

УДК 677.076.444; 678.01.12

**ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПАКЕТА  
И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ПОДУШЕК  
ИЗ КОМПОЗИТНЫХ НЕТКАНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**RESEARCH OF CONDITIONS OF FORMATION PACKAGE  
AND ENSURE THE SAFETY  
OF THE PILLOWS FROM COMPOSITE NONWOVEN FIBERS MATERIALS**

*Л.Н. НУТФУЛЛАЕВА, А.Ф. ПЛЕХАНОВ, И.Г. ШИН, С.Ш. ТАШПУЛАТОВ,  
И.В. ЧЕРУНОВА, Ш.Н. НУТФУЛЛАЕВА, Е.А. БОГОМОЛОВ*

*L.N. NUTFULLAEVA, A.F. PLEKHANOV, I.G. SHIN, S.SH. TASHPULATOV,  
I.V. CHERUNOVA, SH.N. NUTFULLAEVA, E.A. BOGOMOLOV*

**(Бухарский инженерно-технологический институт, Республика Узбекистан,  
Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),  
Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан,  
Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал)  
Донского государственного технического университета, Российская Федерация)**

**(Bukhara Engineering and Technology Institute, Republic of Uzbekistan,  
Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art),  
Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Republic of Uzbekistan,  
Institute of Service and Businesses (branch) of Don State Technical University, Russian Federation)  
E-mail: vovahelp@mail.ru**

*В статье рассмотрены вопросы использования композитных нетканых волокнистых материалов, отвечающих современным требованиям промышленного производства, их разновидности, состав, свойства, способы получения композитных нетканых волокнистых материалов, эффективность их использования в производственных условиях, в том числе применение в рабочих органах (подушках) оборудования для влажно-тепловой обработки деталей швейных изделий. Также приведены сведения о способах и механизмах формирования пакета рабочих органов (подушек) оборудования для влажно-тепловой обработки швейных изделий при применении композитных нетканых волокнистых материалов.*

*The article deals with the use of composite materials that meet modern requirements of industrial production, its varieties, composition, their properties, methods for producing composite nonwoven fibers materials, the effectiveness of their use in production conditions, including the use of working bodies (pillows) equipment for wet-heat treatment of parts of garments. Also provides information about the methods and mechanisms of formation of a package of working bodies (pillows) equipment for wet-heat treatment of garments in the application of composite nonwoven fibers materials.*

**Ключевые слова:** композитный нетканый волокнистый материал, механизм формирования пакета, подушка прессы, пакет многослойного композитного нетканого волокнистого материала, квазиизотропность материала, усилия, изотропное свойство, прочность деталей машин, нормальные и касательные напряжения, равномерная прочность, одинаковая сопротивляемость, упругая деформация, форма подушки.

**Keywords:** composite material, the mechanism of formation of the package, the pillow press, the package is a multilayered composite nonwoven fibers material, qualifications material, effort, isotropic property, the strength of machine parts, normal and shear stresses, uniform strength, equal resistance, elastic deformation, the shape of the pillow.

При модернизации технологии изготовления швейных изделий необходимо обеспечить экономию электроэнергии, сырьевых ресурсов, их вторичное использование, сокращение трудоемкости изготовления изделий, решение задач, направленных на расширение ассортимента выпускаемой продукции и улучшение ее качества на оборудовании, где детали и узлы изготовлены из новых полимерных композитных нетканых волокнистых материалов.

Разработка узлов или деталей оборудования из композитного нетканого волокнистого материала связана не только с его применением при формообразовании и влажно-тепловой обработке швейных изделий, но и с формированием его структуры и физико-механических характеристик, выполняемых на стадии проектирования композитных нетканых волокнистых материалов. Таким образом, разработка деталей оборудования, например, подушки прессового оборудования для влажно-тепловой обработки из композитных нетканых волокнистых материалов является перспективным и наглядным примером воплощения триединства – материала, конструкции и технологии, поскольку в процессах проектирования и изготовления текстильных изделий

