

Хлопчатобумажный холст состоит из частых сильно спутанных тонких (7 мкм) волокон, образующих глубоко анизотропную структуру с ярко выраженным преимущественным расположением волокон вдоль плоскости холста. В такой структуре в отличие от первой возможности для перераспределения поля деформаций существенно ограничены.

Надо отметить, что «холлофайбер» хотя и обладает в полтора раза меньшей плотностью, но высокая эластичность структуры оставляет большие вопросы к его способности сохранять форму при эксплуатации в составе изделий, что может отрицательно сказываться на его теплозащитных свойствах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шампаров Е.Ю., Жагина И.Н., Родэ С.В. Тепловой перенос в легких теплозащитных материалах. Сборник трудов МНТФ «Первые международные Косыгинские чтения» 11-12 октября 2017 г., Москва, Симпозиум (1) – «Современные энерго- и ресурсосберегающие технологии СЭТТ – 2017», т.2, С. 236-240.
2. <http://thermopol.ru/thermopol.ru/catalog.html>
3. Родэ С.В., Шампаров Е.Ю., Жагина И.Н. Измерение толщины нетканых утеплительных материалов. Техническое регулирование: Базовая основа качества материалов, товаров и услуг. Международный сборник научных трудов. Научное электронное издание. – Шахты : ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты, 2017 г., С 432-436.
4. Жагина И.Н. Разработка метода и исследование деформационных свойств систем материалов обуви. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. 1998, МГАЛП.

## КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, АРМИРОВАННЫЕ ПЛЕТЕНОЙ ПРЕФОРМОЙ

*Реймер В.<sup>1</sup>, Дягилев А.С.<sup>2</sup>, Либенштунд Л.<sup>1</sup>, Кузнецов А.А.<sup>2</sup>, Грис Т.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Текстильный институт Рейнско-Вестфальского технического университета Ахена, Германия

<sup>2</sup>Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь

В настоящее время композиционные материалы получают широкое применение в автомобиле- и авиастроении [1], производстве спортивной экипировке [2], строительстве [3] и т.д. Благодаря таким своим свойствам как высокая относительная прочность, гибкость и легкий вес. При использовании композиционных материалов в изделиях, в зависимости от их назначения, к ним предъявляются различные, иногда диаметрально противоположные, требования. В связи с этим для армирования композиционно-

го материала могут использоваться волокна различного происхождения, отличающиеся как по своим физико-механическим свойствам, так и ценой. Кроме того, композиционные материалы из натуральных волокон могут быть сравнительно легко утилизированы сожжением, в отличие, например, от композиционных материалов с использованием стекловолокна.

В последнее время производители спортивной экипировки отмечают повышенный интерес потребителей к экологичным (bio-based) изделиям, что стимулирует производство композиционных материалов из натуральных волокон, в первую очередь льна [4, 5, 6, 7]. Натуральные волокна зачастую уступают химическим волокнам по своим прочностным характеристикам, но при этом во многих случаях способны удовлетворить требования, предъявляемые к физико-механическим свойствам композиционных материалов. Не маловажным, с точки зрения потребителя, является создание особого визуального эффекта на поверхности композиционного материала, в котором просматривается текстильная матрица из натуральных волокон.

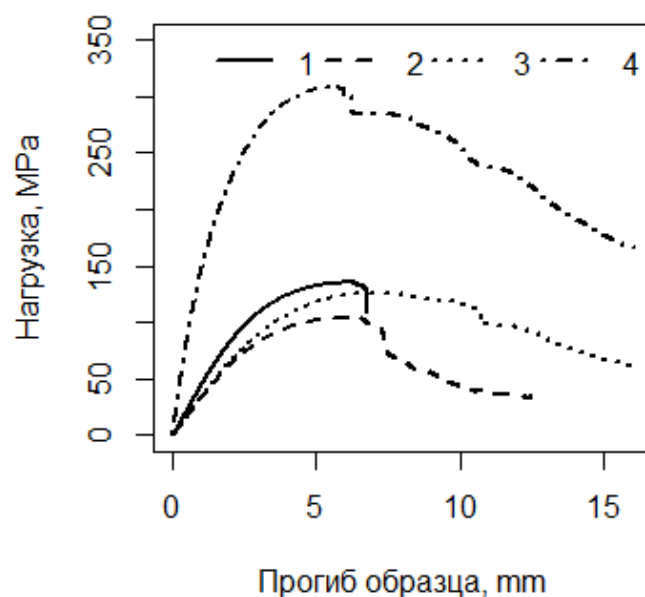
Сложные технические изделия, использующие в своей структуре композиционные материалы, могут иметь самую разнообразную форму, зависящую от их назначения, что может потребовать при их производстве создания преформы повторяющей различные трехмерные поверхности. Так для создания преформ повторяющих различные цилиндрические, конусообразные и изогнутые поверхности могут использоваться радиальные плетельные машины [8, 9].

В рамках данной работы использовались плетенные преформы четырех типов, различие между которыми заключалось в процентном соотношении количества стеклянных и льняных ровингов.

