_s)} V. \quad (2.11)$$

Рівняння (2.11) встановлює залежність між часом потоку і кількістю повітря, що проходить через зразок.

Висновки до розділу 2.

У розділі 2 цієї роботи описано фізичну сутність процесу проходження повітря через матеріал. Отримано аналітичні залежності, що описують цей процес.

					МРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		39

рівень вакууму в ресивері P2, який з'єднаний із головним ресивером через магнітний клапан KM2.

Вакуумметр MV2 з контактною стрілкою використовується для контролю тиску в стаціонарному вакуумному ресивері P2. Крім того, він працює в парі зі стабілізатором тиску повітря для підтримки заданого вакууму в ресивері P2. У разі досягнення значення вакууму, встановленого мановакуумметром MW2, мановакуумметр MW2 автоматично вимикає магнітний клапан KM2 і перекриває вакуумну лінію, що з'єднує ресивери P1 і P2; у разі зниження вакууму в P2 контакти вакуумметра MB2 замикаються, і клапан KM2, що відкриває вакуумну лінію, відкривається.

Таким чином, вакуум у ресивері P2 автоматично підтримується на заданому постійному рівні. Затискний пристрій CG через магнітні клапани KM3 і KM4 під'єднаний до основної вакуумної системи SV, в якій встановлено зразок. Обсяг повітря, що проходить через зразок, контролюється газовим лічильником GL. Вакуумметр зразка MV3 використовується для точного контролю вакууму в робочій зоні PC.

Спрацьовування магнітних клапанів пневматичної системи керується електричною схемою, розробленою компанією. Вона показана на рис. 3.2. Живлення обладнання здійснюється від мережі змінного струму напругою 220 В і частотою 50 Гц. Вакуумний насос приводиться в дію асинхронним однофазним двигуном M1, робоча обмотка RO і пускова обмотка PO якого розраховані на напругу 220 В відповідно.

Електричний секундомір SE також розрахований на напругу 220 В. Його увімкнення контролюється електромагнітним реле P2 через контакт K2.1. Від перевантаження електросекундомір захищений запобіжником FU.

									Арк.
									41
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	MPMA 24.00.00.000 ПЗ				

