

Введение При формировании 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 vP ($\Delta PP(t)$), vV ($\Delta PV(t)$). 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: V – массоперенос ЖАРС через головку головного убора; PF – формировочное усилие; F_c – статическое усилие; F_d – динамическое усилие; P – давление ЖАРС; V – вакуумное разжижение; vP ($\Delta PP(t)$) – частота пульсации давления ЖАРС; vV ($\Delta PV(t)$) – 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 препятствуют 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 рисунку 2 а, при использовании выпуклого

расположения – матрицы действует как статический F_c так и динамический F_d 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. а - выпуклая матрица б - вогнутая матрица 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 усилие действует на матрицу, которая в данном случае частично пропускает усилие и выступает в виде демпфера. При таком действии 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 возникают 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 формования соответственно качество формования. В первом случае в зоне выпуклости матрицы идет формование за счет уплотнения ткани, а во втором за счет разрежения. В работе рассмотрено более детально способы формования, которые и составляют технологию «переменных давлений». Гидравлический способ формования 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 формования, использован

статический вид нагрузки. Но сам процесс формообразования в значительной степени зависит от активности «грубой» и «тонкой» структуры, поэтому для расширения технологических возможностей процесса формования головок головных уборов из тканей было предложено использовать более эффективную динамическую нагрузку. Гидро-пульсирующий способ формования головки головного убора базируется на применении следующих факторов: давление ЖАРС P ($const$) и частота пульсации давления ЖАРС νP ($\Delta PP(t)$). Применение перечисленных факторов обеспечивает создание усилия формования PF , 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 формования головок головных уборов выполняется за счет применения вакуумного разжижения V ($const$) и частоты пульсации вакуумного разжижения νV ($\Delta PV(t)$), 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 формования 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 формования головки головного убора

Название способа	Суммарное усилие
Статические способа	$PF = P = const$
Вакуумно-жидкостный	$PF = V = const$
Гидро-вакуумный	$PF = P + V = const$
Динамические способа	Гидро-пульсирующий $PF = P + \Delta PP(t)$, $P = const$, Вакуумно-пульсирующий $PF = V + \Delta PV(t)$, $V = const$, Гидро-вакуумно-пульсирующий $PF = P + \Delta PP(t) + V + \Delta PV(t)$, $P, V = const$

Теоретические подходы к формованию головок головных уборов из тканей позволяют утверждать о движении ЖАРС сквозь ткань, под действием суммарного усилия (давления), и таким образом регулируя скорость массопереноса усилием формования - 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 $см^2$ ткани за определенный промежуток времени, и определяется за формулой [7]: где B - проницаемость ткани в $мл/см^2/сек$; W - количество воды, которое проходит $мл$; S - площадь образца ткани, $см^2$; 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 формовании 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: 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: где B – проницаемость ткани в $\text{мл/см}^2 \cdot \text{сек}$; S – площадь образца ткани, см^2 ; k – коэффициент массопереноса. Массоперенос также можно выразить, как протекание единицы объема воды за единицу времени: где W – количество воды, которое проходит, мл ; t – время в секундах. Для процесса формования головок головных уборов математическую модель массоперемещения ЖАРС можно выразить через проницаемость ткани, следующим образом: Коэффициент массопереноса будет определяться за формулой: 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: где σ – объемная масса ткани, мг/мм^3 ; γ – плотность вещества вида волокна, мг/мм^3 ; $R > 0$, если ткань очень плотная (без пор, то есть пористость 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 : где M – производительность насоса для создания необходимого давления; $0,7 \text{ л/с}$ – максимальный объем, который может создать насос. Следовательно, максимально возможный массоперенос для процесса формования будет: Значение функции влияния давления будет иметь такой диапазон: где B_{min} – минимальное значение проницаемости B ; $f(P_{\text{атм}}, 0) = 1$ – нормальные условия, без дополнительного усилия (создание дополнительного

давления); $f(P_{\max}, P_{\min}) = \max$ - увеличение V при дополнительном усилии (создание дополнительного давления). Окончательный коэффициент массопереноса будет иметь, такой вид: Математическая модель массопереноса при действии усилия формования на ткань будет иметь, такой вид: При нормальных условиях, то есть без дополнительного усилия $f(P, V) = 1$, массоперенос можно определить за формулой: Если, известны V , и R то можно найти время t через который будет проходить объем ЖАРС W через ткань площадью S : 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 V и время t прохождения объема ЖАРС W через ткань площадью S можно определить пористость ткани R : Представленная графическая зависимость (рис. 3) имеет приближенный к линейному характер, который указывает на зависимость массопереноса от пористости ткани. Рис. 3 - Графическая зависимость массопереноса V 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.