

М. В. Войтюк, Н. А. Кущевский, И. А. Сидлецкий,
Р. Ф. Гатиятуллина

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ТЕХНОЛОГИИ ФОРМОВАНИЯ ГОЛОВОК ГОЛОВНЫХ УБОРОВ

Ключевые слова: жидкостно-активная рабочая среда (ЖАРС), головки головного убора, формование.

В статье приведены теоретические подходы к формованию головок головных уборов из тканей, при использовании технологии «переменным давлением». Рассмотрены и проанализированы условия действия шести способов, которые составляют разработанную технологию. Проведенный анализ разного силового воздействия на ткань через реализацию предложенных способов дает возможность утверждать, что управляя, таким образом, процессом массопереноса мы обеспечиваем качество формования.

Keywords: liquid-active working environment (LAWE), heads of head-dress, shaping.

In the article the theoretical going is resulted near shaping of heads of head-dresses from fabrics, at the use of technology «variable pressure». Considered and analyses terms of action of six methods which make the developed technology. The conducted analysis of the different power affecting fabric through realization of the offered methods enables to assert that guided thus the process of mass transfer and (we manage) quality of shaping.

Введение

При формовании сложных пространственных форм швейных изделий из текстильных материалов применяются классические нетрадиционные способы, которые в той или иной мере используют формовочные свойства за счет активной работы «тонкой» и «грубой» структур материала [1-3].

В разных способах используются определенные рабочие среды в виде пары, паровоздушной смеси или воздуха, которые продуваются или просасываются через текстильный материал, полуфабрикат или изделие в целом. Рабочая среда влияет на весь объем материала, который обрабатывается, способствует более быстрому достижению необходимого технологического эффекта. Одновременно с рабочей средой на полуфабрикат, который обрабатывается, действует рабочий орган оборудования, обеспечивая изделию определенную деформацию, через усилие. Такое классическое взаимодействие рабочей среды и силового усилия не всегда позволяет обеспечить надлежащее качество формования объемной формы.

В работе [3] автором при исследовании процесса формования деталей швейных изделий в целом и головных уборов в частности установлено, что достойными внимания есть динамическое усилие, которое обеспечивается непосредственно жидко-активной рабочей средой – ЖАРС, в роли которой выступает вода. Эти методы позволяют более эффективно трансформировать плоский материал в деталь объемной формы за счет увеличения подвижности «грубой» структуры ткани, а также изменений, что происходят на уровне «тонкой». Этот результат достигается за счет силового действия самой рабочей среды, что существенно его отличает от существующих способов формования. В последних силовое воздействие осуществлялось за счет комплексного воздействия рабочих органов и рабочей среды оборудования.

Особое внимание уделяется способам формования объемных участков деталей одежды, при

использовании матрицы и ЖАРС вместо пуансона, в качестве которого выступает вода. ЖАРС позволяет уменьшить коэффициент трения между волокнами нитей и нитями в текстильных материалах. Его проникновение внутрь волокон приводит к уменьшению сил внутреннего взаимодействия между цепями молекул и в соответствии с уменьшением сопротивлению текстильных материалов усилиям формования [3, 5].

В зависимости от способа создания нагрузки на материал различают вакуумное, пневматическое, гидравлическое, гидродинамическое, механическое и комбинированное формование. Современные технологии формования изделий объемной формы из плоских заготовок предусматривают совмещение разных способов создания нагрузки при экономии энергетических затрат [3-5].

Цель статьи

Исходя из выше изложенного, для тщательного исследования качества формования таких сложных пространственных деталей, как головка головного убора, предлагается рассмотреть представленные варианты применения исходных параметров, как отдельно, так и в комплексе на процесс формования.

Результаты

С целью расширения технологических возможностей процесса формования были разработаны новые, перспективные способы. В качестве усилия предложено использовать давление ЖАРС, вакуумное разжижение и их частоту пульсации. Выбранные технологические факторы позволили создать, как статическое, так и динамическое усилие.

Разработанная технология «переменными давлениями» в рабочей среде ЖАРС базируется на применении ряда способов с их использованием:

- статические: гидравлический, вакуумно-жидкостной, гидро-вакуумный способа;
- динамические: гидро-пульсирующий, вакуумно-пульсирующий, гидро-вакуумно-пульсирующий способа.

