

УДК 677.494

КУЧЕРЕНКО Є.В., БУДАШ Ю.О., ПЛАВАН В.П.,
ЛИТВИНОВА О.І.

Київський національний університет технологій та дизайну

**РЕГУЛЮВАННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
НЕТКАНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ВОЛОКНИСТИХ
ВІДХОДІВ**

***Мета.** Дослідження можливості регулювання фізико-механічних властивостей нетканних матеріалів за рахунок введення додаткового волокнистого компонента.*

***Методика.** Неткані матеріали отримували з волокнистих відходів, що склалися з поліуретану (ПУ) та поліаміду 6,6 (ПА-6,6) у співвідношенні 70/30. В якості додаткового волокнистого компоненту до складу нетканних матеріалів вводилися штапельні волокна поліетилентерефталату (ПЕТФ). Фізико-механічні властивості досліджували на розрив на машині типу РМ-30.*

***Результати.** Встановлено, що додавання в вихідну сировину волокон ПЕТФ дозволяє регулювати фізико-механічні властивості нетканних матеріалів дослідженого складу в широких межах.*

***Наукова новизна.** Показано, що збільшення додаткового компонента ПЕТФ від 20-50% підвищує розривне навантаження зразків нетканого матеріалу у 1,5-3 рази. При цьому анізотропія цього показника вздовж і поперек напрямку прочісування суттєво зменшується, що свідчить про зростання однорідності матеріалу.*

***Практична значимість.** Неткані матеріали, отримані з волокнистих відходів, можна використовувати у різних галузях промисловості: тепло- та звукоізоляція у будівництві, одяг і спорядження для військових, наповнювачі різного призначення у текстильній промисловості.*

***Ключові слова:** нетканний матеріал, фізико-механічні властивості, міцність, волокнисті відходи, волокна ПЕТФ.*

Вступ. Зростання виробництва нетканних матеріалів пояснюється їх невисокою, порівняно з текстильними матеріалами, вартістю, а також можливістю використання замість тканин аналогічного призначення [1]. Крім того, цикл виробництва нетканних матеріалів в декілька разів коротший порівняно з класичними технологіями виробництва тканин і трикотажу [2]. Продуктивність окремих способів нетканого виробництва значно вища ніж текстильного [3], та дозволяє надавати матеріалам більш широкий спектр унікальних властивостей, для забезпечення різноманітних потреб багатьох галузей промисловості [4]. Зокрема, неткані матеріали можна використовувати для тепло- та звукоізоляції в будівництві, для виготовлення одягу і спорядження з унікальними властивостями для військових [5], наповнювачів різного призначення для отримання композитних матеріалів [6]. Можливість використання різноманітних відходів текстильної промисловості для отримання нетканних матеріалів, не тільки сприяє їх здешевленню, але й вирішує проблеми утилізації волокнистої сировини [7].

Фізико-механічні і пружно-пластичні властивості нетканних матеріалів обумовлюються способами їх виробництва [8,9]. На властивості нетканних матеріалів важливий вплив мають також їх будова і структурні особливості, що обумовлені використанням різноманітних вихідних матеріалів (волокон, ниток, трикотажу, плівки, різних сполучних речовин, тощо). Основними показниками якості для нетканних матеріалів являються товщина, поверхнева щільність, номінальна міцність при розриві, питоме розривне навантаження, модуль пружності [10]. Можливість регулювання фізико-механічних властивостей нетканних матеріалів створює перспективи для нових напрямків їх застосування.

Постановка завдання. *Мета роботи* – дослідження можливості регулювання фізико-механічних властивостей нетканих матеріалів шляхом введення додаткового волокнистого компонента.

Об’єкт та методи дослідження. В роботі використовували:

- волокнисті відходи текстильної промисловості, які являли собою плутанку високооб’ємних комбінованих петельних ниток, що склалися з двох компонентів: комплексних волокон Lysra 162C (лінійна густина 4,4 текс), та текстурованих комплексних волокон Nylon 6.6 f20/1 (лінійна густина 3,3 текс) (ПУ/ПА) у співвідношенні 70/30 %;
- текстуровані штапельні ПЕТФ волокна, довжина різки – 65 мм, лінійна густина елементарного волокна – 0,33 текс.