легкой промышленности предусматривается обеспечение основных свойств композитного нетканого волокнистого материала. Наибольшая эффективность использования композитных нетканых волокнистых материалов достигается при решении задач уменьшения металлоемкости, энергоемкости, повышения характеристик прочности, долговечности и надежности (удельной прочности), снижения веса и стоимости конструкций, повышения технологической производительности в сочетании с гибкостью и универсальностью. Например, использование композитов в производстве самолетов растет. Если при производстве самолетов Военг 747 в 1969 г. из композитов был сделан лишь 1% деталей, то в самолете Военг 787 доля деталей из композитов составляет более 50%. Применение композитов позволяет создавать более совершенные аэродинамические конструкции и снижать вес самолета, что приводит к экономии 4...6% топлива [1]. Такие же примеры можно привести в автомобилестроении, домостроении, в жилищно-коммунальном хозяйстве и т.д.

Из анализа [3] следует, что наиболее эффективным и перспективным способом формирования пакета оболочки поверхности

является способ, основанный на деформировании сетчатой структуры волокон.

В исследованиях [1], [6] показано, что форма, приданная деталям за счет деформирования сетчатой структуры волокон, недостаточно устойчива и нуждается в дополнительном закреплении. Закрепление объемной поверхности осуществляют в основном при помощи кромок и дополнительных прокладок. Кромка и дополнительные прокладки не обеспечивают фиксирования требуемой поверхности и препятствуют процессу формования пакета. Такой же механизм можно использовать и для формирования рационального пакета подушки прессового оборудования для влажно-тепловой обработки из композитных материалов.

При анализе структуры деформированных участков ткани [2], состоящих из основной ткани и расположенной под некоторым углом клеевой прокладки, отмечено, что прямоугольная ячейка сетчатой структуры одной системы, пересекаясь с нитями другой системы, делится на малоподвижные треугольники, ограничивающие подвижность крепления пакетов текстильных изделий и одежды (рис. 1).

На рис. 1 представлена элементарная ячейка двухслойного пакета.

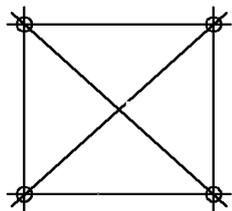


Рис. 1

Из сказанного следует, что сформированная система внутренних связей пакета приобретает высокую формоустойчивость и малую подвижность структуры текстильных изделий. Учитывая это и формируя таким образом пакет для любых изделий легкой промышленности, состоящих из текстильных волокон, можно достигать оптимальных свойств (для перевода из анизотропного в изотропное состояние), необходимых для бесперебойного функционирования изделий из композитных нетканых волокнистых материалов. Это позволяет рас-

смотреть возможности изготовления подушек прессового оборудования для влажно-тепловой обработки из данных материалов.

Актуальным направлением в улучшении качества швейных изделий является совершенствование процесса и оборудования для влажно-тепловой обработки (ВТО). Важность ВТО предопределяется необходимостью ее использования на различных этапах технологического процесса изготовления швейных изделий (предварительное придание некоторым деталям или участкам деталей пространственной формы, межоперационная ВТО деталей и узлов, окончательная отделка и т.д.), что обеспечивает легкость выполнения последующих операций и в целом влияет на качество швейных изделий. Возможность применения ВТО для изготовления изделий швейного производства методом формования [3], исключая многооперационные переходы и связанные с ними затраты ресурсов, предъявляет ряд важных требований к конструкции рабочих органов – подушек, изготавливаемых на прессовом оборудовании. В первую очередь это связано с тем, что все расходы по проектированию, изготовлению и эксплуатации подушек непосредственно отражаются на себестоимости выпускаемой продукции, которая должна еще быть и конкурентоспособной по качественным и стоимостным показателям.

Существующие конструкции рабочих органов прессов для ВТО требуют совершенствования, так как не в полной мере обеспечивают окончательное формование изделий, в соответствии с заданной моделью, металлические и с большим весом, энергоемкие конструкции высокой стоимости. С целью устранения этих недостатков разработана технология изготовления подушек прессового оборудования, основывающаяся на создании композитного нетканого волокнистого материала из стеклоткани (армирующий элемент) и эпоксидной смолы (наполнитель).

