

УДК 677:628.8

**ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ
ПРИ ФОРМООБРАЗОВАНИИ
ОБЪЕМНЫХ УЧАСТКОВ ДЕТАЛЕЙ ОДЕЖДЫ
ПОТОКОМ СЖАТОГО ВОЗДУХА**

**ASSESSMENT OF THE STRESSED STATE
IN THE FORMATION OF VOLUME PLOTS
OF DETAILS CLOTHES WITH A COMPRESSED AIR FLOW**

Н.М. АРТИКБАЕВА, И.Г. ШИН, С.Ш. ТАШПУЛАТОВ, И.В. ЧЕРУНОВА, Н. БРАЛИНА

N.M. ARTIKBAYEVA, I.G. SHIN, S.SH. TASHPULATOV, I.V. CHERUNOVA, N. BRALINA

**(Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан,
Донской государственный технический университет, Россия,
Алматинский технологический университет, Республика Казахстан)**

**(Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Republic of Uzbekistan
Don State Technical University, Russia,
Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan)**

E-mail: nozima.artikbayeva.84@bk.ru; ssht61@mail.ru; nazira593@mail.ru

***В статье представлены материалы по формообразованию деталей
одежды (спинки мужского пиджака) потоком сжатого воздуха, действующей***

щего на обрабатываемый материал через резиновую мембрану на специальный перфорированный профиль. С помощью безмоментной теории оболочки рассчитано потребное значение технологического давления воздуха для деформирования различных костюмных тканей.

The article provides materials on the shaping of parts of clothing (the back of a men's jacket) with a stream of compressed air acting on the material being processed through a rubber membrane to a special pre-punched profile. With the help of the membrane-free theory of the shell, the required value of the technological pressure of air for the deformation of various costume fabrics has been calculated.

Ключевые слова: формообразование, формоустойчивость, воздухопроницаемость, паропроницаемость, безмоментная теория, оболочка, разрывная нагрузка, перфорация, поток воздуха, деформация, малооперационные технологии.

Keywords: shaping, dimensional stability, breathability, vapor permeability, membrane-free theory, shell, breaking load, perforation, air flow, deformation, low-operational technologies.

Современной основой совершенствования технологии производства швейных изделий являются расширение ассортимента выпускаемой продукции, непрерывное улучшение ее качества, рациональное использование основных и вспомогательных материалов из местного сырья, а также существенное снижение доли ручного труда и применение для проектирования изделий в САПР многоцелевых программных комплексов.

Качество изготовления деталей изделий прежде всего определяется его формоустойчивостью. К сожалению, данный вопрос до настоящего времени недостаточно изучен и требует проведения дальнейших исследований, касающихся влияния различных конструкторского-технологических факторов: физико-механические свойства основной ткани, способы и режимы ВТО, методы стабилизации полученной формы, использование клеевых прокладок и др.

Требуемое формообразование деталей одежды, обеспечение надежного закрепления (формоустойчивости) формы и сохранение ее в процессе эксплуатации являются основной составляющей в улучшении качества швейных изделий. Естественно, при создании сложной заданной формы одежды требуется большое количество швов, что

проводит к нерациональному проектированию швейных изделий. Стремление к минимизации количества швов привело к перспективному направлению развития технологии – изготовление изделий методом формования [1]. Данное направление, получившее название "изготовление одежды на основе малооперационной технологии", основано на получении формы путем трансформации угла между нитями основы и утка без деформации длины нитей ткани (теория "чебышевских сетей") и нашло широкое распространение. Следует отметить, что внедрение малооперационной технологии приводит к сокращению межоперационных переходов и упрощению технологического процесса, что повышает эффективность изготовления швейных изделий.