Для формування волокнистого матеріалу використовували чесальну машину марки ЧБВ. Отримане полотно піддавали операції голкопробивання на машині ВП-1. Фізико-механічні властивості досліджували на розривній машині типу РМ-30, відповідно стандарту [6]. Розривне навантаження вздовж та поперек напрямку прочісування нетканого матеріалу (Р, Н) визначали для елементарної проби шириною 5 см, при попередньому навантаженні 100 сН та швидкості опускання нижнього зажиму 100 мм/хв. Питоме розривне навантаження нетканого матеріалу (Р₀, Н·м/г) розраховували за формулою:

$$P_0 = P/(M \cdot B)$$

де Р - розривне навантаження, Н; М - поверхнева щільність нетканого матеріалу, г/м²; В - ширина елементарної проби, м;

Результати дослідження. Результати дослідження фізико-механічних властивостей нетканих матеріалів з різним вмістом додаткового компонента залежно від напрямку прочісування наведені в табл. та на рис. 1 і 2.

Таблиця.

Фізико-механічні властивості досліджуваних зразків

№	Склад нетканого матеріалу, %	Поверхн. щільн., г/м ²	Розрив. навантаж. (вздовж), Н/5 см	Розрив. навантаж. (поперек), Н/5 см	Анізотр. міцності	Розрив. видовж. (вздовж), %	Розрив. видовж. (поперек), %	Анізотр. видовж.
1	ПУ/ПА-6,6	233	49,0	2,4	20,4	208	168	1,2
2	(ПУ/ПА6,6)/ПЕТФ,80/20	276	49,0	7,6	6,5	184	184	1,0
3	(ПУ/ПА-6,6)/ПЕТФ,70/30	307	124,9	19,6	6,4	193	182	1,1
4	(ПУ/ПА-6,6)/ПЕТФ, 60/40	311	169,0	28,1	6,0	193	191	1,0
5	(ПУ/ПА-6,6)/ПЕТФ, 50/50	329	154,3	39,2	3,9	196	197	1,0

На рис. 1 представлена залежність розривного навантаження нетканих матеріалів від вмісту ПЕТФ у вихідній сировині.

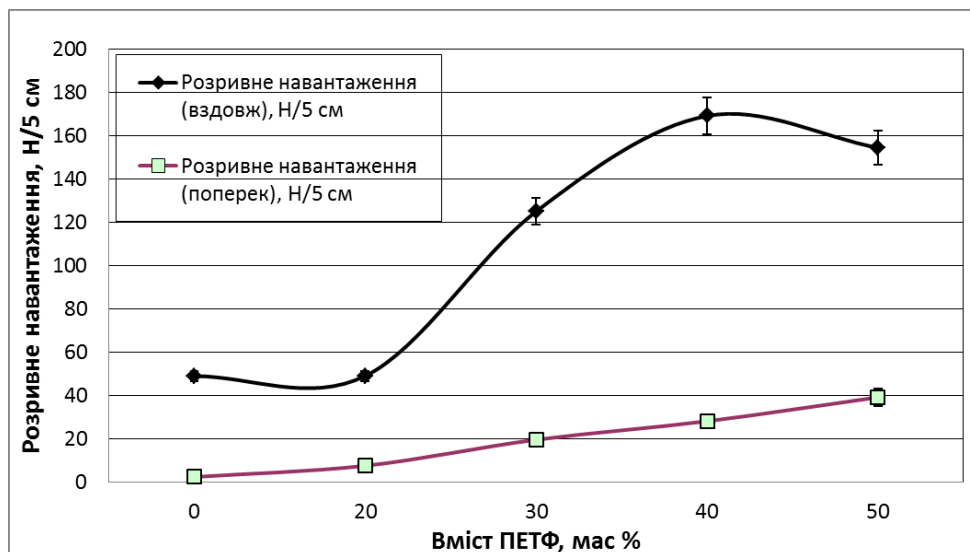


Рис.1. Залежність розривного навантаження нетканих матеріалів вздовж та поперек напрямку прочісування від вмісту ПЕТФ

Можна бачити, що при додаванні 20% ПЕТФ, міцність вздовж напрямку прочісування майже не змінюється, в той час, як в поперечному напрямку зростає ~ в 3 рази. Як результат, суттєво зменшується показник анізотропії, що свідчить про зростання однорідності нетканого матеріалу.

При збільшенні вмісту ПЕТФ до 30% відбувається суттєве зростання міцності як вздовж так і поперек напрямку прочісування (у 2,5 рази). Як наслідок, анізотропія для цього показника майже не змінюється в порівнянні з попереднім зразком.