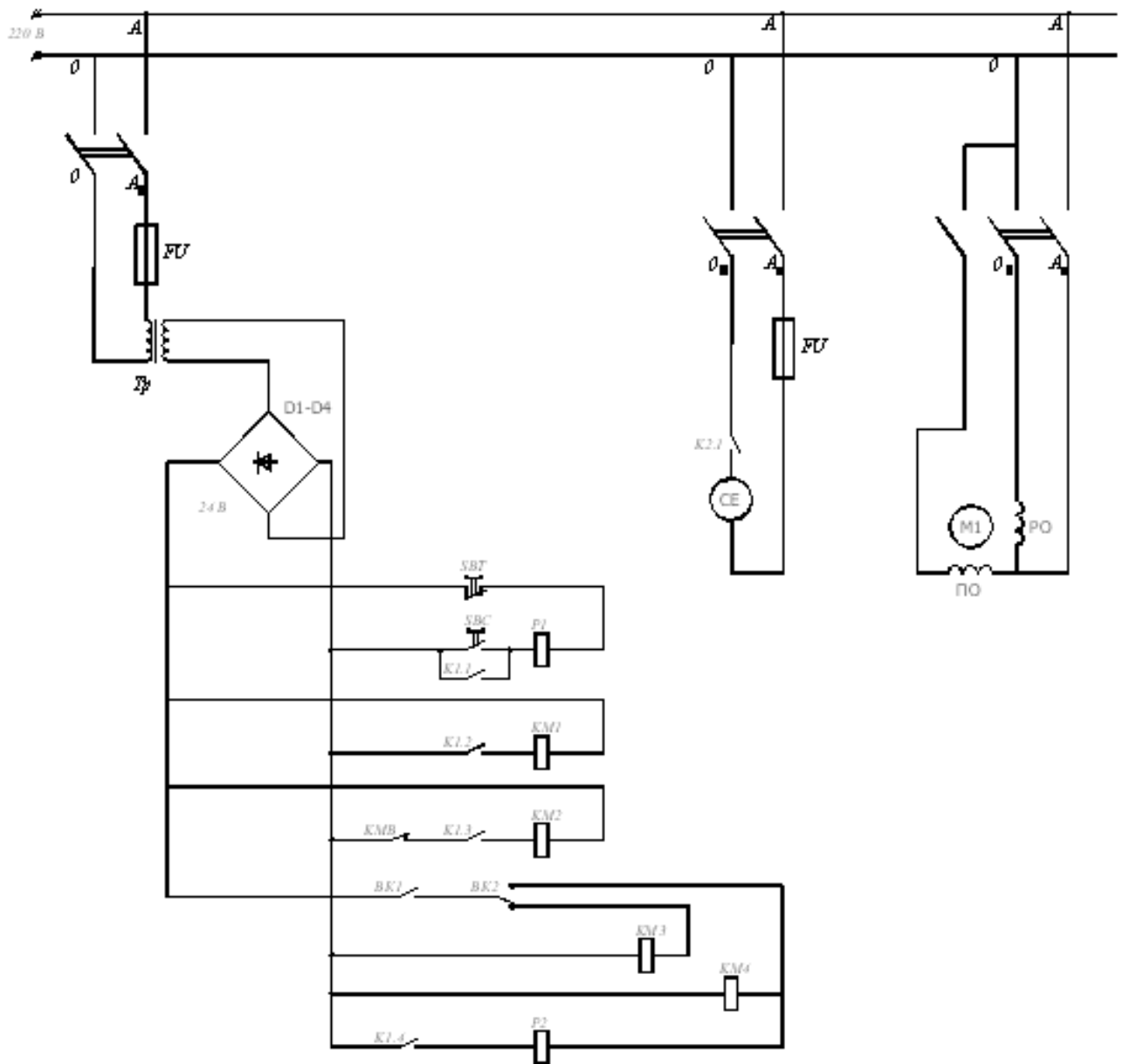


Рисунок 3.2 – Принципова електрична схема пристрою для визначення повітропроникності матеріалів

Вакуумна система KM1.... всі обмотки магнітного клапана KM4 розраховані на напругу постійного струму 24 В. Для її отримання встановлено трансформатор Tr і діодний випрямляч D1... D4. Кнопкові станції SBT і SBC слугують для вмикання і вимикання системи керування обладнанням. Електричне реле P1 використовується для всіх магнітних клапанів KM1... KM4 та електричне реле P2. Перемикач VK1 використовується для переходу в режим

										Арк.
										42
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	МРМА 24.00.00.000 ПЗ					

«тест». Перемикач ВК2 використовується для переходу в режим «Вимірювання».

3.2 Принцип роботи пневматичної системи пристрою

Перед початком роботи увімкніть двигун вакуумного насоса VN і створіть у головному ресивері вакуум не менше 0,5 бар. Величина вакууму контролюється вакуумметром MV1; увімкніть систему керування приладом, натиснувши кнопку SBC. Активується електричне реле P1 і замикаються контакти K1.1 - K1.4. Контакт K1.1 блокує кнопку SBC. Контакти K1.2 і K1.3 вмикають обмотки магнітних клапанів KM1 і KM2 відповідно, які відкриваються і з'єднують головний ресивер P1 зі стаціонарним вакуумним ресивером P2. Коли ресивер P2 досягає значення вакууму, встановленого мановакуумметром MW2, його контакт KMV розмикається і магнітний клапан KM1 закривається.

Стабілізатор тиску повітря STP також налаштовується на потрібний тиск і в поєднанні з вакуумметром MV2 забезпечує стабільне розрідження в ресивері P2. Перемикач VK1 використовується для ввімкнення режиму «дослідження». Струм подається на котушку магнітного клапана KM3, який відкриває клапан, і повітря починає надходити в систему через зазор. Лічильник газу блокується магнітним клапаном KM4 і тому не працює. Коли система досягає стійкого стану, в ній створюється стабільний вакуум і, отже, стабільний потік повітря, і прилад готовий до вимірювання.

Режим «Вимірювання» вмикається перемикачем ВК2. У цей же час активується і відкривається соленоїд клапана KM4. У цей же час закривається клапан KM3, вмикається електричне реле P2 і вмикається електричний секундомір SE. Після того як через зразок матеріалу, повітропроникність якого вимірюється, пройде заданий об'єм повітря, контрольований газоаналізатором GL, процес потоку зупиняється перемикачем VK1. Секундомір вимикається.

									Арк.
									43
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	МРМА 24.00.00.000 ПЗ				

3.3 Зразки для проведення експерименту

Зразки, що використовуються в експериментах, являють собою круглі деталі з природних і штучних матеріалів діаметром 70 мм. Крім того, прилад дає змогу досліджувати й інші матеріали легкої промисловості, наприклад, багат шарові матеріали, текстиль високої щільності тощо.

Під час вивчення повітропроникності матеріалів із низькою щільністю можна встановити спеціальні мембрани, які зменшують площу робочої поверхні зразка до 10 см².

Висновки до розділу 3.

У розділі 3 цієї роботи описано конструкцію приладу для вимірювання повітропроникності матеріалів, що використовуються при виробництві виробів легкої промисловості. Розроблено пневматичну та електричну схеми приладу, описано його роботу. Запропоновано вимоги до зразка досліджуваного матеріалу.

