

**ФОРМИРОВАНИЕ ПЛОСКО-ОБЪЕМНЫХ УЧАСТКОВ ОДЕЖДЫ  
С ПОМОЩЬЮ СПЕЦИАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА  
ДЛЯ ВАКУУМИРОВАНИЯ  
ЗАМКНУТОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА**

**FORMATION OF FLAT-BULK PLOTS OF CLOTHES  
WITH THE HELP OF A SPECIAL DEVICE  
FOR VACUUMING A CLOSED TECHNOLOGICAL SPACE**

*Д.А. БАХРИДДИНОВА, И.Г. ШИН, С.Ш. ТАШПУЛАТОВ, И.В. ЧЕРУНОВА, М.К. КАНДИДАТ  
D.A. BAKHRIDDINOVA, I.G. SHIN, S.SH. TASHPULATOV, I.V. CHERUNOVA, M.K. KANDIDAT*

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

*(Tashkent Institute of Textile and Light industry, Republic of Uzbekistan,  
Don State Technical University, Russian Federation,  
Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan)*

E-mail: ssht61@mail.ru; risnichka82@list.ru; k\_mika\_14\_10@mail.ru

*В настоящей статье приведен анализ процессов влажно-тепловой обработки, воздействующих на физико-механические свойства текстильных материалов. Описано специальное формообразующее устройство и детальные характеристики различных степеней вакуума, а также теоретические основы аэродинамического прохождения воздуха в вакуумном пространстве. Приведены результаты исследований костюмной ткани на разрывную нагрузку.*

*This article presents an analysis of the processes of wet-heat treatment of textile materials affecting the physicomechanical properties, describes a special shaping device and detailed characteristics of various degrees of vacuum, as well as the theoretical foundations of the aerodynamic passage of air in vacuum space and the results of studies of costume fabric for breaking load*

**Ключевые слова:** вакуумное пространство, формование, аэродинамика, разрывная нагрузка, перфорация, поток воздуха, деформация, малооперационные технологии, оболочка.

**Keywords:** vacuum space, molding, aerodynamics, breaking load, perforation, air flow, deformation, low-operational technologies, shell.

Важным направлением совершенствования технологии изготовления швейных изделий является улучшение их качества за счет формирования и устойчивого закрепления заданной конфигурации деталей одежды. В целом качество одежды в значительной степени зависит от формы основных деталей и сохранения ее в процессе эксплуатации изделия. Современная технология,

названная "изготовление изделий методом формования" [1], направлена на создание сложной заданной формы одежды при минимальном количестве швов. Таким образом, сформировано направление, связанное с изготовлением одежды на основе малооперационной технологии, когда заданная форма получается путем изменения угла между нитями основы и утка без деформа-

ции длины нитей ткани (теория "Чебышевской сети").

Для создания заданной формы деталей одежды из тканей или пакетов текстильные материалы подвергаются прессованию путем воздействия на них давления технологическим паром и температурой в течение определенного промежутка времени. Однако в результате механического воздействия на обрабатываемый полуфабрикат происходит ухудшение его физико-механических свойств и снижение качества изготавливаемой одежды.

В процессе формообразования и использования давления при прессовании нити материала или пакета полуфабриката подвергаются нежелательным усилиям и микроскопическим разрушениям волокон, что снижает механические характеристики (разрывная нагрузка, разрывное удлинение). Операции ВТО приводят также к ухудшению гигиенических (воздухопроницаемости, паропроницаемости) показателей, что нашло подтверждение в наших исследованиях [2]. Так, результаты экспериментальных исследований физико-механических свойств пакетов после ВТО свидетельствуют о том, что происходит потеря их свойств в среднем на 15...21%.

Из вышеизложенного следует, что для повышения качества обработки путем сохранения физико-механических и гигиенических свойств текстильных материалов необходимо совершенствовать способ формообразования, исключая появление повреждений и негативных воздействий на пакет деталей одежды со стороны рабочих органов (матрицы и пуансона) оборудования для ВТО. Недостатком этих устройств является то, что форма пуансона и матрицы постоянная. Для увеличения ассортимента или замены формирующихся деталей одежды необходимо менять матрицу и пуансон, что неизбежно приводит к дополнительным материальным расходам и снижению производительности.