В процессе формования предложенными способами есть определенные особенности в их физической сущности, что, так или иначе, влияет на природу усилия и особенности массопереноса рабочей среды (ЖАРС). Сделано предположение, что управляя скоростью массопереноса мы обеспечиваем разное силовое воздействие, и таким образом, управляем качеством формования. Именно поэтому, необходимым является определение модели поведения системы нитей ткани, в соответствии с действующим усилием на поверхность головки головного убора при использовании технологии «переменных давлений».

В процессе формования предложенной технологией основным заданием есть улучшение качества за счет комплексного действия на ткань: давление ЖАРС P и вакуумного разжижения V , которые всегда являются постоянными и их частоты пульсации $v_P (\Delta P_P(t))$, $v_V (\Delta P_V(t))$. Для реализации технологии «переменных давлений» рабочая камера 1 разделена на две части перегородкой 2 с отверстием по центру. На перегородку 2 фиксируется ткань 3 закрепленная на матрице 4 прижимным кольцом 5. После этого создается в середине камеры 1 усилие (рис. 1). Действие усилия зависит как от способа формования, так и от расположения формирующей матрицы: выпуклая или вогнутая.

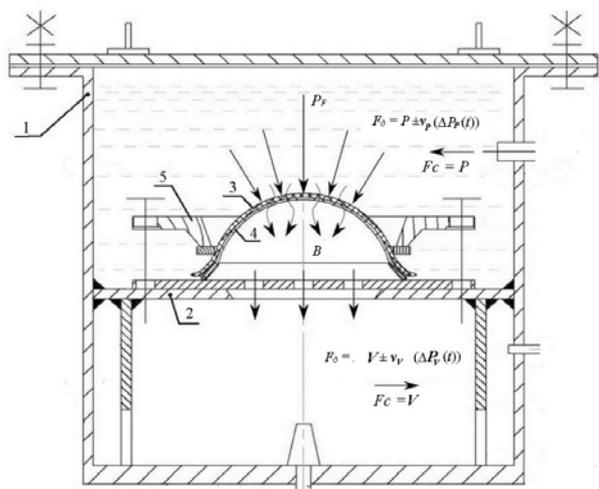


Рис. 1 – Схема влияния формовального усилия на головку головного убора: B – массоперенос ЖАРС через головку головного убора; P_F – формовочное усилие; F_c – статическое усилие; F_0 – динамическое усилие; P – давление ЖАРС; V – вакуумное разжижение; $v_P (\Delta P_P(t))$ – частота пульсации давления ЖАРС; $v_V (\Delta P_V(t))$ – частота пульсации вакуумного разжижения

При этом технологией «переменных давлений» головок головных уборов обеспечивается силовое действие, как на внешнюю сторону ткани, так и на внутреннюю. Это обеспечивается не только за счет усилия, но и за счет двух видов расположения матрицы: выпуклая и вогнутая.

Как отмечено выше, использование двух видов расположения матрицы обеспечивает разное качество формования головки головного убора.

В процессе формования действуют разные виды усилия, которые как способствуют, так и пре-

пятствуют формованию. Характер усилия по закону Паскаля передается без изменений в каждую точку рабочей среды (ЖАРС – жидкости) и соответственно на ткань, действуя с одинаковой нагрузкой на весь объем матрицы.

При использовании выпуклой матрицы имеет место система взаимодействия «ткань–матрица». Как показано на рисунке 2 а, при использовании выпуклого расположения – матрицы действует как статический F_c так и динамический F_0 вид нагрузки P_F . В результате такое действие приводит к частичному изменению формы нити за счет изменения изгиба и взаимного положения системы нитей в ткани (основы и утка), и изменение сетевого угла между нитями. В результате действия потока рабочей среды ЖАРС, между поверхностями матрицы и тканью, и между волокнами самой ткани возникает сила трения F_T , и упругости F_P . В результате чего происходит «сцепление» волокон ткани с сеткой матрицы. Это ограничивает деформацию материала, поскольку под действием силового воздействия ткань упирается в матрицу, которая в свою очередь препятствует ткани больше деформироваться.