					MPMA 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		44

4 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВІТРОПРОНИКНОСТІ МАТЕРІАЛІВ

Під час експериментальної роботи з цим приладом виникла необхідність розробки методики вимірювання повітропроникності матеріалів на цьому приладі.

Для цього було досліджено такі питання:

- 1) вплив часу випробування на повітропроникність матеріалу;
- 2) кількість повторних випробувань, необхідна для отримання достовірних результатів;
- 3) вплив розміру зразка на повітропроникність матеріалу;
- 4) величина відсмоктування повітря зі сторін зразка.

У таблиці 4.1 представлено експериментальні дані щодо зміни повітропроникності з плином часу випробування.

Таблиця 4.1 – Зміна показника повітропроникності в залежності від тривалості іспиту

Тривалість іспиту в хв.	Повітропроникність в л/м ² с			
	Шкіра штучна СК-2 ГОСТ 16119-70		Шкіра хромового дублення СЗ 831 ГОСТ 939-75	
	розрідження під зразком у мм вод. ст.			
	5	20	5	20
1	59,3	209,3	28,7	117,3
2	59,0	209,7	28,7	114,7
3	59,6	210,2	28,7	115,7
4	58,5	209,2	27,8	115,3
5	58,1	207,9	27,7	114,0
10	57,6	208,9	27,5	114,4
15	56,9	205,5	26,6	114,0

Аналіз таблиці показує, що значення повітропроникності поступово зменшуються в міру збільшення часу випробування. Причиною зниження, очевидно, є зміна структури матеріалу. При тривалому впливі повітряного потоку волокна блокують вільні зазори в матеріалі, створюючи додаткові перешкоди для проходження повітря.

Однак, оскільки більша тривалість випробувань не призводить до істотного спотворення результатів, було визнано за доцільне обмежити тривалість випробувань 10 хвилинами.

Під час розроблення теми даної методики виникли такі питання. Оскільки ціна поділки шкали газового лічильника становить 0,01 літра, для даного часу випробування похибка показань залежить від кількості повітря, що проходить через зразок за одиницю часу. Що вища щільність, то більша похибка.

Таким чином, можливість проведення порівняльних випробувань стає дуже складною. Тому як перший тестовий показник було вирішено використовувати не час, а кількість літрів повітря.

Одиницею виміру є 50 літрів, що дає результат тесту з похибкою 0,2 %. Під час роботи з матеріалами для задників взуття час випробування зазвичай не перевищує 8-12 хвилин.

У результаті порядок тестування змінюється, а використання годинника стає недоцільним, оскільки не вдається досягти необхідної точності. Необхідно використовувати секундомір для реєстрації часу випробування і часу проходження 50 літрів повітря через зразок (з точністю до 0,1 секунди). Повторні випробування одного і того ж зразка також призведуть до зниження повітропроникності.

Таким чином, на підставі даних дослідження можна зробити такі основні висновки:

- 1) повторні випробування одного зразка неприпустимі;
- 2) час випробування одного зразка не повинен перевищувати 3-4 хвилин;

									Арк.
									46
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	МРМА 24.00.00.000 ПЗ				

Цей метод рекомендується для використання під час контролю якості матеріалів за показником повітропроникності. Водночас розробляється нове обладнання, що дає змогу проводити ширші дослідження повітропроникності матеріалів, позбавлені недоліків вищевказаного обладнання.

4.1 Експериментальні дослідження повітропроникності матеріалів

Перед нами поставлена задача знайти залежність коефіцієнтів a і b формула (1.9) від величини технічного коефіцієнта повітропроникності C .

Для розрахунку значення повітропроникності знайдемо \mathcal{G} з формули (1.9):

$$\mathcal{G} = \frac{\sqrt{b^2 - 4ah} - b}{2a}. \quad (4.1)$$

Прийнявши

$$\frac{1}{\sqrt{a}} = m \text{ та } \frac{b^2}{4a} = K$$

і виконавши перетворення, одержимо:

$$\mathcal{G} = m(\sqrt{h + K} - \sqrt{K}),$$

де m і K – дослідні коефіцієнти, похідні від коефіцієнтів a і b .

Оскільки $\mathcal{G} = \text{м/с}$, то $B = 100\mathcal{G}$ (в $\text{мл/см}^2 \cdot \text{с}$), звідки рівняння для розрахунку повітропроникності:

$$B = M(\sqrt{h + K} - \sqrt{K}), \quad (4.2)$$

					МРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		49

При малих значеннях коефіцієнта технічного повітропроникності C значення a і b сильно зростають. При зростанні C більше 20 значення a і b зменшуються і асимптотично наближаються до нуля.

Простежується характер гіперболічний цих функцій. Що обов'язково потрібно враховувати при виборі матеріалів для забезпечення гігієнічних необхідних вимог.

