

УДК: 621:678.7

Г. В. ОМЕЛЬЧЕНКО, С. І. МОЙСЕЄНКО
Київський національний університет технологій та дизайну**УСТАТКУВАННЯ МОДУЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ
ДЕФОРМАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ
СТИСКАННІ**

У даній роботі обґрунтовано застосування принципів конструктивної модуляризації в розробці нової конструкції лабораторного малогабаритного економічного устаткування зі з'єднаними вимірювальними модулями для дослідження пружних властивостей полімерних матеріалів при стисканні. Описано конструкцію, принцип роботи та технологічні параметри розробленого лабораторного устаткування, яке дозволяє здійснювати випробування на стиснення еластичних полімерів з метою визначення їх деформаційних характеристик та модуля пружності.

Розроблена методика визначення деформаційних характеристик еластичних полімерних матеріалів при стисканні та модуля пружності, яка заснована на загальновідомих методиках визначення механічних характеристик при стисканні цих матеріалів.

Ключові слова: принцип модуляризації, деформація при стисканні, пружні властивості полімерів, метод визначення пружних характеристик при стисканні, пружна деформація полімерів, механічні характеристики еластичних коміркуватих матеріалів.

Г. В. ОМЕЛЬЧЕНКО, С. І. МОЙСЕЄНКО
Киевский национальный университет технологий и дизайна**ОБОРУДОВАНИЕ МОДУЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ СЖАТИИ**

В данной работе обосновано применение принципов конструктивной модуляризации в разработке новой конструкции лабораторного малогабаритного экономичного оборудования со съёмными измерительными модулями для исследования упругих свойств полимерных материалов при сжатии. Описаны конструкция, принцип работы и технические параметры разработанного лабораторного оборудования, которое позволяет осуществлять испытания на сжатие эластичных полимеров с целью определения их деформационных характеристик и модуля упругости.

Разработана методика определения деформационных характеристик эластичных полимерных материалов при сжатии и модуля упругости, которая основана на общеизвестных методиках определения механических характеристик при сжатии таких материалов.

Ключевые слова: принцип модуляризации, деформация при сжатии, упругие свойства полимеров, метод определения упругих характеристик при сжатии, упругая деформация полимеров, механические характеристики эластичных ячеистых материалов.

G. V. OMELCHENKO, S. I. MOISEENKO
Kyiv National University of Technology and Design**THE EQUIPMENT OF MODULAR CONSTRUCTION TO DETERMINE OF DEFORMATION
CHARACTERISTICS OF POLYMERIC MATERIALS IN COMPRESSION**

This article justifies the application of structural modularization principles in the development of new construction of lab economic compact equipment with removable measurement modules. It has been done for studying the elastic properties of polymeric materials under compression. The paper describes the structure, working principle and technological parameters of the developed laboratory equipment. It allows to realize compression testing of elastic polymers, to determine their deformation characteristics and elastic modulus.

The methods have been developed to measure deformation characteristics of elastic polymer materials under compression and modulus of elasticity. All these are based on the well-known methods for determining deformation characteristics in compression.

Keywords: modularization principle, deformation in compression test, the elastic properties of polymers, the method of determining elastic characteristics in compressive test, resiliency of the elastic polymers, the mechanical properties of elastic cellular materials.

Постановка проблеми

Відомо, що при виготовленні різного спеціального одягу (теплозахисного, захисного від механічних ударів та інших видів) широко використовуються різні полімерні матеріали (теплозахисні прокладки, демпферні прокладки та ін.) [1]. Сучасний конкурентоспроможний спецодяг потребує прогнозування майбутніх властивостей ще на стадії проектування, що спонукає розробників ретельніше вивчати структурні та механічні характеристики матеріалів. Це зумовлено тим, що різні властивості матеріалів можуть значно впливати на їх фізико-механічну поведінку в конкретних експлуатаційних умовах [2]. Техніко-економічна ефективність проектних робіт по створенню нових видів одягу або удосконаленню існуючих в значній мірі залежить від матеріальних витрат на проведення досліджень та обробку результатів. Аналіз існуючого устаткування для визначення механічних характеристик еластичних матеріалів показав, що вони мають функціональні обмеження у вимірюваннях показників, в наслідок чого, такі дослідження потребують застосування певної кількості устаткування. Тому зменшення витрат на закупівлю дороговартісного устаткування для досліджень та підвищення функціональних можливостей останнього є актуальною задачею.