Збільшення ПЕТФ в нетканому матеріалі до 40-50% приводить до подальшого зростання його міцності. Але це зростання не настільки суттєве, як у попереднього зразка. В той же час, розривне навантаження в поперечному напрямку продовжує збільшуватись в 1,5-2 рази в порівнянні зі зразком №3 (ПУ/ПА-6,6)/ПЕТФ,70/30).

Для зразків, що вміщують 40-50% ПЕТФ, темп зростання міцності у напрямку, перпендикулярному прочісуванню (~1,9-2 рази), починає перевищувати міцність в продольному напрямку (~1,2-1,3 рази). Це призводить до зменшення анізотропії цього показника, яке досягає свого мінімального значення для зразка №5 (ПУ/ПА-6,6)/ПЕТФ, 50/50).

Як можна бачити з табл., розривне видовження при додаванні ПЕТФ змінюється не так суттєво, як міцність. Наприклад, при введенні у нетканый матеріал 20% ПЕТФ розривне видовження у паралельному напрямку прочісування зменшується на 12%, а у перпендикулярному – збільшується приблизно на 9%. Як результат, відбувається зменшення анізотропії цього показника на 20%. Подальше збільшення концентрації ПЕТФ у нетканому матеріалі не чинить суттєвого впливу на розривне видовження та анізотропію цього показника.

Залежність питомого розривного навантаження зразків нетканого матеріалу в різних напрямках при додаванні у вихідну сировину волокон ПЕТФ представлено на рис. 2.

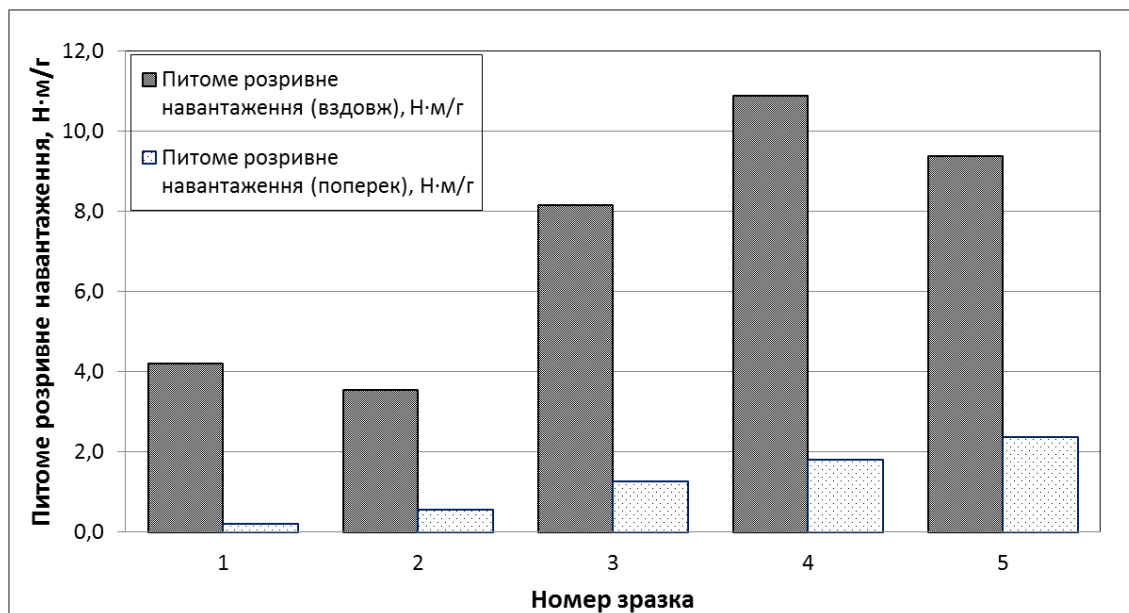


Рис. 2. Гістограма питомого розривного навантаження вздовж та поперек напрямку прочісування для зразків нетканих матеріалів складу: 1) ПУ/ПА-6,6; 2) (ПУ/ПА6,6)/ПЕТФ, 80/20; 3) (ПУ/ПА-6,6)/ПЕТФ, 70/30; 4) (ПУ/ПА-6,6)/ПЕТФ, 60/40; 5) (ПУ/ПА-6,6)/ПЕТФ, 50/50

Можна бачити, що при додаванні у вихідну суміш 20% ПЕТФ, питоме розривне навантаження зразка вздовж напрямку прочісування (в порівнянні з вихідним зразком) зменшується (~ на 20%), в той час як у перпендикулярному - суттєво збільшується (~ 3 рази). Це призводить до еквівалентного зменшення показника анізотропії питомого розривного навантаження.