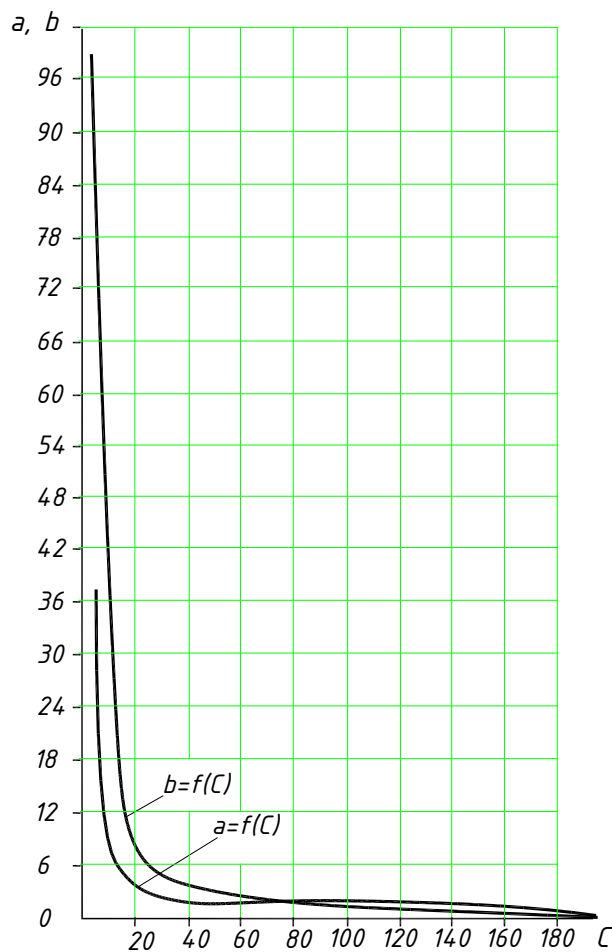


Рисунок 4.1 – Графіки значень a і b

У межах $C < 60$ ці криві описуються наступними експериментальними рівняннями:

$$a = \frac{38,578}{C^{0,8971}},$$

$$b = \frac{98,8}{C^{(1+0,0014C)}}.$$

Відповідні рівняння представлені для M і K як коефіцієнтів похідних:

$$M = \frac{100}{\sqrt{a}} = 16,1C^{0,4855};$$

$$K = \frac{b^2}{4a} = \frac{63,26}{C^{(1,1029+0,0028C)}}.$$

Графіки значень коефіцієнтів M і K представлені на рисунку 4.2.

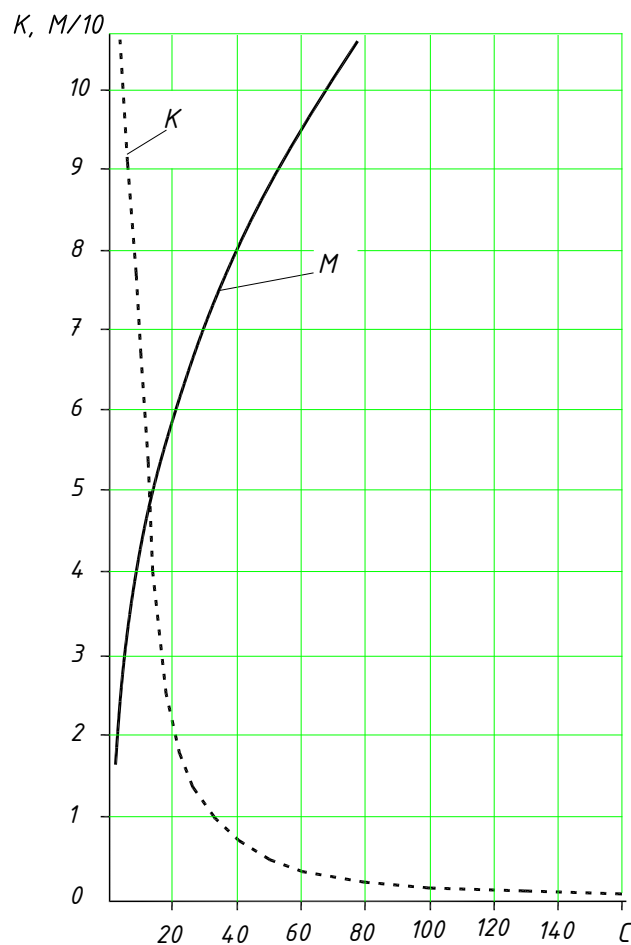


Рисунок 4.2 – Графіки значень M і K

У таблиці 4.2 представлені розрахункові і експериментальні значення коефіцієнтів M і K , що досить близькі в межах $C < 60$. Так, при розбіжності найбільшій значень K для $C = 60$ (на 22,5%) у розрахунках повітропроникності при $h = 50$ відхилення не перевищує 1%.

Як уже було відзначено, коефіцієнт M є характеристикою головною повітропроникності матеріалів і тому його встановленню приділялась особлива увага.