Для изготовления подушек был использован пакет данного материала. При формировании пакета учтено, что любая ткань априори обладает анизотропными свойствами, которые в эксплуатационных усло-

виях под действием технологических усилий претерпевают неоднородные деформации в плоскости, нормальной к действующей нагрузке. Вследствие неоднородной деформации возникает напряженное состояние, отличающееся разными значениями главных нормальных напряжений  $\delta_1$ ,  $\delta_2$  и  $\delta_3$ . В случае плоского напряженного состояния, когда  $\delta_3=0$  (в случае пренебрежения толщиной деформируемого тела), имеем  $\delta_1 \neq \delta_2$ .

В случае создания пакета многослойного композиционного материала важным пред-

ставляется расположение слоев друг относительно друга под некоторым заданным фиксированным углом, то есть угол между нитями системы (слоями) примем равным:  $\beta=15, 30, 45, 60, 75$  и  $90^\circ$ . Формируя таким образом многослойный пакет из композиционного нетканого волокнистого материала, можно будет определять зависимость прочностных показателей от ориентации слоев пакета (рис. 2 – схема вариантов расположения слоев ткани в многослойном пакете).

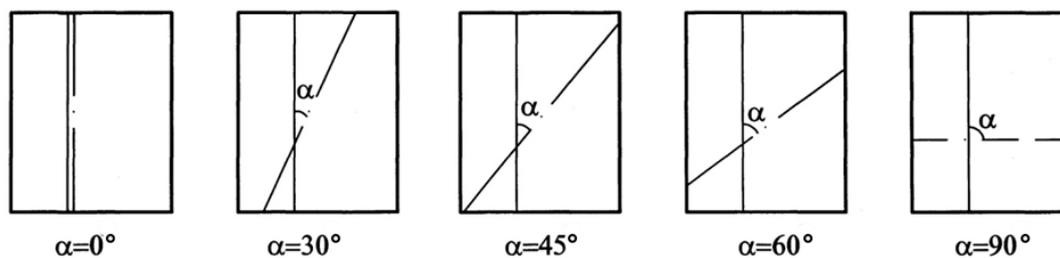


Рис. 2

дальнейший поворот слоев относительно ткани верха повторяет подобное расположение нитей, но в противоположном нап-

равлении (рис. 3 – система сетчатого многослойного пакета композиционного материала).

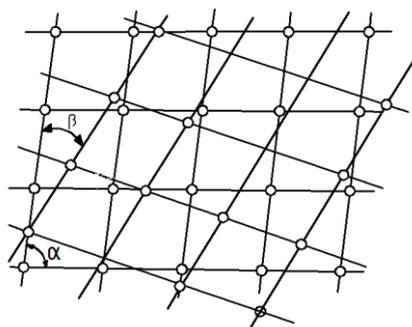


Рис. 3

Такое расположение в пакете слоев композиционного материала с направленной ориентацией волокон может создать предпосылки для обеспечения условий равного сопротивления любой точки нагруженной поверхности. Это предположение основывается на том, что в действительности в системе сетчатого многослойного пакета нити располагаются так близко друг к другу, что в любой нагруженной точке пакета имеем одинаковую картину расположения нитей тканевой основы. Поэтому локальный де-

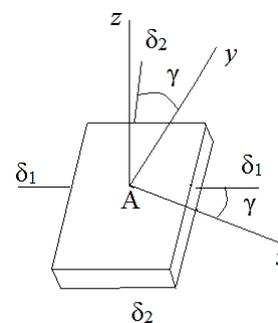


Рис. 4

формационный процесс, вызванный двухосным растяжением (рис. 4 – расположение главных площадок относительно координатных осей  $x$ ,  $y$  и  $z$ ) и имеющий место при прессовании деталей одежды с помощью подушек при ВТО, должен происходить с одинаковой степенью интенсивности. Это будет возможно, если поверхностный слой подушек из пакета композиционного материала будет деформироваться упруго в равной степени по всем направлениям, то есть проявляя приобретенную изотропность и,

как принято в металловедении, квазиизотропность материала.