При збільшенні ПЕТФ до 30% можна спостерігати стрімке зростання показників питомого розривного навантаження як паралельно, так і перпендикулярно напрямку прочісування (~ у 2 рази). При цьому показник анізотропії міцності майже не змінюється.

Подальше збільшення ПЕТФ у суміші до 40-50%, призводить до підвищення питомого розривного навантаження вздовж напрямку прочісування в 1,1-1,3 рази. В той же час, питоме розривне навантаження перпендикулярно прочісуванню також зростає, але більш суттєво (в 1,4-1,8 рази) в порівнянні зі зразком №3 (ПУ/ПА-6,6)/ПЕТФ,70/30. Анізотропія питомого розривного навантаження при таких концентраціях ПЕТФ (50%) знижується ~ на 40%.

При вмісті 40% ПЕТФ у вихідній волокнистій суміші, як розривне, так і питоме розривне навантаження нетканого матеріалу досягають максимального значення в порівнянні з вихідним зразком.

Висновки. Досліджені можливості регулювання фізико-механічних властивостей нетканих матеріалів, на основі відходів високооб'ємних комбінованих петельних ниток (ПУ/ПА6,6), за рахунок введення додаткового волокнистого компонента (ПЕТФ). Встановлено, що додавання у вихідну ПУ/ПА-6,6 волокнисту суміш 20-50% волокон ПЕТФ дозволяє суттєво (~ до 3 разів) підвищити міцність нетканого матеріалу, а також зменшити його анізотропію за цим показником.

Подяка. Автори статті дякують завідувачу кафедрою матеріалознавства, товарознавства та експертизи текстильних матеріалів д.т.н., професору Супрун Н.П. за допомогу у виготовленні зразків і дослідженні їх властивостей.

Література

1. Applications of nonwovens in technical textiles: Woodhead Publishing Series in Textiles: Number 102 /Ed. By R. A. Chapman. – Woodhead Publishing Limited, 2010. – 226 p.
2. Arifuzzaman K. Studies on the mechanical properties of woven jute fabric reinforced poly(l-lactic acid) composites. / Engineering Sciences, 2016. – Vol. 28 (1), – P. 69–74.
3. Chena W., Clauserb J. Selection and fabrication of a non-woven polycarbonate urethane cover for a tissue engineered airway stent. / International Journal of Pharmaceutics, 2016. Vol. 514, – P. 255–262.
4. Пушкар Г. О., Семак Б. Д. Сучасний асортимент і властивості нетканих текстильних матеріалів інтер'єрного призначення / Вісник Львівської комерційної академії . – 2011. – Вип. 12. – С. 15-21.
5. Sparks E. Advances in military textiles and personal equipment. / Woodhead Publishing Limited, 2012. – p. 64.
6. Мэттьюз Ф., Ролингс Р. Композитные материалы. Механика и технология. М.: Техносфера, 2004. — 408 с.
7. Одержання та властивості нетканих матеріалів із волокнистих відходів [Текст] / Є. В. Кучеренко, Ю. О. Будащ, В. П. Плаван, О. І. Литвинова // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Технічні науки. – 2016. – № 4 (100). – С. 99-106.
8. Lee, K.H., Kin, H.Y. Mechanical behavior of electrospun fiber mats of poly(vinyl chloride)/polyurethane polyblends. /J. Polym. Sci. Part B Polym. Phys. – 2003, – Vol.41, P. 1256–1262.
9. Zhao B. Modeling polypropylene polymer air drawing in the spunbonding nonwoven process / B. Zhao // International Journal of Clothing Science and Technology. – 2014. – Vol. 26, No. 2. — P. 184–194.
10. ДСТУ ISO 9073-3:2003 Матеріали текстильні. Методи випробування нетканих матеріалів. Частина 3. Визначення розривального навантаження та видовження під час розриву.