Наиболее совершенным для формования объемных деталей одежды является специальное устройство [3], представляющее перфорированную форму-колонку, выполненную в виде верхней и нижней поду-

шек. В верхней подушке установлены форсунки для подачи полимерного композиционного материала и горячего воздуха ( $t=125...130^{\circ}\text{C}$ ), предназначенные для надежной фиксации созданной формы деталей одежды. Перфорация выполнена в нижней подушке, соединенной с вакуумной установкой (рис. 1 – нижняя подушка устройства вакуумного формообразования деталей одежды: 1 – подушка, 2 – перфорация, 3 – воздушная камера, 4 – вакуумная установка, 5 – трубопровод).

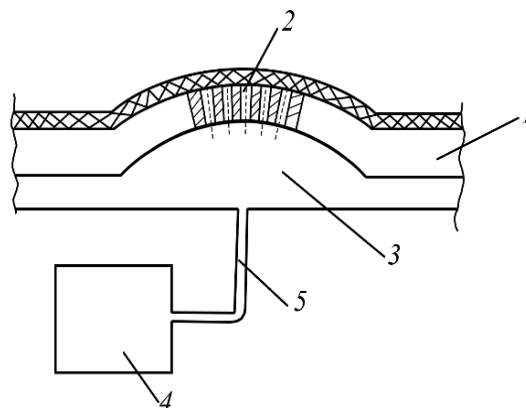


Рис. 1

Нижняя подушка 1 выполнена с перфорацией 2, сквозь которую отсасывается воздух из воздушной камеры 3 (замкнутого технологического пространства) при помощи вакуумной установки и через трубопровод 5. Для формования, например, спинки мужского пиджака, ткань 6 укладывается на нижнюю подушку 1 и за счет вакуумирования замкнутого технологического пространства, создаваемого профилем нижней подушки, происходит деформирование ткани. Деформирование ткани осуществляется при плотном контакте с наружной поверхностью нижней подушки, создаваемом потоком отсасываемого воздуха через перфорации с помощью вакуумной установки. Таким образом, деформированная ткань копирует форму нижней подушки. Для фиксации полученной формы служит верхняя подушка [3], в которой установлены специальные форсунки для подачи полимерного композиционного материала, а также предусмотрено устройство (калорифер) для одновременной подачи горячего

воздуха с целью интенсификации процесса закрепления формы и сушки.

Вакуумирование замкнутого технологического пространства под нижней подушкой состоит в разрежении воздуха (газа) и доведении его до состояния при давлении ниже атмосферного. Степень разрежения газа зависит от соотношения между средней длиной свободного пробега  $\bar{\lambda}$ , соответствующей взаимным столкновениям молекул газа, в которых находится газ. В зависимости от данного соотношения различают степени сверхвысокого ( $\lambda \gg r$ ), высокого ( $\lambda > r$ ), среднего ( $\lambda \leq r$ ) и низкого ( $\lambda \ll r$ ) вакуума [4].

Средняя длина свободного пробега  $\bar{\lambda}$  молекулы с учетом распределения соударя-

ющихся молекул по относительным скоростям равна:

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{2}n_0\delta}, \quad (1)$$

где  $n_0$  – число молекул в  $\text{см}^3$  газа;  $\delta$  – эффективное поперечное сечение соударения.

В случае соударения молекул, имеющих диаметр  $d \approx 10^{-8}$  см, эффективное газокинетическое поперечное сечение равно площади круга с радиусом  $d$  (эффективный диаметр молекулы):

$$\delta = \pi d^2. \quad (2)$$

Для оценки работы вакуумной установки полезно знать некоторые характеристики различных степеней вакуума (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Характеристики	Вакуум			
	низкий	средний	высокий	сверхвысокий
Давления, характерные для данной степени вакуума, мм рт.ст.	760-1	$1 \cdot 10^{-3}$	$10^{-3} \cdot 10^{-7}$	$10^{-8}$ и менее
Число молекул, $\text{м}^3$	$10^{25} \cdot 10^{22}$	$10^{22} \cdot 10^{19}$	$10^{19} \cdot 10^{13}$	$10^{13}$ и менее
Зависимость от давления коэффициентов теплопроводности и внутреннего трения	не зависит от давления	зависимость от удлинения определяется параметром $\bar{\lambda}/d$	прямопропорциональны давлению	оба явления практически отсутствуют