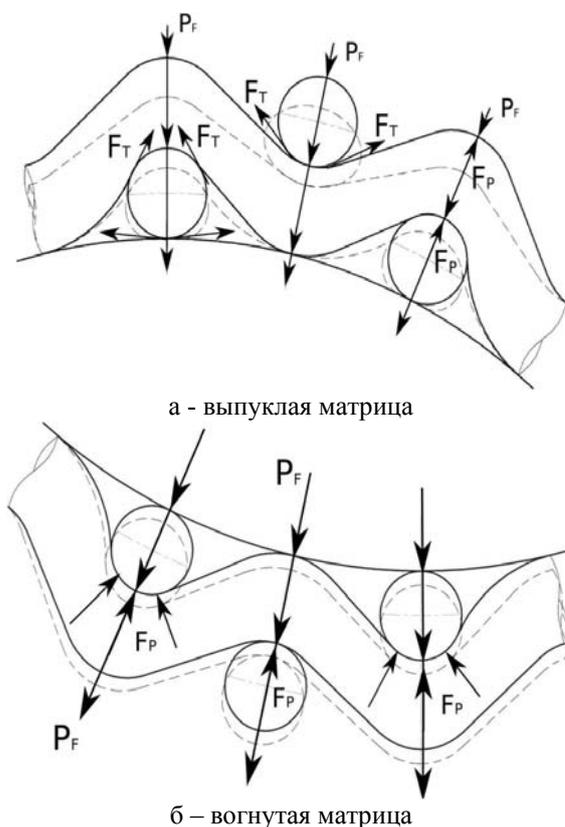


Рис. 2 – Схема распределения сил на ткань в процессе формования: P_F – силовое усилие; F_T – сила трения; F_P – сила упругости

При использовании вогнутой матрицы имеет место система взаимодействия «матрица–ЖАРС–ткань» (рис. 2 б). В этой системе между матрицей и тканью имеет место слой воды, который позволяет уменьшить коэффициент трения между ними, что позволяет улучшить качество формования головок головных уборов. В этом случае действует на матрицу, которая в данном случае частично пропускает усилие и выступает в виде демпфера. При

таким действием присутствует сила растяжения P_F , которая обеспечивает отрыв ткани от матрицы. Также, следует отметить, что во время отрыва ткани происходит уменьшение силы трения F_T , но приводит к увеличению силы упругости F_P , которая возникает в волокнах. В первом случае при использовании выпуклой матрицы происходит прижатие ткани к её поверхности. Во втором случае на вогнутой матрице имеет место отрыв ткани от неё. Это приводит к тому, что обеспечиваются разные условия формирования соответственно качеству формирования. В первом случае в зоне выпуклости матрицы идет формирование за счет уплотнения ткани, а во втором за счет разрежения.

В работе рассмотрено более детально способы формирования, которые и составляют технологию «переменных давлений».

Гидравлический способ формирования головок головных уборов основывается на использовании ЖАРС, в качестве рабочей среды и созданного усилия за счет постоянного давления ЖАРС P . Действие созданного усилия P , в верхней части камеры, которое передается на текстильный материал за счет использования ЖАРС является статическим фактором F_C (табл.1).

Вакуумно-жидкостной способ основывается на вакуумном разжижении V и использовании ЖАРС, которые в сочетании обеспечивают усилие P_F постоянного вида действия, в нижней части камеры. За счет использования данного усилия P_F происходит интенсификация массопереноса ЖАРС через матрицу с тканью (табл.1).

Гидро-вакуумный способ основывается на применении двух видов действия, которые являются постоянными:

- первым выступает давление ЖАРС P , то есть рабочей среды;
- вторым является – вакуумное разжижение, V .

При разработке гидравлического, вакуумно-жидкостного и гидро-вакуумного способов формирования, использован статический вид нагрузки. Но сам процесс формообразования в значительной степени зависит от активности «грубой» и «тонкой» структуры, поэтому для расширения технологических возможностей процесса формирования головок головных уборов из тканей было предложено использовать более эффективную динамическую нагрузку.