Для вирішення поставленої задачі необхідно: проаналізувати існуючі методики дослідження полімерних матеріалів та устаткування; провести порівняльний аналіз його вартісних характеристик та діапазонів функціональних можливостей; розробити проектне рішення та виготовити устаткування для визначення механічних характеристик полімерних матеріалів при стисканні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідженнями експлуатаційних властивостей полімерних матеріалів для застосування у взуттєвій промисловості, в медичних та транспортувальних цілях займалися Нікітіна Л. Л., Сатомі Каяморі, Еріц Й. Кунцир, але їх дослідження недостатні для розробки теплозахисних та демпферних прокладок із спінених об'ємних полімерних матеріалів в одязі різного призначення [3-7].

В літературних джерелах по дослідженню полімерних матеріалів є небагато інформації відносно деформаційних характеристик спінених полімерних матеріалів при стисканнях. Такі данні необхідні для прогнозування захисних властивостей різних видів одягу та їх елементів. Саме тому існує нагальна потреба у широкому дослідженні механічних характеристик полімерних матеріалів для можливості їх застосування в одязі. Таким чином такі дослідження є актуальними.

Формулювання мети дослідження

Пружні властивості полімерних прокладок, з яких складається пакет матеріалів спеціального одягу впливають на зміну геометричного розміру при навантаженні [8]. Так наприклад, від пружності утеплювальної прокладки залежить товщина теплозахисного шару при стисканні в умовах експлуатації, що впливає на термічний опір останньої, а в спеціальному одязі для захисту від механічних навантажень від пружності демпферної прокладки залежить величина поглинання ударного навантаження. Таким чином, для створення спецодягу з заданими теплозахисними або демпферними властивостями, ще на стадії проектування необхідним є визначення пружних характеристик пакетів матеріалів на спеціальному вимірювальному устаткуванні.

В результаті аналізу існуючого обладнання для визначення механічних характеристик різних матеріалів встановлено, що воно розповсюджується спеціалізованими торговими організаціями в Україні або за її межами та має достатньо велику вартість. Остання залежить від рівня комп'ютеризації і точності вимірювання такого устаткування та від фірми-виробника. Мінімальна вартість такого обладнання становить від 5000 грн. (устаткування китайського виробництва), та від 52000 грн. (устаткування інших країн-виробників) [9].

Для розробки проектного рішення дослідного устаткування необхідно мати уяву про структурні характеристики матеріалів, які планують досліджувати.

Викладення основного матеріалу дослідження

Аналіз полімерних прокладочних матеріалів, які в останній час все частіше використовуються для виготовлення спеціального одягу та швейних виробів дозволив встановити, що вони мають спінену структуру з закритими чи відкритими комірками. Відомо, що структурна будова еластичних коміркуватих полімерів також впливає на їх поведінку при експлуатації, тому у конструкціях спеціального одягу, найчастіше застосовують спінені матеріали з закритими порами. Тобто це спінені поліетилени або інші полімери в структурі яких знаходяться гази або повітря в великих або маленьких комірках. В залежності від кількості і об'єму комірок з газом будуть змінюватись пружні характеристики такого полімерного матеріалу [10]. Таким чином залежність деформації полімеру від стискання буде різною. Але більша частина полімерів, які представлені на сучасному ринку України та можуть бути потенційно застосовані для проектування та виготовлення високоякісного спецодягу та спеціалізованих швейних виробів, не має відповідної інформації щодо показників їх механічних характеристик, що не дозволяє фахівцям прогнозувати властивості майбутнього виробу на стадії проектування.

Існують стандартизовані вимоги до визначення залежності напруження-деформації при стисканні і напруження стискання, які регламентують вимоги до апаратури, зразків для випробування, проведення дослідів та обробки результатів [ГОСТ 26605-95 (ISO 3386-1-86)].