Для определения степени вакуума при формообразовании элементов деталей одежды необходимо рассчитать среднюю длину пробега  $\bar{\lambda}$  молекул воздуха (1) и сопоставить с размерами деталей одежды, соответствующими замкнутому технологическому пространству в пределах объема нижней подушки (рис. 1). Так, например, для среднего вакуума, когда число молекул в  $\text{м}^3$  составляет  $n_0 = 10^{22} \dots 10^{19}$  (табл. 1) средняя длина пробега  $\bar{\lambda}$  равна  $0,0225 \dots 2,25$  м. Этот диапазон длины пробега вполне сопоставим с линейными размерами ( $r$ ) устройства для вакуумирования с целью формообразования элементов деталей одежды, то есть для среднего вакуума  $\lambda \leq r$ .

Для формообразования деталей одежды с помощью вакуумирования предусмотрены множество перфораций в пределах рабочей зоны нижней подушки данного устройства. Сквозные отверстия могут иметь различную конфигурацию (рис. 1).

Выбор формы перфорации зависит от особенностей аэродинамики прохождения воздуха и создания благоприятных условий деформирования ткани, расположенной на рабочей поверхности подушки.

Таким образом, для вакуумирования замкнутого технологического пространства, образуемого контуром нижней подушки, давление, соответствующее средней степени вакуума, равно  $p = 1 \cdot 10^{-3}$  мм рт.ст. (1 мм рт.ст. = 133,322 Па).

Вакуумирование осуществляется посредством откачки (отсоса) воздуха из некоторого замкнутого герметичного пространства с помощью вакуумного насоса. В настоящем устройстве (рис. 1) струйки воздуха проходят через отверстия различной формы (рис. 2 – виды перфораций и аэродинамические характеристики ( $v$  – скорость потока воздуха;  $F$  – площадь сечения отверстия;  $p$  – давление): а) – перфорация в виде конфузора ( $P_1 > P_2$ ;  $F_1 > F_2$ ;  $V_1 > V_2$ ); б) – пер-

форация в виде диффузора ( $P_1 < P_2$ ;  $F_1 < F_2$ ;  $V_1 < V_2$ ); в) – перфорация в виде цилиндрического отверстия ( $P_1 = P_2$ ;  $F_1 = F_2$ ;  $V_1 = V_2$ ): конически сужающейся (рис. 2-а) к нижней поверхности (конфузор); конически расширяющейся (рис. 2-б) к нижней поверхности (диффузор); цилиндрической (рис. 2-в). Рассмотрение вопросов прохождения струйки воздуха или любого другого газа через перфорации с целью выполнения аэродинамического расчета основывается на главных положениях и законах гидродинамики. Однако, если физические свойства капельных жидкостей при их движении остаются постоянными и при изменении давления и температуры не сжимаются и не расширяются, то физические свойства газов функционально зависят от температуры и давле-

ния. Газам свойственны высокие скорости, они способны расширяться и сжиматься в широких диапазонах. При этом движения газов связаны с внутренними термодинамическими процессами (взаимные превращения тепловой энергии в механическую).

Отмечено, что малые перепады давлений и обычные температуры, наиболее часто встречающиеся в технике, приводят к тому, что изменения основных физических свойств (плотности, вязкости, температуры и др.) воздуха и других газов в процессе их движения при малых скоростях и давлениях (близких к атмосферному) настолько малы, что ими можно пренебречь. Это дает возможность использования основных закономерностей гидродинамики при анализе аэродинамических процессов.