Формообразование текстильных материалов происходит за счет деформации, проявляемой в виде изменения угла между нитями под действием давления в процессе прессования нити материала или пакета полуфабриката. Такое механическое воздействие, неизбежное при операциях ВТО, как показали исследования [2], приводят к снижению (на 15...21%) физико-механических свойств (разрывное усилие и удлинение), заметному ухудшению гигиенических (воздухопроницаемости, паропроницаемости) по-

казателей. Следовательно, актуальным представляется совершенствование способов формообразования и обработки деталей одежды, приводящих к максимальному сохранению заданных физико-механических и гигиенических свойств путем устранения отрицательного механического воздействия в виде давления твердого рабочего тела на материал.

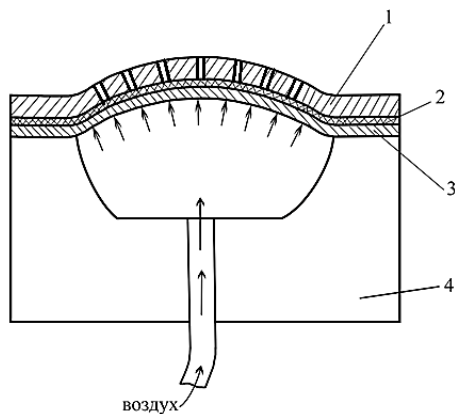


Рис. 1

На рис. 1 (зона формообразования объемных участков деталей одежды под давлением сжатого воздуха: 1 – перфорированная форма с отверстиями для подачи полимерного композиционного материала; 2 – материал (ткань); 3 – резиновая мембрана; 4 – основание) показана зона формообразования объемных участков деталей одежды в соответствии с ранее разработанным устройством [3]. При подаче воздуха с определенным давлением p резиновая мембрана 3 прижимает обрабатываемый материал (ткань) 2 к перфорированной форме 1. Резиновая мембрана под давлением воздуха деформирует обрабатываемый материал и принимает профиль перфорированной формы. Надежное закрепление полученной объемной формы деталей одежды происходит за счет взаимодействия полимерного композиционного материала, поступающего через специальные отверстия перфорированной формы на деформированный материал.

Таким образом, основной внешний фактор, влияющий на степень упругопластического деформирования ткани в данном устройстве, это давление воздуха p и время его выдержки (продолжительности силового

воздействия рабочего тела – сжатого воздуха).

Обоснование необходимого уровня давления воздуха для формирования объемных участков деталей одежды должно строиться на взаимосвязи и учете физико-механических свойств тканей и способности их деформироваться без разрушительных процессов. В качестве напряжений, возникающих при деформировании тканей через упругую мембрану потоком сжатого воздуха, можно в первом приближении принять удельную разрывную силу, определяемую экспериментально на специальных образцах. Давление воздуха, соответствующее этому значению удельной силы, следует считать предельным, что дает возможность установить технологический диапазон допускаемых значений давлений воздуха в зависимости от вида ткани.

Учитывая профиль объемных участков деталей одежды, а также минимальную толщину тканей, значительно меньшей, чем радиус кривизны данного участка, можно с уверенностью применить безмоментную теорию тонкой оболочки [4] для оценки напряженного состояния деформируемой ткани.

В соответствии с данной теорией геометрия оболочки в целом определяется не только формой так называемой ее срединной поверхности, но и законом изменения толщины оболочки. Часто встречающиеся на практике оболочки имеют постоянную толщину, и срединная поверхность представляет собой поверхность вращения, создающую осесимметричные оболочки.

Нагрузка, действующая на такую оболочку, можно полагать, также обладает свойством симметрии, что значительно упрощает задачу расчета оболочек. Это связано с тем, что все внутренние силы для такой оболочки по дуге круга постоянны и зависят только от текущего радиуса или длины дуги, измеренной вдоль образующей тела вращения.

Безмоментная теория оболочек предполагает, что напряжения, возникающие в оболочке, не изменяются по толщине и поэтому изгиб оболочки отсутствует. При этом чем меньше толщина оболочки, тем ближе к действительности предполагаемый

закон постоянства напряжений по толщине и тем более возрастает точность результатов расчета по безмоментной теории.