При плоском напряженном состоянии ( $\delta_3=0$ ), являющимся частным случаем объемного напряженного состояния, главные напряжения  $\delta_1$  и  $\delta_2$  определяются по формулам:

$$\delta_1 = \frac{E}{1-\mu^2} (\varepsilon_1 + \mu\varepsilon_2), \quad (1)$$

$$\delta_2 = \frac{E}{1-\mu^2} (\varepsilon_1 + \mu\varepsilon_1),$$

где относительные деформации  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  соответственно будут равны:

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= \frac{\delta_1}{E} - \mu \frac{\delta_2}{E}, \\ \varepsilon_2 &= \frac{\delta_2}{E} - \mu \frac{\delta_1}{E}, \\ \varepsilon_3 &= -\mu \left( \frac{\delta_1}{E} + \frac{\delta_2}{E} \right). \end{aligned} \quad (2)$$

Важно отметить, что упругие характеристики конструкционных материалов ( $E$  – модуль упругости,  $\mu$  – коэффициент Пуансона) применимы только для изотропных тел. Упругие же свойства анизотропных тел (например, монокристаллов) характеризуются значительно большим числом постоянных – от 3 в простейшем случае до 21 в случае самого общего вида анизотропии [4].

В приложении к текстильным материалам, как показано [5], модуль упругости  $E$  нужно рассматривать как модуль относительной (к площади поперечного сечения  $S$ ) жесткости:

$$E = P / (\varepsilon S),$$

где  $P$  – усилие;  $\varepsilon$  – относительная деформация материала.

Отношение  $P/\varepsilon$  обычно называют жесткостью материала. Волокна и нити часто претерпевают кратковременные и небольшие растяжения. Так, если дать волокнам и нитям малые удлинения (до 1%) и на короткое (несколько секунд) время, то деформа-

ция у большинства их видов будет почти полностью обратимой, причем в основном упругой. Определение модулей при таких условиях вполне корректно, и подобные модули часто называют начальными, так как получены при начальных условиях растяжения. Такой модуль может быть использован в расчетах зависимости между деформацией и напряжением в соответствии с законом Гука.

Придание твердым телам изотропных свойств позволяет использовать математический аппарат теории упругости и пластичности для решения важных прикладных задач по обеспечению прочности и несущей способности ответственных деталей машин.

В соответствии с расчетной схемой системы сетчатого многослойного пакета усилия в стержнях действуют под различным углом  $\beta$  (рис. 3), и для определения нормальных напряжений  $\delta$  необходимо учесть постоянную площадь поперечного сечения нити (стержня). Данную задачу можно упростить, если рассматривать в пределах одного стержня постоянную растягивающую нагрузку  $P$ , но вызывающую различные напряжения (нормальные  $\delta_i$  и касательные  $\tau_i$ ) в плоскости сечения, проведенного под теми же углами  $\beta = 15, 30, \dots, 75^\circ$  (рис. 5 – нормальные и касательные напряжения, действующие в наклонном сечении стержня). Положение наклонного сечения в стержне определяется углом  $\beta$  между нормалью  $i$  к нему и осью  $x$ .

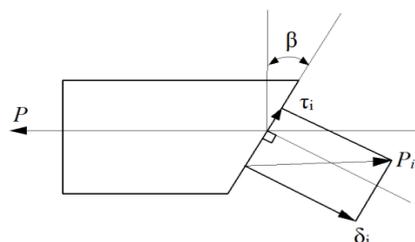


Рис. 5

Вследствие однородности напряженного состояния в стержне напряжения  $P_i$  по наклонному сечению распределены равномерно, и они параллельны оси  $x$ . Площадь наклонного сечения:

$$F_i = F / \cos\beta.$$

Из условия равновесия отмеченной части

$$\sum X = -P + p_i F / \cos \beta = 0$$

следует:

$$P_i = \frac{P}{F} \cos \beta,$$

или

$$P_i = \delta \cos \beta. \quad (3)$$

Проецируя  $P_i$  на нормаль к наклонному сечению и его плоскость, получим:

$$\delta_i = \delta \cos^2 \beta, \quad \tau_i = \frac{\delta}{2} \sin 2\beta. \quad (4)$$

Анализ зависимостей (3) показывает, что нормальные напряжения достигают наибольшего значения при  $\beta=0$  (в поперечных сечениях); касательные напряжения достигают наибольшего значения при  $\beta=45^\circ$ , причем  $\tau_{\max} = \sigma/2$ ; нормальные напряжения, действующие в этом сечении ( $\beta=45^\circ$ ), равны  $[\sigma]_{\beta=45^\circ} = \sigma/2$ .