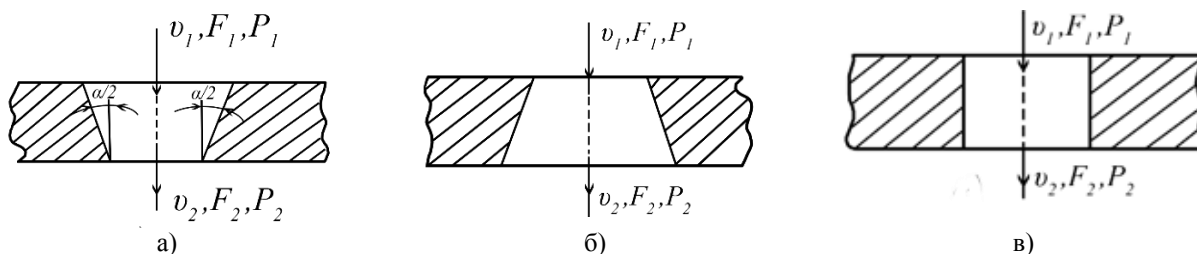


Рис. 2

Основным уравнением гидродинамики является уравнение Д. Бернулли, выражающее закон сохранения механической энергии при движении идеальной жидкости, которая не имеет вязкости и обладает абсолютной подвижностью. В случае реальной жидкости, имеющей вязкость, возникают силы сопротивления движению жидкости – внутреннего и внешнего трения. Поэтому часть энергии давления расходуется безвозвратно. Эти потери характеризуют как потери напора на трение, или линейные потери напора  $h_{тр}$ .

Помимо потерь напора на трение различают еще потери напора на местные сопротивления  $h_m$ , которые вызваны геометрическими, конструктивными и технологическими особенностями перемещения (транспортирования) потока жидкости (газа). Поэтому общие потери реальной жидкости на любом участке трубопровода  $h_{пот}$  равны:

$$h_{пот} = h_{тр} + h_m. \quad (3)$$

В общем случае местные сопротивления, вызывающие потери энергии при движении жидкости (газа), определяются рядом факторов: 1) изменением поперечного сечения (расширением или сужением); 2) изогнутостью и кривизной воздуховода (поворотом потока); 3) разветвлением или слиянием потоков; 4) комбинированием указанных факторов в различных устройствах.

Важным в аэродинамических расчетах является учет местного сопротивления по конструктивному признаку, когда имеет место внезапное и плавное расширение и сужение трубопровода в местах изменения его сечения. Потери напора (в метрах) на местные сопротивления определяются по формуле Вейсбаха [5]:

$$h_m = \zeta(v^2/2g) = \zeta h_v, \quad (4)$$

где  $h_v = v^2/2g$  – скоростной напор, или, выражая через потерю давления  $\Delta P_m$  (кгс/м<sup>2</sup>) в местном сопротивлении:

$$\Delta p_m = (\gamma v^2/2g), \quad (5)$$

где  $\zeta$  – безразмерный коэффициент (коэффициент местного сопротивления), выражающий потерю напора в долях скоростного напора и определяемый опытным путем.

При внезапном сужении воздуховода вначале происходит сжатие потока воздуха и затем расширение. Потери напора при внезапном сужении происходят главным образом на участке расширения. Эти потери зависят от скоростей газа (жидкости) в сжатом сечении потока  $V_{сж}$  и в узком сечении трубы  $V_2$ .

Потери напора при внезапном сужении определяются по формуле Борда, которая

выводится из уравнений Д.Бернулли и импульса сил:

$$h_m = [(1/\varepsilon - 1)]^2 (v_2^2/2g) = \zeta (v_2^2/2g), \quad (6)$$

где  $\zeta = (\frac{1}{\varepsilon} - 1)^2$  – коэффициент местного сопротивления, отнесенный к скорости в узком сечении трубопровода;  $\varepsilon = F_{сж}/F_2$  – коэффициент сжатия, определяемый отношением площади сжатого сечения потока  $F_{сж}$  к площади трубы в узком сечении  $F_2$ .

Коэффициент сжатия может быть определен по приближенной формуле А.Д.Альтшуля:

$$\varepsilon = 0,57 + [0,043/(1,1 - n)], \quad (7)$$

где  $n = F_2/F_1$  – соотношение площадей трубы в узком и широком сечениях.

В табл. 2 приведены значения  $\zeta$  в зависимости от соотношения площадей  $n$  в узком  $F_2$  и широком  $F_1$  сечениях трубы.