Расчет напряжений в симметричных оболочках по безмоментной теории можно осуществить по уравнению Лапласа:

$$\frac{\sigma_m}{\rho_m} + \frac{\sigma_t}{\rho_t} = \frac{p}{h}, \quad (1)$$

где σ_m и σ_t – соответственно меридиональное и окружное (тангенциальное) напряжения; ρ_m, ρ_t – соответственно радиус кривизны дуги меридиана срединной поверхности и радиус кривизны нормального сечения, перпендикулярного дуге меридиана; h – толщина оболочки; p – внутреннее давление.

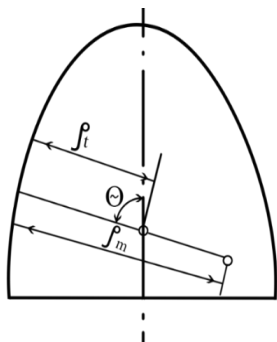


Рис. 2

Величины, входящие в формулу (1), отражены на рис. 2 (симметричная оболочка толщиной h с радиусами кривизны в меридиональном (ρ_m) и окружном (ρ_t) направлении) и рис. 3 (схема нагружения элемента $ds_1 ds_2$, выделенного из оболочки). На рис. 2 показаны радиусы кривизны ρ_m и ρ_t , причем радиус кривизны ρ_t равен отрезку нормали, заключенному между срединной поверхностью и осью симметрии. Радиусы кривизны ρ_m и ρ_t в общем случае являются функцией угла θ – угла между нормалью и осью симметрии.

На рис. 3 показан элемент оболочки $ds_1 ds_2$, выделенный двумя парами меридиональных и нормальных конических сечений. На гранях элемента возникают напряжения σ_m и σ_t , которые дают соответствующие силы $\sigma_m h ds_2$ и $\sigma_t h ds_1$, если учесть площади граней элемента. Проецируя все силы на нормаль с учетом силы нормаль-

ного давления $p ds_1 ds_2$, следует соотношение:

$$p ds_1 ds_2 - \sigma_m h ds_2 d\theta - \sigma_t h ds_1 d\varphi = 0, \quad (2)$$

где $d\theta = \frac{ds_1}{\rho_m}$, $d\varphi = \frac{ds_2}{\rho_t}$.

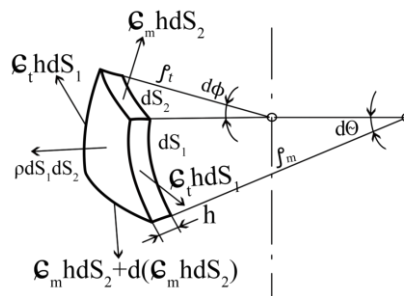


Рис. 3

Меридиональное напряжение σ_m можно найти из уравнения равновесия, проецируя все силы (рис. 3) на направление оси оболочки и рассмотрев часть оболочки, отсеченной коническим нормальным сечением:

$$\sigma_m 2\pi r h \sin\theta = P, \quad (3)$$

где P – осевая равнодействующая внешних сил.

Таким образом, меридиональное σ_m и окружное напряжения σ_t по безмоментной теории оболочки определяются из уравнений равновесия. Напряженное состояние оболочки считается двухосным (плоским), так как третье главное напряжение, проявляющееся как надавливание между слоями оболочки, предполагается малым. Действительно, если наибольшее радиальное напряжение по абсолютной величине равно нормальному давлению p , то напряжения σ_m и σ_t в соответствии с уравнением Лапласа имеют значения порядка $p\rho_m/h$ или $p\rho_t/h$.