Гидро-пульсирующий способ формирования головки головного убора базируется на применении следующих факторов: давление ЖАРС P ($const$) и частота пульсации давления ЖАРС ν_P ($\Delta P_P(t)$). Применение перечисленных факторов обеспечивает создание усилия формирования P_F , которое является переменным. За счет такого действия на материал возникает динамический эффект, который обеспечивает перепад давления ЖАРС в камере (табл.1). Данный эффект приводит к гидроударам которые равняются величине 2 % от созданного давления [6].

Вакуумно-пульсирующий способ формирования головок головных уборов выполняется за счет применения вакуумного разжижения V ($const$) и

частоты пульсации вакуумного разжижения ν_V ($\Delta P_V(t)$), и является переменным. В результате этого приложенная нагрузка является динамической, и способствует интенсивному массопереносу ЖАРС из верхней части камеры через матрицу с тканью в нижнюю (табл.1). Это приводит к тем же гидроударам, которые также равняются величине 2 % от созданного теперь уже вакуумным разжижением [6].

Гидро-вакуумно-пульсирующий способ формирования головок головных уборов базируется на предыдущих (гидро-пульсирующий, вакуумно-пульсирующий, гидро-вакуумный способах). Достижение динамической нагрузки на поверхность ткани задается пульсирующим (переменным) действием давления ЖАРС P и вакуумного разжижения V (табл.1). Их действие на поверхность матрицы с тканью приводит так же к образованию гидроударов, которые также приравниваются к 2 % от величины уже двойного действия: давления ЖАРС и вакуумного разжижения вместе взятых [6].

Таблица 1 – Способы формирования головки головного убора

Название способа	Суммарное усилие
Статические способа	
Гидравлический	$P_F = P = const$
Вакуумно-жидкостный	$P_F = V = const$
Гидро-вакуумный	$P_F = P + V = const$
Динамические способа	
Гидро-пульсирующий	$P_F = P + \Delta P_P(t), P = const,$ $\Delta P_P(t) = \begin{cases} 0 - nput \langle \frac{1}{2} \tau_1 \\ P_{\partial} - nput \rangle \frac{1}{2} \tau_1 \end{cases}$
	$P_F = V + \Delta P_V(t), V = const,$ $\Delta P_V(t) = \begin{cases} 0 - nput \langle \frac{1}{2} \tau_2 \\ V_{\partial} - nput \rangle \frac{1}{2} \tau_2 \end{cases}$
Гидро-вакуумно-пульсирующий	$P_F = P + \Delta P_P(t) + V + \Delta P_V(t),$ $P, V = const$ $\Delta P_P(t) = \begin{cases} 0 - nput \langle \frac{1}{2} \tau_1 \\ P_{\partial} - nput \rangle \frac{1}{2} \tau_1 \end{cases}$ $\Delta P_V(t) = \begin{cases} 0 - nput \langle \frac{1}{2} \tau_2 \\ V_{\partial} - nput \rangle \frac{1}{2} \tau_2 \end{cases}$

Теоретические подходы к формированию головок головных уборов из тканей позволяют утверждать о движении ЖАРС сквозь ткань, под действием суммарного усилия (давления), и таким образом регулируя скорость массопереноса усилием формо-

вания – мы регулируем качество.

Ткань имеет способность пропускать воздух, воду, пары и это называется проницаемостью. Проницаемость это – количество миллилитров воды (пара или воздуха), которая пройдет через один см² ткани за определенный промежуток времени, и определяется за формулой [7]:

$$B = \frac{W}{St}$$

где B – проницаемость ткани в мл/см²/сек; W – количество воды, которое проходит мл; S – площадь образца ткани, см²; t – время в секундах.

Явление, которое происходит в процессе формования можно характеризовать как водопроницаемость (проницаемость) при динамических процессах сквозь сетчатую структуру ткани, то есть поры.