Т а б л и ц а 2

$n=F_2/F_1$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1
$\zeta$	0,41	0,4	0,38	0,36	0,34	0,3	0,23	0,2	0,16	0

Резкое снижение потери напора при сжатии потока происходит при плавном сужении трубопровода, называемом конфузуром (рис. 2-а). В конфузуре почти отсутствует отрыв струй от основного потока, и поэтому происходит плавное сужение жидкости (газа). Значения коэффициента местного сопротивления  $\zeta$  для конфузора, входящего в формулу (6), определяется с учетом поправочного коэффициента  $k_{сж}$ :

$$\varepsilon_{конф} = k_{сж} \zeta = k_{сж} \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1\right)^2. \quad (8)$$

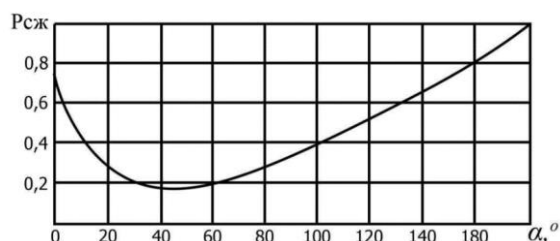


Рис. 3

Величина поправочного коэффициента  $k_{сж}$  зависит от угла конусности  $\alpha$  конфузора. При аэродинамических расчетах

можно воспользоваться графиком зависимости  $k_{сж}$  от  $\alpha$  (рис. 3 – зависимость поправочного коэффициента  $k_{сж}$  от угла конусности  $\alpha$  конфузора).

В связи с возрастанием скорости в конфузуре энергии давления переходит часть в кинетическую энергию.

Внезапное расширение потока происходит в местах изменения сечения трубопровода с меньшего на большее. Потеря напора при внезапном расширении определяется также по формуле Борда (4):

$$h_m = \zeta (v_1^2/2g), \quad (9)$$

где  $\zeta = (1 - V_2/V_1)^2$ ;  $v_1^2/2g$  – скоростной напор в узком сечении трубопровода.

Так как скорости  $V_1$  и  $V_2$  обратно пропорциональны площадям сечений трубопровода, то можно выразить  $\zeta$  следующим образом:

$$\zeta = \left(1 - \frac{F_1}{F_2}\right)^2 = \left[1 - \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2\right]. \quad (10)$$

Если отнести коэффициент местного сопротивления к скоростному напору в широ-

ком сечении, то получим обратную зависимость:

$$h_m = \left(\frac{v_1}{v_2} - 1\right)^2 (v_2^2/2g) = \left(\frac{F_2}{F_1} - 1\right)^2 (v_2^2/2g). \quad (11)$$

При выполнении плавного перехода от меньшего к большему сечению трубопровода (рис. 2-б), называемого диффузором, резко снижаются потери напора. Потери напора в диффузоре состоят из потерь на трение по его длине и потерь, вызванных с затратой энергии на расширение потока. Потери напора зависят от угла раскрытия  $\alpha$ . С уменьшением  $\alpha$  завихрения и отрыв струй становятся меньше, а следовательно, и потери энергии.

При расчете потерь напора на местные сопротивления в диффузоре учитывают поправочный коэффициент, называемый коэффициентом смягчения  $k_{см}$  и зависящим от угла раскрытия  $\alpha$  (табл. 3 – значения коэффициента смягчения  $k_{см}$  в зависимости от угла раскрытия  $\alpha$ ).

Т а б л и ц а 3

$d_1^0$	$k_{см}$
8	0,16
15	0,35
30	0,80
60	0,95

В диффузоре, в отличие от конфузора, происходит преобразование части кинетической энергии в энергию давления. С учетом  $k_{см}$  потери давления на местное сопротивление в диффузоре определяют по общей формуле коэффициента местного сопротивления:

$$h_m = k_{см} [(v_1 - v_2)^2/2g]. \quad (12)$$

Анализируя аэродинамику прохождения воздуха через различную конфигурацию отверстий, можно заключить, что плавный переход от входного сечения в выходные сечения по форме конфузора, выполненного в нижней подушке формообразующего устройства, является предпочтительным. Это связано с тем, что при вакуумировании технологического пространства происходит всасывание (отсос) воздуха с

большого сечения (верхняя плоскость перфорации) на меньшее сечение (нижняя плоскость перфорации). Из уравнения Д.Бернулли и уравнения неразрывности: ( $Q = V_1 F_1 = V_2 F_2 = \text{const}$ ,  $Q$  – объемный расход) следует что, при течении жидкости (газа) в горизонтальной трубе, имеющей различные сечения, скорость жидкости больше в местах сужения, а давление больше в более широких местах, то есть там где скорости меньше.