Произведем оценку напряженного состояния, возникающего при обработке, например, спинки мужского пиджака потоком сжатого воздуха по рассмотренной выше схеме формообразования. В поперечном сечении верхний участок профиля мужского пиджака можно описать частью цилиндрической поверхности с радиусом R , который в соответствии с рис. 1 равен $\rho_t = R$. Радиус кривизны цилиндрической поверхности в

меридиональном направлении $\rho_m = \infty$, поэтому формула Лапласа (1) упрощается и принимает вид:

$$\frac{\sigma_t}{R} = \frac{P}{h}, \text{ откуда } \sigma_t = \frac{PR}{h}. \quad (4)$$

Выделенный прямоугольный элемент ABCD из цилиндрической оболочки (рис. 2) находится в двухосном напряженном состоянии: $\sigma_1 = \sigma_t$, $\sigma_2 = \sigma_m$, $\sigma_3 = 0$. При этом эквивалентное напряжение равно:

$$\sigma_{\text{эkv}} = \sigma_1 - k\sigma_3 = \frac{PR}{h}, \quad (5)$$

где k – отношение предела текучести при растяжении $\sigma_{\text{тр}}$ к пределу текучести при сжатии $\sigma_{\text{тс}}$.

Введение понятия эквивалентного напряжения сводит расчет на прочность при сложном напряженном состоянии к расчету на обычное простое одноосное растяжение или сжатие. Если в качестве эквивалентного напряжения $\sigma_{\text{эkv}}$ принять разрывное усилие, отнесенное к площади поперечного сечения образцов ткани, то можно рассчитать предельное давление $p_{\text{пр}}$ сжатого воздуха, приводящее к разрушению материала.

Значения давлений P , меньших по значению, чем предельные, составят технологическое давление p_t , необходимое для формообразования объемных участков деталей одежды. Таким образом, справедливы следующие соотношения:

$$P_t < P_{\text{пр}}; \sigma_{\text{эkv}} = \sigma_p, \quad (6)$$

где σ_p – удельная сила разрушения материалов, отнесенная к площади его поперечного сечения. С учетом выражений (5) и (6) получим:

$$P_{\text{пр}} = \frac{\sigma_p h}{R}. \quad (7)$$

Удельную силу разрушения σ_p (разрывное напряжение), отнесенную к площади поперечного сечения материала, можно рассчитать по формуле:

$$\sigma = \frac{P_p}{S}, \text{ МПа}, \quad (8)$$

где P_p – разрывная нагрузка, Н; S – площадь поперечного сечения единичной пробы, мм².

При необходимости сравнения разрывной нагрузки текстильных полотен разной массы используют зависимость для удельной разрывной нагрузки P_0 , кН·м/кг, выраженную в виде [5]:

$$P_0 = 10^3 P_p \rho_s^{-1} a_p^{-1}, \quad (9)$$

где P_p – абсолютная разрывная нагрузки, Н; ρ_s – поверхностная плотность полотна, г/м²; a_p – рабочая ширина полоски пробы, мм.

Тогда разрывное напряжение определяют по формуле, учитывающей плотность материала γ :

$$\sigma_p = P_0 \gamma. \quad (10)$$

Таким образом, необходимо располагать экспериментальными данными по разрывной нагрузке некоторых костюмных тканей. С этой целью были проведены испытания костюмных тканей (табл. 1 – характеристики костюмных тканей) на одноосное растяжение по стандартной методике на разрывной машине AutographAG-1, работающей с помощью специальной компьютерной программы. Образцы (единичные пробы) имели размеры 200×50 мм, их заправляли в зажимах по методу "стрип" так, чтобы геометрическая ось проходила посередине зажимов и располагалась строго вертикально.

Для определения предельного давления $p_{\text{пр}}$ (7) следует задаться значением R – радиуса цилиндрической поверхности, описывающей в поперечном сечении верхний участок профиля мужского пиджака. Как показали измерения, данный радиус R можно принять равным 15...16 см, что соответствует костюму 50-го размера. Толщина материалов, как известно, колеблется в широком диапазоне, в зависимости от назначения и вида (ткань, трикотажное полотно, нетканое полотно). Так, для костюмов применяются ткани толщиной 0,4...1,5 мм. Приведенные ткани имели толщину в пределах 0,6...0,8 мм.