Варто мати на увазі, що знаходження дослідне коефіцієнта M виконувалося нами при значенні невеликому h , що дорівнювало 50.

Додатковий іспит матеріалів при великих перепадах тиску і розрахунок наступний на підставі цих даних показали, що коефіцієнти M і K трохи змінюються, причому коефіцієнт M зростає. Наприклад, коефіцієнт для замші M дорівнює 45,7, якщо розрахунок його вести по повітропроникності при $h = 1$ і $h = 50$. При розрахунку ж повітропроникності при $h=1$ і $h=300$ він дорівнює 53,0.

Таблиця 4.2 – Експериментальні і розрахункові значення коефіцієнтів M і K

C	Коефіцієнт M			Коефіцієнт K		
	по експериментальним даним	з розрахунку	відхилення в %	по експериментальним даним	з розрахунку	відхилення в %
1	15,65	16,1	+ 2,87	60,5	62,26	+ 2,90
5	33,00	33,14	+ 0,42	9,04	10,44	+ 11,55
10	45,51	45,23	- 0,62	4,7	4,68	-0,22
20	63,20	61,72	- 2,35	2,03	1,97	-2,95
30	73,60	74,03	+ 1,46	1,06	1,12	+ 5,66
40	82,70	84,22	+ 1,92	0,626	0,72	+ 15,1
50	92,30	93,09	+ 0,82	0,469	0,49	+ 4,5
60	101,0	101,02	+ 0,01	0,284	0,348	+22,5

Перепад тиску, при якому досягається $a_0 = \text{const}$, ми вважаємо критичним. Були спроби визначити критичне h в залежності від значення коефіцієнта технічного C .

Було помічено, що для малої щільності матеріалів значення досягається при повітропроникності, близькій $1500 \text{ мл/см}^2 \cdot \text{с}$, що відповідає швидкості повітряного потоку обмеженого трубою в 15 м/с .

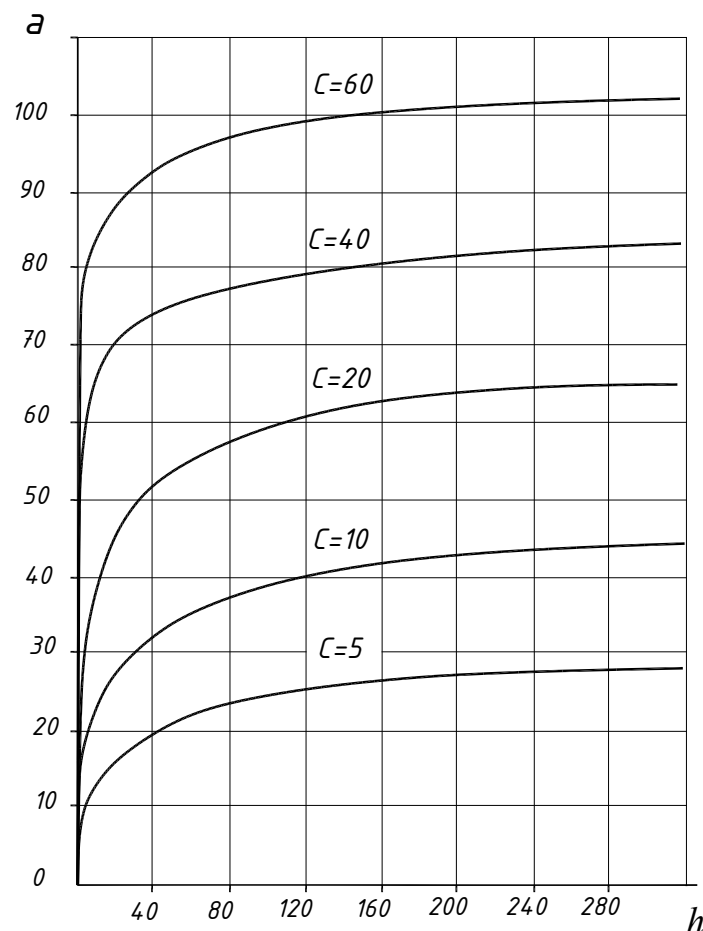


Рисунок 4.3 – Зміна коефіцієнта a в залежності від значень h

Цей показник узгоджується з даними інших дослідників [13], які зазначають, що коефіцієнт опору матеріалу є постійним за швидкостей повітря вище 10 м/с .

Якщо прийняти для обчислень наближених, що коефіцієнти M і a_0 близькі, то шуканий «критичний» тиску перепад, при якому $a = \text{const}$, можна

Таким чином, у формулі (4.2) ми обираємо деяке значення середнє коефіцієнта K , одержуючи результати лише наближені, достатні для практичних розрахунків.