В гидравлике такое явление называется фильтрация [8]. Процесс фильтрации является подобным процессу переноса ЖАРС при формировании головки головного убора. Его можно характеризовать как перенесение массы (влаги), механизм которого может быть разным. Также в [8, 9] отмечено, что процесс массопереноса вещества является нестационарным, а именно динамическим, в котором присутствует ламинарный поток рабочей среды, то есть он равномерен и установленный. Закон Дарси предоставляет, возможность определить скорость фильтрации в любой точке фильтрационного потока независимо от характера движения рабочей среды в камере и его можно описать с помощью закона Дарси, который имеет вид:

$$Q = kwJ$$

где Q – фильтрация; k – коэффициент фильтрации; w – площадь; J – величина суммарного давления.

В процессе формования головки головного убора рассматривается не процесс фильтрации, а его аналог процесс массопереноса рабочей среды. Массоперенос непосредственно обеспечивается за счет действия усилия формования, и зависит в значительной степени от структурных характеристик ткани. Именно поэтому, процесс массоперемещения ЖАРС в волокнисто сетчатой структуре ткани при двустороннем действии суммарного давления можно описать формулой, которая для исследуемого процесса имеет вид:

$$Q = \frac{BS}{k}$$

где B – проницаемость ткани в мл/см²/сек; S – площадь образца ткани, см²; k – коэффициент массопереноса.

Массоперенос также можно выразить, как протекание единицы объема воды за единицу времени:

$$Q = \frac{W}{t}$$

где W – количество воды, которое проходит, мл; t – время в секундах.

Для процесса формования головок головных уборок математическую модель массоперемещения ЖАРС можно выразить через проницаемость ткани, следующим образом:

$$B = \frac{Q}{S} k = \frac{W}{St} k$$

Коэффициент массопереноса будет определяться за формулой:

$$k = \frac{R}{100} \cdot f(P, V)$$

где R – пористость ткани, %; $f(P, V)$ – функция влияния давления.

Явление, которое происходит в процессе формования можно характеризовать как водопроницаемость (проницаемость) при динамических процессах сквозь сетчатую структуру ткани, то есть поры. [10] Данное свойство ткани можно характеризовать, как пористость, которая определяется за формулой:

$$R = \left(1 - \frac{\sigma}{\gamma} \right) 100$$

где σ – объемная масса ткани, мг/мм³; γ – плотность вещества вида волокна, мг/мм³; $R > 0$, если ткань очень плотная (без пор, то есть пористости минимальна); $R > 100$, если ткань незаполнена (то есть пористость максимальна).

В процессе формования основным фактором является (есть) давление. Насос, который используется для создания давления ЖАРС, имеет производительность M :

$$M = 40 \frac{\text{л}}{\text{мин}} \left(\in 60 \text{с} \right) = 0,7 \frac{\text{л}}{\text{с}}$$

где M – производительность насоса для создания необходимого давления; 0,7 л/с – максимальный объем, который может создать насос.

Следовательно, максимально возможный массоперенос для процесса формования будет:

$$B = \frac{W}{St} \cdot k = 0,7$$

Значение функции влияния давления будет иметь такой диапазон:

$$f(P, V) = 1 \dots \frac{0,7}{B_{\min}}$$

где B_{\min} – минимальное значение проницаемости B ; $f(P_{\text{атм}}, 0) = 1$ – нормальные условия, без дополнительного усилия (создание дополнительного давления); $f(P_{\text{max}}, P_{\text{min}}) = \text{max}$ – увеличение B при дополнительном усилии (создание дополнительного давления).

$$f(P, V) = \frac{(P + V) \frac{0,7}{B_{\min}}}{P_{\text{max}} + P_{\text{min}}} + 1$$

Окончательный коэффициент массопереноса будет иметь, такой вид:

$$k = \frac{R}{100} \left(\frac{(P + V) \frac{0,7}{B_{\min}}}{P_{\text{max}} + P_{\text{min}}} + 1 \right)$$

Математическая модель массопереноса при действии усилия формования на ткань будет иметь, такой вид:

$$B = \frac{W}{St} k = \frac{W}{St} \cdot \frac{R}{100} \cdot \left(\frac{(P+V)^{0,7}}{B_{\min}} + 1 \right) \frac{1}{P_{\max} + P_{\min}}$$

При нормальных условиях, то есть без дополнительного усилия $f(P, V)=1$, массоперенос можно определить за формулой:

$$B = \frac{W}{St} \cdot \frac{R}{100}$$

Если, известны B , и R то можно найти время t через который будет проходить объем ЖАРС W через ткань площадью S :

$$t = \frac{W}{SB} \cdot \frac{R}{100}$$

Время t , прохождение объема ЖАРС W через матрицу с тканью, зависит от пропускной способности ткани, то есть ее пористости R , при полном погружении ее в камеру и от площади образца S .