Відповідно до діючих вимог в лабораторії ТКШВ ХНУТД було розроблене проектне рішення, за яким виготовлено малогабаритне вимірювальне устаткування для визначення деформаційних характеристик зразків полімерних матеріалів при проведенні досліджень при стисканні. На рис. 1 фотографія розробленого устаткування. Дане проектне рішення робить його конструкцію модульною, технологічною, нескладною у виготовленні, економічною за рахунок мінімізації складових одиниць з відносно недорогих матеріалів та наявності вимірювальних модулів різних діапазонних характеристик та класів точності, які можуть замінюватися за потребою.

На рис. 2 представлено принципову схему розробленого вимірювального устаткування. Конструкція складається з основи 1, трьох стійок 2 та сталюого каркасу із кутиків 3, на якому жорстко закріплено корпус 4 з направляючими, в яких рухається підпружинений стрижень 5 зі з'ємним стискаючим модулем у вигляді навантажувальної пластини певного діаметру 6 та стрілкою індикації ходу 8. На корпусі 4 встановлений керуючий гвинт 7 з маховиком. Плаваюча шкала 9 з щупом 10 закріплена на зовнішній стороні корпусу 4. На основі 1 розташовується з'ємний вимірювальний модуль (плоский електронний вимірювач навантаження) 11 на якому знаходиться опорна поверхня 12.

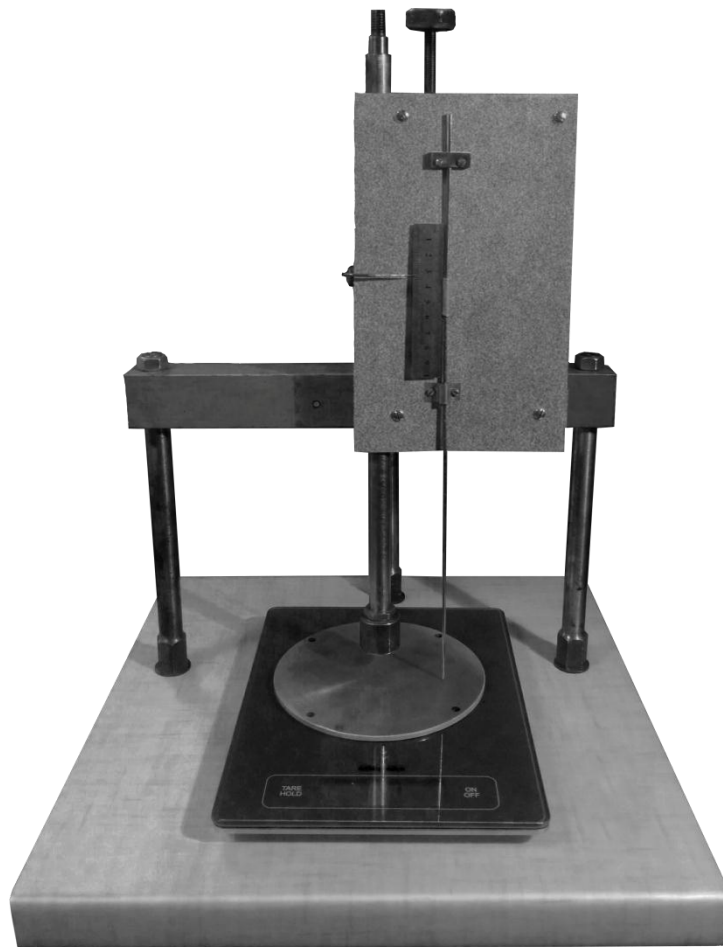


Рис. 1. Фотографія вимірювального устаткування модульної конструкції для визначення деформаційних характеристик полімерних матеріалів при стисканні