Для анализа напряженного состояния в точке сечения стержня, проведенного под различным углом  $\beta$ , целесообразно рассчитать предварительно значения  $\cos^2 \beta$  и  $\sin^2 \beta$ , которые при единичном внешнем напряжении  $\sigma$  характеризуют закономерность изменения нормальных  $\sigma_i$  и касательных напряжений  $\tau_i$  (рис. 6 – изменение нормальных  $\delta_i$  (1-0) и касательных напряжений  $\tau_i$  (0-0) в зависимости от расположения плоскости сечения (угла  $\beta$ ) при действующем единичном напряжении  $\delta$ ).

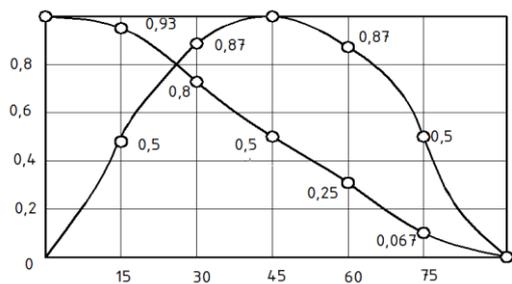


Рис. 6

Экспериментальные исследования деформаций сетчатой структуры модели ткани были проведены с помощью рельефных струн. Из них были изготовлены сетки из 12

ячеек с размерами сторон 20 мм. Для предварительной деформации ячеек сетки струны крепились между собой так, чтобы продольные струны располагались по отношению к поперечным под углом  $\alpha=45^\circ$  (сетевой угол). Далее поперечные струны одной сетки скреплялись прочными нитками с поперечными струнками другой сетки под углами  $\beta$ , равными 15 и 30°. Таким образом, создавалось подобие композитного нетканого волокнистого материала, когда с помощью наполнителя происходит закрепление всех армирующих элементов.

Полученная модель, состоящая из двух скрепленных между собой сеток, фиксировалась между подвижными и неподвижными зажимами прибора. Модель растягивалась вдоль коротких диагоналей ячеек. При напряжении модели с сетевым углом  $\beta=15^\circ$  грузом 1 кг система разрушалась. Модель с углом 30° последовательно выдерживалась при нагрузке 1, 2, 3 и 4 кг. Максимальная деформация ячеек наблюдалась при нагружении модели грузом 4 кг. Нагрузка более 5 кг вызывала разрушение системы.

Как следует из рис. 6, нормальные напряжения  $\sigma$  почти в два раза превосходят касательные напряжения  $\tau$ . Поэтому разрушительный процесс инициируется действием нормальных напряжений, которые преимущественно вызывают хрупкое разрушение, и пластическое сдвиги материала минимальны. С увеличением угла  $\beta$  от 15 до 30° заметно возрастает касательное напряжение, которое является важным и ответственным за пластическое течение конструкционных нетканых волокнистых материалов, и поэтому они более интенсивно сопротивляются разрушению, вплоть до исчерпания запаса пластичности. Наиболее сильно протекают пластические деформации в плоскости под углом 45° к оси растягиваемых (сжимаемых) образцов, образуя известные линии Людерса-Чернова.

