

УДК 677.46.494:687.02

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФОРМОВОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ
ДВУХСЛОЙНЫХ ТКАНЫХ ПОЛОТЕН**

**PREDICTION OF MOULDING ABILITY
DOUBLE-LAYER NONWOVEN FABRIC**

В.И. БЕСШАПОШНИКОВА, Л.А. ЛИПАТОВА, Ю.С. ШУСТОВ
V.I. BESSHAPOSHNIKOVA, L.A. LIPATOVA, YU.S. SHUSTOV

(Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))
(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: vibesvi@yandex.ru

Предложена математическая формула, которая позволяет прогнозировать формовочную способность двухслойных тканых полотен (ДТП) по показателям структуры и свойств элементов, составляющих его. Определены значения коэффициента адгезива, учитывающего влияние полимерного клея на формовочную способность ДТП. Сравнительный анализ данных теоретических и экспериментальных исследований подтвердил воспроизводимость прогнозирования математической модели.

A mathematical formula that predicts the forming ability of DNF on indicators of structure and properties of the consisted was prepared elements. The values of the coefficient of the adhesive, were defined taking into account the effect of the polymer adhesive on the molding ability of the test DNF. The comparative analysis of these

theoretical and experimental studies have shown relatively high prediction accuracy mathematical models.

Ключевые слова: композиционный текстильный материал, формовочная способность, прогиб проб при пространственном растяжении, теория подобия и анализа размерностей, прогнозирование, свойства.

Keywords: composite textile material, molding ability, deflection of samples with a spatial tension, similarity theory and dimensional analysis, forecasting properties.

В работе использовали композиционные текстильные материалы, реализуемые в торговой сети и полученные в лабораторных условиях на прессе по клеевой технологии соединения двух полотен сополиамидным клеевым порошком марки платамид Н105РА с температурой плавления 125°C или акриловым сополимером АКР-622 с температурой плавления 80°C. Количество клеевого адгезива 30 и 40 г/м², температура прессования 140...145°C для сополиамидного и 100...105°C для акрилового связующего, давление 0,03...0,04 МПа, время 25...30 с, увлажнение 10%, как наиболее оптимальные параметры формирования структуры многослойных ДТП [1], [2].

В работе в качестве показателя формовочной способности используется высота прогиба пробы (f, м), полученная в результате испытания ткани на продавливание шариком ГОСТ 29104.8–91.

Высота прогиба пробы есть функция следующих основных переменных:

$$f = \varphi (P_o, P_y, T_o, T_y, \Pi_o, \Pi_y, \rho, S_{пр}, F, n), \quad (1)$$

где P_o, P_y – разрывная нагрузка по основе/утку при одноосном растяжении, даН; Π_o, Π_y – плотность нитей по основе и утку; T_o, T_y – линейная плотность нитей по основе/утку, текс (мг/м); ρ – плотность вещества волокна, г/м³; $S_{пр}$ – площадь пробы при пространственном растяжении, м²; F – коэффициент переплетения нитей в ткани; n – доля использования разрывной нагрузки.

Применяя теорию подобия и анализа размерностей, представим приведенные факторы через основные характеристики:

$$\begin{aligned} P_o, P_y &= [M]^1 [L]^1 [T]^{-2}, \text{ Н}; \\ T_o, T_y &= [M]^1 [L]^{-1} [T]^0, \text{ мг/м}; \\ \Pi_o, \Pi_y &= [M]^0 [L]^0 [T]^0; \\ \rho &= [M]^1 [L]^{-3} [T]^0, \text{ г/м}^3; \\ S_{пр} &= [M]^0 [L]^2 [T]^0, \text{ м}^2; \\ F, n &= [M]^0 [L]^0 [T]^0. \end{aligned} \quad (2)$$

Аналитическое получение этой зависимости практически невозможно. Экспериментальное определение очень трудоемко. Однако если перейти от обычных физических величин к критериям подобия, то есть к величинам, составленным из тех же физических величин, но в определенных сочетаниях в зависимости от природы процесса, нахождение этой зависимости за счет сокращения количества переменных, становится незатруднительным. В качестве основных размерностей выбираем разрывную нагрузку P_o , площадь пробы $S_{пр}$, плотность вещества волокна ρ . Выбор этих показателей продиктован второй теоремой подобия [1], [2], то есть система имеет решение, причем единственное, если составленный из коэффициентов уравнения определитель Δ будет не равен нулю. В данном случае $\Delta = 4$, следовательно, $P_o, S_{пр}$ и ρ можно использовать в качестве основных размерностей.