Для практичних цілей задовільні цілком результати дають рівняння, що знаходяться при $h = 1$ або $h = 5$ і $h = 200 \dots 300$.

Підводячи підсумки дослідженням повітропроникності матеріалів у залежності від повітряного потоку тиску на матеріал, відзначимо:

1. Повітропроникність матеріалів характеризується досить повно технічним коефіцієнтом C , тобто повітропроникністю при перепаді тиску в 1 мм вод. ст., оскільки по цьому коефіцієнті ряд похідних показників знаходиться (a, b, M, K, B_{50}) за допомогою яких можна визначити функцію $B = f(h)$.

2. Найбільш універсальним рівнянням, що виражає залежність від тиску повітропроникності, є формула (4.2). Чисельні значення для коефіцієнтів цього рівняння можна знаходити при перепадах, тиску 1...50 мм по експериментальних даних або за теоретичними розрахунками. Чисельні значення коефіцієнтів для тисків більш високих у межах до 500–1000 мм вод. ст. можуть бути знайдені по розрахунку теоретичному повітропроникності при 300 мм тиску [12]:

$$B_{300} = 207,6C^{0,557} . \quad (4.5)$$

3. Для особливо щільних і розріджених матеріалів повітропроникність може розраховуватися (приблизно до 100 мм тиску) по функціях степеневих типу:

$$B = Ch^{\tau} .$$

Для забезпечення надійної роботи необхідно - своєчасний огляд, випробування і профілактичне обслуговування - конструкція посудини повинна забезпечувати можливість внутрішнього огляду, легкого очищення і ремонту.

Зварні шви повинні бути тільки встик і повинні бути доступні для огляду під час виготовлення, установлення та експлуатації посудини - Матеріали, що використовуються під час виготовлення посудини, повинні відповідати призначенню і мати сертифікат якості.

Стаціонарні посудини повинні бути обладнані відповідними контрольно-вимірювальними приладами, запобіжними пристроями, засобами автоматизації, показчиками рівня рідини і запірними або запірно-регулювальними клапанами. Для запобігання підвищенню тиску в ємності вище критичного використовуються запобіжні клапани або розривні запобіжні мембрани, які прості за конструкцією і починають діяти негайно.

Якщо тиск перевищує робочий тиск на 25 % або менше, мембрана розривається і тиск у ємності знижується. Посудини зі швидкознімними кришками мають бути оснащені запобіжним пристроєм, що не дозволяє експлуатувати посудину з незакритою кришкою.

Такі посудини також мають бути оснащені запірним пристроєм для запобігання несанкціонованому ввімкненню. 4.2.1 Правила безпеки під час експлуатації балонів У виробничих процесах часто використовуються стиснуті гази (азот, повітря, кисень, сірководень), рідкі гази (аміак, сірчистий газ, вуглекислий газ, фреон) або розчинні гази. Для зберігання, транспортування і використання газів (ацетилену) часто використовуються різні балони. Найпоширенішими причинами вибухів балонів є - Удар або його падіння, особливо за високих або низьких температур. У першому випадку тиск у балоні швидко зростає через нагрівання газу, що міститься в ньому; у другому випадку матеріал балона стає крихким; - нагрівання балона сонячним промінням або іншими джерелами тепла, що підвищує тиск у балоні вище за допустимий.

									Арк.
									60
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	МРМА 24.00.00.000 ПЗ				

Неправильне використання балонів, наприклад, наповнення кисневих балонів метаном.

Використання спеціальних матеріалів і методів виробництва, що підвищують механічну міцність балонів, а також застосування захисних ковпаків і захисного взуття. Балони виготовляють із вуглецевої та легованої сталі, зварні безшовні за тиску вище 3 МПа і безшовні за нижчого тиску. Вентилі та редуційні клапани забезпечують відбір газу за нижчого тиску, ніж у балоні, тому балон не вибухає під час наповнення або відбору.

Щоб запобігти неправильному використанню балонів для різних газів, вентилі мають різне різьблення (праве різьблення - для кисню та інертних газів, ліве - для горючих газів). Крім того, балони пофарбовані в різні кольори, мають кольорові смуги і відповідне гравіювання. Під час зберігання балони повинні знаходитися на відстані не менше 1 м від будь-якого джерела тепла і не менше 5 м від відкритого вогню.

Транспортування балонів має здійснюватися за допомогою спеціально пристосованих візків або іншого обладнання. Балони повинні зберігатися і транспортуватися з нагвинченим запобіжним ковпачком. Під час горизонтального транспортування між балонами слід помістити підкладку з дерев'яних брусів з вирізаними гніздами, на яку слід покласти мотузку або гумове кільце (два на балон) завтовшки щонайменше 25 мм для підтримки балона, а вентиль балона має бути відкинутий в один бік. Транспортувати балони слід у спеціальному контейнері у вертикальному положенні або без контейнера, використовуючи прокладку між балонами і підймальним пристроєм для запобігання їх падінню.