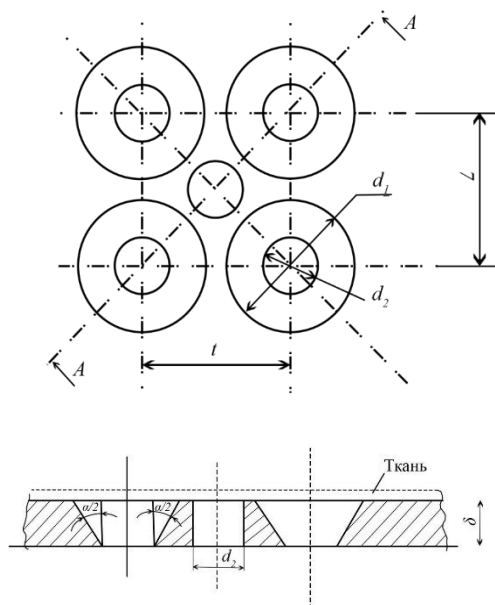


Рис. 4

Таким образом, расположение деформируемой ткани в соответствии с рис. 4 (элементарная ячейка с перфорациями в пределах толщины 8 нижней подушки устройства для формообразования объемных деталей одежды методом вакуумирования;  $\alpha$  – угол конусности;  $t$  – шаг перфораций,  $d_1, d_2$  – соответственно диаметры входного и выходного отверстия) обеспечивает, во-первых, более плотное прилегание к нижней подушке устройства за счет увеличения площадей, охваченных напором воздуха при вакуумировании; во-вторых, давление в верхней плоскости подушки

больше, чем в нижней, где отверстие имеет меньший диаметр. Подобное условие контактирования ткани с рабочей поверхностью подушки создает более благоприятную картину деформирования за счет интенсификации процесса формообразования ткани.

Так как воздух представляется сжимаемой жидкостью, то уравнение Д. Бернулли для потока изделий жидкости вполне применимо для любого газового потока при небольших перепадах давления. Так, в частном случае, когда разница температур перемещаемого воздуха и окружающей среды невелика, то можно пренебречь разницей геометрических напоров и уравнение Д. Бернулли примет вид [5]:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} = \text{const, м}, \quad (13)$$

или представим в форме, более удобной для аэродинамических расчетов:

$$p_1 + \frac{\gamma v_1^2}{2g} = p_2 + \frac{\gamma v_2^2}{2g} = \text{const, кгс/м}^2. \quad (14)$$

Для реальных газов в уравнение (14) вводится еще один член уравнения, выражающий потери напора (давления)  $\Delta p$  на преодоление гидравлических сопротивлений (3). Поэтому уравнение (14) принимает вид, если давление измерить в Па:

$$p_1 + \frac{\gamma v_1^2}{2} = p_2 + \frac{\gamma v_2^2}{2} + \Delta p, \quad (15)$$

где  $p_1, v_1$  – соответственно давление и скорость газа во входном сечении трубопровода;  $p_2, v_2$  – соответственно давление и ско-

рость газа в выходном сечении трубопровода;  $\gamma$  – объемный вес (плотность) газа, кг/м<sup>3</sup>. При аэродинамических расчетах для стандартного воздуха следует принять объемный вес  $\gamma=1,2$  кгс/м<sup>3</sup>.