	Наименование ткани	Поверхностная плотность, г/м ²	Волокнистый состав, %	Механические характеристики	
				разрывная нагрузка, Н	удлинение, %
1	Полушерстяная	280	шерсть/полиэстер 50/50	основа/уток 900/680	основа/уток 19/9
2	Синтетическая	250	полиэстер 100	основа/уток 1000/750	основа/уток 18/9
3	Шерстяная	263	шерсть 100	основа/уток 720/550	основа/уток 21/14

Для расчета разрывного напряжения σ_p были использованы данные разрывных нагрузок P_p , диапазон значений которых по основе и утку соответственно составил 720...1000/550...750 Н. Исходя из средних значений разрывной нагрузки по основе и утку, можно рассчитать удельную разрывную нагрузку, приходящуюся на 1 мм ширины образца: 17,5 и 13,2 Н/мм. Тогда значения нормального напряжения σ_p при разрыве образца, в зависимости от толщины ткани, находятся в пределах 15,8...26,3 Н/мм², а предельные давления, необходимые для формообразования объемных участков деталей одежды, будут равны:

$$\rho_{pp} = \frac{\sigma_p \cdot h}{R} = 0,06 \dots 0,13 \text{ (Н/мм}^2\text{)},$$

что соответствует $\rho_{pp} = 0,6 \dots 1,3$ атм.

ВЫВОДЫ

Установлен технологический диапазон допускаемых значений давлений воздуха для деформирования различных тканей при формообразовании объемных участков деталей одежды с помощью описанного устройства.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ташпулатов С.Ш.* Разработка высокоэффективной ресурсосберегающей технологии изготовления швейных изделий: Дис...докт. техн. наук. – Ташкент: ТИТЛП, 2008.

2. *Бахриддинова Д.А., Ташпулатов С.Ш., Алимбаев Э.Ш., Исмаилова Д.А.* Изменение геометрических параметров текстильных материалов при ВТО деталей одежды // Проблемы текстиля. – Ташкент, 2011, №1. С.63...66.

3. Патент UZ №FAR01017. Устройство для формообразования объемных деталей одежды // Артикбаева Н.М., Джураев А.Д., Юнусов С.З., Ташпулатов С.Ш., Бахриддинова Д.А., Рихсиева Б.А. // Расмий ахборотнома-2015 йил.

4. *Феодосьев В.И.* Сопrotивление материалов. – М.: Наука, 1986.

5. *Кукин Г.Н., Соловьев А.Н., Коблякова А.И.* Текстильное материаловедение. – М.: Легпромбытгиздат, 1992.

REFERENCES

1. Tashpulatov S.Sh. Razrabotka vysokoeffektivnoy resursosberegayushchey tekhnologii izgotovleniya shveynykh izdeliy: Dis...dokt. tekhn. nauk. – Tashkent: TITLP, 2008.

2. Bakhriddinova D.A., Tashpulatov S.Sh., Alimbaev E.Sh., Ismailova D.A. Izmenenie geometricheskikh parametrov tekstil'nykh materialov pri VTO detaley odevzhdyy // Problemy tekstilya. – Tashkent, 2011, №1. S.63...66.

3. Patent UZ №FAR01017. Ustroystvo dlya formoobrazovaniya ob'emnykh detaley odevzhdyy // Artikbaeva N.M., Dzhuraev A.D., Yunusov S.Z., Tashpulatov S.Sh., Bakhriddinova D.A., Rikhsieva B.A. // Rasmiy akhborotnoma-2015 yil.

4. Feodos'ev V.I. Soprotivlenie materialov. – M.: Nauka, 1986.

5. Kukin G.N., Solov'ev A.N., Koblyakova A.I. Tekstil'noe materialovedenie. – M.: Legprombytizdat, 1992.

Рекомендована отделом организации научной работы АТУ. Поступила 01.04.19.