Газові балони зберігають у спеціальних приміщеннях (складах) або на відкритому повітрі, за умови захисту від сонячного світла та опадів. Наповнені балони зберігаються у вертикальному положенні в спеціальних гніздах, клітках або огороженнях, що захищають від падіння. Незаправлені балони можна зберігати в горизонтальному положенні в ящиках або на стелажах. Склади, де

					МРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		61

зберігаються газові балони, повинні являти собою одноповерхові будівлі з негорючих матеріалів. Під час зберігання балони не повинні піддаватися впливу сонячних променів, стіни і підлога складу повинні бути виконані з неіскристих матеріалів, разом з балонами не повинні зберігатися вибухо- і пожежонебезпечні речовини, приміщення повинні добре провітрюватися, а електрична мережа повинна бути іскробезпечною. Балони з токсичними газами повинні зберігатися в спеціальних герметичних приміщеннях.

Під час обслуговування, переміщення і транспортування балонів необхідно дотримуватися правил безпеки, щоб уникнути травматизму і пошкодження балонів. 4.2.2 Правила безпеки під час зберігання газових балонів
Для створення незалежного і рівномірного режиму роботи устаткування між джерелами виробництва і споживання газу встановлюється резервуар або газгольдер, у якому зберігається скраплений газ і вирівнюється його тиск. Це газгольдери високого тиску з постійним об'ємом (надлишковий тиск газу від 0,5... до 1 МПа, в деяких випадках до 10 МПа).

Серед інших типів газгольдерів (мокрих і сухих) вони є найбезпечнішими в експлуатації, особливо для газів, що утворюють із повітрям вибухонебезпечні суміші. Газгольдери високого тиску мають циліндричну або сферичну форму та об'єм до 4 000 м³; вони належать до посудин високого тиску. Газгольдери оснащені автоматичною сигналізацією, що відключає від мережі в разі досягнення газом нижньої або верхньої допустимої межі, вимірювальним приладом для контролю тиску й температури, запобіжним клапаном, зворотним клапаном у лінії закачування газу та редукційним клапаном для підтримання постійного тиску в лінії виходу газу. Для безпечної роботи газгольдери вкриті фарбою, яка добре відбиває сонячне світло і знижує нагрівання.

Для штучного освітлення тримачів горючих газів необхідно використовувати вибухобезпечні лампи та проводку. Не спорожняйте газгольдер повністю, оскільки повітря в газгольдері може утворити вибухонебезпечну концентрацію. Встановлюйте газгольдер на відкритому

									Арк.
									62
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	МРМА 24.00.00.000 ПЗ				

повітрі, далеко від ліній електропередач, з блискавкозахистом і огорожею для запобігання несанкціонованому доступу. Газові тримачі можуть бути встановлені в спеціальних приміщеннях. Якщо встановлено більше одного газгольдера, а також якщо газгольдер встановлено між газгольдером та іншою спорудою, дотримуйтеся безпечної відстані між газгольдером та іншою спорудою.

Висновки до розділу 4.

У розділі 4 роботи розроблено методику експериментального дослідження процесу проходження повітря через матеріал. Наведено опис експериментів. Представлено та проаналізовано результати вимірювань досліджуваних величин. Розроблено заходи щодо забезпечення безпечної експлуатації обладнання, що використовується для вимірювання повітропроникності.

					MPMA 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		63

ВИСНОВКИ

У легкій промисловості вибір матеріалів для виготовлення виробів часто здійснюють емпірично, без належного врахування гігієнічних вимог до виробу, кліматичних умов, умов праці тощо, що знижує якість продукції і призводить до невиправданої перевитрати сировини та робочої сили.

У зв'язку з цим особливого значення набувають методи контролю для оцінки якості матеріалів. Без перебільшення можна сказати, що розроблення методів об'єктивного оцінювання якості матеріалів є одним із найважливіших і найактуальніших наукових завдань сучасного матеріалознавства.

Аналіз показав, що наявні прилади для вимірювання проникності матеріалів не є універсальними та можуть бути використані тільки для обмеженого та вузького кола матеріалів. Конструкція запропонованого приладу дає змогу вимірювати повітропроникність у широкому діапазоні значень і може бути використана під час роботи з натуральною і штучною шкірою, а також композитними матеріалами і тканинами.

Повітропроникність матеріалу повністю характеризується технічним коефіцієнтом C , тобто повітропроникністю за перепаду тиску в 1 мм рт.ст. Цей коефіцієнт використовують для визначення низки похідних індексів (a , b , M , K), адже за його допомогою визначають низку похідних індексів (a , b , M , K). Найбільш універсальним виразом для залежності повітропроникності від тиску є таке рівняння.