Робота вимірювального устаткування по визначенню залежності напруження-деформації при стисканні полімеру зводиться до наступного: вирізається зразок з полімерного матеріалу за шаблоном, який менше або дорівнює діаметру стискаючої пластини 6; вирізаний зразок круглої форми укладається на опорну поверхню 12; стрижень зі стискаючою пластинкою за допомогою керуючого гвинта 7 опускається 6 до поверхні зразка, при цьому фіксується початкова точка вимірювання на плаваючій шкалі, яка своєю конструкцією виключає додаткову похибку при можливій деформації поверхні вимірювального модулю; зразок стискається під навантаженням, зі швидкістю 100 ± 20 мм/хв. до досягнення деформації 25, 40, 50, 70 % від початкової товщини зразка. Після чого підіймають зі зразка

пластину з тією ж швидкістю доки відстань між стискаючою пластиною та опорою не буде дорівнювати початковій товщині зразка. Одразу повторюють такі дії три рази та при четвертому циклі стискання фіксують сили при вибраній певній деформації.

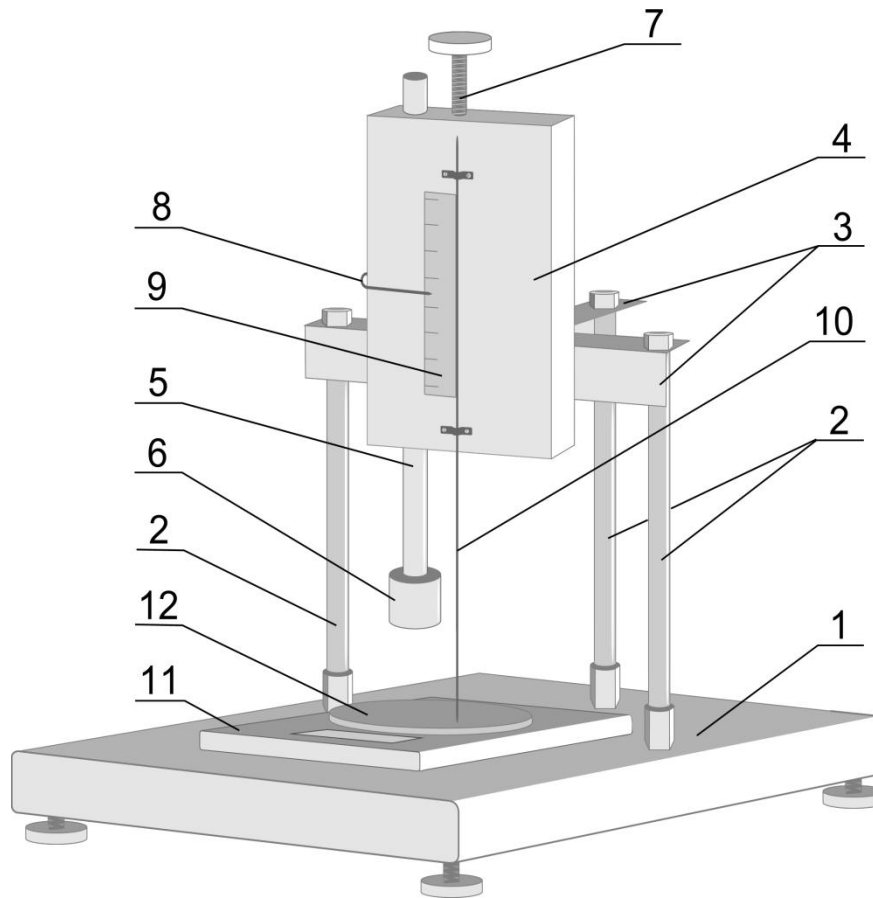


Рис. 2. Принципова схема розробленого вимірювального устаткування модульної конструкції

Обробка результатів проводиться відповідно ГОСТ 26605-95 (ISO 3386-1-86). На основі отриманих даних будується графік залежності деформації від сили стискаючого навантаження.

З використанням розробленого устаткування за стандартизованою методикою було проведено дослідження зразків різних видів спінених поліетиленів українського виробництва (умовне позначення №1 та №2). Отримані результати пройшли перевірку на відтворюваність дослідів за критерієм Кохрена. Вимірювальний модуль (плоский електронний вимірювач навантаження Soehnle Page Profi німецького виробництва) має підтвердження виробника на відповідність заявленим метрологічним характеристикам. На рис. 3; 4 представлено результати проведених досліджень у вигляді діаграм деформування полімерних матеріалів, характерний вигляд яких відповідає загальноприйнятим уявленням про залежності напруження (або навантаження) та деформації [11,12].