Для нахождения критериев подобия используем метод нулевых размерностей, тогда получим уравнение вида (3):

$$\frac{f}{[P_o]^{\alpha_f} [\rho]^{\beta_f} [S_{пр}]^{\gamma_f}} = \varphi \left(\frac{P_y}{[P_o]^{\alpha_{Py}} [\rho]^{\beta_{Py}} [S_{пр}]^{\gamma_{Py}}}, \frac{T_o}{[P_o]^{\alpha_{To}} [\rho]^{\beta_{To}} [S_{пр}]^{\gamma_{To}}}, \frac{T_y}{[P_o]^{\alpha_{Ty}} [\rho]^{\beta_{Ty}} [S_{пр}]^{\gamma_{Ty}}}, \frac{\Pi_o}{[P_o]^{\alpha_{\Pi_o}} [\rho]^{\beta_{\Pi_o}} [S_{пр}]^{\gamma_{\Pi_o}}}, \frac{\Pi_y}{[P_o]^{\alpha_{\Pi_y}} [\rho]^{\beta_{\Pi_y}} [S_{пр}]^{\gamma_{\Pi_y}}}, \frac{F}{[P_o]^{\alpha_F} [\rho]^{\beta_F} [S_{пр}]^{\gamma_F}}, \frac{n}{[P_o]^{\alpha_n} [\rho]^{\beta_n} [S_{пр}]^{\gamma_n}} \right). \quad (3)$$

Решая каждый комплекс уравнения (3) в отдельности и подставляя данные из (2), по-

лучаем следующие выражения (4):

$$\begin{aligned} \frac{f}{[Po]^{\alpha f} [\rho]^{\beta f} [Snp]^{\gamma f}} &= \frac{f}{\sqrt{Snp}}; & \frac{Py}{[Po]^{\alpha Py} [\rho]^{\beta Py} [Snp]^{\gamma Py}} &= \frac{Py}{Po}; \\ \frac{T_o}{[Po]^{\alpha T_o} [\rho]^{\beta T_o} [Snp]^{\gamma T_o}} \frac{T_y}{[Po]^{\alpha T_y} [\rho]^{\beta T_y} [Snp]^{\gamma T_y}} &= \frac{T_o}{\rho Snp} \frac{T_y}{\rho Snp}; & \frac{F}{[Po]^{\alpha F} [\rho]^{\beta F} [Snp]^{\gamma F}} &= F; \\ \frac{\Pi_o}{[Po]^{\alpha \Pi_o} [\rho]^{\beta \Pi_o} [Snp]^{\gamma \Pi_o}} \frac{\Pi_y}{[Po]^{\alpha \Pi_y} [\rho]^{\beta \Pi_y} [Snp]^{\gamma \Pi_y}} &= \Pi_o \Pi_y; & \frac{n}{[Po]^{\alpha n} [\rho]^{\beta n} [Snp]^{\gamma n}} &= n. \end{aligned} \quad (4)$$

После нахождения критериев подобия уравнение (3) имеет следующий вид:

$$f = \frac{nFP_y T_o T_y \Pi_o \Pi_y}{P_o \rho^2 \sqrt{S_{np}^3}}. \quad (5)$$

В общем виде формула для расчета высоты прогиба пробы запишется так:

$$f = \eta \frac{nFP_y T_o T_y \Pi_o \Pi_y}{P_o \rho^2 \sqrt{S_{np}^3}}, \quad (6)$$

где η – коэффициент, равный $0,366 \cdot 10^2$ – для полотен из комплексных нитей, и $0,114 \cdot 10^2$ – для полотен, выработанных из пряжи.

Результаты теоретического прогнозирования и экспериментального исследования свойств ДТП представлены в табл. 1. Отмечено, что одинарные чистошерстяные ткани

обладают лучшей формуемостью, чем полушерстяные полотна. Шелковые ткани второго слоя ДПП плохо формуются. Высота прогиба пробы не превышает 3 мм для тканей полотняного переплетения и 5 мм – для саржи $\frac{1}{2}$, что свидетельствует о влиянии вида переплетения на формовочную способность текстильных материалов.

Высота прогиба проб ДПП уменьшается на 60...80%, по сравнению с исходными шерстьсодержащими тканями, и в 2...3 раза превышает этот показатель для шелковых тканей, что обусловлено особенностями структуры ДПП, присутствием клеевого связующего. Влияние связующего предложено характеризовать безразмерным коэффициентом адгезива $K_{ад}$. Тогда в общем виде формула для расчета высоты прогиба пробы ДПП по структурным характеристикам имеет вид:

$$f_{км} = K_{ад} \left(\eta_1 \frac{nF_1 P_{y1} T_{o1} T_{y1} \Pi_{o1} \Pi_{y1}}{P_{o1} \rho_1^2 \sqrt{S_{np}^3}} + \eta_2 \frac{nF_2 P_{y2} T_{o2} T_{y2} \Pi_{o2} \Pi_{y2}}{P_{o2} \rho_2^2 \sqrt{S_{np}^3}} \right), \quad (7)$$

где $f_{км}$ – прогиб ДПП при пространственном растяжении; $K_{ад}$ – безразмерный коэффициент адгезива; показатели с подстрочным индексом 1 характеризуют структуру и свойства первого слоя, с индексом 2 – второго слоя ДПП.