Числові значення коефіцієнтів у цьому рівнянні можуть бути визначені теоретичними розрахунками або експериментальними даними при перепаді тисків від 1 до 50 мм рт. ст. Значення вище «критичного тиску», за яких повітропроникність визначають за формулою, становлять $B = a_0 \sqrt{h}$.

Встановлено, що коефіцієнт K в формулі $B = M(\sqrt{h + K} - \sqrt{K})$ є змінним для даного матеріалу і при тиску критичному стає рівним нулеві.

									Арк.
									64
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

Найбільш повно рівняння типу $B = M(\sqrt{h + f(h)} - \sqrt{f(h)})$ описує криві повітропроникності, у якому $M = a_0$. Використання $K = \text{const}$ замість змінного коефіцієнта $K = f(h)$ цілком прийнятно, оскільки для окремих значень похибка повітропроникності не перевищує 1...3%.

					МРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		65

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Коновал В.П., Гаркавенко С.С., Свістунова Л.Т. та ін. Універсальний довідник взуттєвика: [навчальний посібник] – К. : Лібра, 2006. – 720 с.
2. Беднарчук М.С. Товарознавчі аспекти формування національного ринку взуття : монографія / М.С. Беднарчук. – Львів : Видавництво Львівської комерційної академії, 2009. – 476 с.
3. Лазур К.Р. Швейне матеріалознавство: підручник – Львів: Світ:, 2003 – 240 с.
4. Коновал В.П., Рибальченко В.В., Хом'як М.Є., Шевченко Г.І. Натуральні та штучні матеріали для взуття. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – К.: КНУТД, 2005 – 218с.
5. Кармаліта А.К., Піскорський Г.А., Скиба М.Є. Методика математичного моделювання технології та механізмів легкої промисловості: навч. посібник. – К.: ІЗМН, 1997. – 184 с.
6. Богданов Г. Г. Еволюція матеріалів для одягу : навчальний посібник / Г. Г. Богданов, З. В. Захожай . – К. :, 2009. – 280 с.
7. Високотехнологічні конкурентоспроможні і екологічно орієнтовані волокнисті матеріали та вироби з них: монографія / [П.А.Глубіш, В.М.Ірклей, Ю.Я.Клейнер та ін.] – К.: Арістей, 2007.– 265 с.
8. Лазур К.Р., Олійник Т.М. Швейне виробництво та матеріалознавство [Текст] : словник / К. Р. Лазур, Т. М. Олійник. – Львів : Новий Світ – 2000, 2012. – 246 [2] с
9. Рибальченко В.В., Коновал В.П., Хом'як М.Є., Шевченко Г.І. Матеріалознавство виробів легкої промисловості: Підручник. – К: КНУТД, 2008 р. – 320 с.
10. Матеріалознавство швейного виробництва: навчальний посібник / М. О. Кущевський, Г. С. Швець. – К.: Видавничий дім «Кондор», 2021. – 412 с.
11. Пугачевський Г.Ф. Товарознавство непродовольчих товарів. Текстильне товарознавство / Г.Ф. Пугачевський, Б.Д. Семак. – К. : Укоопспілка, 1999. – Ч. I. – 595 с.

										Арк.
										66
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	МРМА 24.00.00.000 ПЗ					

12. Тканини. Визначення повітропроникності : ДСТУ І80 9237:2003. – [Чинний від 2005-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2004.

13. Бучківська У. Б. Дослідження повітропроникності платтяно-костюмних тканин / У. Б. Бучківська, Л. В. Пелик // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2014. – № 1. – С. 216–218.

14. Пелик Л.В. Матеріалознавство та основи технологій виробництва товарів : [навчально-наочний посібник] / Л.В. Пелик, І.С. Полікарпов, Р.В. Кирильчук та ін. – Львів : Вид-во Львівської комерційної академії, 2015. – 108 с.

15. Захаренко В.О. Матеріалознавство та основи технології виробництва товарів : навч. посіб. / В.О. Захаренко. – Харків : ХДУХТ, 2016. – 195 с.

16. Прилад для визначення повітропроникності TQD-G1
<https://machouse.ua/prylad-dlya-vyznachennya-povitropronyknosti-tqd-g1/>

17. ДСТУ 2726–94. Шкіра для верху взуття. Технічні умови.

18. ДСТУ 3177–95. Шкіра. Номенклатура показників якості.

19. ДСТУ 3923–99. Взуття. Деталі для заготовок верху. Технічні умови.

20. Головка М. П. Товарознавство одяго-взуттєвих товарів : навч. посібник / М. П. Головка[та ін.]; Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі. – Х., 2015. – 459 с.

21. Супрун Н.П., Орленко Е.П. та ін.. Конфекціонування матеріалів для одягу: навч. посіб. – К.: Знання, 2008. – 246 с.

					МРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		67

ДОДАТКИ

					МРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		68