Зная B и время t прохождения объема ЖАРС W через ткань площадью S можно определить пористость ткани R :

$$R = \frac{BSf100}{W}$$

Представленная графическая зависимость (рис. 3) имеет приближенный к линейному характер, который указывает на зависимость массопереноса от пористости ткани.

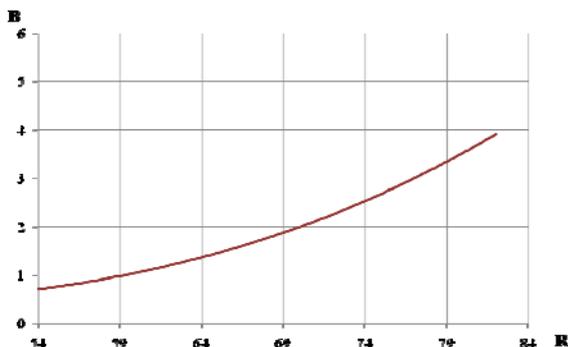


Рис. 3 – Графическая зависимость массопереноса B от пористости ткани R

В результате теоретических исследований установлено, что предложенная технология «переменных давлений» основывается на явлении массопереноса ЖАРС сквозь сетчатую структуру ткани при действии суммарного давления. Качество формования зависит от природы усилия формования и характеристик строения ткани.

Литература

1. Березненко Н. П. Формование деталей швейных изделий на экспериментальной установке центробежного действия с использованием сверхчастотного метода подвода тепла / Н. П. Березненко, Т. Г. Мирзоев, О. Ш. Шамхалов // Известие высших учебных заведений. Технология легкой промышленности, 1992 №2 (206) с. 50-54.
2. Кушевский Н. А. Разработка технологии формования одежды на основе вибрационного эффекта: Дис. ...канд. техн. наук: 05.19.04. – К., 1988.-312 с.
3. Кушевський М. О. Новітні технології виготовлення головних уборів із тканин: монографія [Текст] / М. О. Кушевський. – Хмельницький : ХНУ, 2012. – 198 с.
4. Кучукбаев К.В. Энерго - и ресурсосберегающие аппараты и технологии / К.В. Кучукбаев, Э.Г. Гарайшина // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – № 7. – С. 110 -113.
5. Хамматова В.В. Формовочная способность текстильных материалов с содержанием полимерных волокон / В.В. Хамматова // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – № 14. – С. 158 -160.
6. Справочник по гидравлике / [Большаков В. А., Константинов Ю. М., Попов В. Н. и др.]; под общ. ред. Большакова В. А. – Киев: «Вища школа», 1977. – 280 с.
7. Бузов Б.А. Материаловедение швейного производства / Бузов Б.А., Модестова Т.А., Алыменкова Н.Д. – М. : Легпромбытиздат, 1986. – 424 с.
8. Чугаев Р. Р. Гидравлика: Учеб. для вузов / Р. Р.Чугаев. – Л. : «Энергия», 1975. – 600 с. с ил.
9. Башта Т.М., Рудиев С.С., Некрасов Б.Б. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. – М.: Машиностроение, 1982. – 424 с.
10. Гаврилова О.Е. Создание изделий из полимерных композиционных материалов в производстве комплексных материалов в легкой промышленности / О.Е. Гаврилова, Л.Л. Никитина, Ю.А. Коваленко // Вестник технологического университета, - Т.15 №13, - 2012. - С.116-117.

© М. В. Войтюк – асп. каф. технологии и конструирования швейных изделий Хмельницкого национального университета, batarovska@mail.ru; Н. А. Кушевский – к.т.н., проф. той же кафедры; И. А. Сидлецкий – к.т.н., доц. каф. основ инженерной механики Хмельницкого национального университета; Р. Ф. Гатиятуллина - ст. препод. каф. МТ КНИТУ, renatafg@rambler.ru.