References

1. Applications of nonwovens in technical textiles: Woodhead Publishing Series in Textiles: Number 102 /Ed. By R. A. Chapman. – Woodhead Publishing Limited, 2010. – 226 p.
2. Arifuzzaman K. Studies on the mechanical properties of woven jute fabric reinforced poly(l-lactic acid) composites. / Engineering Sciences, 2016. - Vol. 28 (1), - P. 69–74.
3. Chena W., Clauserb J. Selection and fabrication of a non-woven polycarbonate urethane cover for a tissue engineered airway stent. / International Journal of Pharmaceutics, 2016. Vol. 514, - P. 255–262.
4. Pushkar H. O., Semak B. D. Suchasnyi asortyment i vlastyvoli netkanykh tekstylnykh materialiv interiernoho pryznachennia / Visnyk Lvivskoi komertsiinoi akademii . – 2011. – V. 12. – C. 15-21.
5. Sparks E. Advances in military textiles and personal equipment. / Woodhead Publishing Limited, 2012. – p. 64.
6. Мэттиуз Ф., Ролынхс Р. Композитные материалы. Механика и технология. М.: Техносфера, 2004. — 408 с.
7. Oderzhannia ta vlastyvoli netkanykh materialiv iz voloknystrykh vidkhodiv [Tekst] / Ye. V. Kucherenko, Yu. O. Budash, V. P. Plavan, O. I. Lytvynova // Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu. Tekhnichni nauky. – 2016. – № 4 (100). – С. 99-106.
8. Lee, K.H., Kin, H.Y. Mechanical behavior of electrospun fiber mats of poly(vinyl chloride)/polyurethane polyblends. /J. Polym. Sci. Part B Polym. Phys. - 2003, - Vol.41, P. 1256–1262.
8. Zhao B. Modeling polypropylene polymer air drawing in the spunbonding nonwoven process / B. Zhao // International Journal of Clothing Science and Technology. - 2014. - Vol. 26, No. 2. — P. 184–194.
9. DSTU ISO 9073-3:2003 Матеріали текстильні. Методи випробування нетканих матеріалів. Частина 3. Визначення розривального навантаження та видовження під час розриву.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ВОЛОКНИСТЫХ ОТХОДОВ

КУЧЕРЕНКО Е.В., БУДАШ Ю.О., ПЛАВАН В.П., ЛИТВИНОВА О.И.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Исследование возможности регулирования физико-механических свойств нетканых материалов за счет введения дополнительного волокнистого компонента.

Методика. Нетканые материалы получали из волокнистых отходов, которые состояли из полиуретана и полиамида 6,6 в соотношении 70/30. В качестве дополнительного волокнистого компонента в состав нетканых материалов вводились штапельные волокна полиэтилентерефталата (ПЭТФ). Физико-механические свойства на разрыв исследовали на машине типа РМ-30.

Результаты. Установлено, что добавление в исходное сырье волокон ПЭТФ позволяет регулировать физико-механические свойства нетканых материалов исследованного состава в широких пределах.

Научная новизна. Показано, что увеличение дополнительного компонента ПЭТФ от 20-50% повышает разрывные нагрузки образцов нетканого материала в 1,5-3 раза. При этом анизотропия этого показателя вдоль и поперек направления прочесывания существенно уменьшается, что свидетельствует о росте однородности материала.

Практическая значимость. Нетканые материалы, полученные из волокнистых отходов, можно использовать в различных отраслях промышленности: тепло- и звукоизоляция в строительстве, одежда и снаряжение для военных, наполнители различного назначения в текстильной промышленности.

Ключевые слова: нетканый материал, физико-механические свойства, прочность, волокнистые отходы, волокна ПЭТФ.

REGULATION OF PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF NONWOVEN MATERIALS BASED ON FIBER WASTES

KUCHERENKO E.V., BUDASH Y. A., PLAVAN V.P., LITVINOVA O.I.

Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. Investigation of the possibility of regulating the physical and mechanical properties of nonwoven materials by introducing an additional fibrous component.

Method. Nonwoven materials were obtained from fibrous waste, which consisted of polyurethane and polyamide 6.6 in a ratio of 70/30. Staple fibers of polyethyleneterephthalate (PET) were used as a additional component. They were incorporated into the non-woven fabric. The physical and mechanical properties at the rupture were examined on a PM-30 machine.

Results. It has been established that the addition of PET fibers to the feedstock makes it possible to regulate the physicomechanical properties of the nonwoven materials of the investigated composition over a wide range.

Scientific innovation. It is shown that an increase in the additional PET component from 20-50% increases the tensile load of non-woven fabric samples by a factor of 1.5-3. In this case, the anisotropy of this index along and across the carding direction decreases substantially, which indicates an increase in the homogeneity of the material.

Practical value. Nonwoven materials obtained from fibrous waste can be used in various industries: heat and sound insulation in construction, clothing and equipment for the military, fillers for various purposes in the textile industry.

Key words: nonwoven material, physical and mechanical properties, strength, fibrous waste, PET fibers.