Для любого участка газопровода потеря напора на трение ( $\Delta p = \Delta p_{\text{тр}}$ ) по длине  $\ell$  может быть определена для круглых сечений по формуле Дарси:

$$\Delta p_{\text{тр}} = \frac{\lambda \gamma v^2}{d} \ell, \text{ Па}, \quad (16)$$

где  $\lambda$  – коэффициент потери напора на трение по длине  $\ell$ ;  $d$  – диаметр воздуховода, м.

При ориентировочных расчетах  $\lambda$  можно принять равным 0,02.

Из формулы (7) следует, что потеря напора на трение прямо пропорциональна длине (в нашем случае толщине нижней подушки) воздуховода и обратно пропорциональна диаметру отверстия. Потеря напора  $\Delta p$  увеличивается по параболической зависимости от скорости воздуха.

Воздуховоды обычно изготавливаются из тонколистовой стали, для которой абсолютная шероховатость принимается равной  $k=0,1$  мм. При изготовлении воздуховодов из других конструкционных материалов необходимо на табличные значения удельного сопротивления на трение  $k_{\text{тр}}$  и  $\lambda/d$  вводить поправочный коэффициент  $\beta$ , учитывающий изменение  $h_{\text{тр}}$  и определяемый по формуле:

$$\beta = (kV)^{0,25}, \quad (17)$$

где  $k$  – абсолютная шероховатость стенки воздуховода, мм;  $V$  – скорость воздуха, м/с.

Т а б л и ц а 4

№	Наименование ткани	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	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

Исходя из физико-механических свойств деформирующей ткани для формообразования элементов одежды, можно рассчитать примерно диаметры входных отверстий в нижней подушке рассматриваемого устройства. Результаты испытаний некоторых костюмных тканей и характеристики приведены в табл. 4. Эксперименты были проведены на образцах размером 250x50 мм, заправленных в зажимах по методу "стрип". Одноосное растяжение производили по стандартной методике на разрывной машинке AutografAG-1, работающей с помощью специальной компьютерной программы.

Как следует из табл. 4, средние значения разрывной нагрузки для рассматриваемых тканей по основе/утку составляют 873/660 Н. Тогда удельная разрывная нагрузка  $P_{уд}$ , приходящаяся на 1 мм длины, равна 17,5/13,2 Н/мм соответственно по основе и утку.

Предельное значение разрывной нагрузки  $P_{пр}$  с учетом длины окружности ( $\pi d$ ) будет равно для среднего показателя удельной разрывной нагрузки по основе/утку:

$$P_{пр} = P_{уд} \pi d, \text{ Н.} \quad (18)$$

Предельное напряжение растяжения  $\sigma_{пр}$ , вызывающее разрушение ткани, равно:

$$\sigma_{пр} = \frac{P_{пр}}{F}, \text{ Н/мм}^2, \quad (19)$$

где  $F = \pi d^2/4$  – площадь входного отверстия в нижней подушке;  $d$  – диаметр отверстия, мм.

С учетом (18) имеем:

$$\sigma_{пр} = \frac{P_{уд} \cdot \pi d \cdot 4}{\pi/d^2} = \frac{P_{уд} \cdot 4}{d}, \quad (20)$$

откуда:

$$F_1 = 12,56 \text{ мм}^2; F_2 = 3,14 \text{ мм}^2,$$

$$\varepsilon = 0,57 + [0,043 / (1,1 - 3,14 / 12,56)] = 0,62,$$

$$\zeta = \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1\right)^2 = \left(\frac{1}{0,62} - 1\right)^2 = 0,376.$$

$$d = \frac{4 \cdot P_{уд}}{\sigma_{пр}}, \text{ мм.} \quad (21)$$

При средних предельных значениях напряжения растяжения (26,55 Н/мм<sup>2</sup>) и удельной разрывной нагрузки по основе/утку (15,36 Н/мм<sup>2</sup>) минимальное значение диаметра входного отверстия:

$$d = \frac{4 \cdot 15,36}{26,55} = 2,3 \text{ мм.} \quad (22)$$

Таким образом, при изготовлении перфораций в форме конфузора диаметр входного отверстия можно принять равным 2 мм и диаметр верхнего отверстия – 4 мм, исходя из технологических соображений. Для определения общего количества перфораций, расположенных в виде элементарной ячейки (рис. 4), необходимо соотнести размеры формообразующей поверхности элемента одежды и шаг отверстий ( $t$ ). При этом примем конструктивно шаг, равным 6 мм, что позволяет расположить в центре ячейки дополнительно отверстие  $d_2 = 2$  мм.