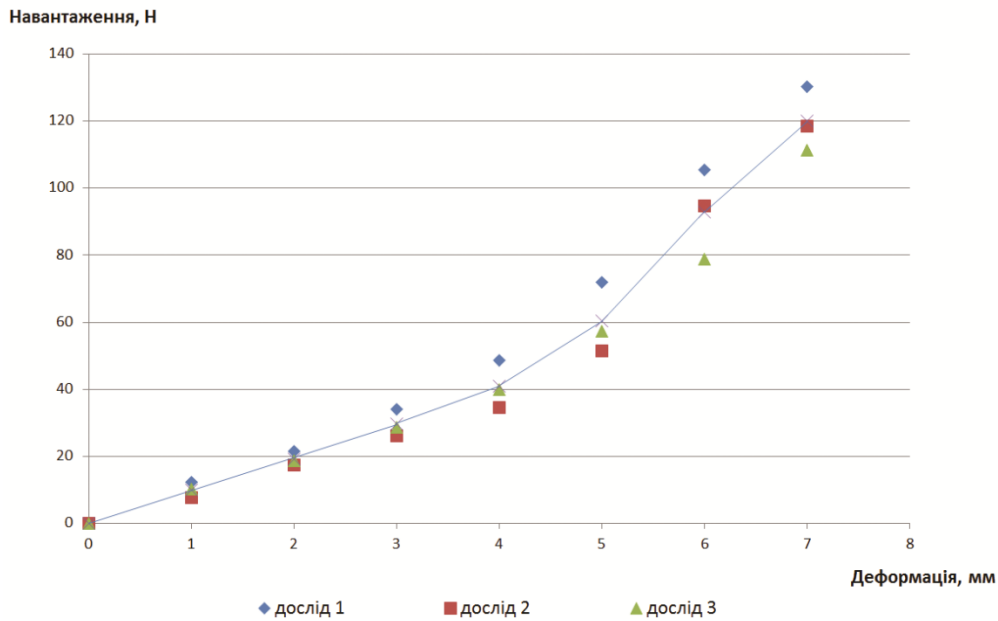


Рис. 3. Діаграма деформування спінених поліетиленів (зразок № 1)