Для установления взаимосвязи коэффициента адгезива и характеристик структуры и свойств полотен и адгезива составляющих ДПП исследовали два типа образцов пакетов текстильных полотен, соединенных различными (акриловым и сополиамидным) адгезивами в количестве 30 и 40 г/м². Установ-

лено, что прогиб проб ДПП (табл. 1, образцы 1...4) с одинаковой текстильной структурой и различными адгезивами (акриловым и сополиамидным) отличаются незначительно. Однако с увеличением количества адгезива с 30 до 40 г/м², как акрилового, так и сополиамидного, существенно, на 15...20%, уменьшается прогиб проб (табл. 1, образцы 5...8), повышается жесткость при изгибе на 5...8%, что ограничивает подвижность и эластичность структурных элементов полотен и ДПП в целом.

Т а б л и ц а 1

№ образца	Обозначение ДТП	Структура ДТП 1 слой/2 слой	Волокнистый состав, %	Тип адгезива	Поверхностная плотность, г/м ²	Прогиб проб фактический		Прогиб проб ДТП		Отклонение, %	Коэффициент адгезива К _{ад}
						f _{факт} , мм, тканей		фактический f _{факт} , мм	расчетный f _{расч} , мм		
						1 слой	2 слой				
1	KM-22307A30	Костюмная арт. 22307	70Ш, 30Лс	АКР-622 (30 г/м ²)	364	11,9	1,85	7,1	7,0	1,5	0,53
		Ткань Мембрана 4856М	100Лс								
2	KM-35484A30	Пальтовая арт. 35484	100 Ш	АКР-622 (30 г/м ²)	631	19,0	2,8	11,5	11,0	4,3	0,53
		Ткань Поликотон арт.82510	50Лс50Хл								
3	KM-22307П30	Костюмная арт. 22307	70Ш, 30Лс	Платамид Н105РА (30г/м ²)	350	11,9	1,85	7,3	7,0	4,3	0,53
		Ткань Мембрана 4856М	100Лс								
4	KM-35484П30	Пальтовая арт. 35484	100 Ш	Платамид Н105РА (30г/м ²)	630	19,0	2,8	11,5	11,0	4,2	0,53
		Ткань Поликотон арт.82510	50Лс50Хл								
5	KM-35484A40	Пальтовая арт. 35484	100 Ш	АКР-622 (40 г/м ²)	641	19,0	2,8	9,6	9,15	4,8	0,44
		Ткань Поликотон арт.82510	50Лс50Хл								
6	KM-22307A40	Костюмная арт. 22307	70Ш, 30Лс	АКР-622 (40 г/м ²)	375	11,9	1,85	6,1	5,8	4,3	0,44
		Ткань Мембрана 4856М	100Лс								
7	KM-22307П40	Костюмная арт. 22307	70Ш, 30Лс	Платамид (40г/м ²)	373	11,9	1,85	5,7	5,8	1,6	0,44
		Ткань Мембрана 4856М	100Лс								
8	KM-35484П40	Пальтовая арт. 35484	100 Ш	Платамид Н105РА (40г/м ²)	640	19	2,8	9,5	9,15	3,8	0,44
		Ткань Поликотон арт.82510	50Лс,50Хл								

В результате расчетов в программе Excel определены значения коэффициента адгезива, учитывающего влияние полимерного клея на формовочную способность исследуемых ДТП: $K_{ад} = 0,53$ при содержании адгезива в структуре ДТП в количестве 30 г/м² и $K_{ад} = 0,44$ – при 40 г/м². Такая зависимость наблюдается и на других исследованных образцах.

Сравнительный анализ результатов экспериментальных исследований и прогнозирования, рассчитанного по формуле (7), показал, что отклонение данных не превышает 5%, что доказывает достоверность теоретической формулы и позволяет прогнозировать формовочную способность по

величине прогиба пробы при продавливании шариком с высокой степенью достоверности.

ВЫВОДЫ

В результате исследований получена математическая формула, которая позволяет прогнозировать формовочную способность ДТП по показателям структуры и свойств элементов, составляющих его. Сравнительный анализ данных теоретических и экспериментальных исследований показал достаточно высокую точность прогнозирования математической модели зависимости формовочной способности от

структуры и свойств адгезива и полотен, составляющих многослойный ДТП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмичев В.Е., Герасимова Н.А. Теория и практика процессов склеивания деталей одежды. – М.: Издательский центр "Академия", 2005.

2. Куликова Т.В., Ковалева Н.Е., Бессапошникова В.И., Штейнле В.А., Смирнова Н.А. Повышение прочности клеевых соединений текстильных материалов для производства швейных изделий //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, № 5. С.76...78.

REFERENCES

1. Kuzmichev V.E., Gerasimova N.A. Teoriya i praktika processov skleivaniya detalej odezhdy. – M.: Izdatelskij centr "Akademiya", 2005.

2. Kulikova T.V., Kovaleva N.E., Besshaposchnikova V.I., Shtejnle V.A., Smirnova N.A. Povyshenie prochnosti kleevyh soedinenij tekstilnyh materialov dlya proizvodstva shvejnyh izdelij //Izv. vuzov. Tehnologiya tekstilnoj promyshlennosti. – 2008, № 5. С.76...78.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товарной экспертизы. Поступила 10.04.17.