Проведем ориентировочный расчет потери напора отсасывающего воздуха через перфорации с помощью описанной установки с учетом геометрических параметров отверстий в нижней подушке и механических характеристик деформируемой ткани. Для числового примера примем следующие значения диаметров отверстий конфузора: 4 и 2 мм. Глубина отверстий, соответствующая толщине нижней подушки, составляет 6 мм. При этих данных угол конусности  $\alpha$  составляет 20°.

При внезапном сужении потеря напора определяется по формуле (6), где для расчета потери напора необходимо предварительно найти коэффициент местного сопротивления  $\zeta$  и коэффициент сжатия  $\varepsilon$ . Коэффициент сжатия определим по формуле (7), где  $n = F_2/F_1$  – отношение площадей отверстий в узком и широком сечениях:



Значение коэффициента местного сопротивления  $\zeta$  для конфузора окончательно определяют с учетом поправочного коэффициента  $k_{сж}$ , зависящего от угла конусности  $\alpha$  конфузора (рис. 4). Для  $\alpha=20^\circ$  можно принять  $k_{сж}=0,3$ . Тогда в соответствии с формулой (8) получим:

$$\varepsilon_{\text{конф}} = k_{сж} \zeta = k_{сж} \left( \frac{1}{\varepsilon} - 1 \right)^2 = 0,3 \cdot 0,376 = 0,113.$$

При известном значении скорости потока воздуха в узком сечении можно рассчитывать потерю напора (6).

## ВЫВОДЫ

1. Таким образом, для практической реализации данного способа формообразования элементов одежды необходимо выполнить перфорации в форме конфузора в нижней подушке рассматриваемого устройства. Отверстие в виде конфузора в соответствии с основами аэродинамики обеспечивает более плотное прилегание деформируемой ткани к поверхности подушки за счет увеличения площадей, охваченных напором отсасываемого воздуха при вакуумировании и большего давления в верхней плоскости подушки из-за увеличенного размера отверстия по сравнению с выходными отверстиями.

2. Выполнено обоснование размеров перфораций в зависимости от предельного состояния деформируемой ткани, характеризующего разрывной нагрузкой. Показано, что с учетом размеров элементов одежды для их формирования необходимо создать среднюю степень вакуума, определяемую давлением  $1 \cdot 10^{-3}$  мм рт.ст.

## 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 для ВТО деталей одежды // Проблемы текстиля. – Ташкент, 2011, №1. С. 63...66.

3. Патент UZ № FAP 00918. Устройство для формования объемных деталей одежды /Д.А. Бахриддинова, С.Ш. Ташпулатов, А.Д. Джураев, Т.Д. Кадиров, С.З. Юнусов, А.Ю. Тошев, Н.М. Ар-тикбаева, Б.А. Рихсиева // Расмийахборотнома. – 2012, № 6.

4. *Яворский Б.М., Детлаф А.А.* Справочник по физике. – М.: Наука, 1971.

5. *Костюков В.А.* Основы гидравлики и аэродинамики. – М.: Высшая школа, 1975.

## 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 dlya VTO detaley odezhdyy // Problemy tekstilya. – Tashkent, 2011, №1. S. 63...66.

3. Patent UZ № FAP 00918. Ustroystvo dlya formovaniya ob'emnykh detaley odezhdyy /D.A. Bakhriddinova, S.Sh. Tashpulatov, A.D. Dzhuraev, T.D. Kadirov, S.Z. Yunusov, A.Yu. Toshev, N.M. Ar-tikbaeva, B.A. Rikhsieva // Rasmiyakhborotnoma. – 2012, № 6.

4. Yavorskiy B.M., Detlaf A.A. Spravochnik po fizike. – M.: Nauka, 1971.

5. Kostyukov V.A. Osnovy gidravliki i aerodinamiki. – M.: Vysshaya shkola, 1975.

Рекомендована отделом организации научной работы АТУ. Поступила 01.04.19.