## ВЫВОДЫ

Разработана модель конструкции пакета многослойного композитного материала и элементы технологии проектирования для

ВТО деталей швейных изделий, отличающаяся способом обеспечения изотропных свойств текстильных и швейных изделий. В результате достигается высокая прочность, равномерная сопротивляемость упругим деформациям и лучшее сохранение первоначальной формы текстильных подушек. В результате этого конструкция подушек из заданного композитного материала способна в значительной мере поднять эффективность прессового оборудования для ВТО через более качественное изготовление деталей одежды методом формования текстильных изделий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Нутфуллаева Л.Н., Черунова И.В., Ташпулатов С.Ш. Применение композиционных материалов для изготовления рабочих органов прессового оборудования для влажно-тепловой обработки швейных изделий // Проблемы текстиля. Научно-технический журнал. – 2018, № 1. С.5...8.
2. Nutfullaeva L.N., Tashpulatov S.Sh. Efficiency wet-heat processing due to the use of composite materials // Scientific journal. European science review. – Vienna, № 1-2, 2017. P. 221...222.
3. Ташпулатов С.Ш. Разработка высокоэффективной ресурсосберегающей технологии изготовления швейных изделий: Дис... докт. техн. наук. – Ташкент: ТИТЛП, 2008.
4. Филин А.П. Прикладная механика твердого деформируемого тела, в 3-х т. – М.: Наука, 1978. Т.1. С.230...237.
5. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н., Кобляков А.И. Текстильное материаловедение. – М.: Легпромбытиздат, 1989.
6. Черунова И.В., Ташпулатов С.Ш., Нутфуллаева Л.Н., Стефанова Е.Б. Композиционные материалы в развитии тепловых и механических процессов швейного производства Научная весна – 2018 : Технические науки [Электронный ресурс]: сб. науч. тр.: науч. электрон. изд. / редкол.: С.Г. Страданченко [и

др.]; Ин-т сферы обслуж. и предпринимательства (филиал) федер. гос. бюджет. образоват. учреждения высш. образования "Донской гос. техн. ун-т" в г. Шахты Рост. обл. (ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты). – Электрон. дан. (7,62 Мб). – Шахты: ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты, 2018. С. 204...211.

#### REFERENCES

1. Nutfullaeva L.N., Cherunova I.V., Tashpulatov S.Sh. Primenenie kompozitsionnykh materialov dlya izgotovleniya rabochikh organov pressovogo oborudovaniya dlya vlazhno-teplovoy obrabotki shveynykh izdeliy // Problemy tekstilya. Nauchno-tekhnicheskii zhurnal. – 2018, № 1. S.5...8.
2. Nutfullaeva L.N., Tashpulatov S.Sh. Efficiency wet-heat processing due to the use of composite materials // Scientific journal. European science review. – Vienna, № 1-2, 2017. P. 221...222.
3. Tashpulatov S.Sh. Razrabotka vysokoeffektivnoy resursoberegayushchey tekhnologii izgotovleniya shveynykh izdeliy: Dis... dokt. tekhn. nauk. – Tashkent: TITLP, 2008.
4. Filin A.P. Prikladnaya mekhanika tverdogo deformiruemogo tela, v 3-kh t. – M.: Nauka, 1978. T.1. S.230...237.
5. Kukin G.N., Solov'ev A.N., Koblyakov A.I. Tekstil'noe materialovedenie. – M.: Legprombytizdat, 1989.
6. Cherunova I.V., Tashpulatov S.Sh., Nutfullaeva L.N., Stefanova E.B. Kompozitsionnye materialy v razvitiy teplovykh i mekhanicheskikh protsessov shvey-nogo proizvodstva Nauchnaya vesna – 2018 : Tekhnicheskieskie nayki [Elektronnyy resurs]: sb. nauch. tr.: nauch. elektron. izd. / redkol.: S.G. Stradanchenko [i dr.]; In-t sfery obsluzh. i predprinimatel'stva (filial) feder. gos. byudzh. obrazovat. uchrezhdeniya vyssh. obrazovaniya "Donskoy gos. tekhn. un-t" v g. Shakhty Rost. obl. (ISOiP (filial) DGTU v g. Shakhty). – Elektron. dan. (7,62 Mb). – Shakhty: ISOiP (filial) DGTU v g. Shakhty, 2018. S. 204...211.

Рекомендована кафедрой текстильных технологий РГУ имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). Поступила 04.04.19.