Практический интерес представляет собой проведение сравнительного анализа прочностных характеристик композиционных материалов, сформированных с использованием как натуральных так и химических волокон. В рамках данной работы исследовались механические характеристики при изгибе композиционных материалов, полученных на основе плетенных преформ сформированных на радиальной плетельной машине Herzog RF 1/64-120 из льняного и стеклянного ровингов. Линейная плотность использованных ровингов 0.8 ктекс. Толщина композиционного материала часто является критичной при создании спортивной экипировки, в связи с этим в рамках данного исследования формировалась двухслойная структура, что позволяет ограничить толщину композиционного материала 2 мм. Испытания механических характеристик при изгибе проводились с помощью универсального тестирующего комплекса Zwick 1455, трехточечным методом [10]. Сущность испытания заключается в изгибе плоского прямоугольного образца, размерами 15мм × 60мм × 2мм, свободно лежащего на двух опорах и нагружаемого с постоянной скоростью до момента разрушения.

Композиционный материал формировался способом вакуумной инфузии с использованием двух различных эпоксидных систем, системы фирмы Sicomin, с эпоксидной смолой SR InfuGreen 810 и отвердителем SD 8824, и системы фирмы SUPER SAP с эпоксидной смолой INR и отвердителем INS0.

На рис. 1 приведены результаты испытания на изгиб образцов композиционного материала сформированных с использованием всех 4 типов плетенных преформ и эпоксидной системы Sicomin SR InfuGreen 810 +SD 8824.



**Рис. 1. Деформационные характеристики образцов композиционного материала сформированных с использованием различных типов плетенных преформ**

Как видно из рис. 1 образец с использованием преформы полностью состоящей из стекловолокна значительно превосходит по своим прочностным характеристикам материалы содержащие в своей структуре льняные волокна, что объясняется меньшей разрывной нагрузкой льняного ровинга.

Анализируя экспериментальные данные можно сделать выводы что образцы сформированные с использованием преформ состоящих полностью из стекловолокна обладают большей прочностью чем образцы сформированные с использованием преформ состоящих полностью из льноволокна, при этом у образцов, сформированных с использованием чисто льняных преформ, разрушение наступает при больших значениях изгиба. Что объясняется сравнительно более высокими прочностными характеристиками стекловолокна и большим разрывным удлинением льняных волокон. При этом, использование при формировании преформы как льняного так и стекловолокна не приводит к значимому изменению прочности композиционного материала по сравнению с использованием чисто льняной преформы.

### **Выводы.**

В работе приведены данные экспериментального исследования прочности при изгибе композиционных материалов полученных с использованием двух слоев плетенных преформ из стеклянного и льняного ровингов. Получены статистически значимые модели описывающие процесс деформации исследованных образцов композиционных материалов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Gilsu Park, Hyunbum Park Structural design and test of automobile bonnet with natural flax composite through impact damage analysis // *Composite Structures*– 2018. Volume 184, pages 800-806.
2. Ramnath BV, Jeykrishnan J, Elanchezhian C, Keshavan D, Deepak M Investigation of shear behaviour of polymer composite golf shaft // *Materials Today- Proceedings, International Conference on Advancements in Aeromechanical Materials for Manufacturing (ICAAMM-2016): Organized by MLR Institute of Technology, Hyderabad, Telangana, India, Volume 4, Issue 8, 2017, Pages 9218-9223*
3. Gries T, Raina M, Quadflieg T, et al. Manufacturing of textiles for civil engineering applications. In: Triantafillou T (ed.) *Textile fibre composites in civil engineering*. Cambridge: Elsevier, 2016, pp.3–24.
4. Reimer, V.; Popzyk, M.-I.: *GreenBraid : Entwicklung von widerstandsfähigen Flachsfaserverbundwerkstoffen*. Gelsenkirchen : Expo Fortschrittsmotor Klimaschutz GmbH, 2017, URL: <http://leistungsschau.klimaexpo.nrw/projekt-evorreiter/greenbraid.html#filter%5Binit%5D=1>. (Last Access: 28.03.2018)
5. Popzyk, M.-I.; Reimer, V.; Gries, T.: Manufacturing of flax braided filed hockey stick. *The Indian Textile Journal* (2017), H. July, p. 104-106.
6. Popzyk, M.-I.; Reimer, V.; Gries, T.: Hockey Stick Made Using Natural Fibers. *Textile World*, June 13, 2017, URL: <http://www.textileworld.com/textile-world/2017/06/hockey-stick-made-using-natural-fibers/>. (Last Access: 28.03.2018)
7. Malgorzata Zimniewska, Jerzy Myalski, Mateusz Koziol, Jerzy Mankowski, Edyta Bogacz *Natural Fiber Textile Structures Suitable for Composite Materials // Journal of Natural Fibers – 2012. Volume 9, pages 229-239.*
8. Реймер В., Дягилев А.С., Грис Т. Влияние режимов работы вибрационного механизма на структуру плетеной преформы // *Химические волокна*. – 2017. № 5. С. 40-43.
9. Reimer V., Dyagilev A. S., Gries T., *Effect of Vibration Mechanism Operating Conditions on the Structure of a Braided Preform // // Fibre Chemistry, Springer 2018. T. 49. № 5. С. 330-333.*
10. ГОСТ Р 56805 -2015 Композиты полимерные. Методы определения механических характеристик при изгибе.