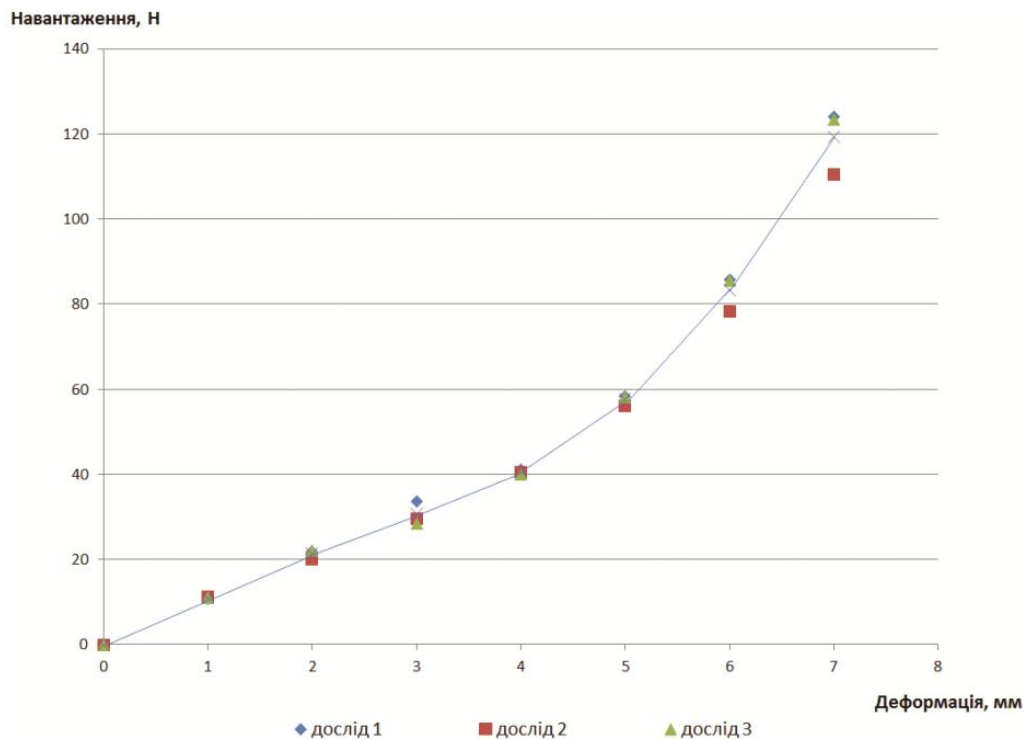


Рис. 4. Діаграма деформування спінених поліетиленів (зразок № 2)

Висновки

Таким чином застосування розробленого вимірювального устаткування модульної конструкції розширює функціональні можливості при проведенні досліджень полімерних матеріалів різної пружності та пористих гум; сприяє економії ресурсів на виготовлення або закупівлю устаткування для проведення лабораторних робіт під час навчального процесу, науково-дослідних робіт та допроектних досліджень під час проектування різного асортименту швейних виробів.

Список використаної літератури

1. Mills N., Polymer Foams Handbook – Engineering and Biomechanics Applications and Design Guide / N. Mills — Elsevier : Butterworth-Heinemann, 2007 — 562 с.
2. Аверко-Антонович И. Ю., Методы исследования структуры и свойств полимеров: Учеб. Пособие / И. Ю. Аверко-Антонович, Р. Т. Бикмулин. — Казань: КГТУ, 2002. — 604 с.
3. Никитина Л. Л. Современные полимерные материалы, применяемые для низа обуви / Л. Л. Никитина, Г. И. Гарипова, О. Е. Гаврилова//Вестник технологического университета. -2011. – Т.14, №6 – С.150-155
4. Impact of postoperative compression dressing using polyethylene foam pad on the multimodal protocol for swelling control following total knee arthroplasty: a randomized controlled trial / [S. Kayamori, S. Tsukada, M. Sato та ін.]. // Arthroplasty Today. – 2016. –Т.2, №4. – С. 199–204.
5. Kuncir E. J. Load-bearing characteristics of polyethylene foam: an examination of structural and compression properties. / E. J. Kuncir, R. W. Wirta, F. L. Golbranson. // The Journal of Rehabilitation Research and Development. – 1990. – Т.27, №3. – С. 229–238.
6. Straat M. Dielectric Properties of Polyethylene Foams at Medium and High Frequencies / M. Straat, I. Chmutin, A. Boldizar. // Annual transactions of the nordic rheology society. – 2010. – №18. – С. 107–117.
7. Geißler A. Dynamic material properties of a closed-cell polyethylene foam / A. Geißler, H. Weber. – London: Elsevier, 1990. – С. 552-554.
8. Krumb B. Etude comparative de onze matériaux visco-élastiques destinés à la fabrication de semelles absorbantes du choc/ B. Krumb.// Annales de Kinésithér. – 1990. – №10. – С. 503–507.
9. Alibaba Group (Compressive Testing Machine) [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://www.alibaba.com/trade/search?fsb = y&IndexArea = product_en& CatId = &Search Text = Impact + Compressive + Testing+ Machine](http://www.alibaba.com/trade/search?fsb=y&IndexArea=product_en&CatId=&SearchText=Impact+Compressive+Testing+Machine)
10. De Vries W. M. Characterization of polymeric foams [Електронний ресурс] / W.M. de Vries // Eindhoven University of Technology: Materials Technology. – 2009. – Режим доступу до ресурсу: http://www.mate.tue.nl/mate/pdfs/10702_sec.pdf.
11. Шваб'юк, В. І. Опір матеріалів: підручник для студ. інженерних спеціальностей вищих навчальних закладів / В.І. Шваб'юк. — К.: Знання, 2016. — 407 с.
12. Мильніков О. В. Опір матеріалів: Конспект лекцій / О. В. Мильніков. – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2010. – 257 с.