

УДК 677.02; 677.027

**ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СВОБОДНОЙ ЭНЕРГИИ ПОВЕРХНОСТИ  
НА ГИДРОФОБНЫЕ СВОЙСТВА  
МОДИФИЦИРОВАННОГО ЦЕЛЛЮЛОЗНОГО ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА**

**THE INFLUENCE OF CHANGES OF SURFACE FREE ENERGY  
ON HYDROPHOBIC PROPERTIES  
OF MODIFIED CELLULOSIC TEXTILE MATERIAL**

*А.К. БАДАНОВА, А.Ж. КУТЖАНОВА, Г.Е. КРИЧЕВСКИЙ*  
*A.K. BADANOVA, A.ZH. KUTZHANOVA, G.E. KRICHEVSKY*

(Алматинский технологический университет, Республика Казахстан,  
Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского)  
(Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan,  
Moscow State University of Technologies and Management named after K.G. Razumovsky)  
E-mail: aika.e-mail@mail.ru

*В статье изложены результаты научных исследований по изучению влияния изменения свободной энергии поверхности на гидрофобные свойства модифицированного целлюлозного текстильного материала. Изменение показателей свободной энергии поверхности путем варьирования концентрации применяемых препаратов отражается на значениях крае-*

*вых углов смачивания. Выявлено, что снижение свободной энергии поверхности повышает гидрофобные свойства целлюлозного текстильного материала.*

*The article presents the results of research the influence of changing the surface free energy on the hydrophobic properties of the modified cellulosic textile material. Change of surface free energy by varying the concentration of chemicals is reflected in the values of contact angles. It was found that at decreasing of surface free energy the hydrophobic properties of cellulosic textile material are increased.*

**Ключевые слова:** свободная энергия поверхности, гидрофобность, краевой угол смачивания, критическое поверхностное натяжение, дисперсионная и полярная составляющие, неполярные группы, химическая модификация, полиуретан, целлюлозный текстильный материал.

**Keywords:** surface free energy, hydrophobicity, contact angle of wetting, critical surface tension, dispersion and polar components, non-polar groups, chemical modification, polyurethane, cellulosic textile material.

Известно, что основной принцип технологии придания текстильному материалу гидрофобных свойств – изменение энергетики поверхности [1]. Для придания гидрофобности текстильному материалу требуется снизить его свободную энергию поверхности. Вода является полярной жидкостью с поверхностным натяжением 72,8 мН/м [2]. Чтобы жидкость не смачивала поверхность текстильного материала, необходимо, чтобы критическое поверхностное натяжение материала было бы существенно ниже поверхностного натяжения жидкости [3].

Для выяснения закономерности изменения степени гидрофобности были исследованы дисперсионная и полярная составляющие свободной энергии поверхности хлопчатобумажной ткани (табл. 1). Известно, что чем выше полярная составляющая СЭП, тем больше вероятность смачивания ткани водой, и, наоборот, чем больше показатель дисперсионной составляющей СЭП, тем гидрофобней становится ткань [4], [5].

Для определения СЭП в работе использовался метод Оунса, Вендта, Рабеля и

Кьельбле (ОВПК), Owens-Wendt-Rabel-Kaelble method (OWRK). Краевые углы смачивания поверхности хлопчатобумажной ткани определяли двумя жидкостями с различными значениями дисперсионной и полярной компонент поверхностного натяжения. Для того чтобы определить полярную и дисперсионную составляющие СЭП ткани, в работе использовали в качестве первой (полярной) жидкости воду, а в качестве второй (дисперсионной) жидкости – предельный углеводород Siloil P20.275.20.

Проведенные исследования показали, что свободная энергия поверхности гидрофобизированной ткани намного меньше критического поверхностного натяжения воды, поэтому хлопчатобумажная ткань приобретает гидрофобные свойства. Из табл. 1 видно, что значение свободной энергии поверхности гидрофобизированной ткани резко уменьшается по сравнению с необработанной тканью и достигает значения 31,3 мН/м, что в 2,3 раза меньше свободной энергии поверхности необработанной ткани.

Образец ткани	Свободная энергия поверхности (СЭП) (Total IFT (IFT (s)), мН/м	Дисперсионная составляющая СЭП (Disperse Pt (IFT (s,d)), мН/м	Полярная составляющая СЭП (Polar Pt (IFT (s,p)), мН/м
Необработанная хлопчатобумажная ткань	$71,3 \pm 0$	$0,3 \pm 0$	$71 \pm 0$
Хлопчатобумажная ткань, обработанная ПЭГ (6000) и 2,4-ТДИ	$31,3 \pm 0$	$29,4 \pm 0$	$1,9 \pm 0$

При сравнении значений дисперсионной и полярной составляющих СЭП необработанной и модифицированной предложенным способом [6] ткани видно, что у необработанной ткани показатель полярной составляющей значительно преобладает над дисперсионной и составляет большую часть СЭП, фактически 99%, поэтому необработанный текстильный материал хорошо смачивается полярными жидкостями типа воды, спирта и т.п.,

(рис. 1-а); в случае гидрофобизированной ткани, наоборот – значительно преобладает дисперсионная составляющая, которая занимает большую часть свободной энергии поверхности, поэтому модифицированная ткань приобретает свойство гидрофобности (рис. 1-б). Рис. 1 – фотографии поверхности хлопчатобумажной ткани с каплями кофе, черного чая и молока: а) – до обработки; б) – после обработки ПЭГ (6000) и 2,4-ТДИ.



а)



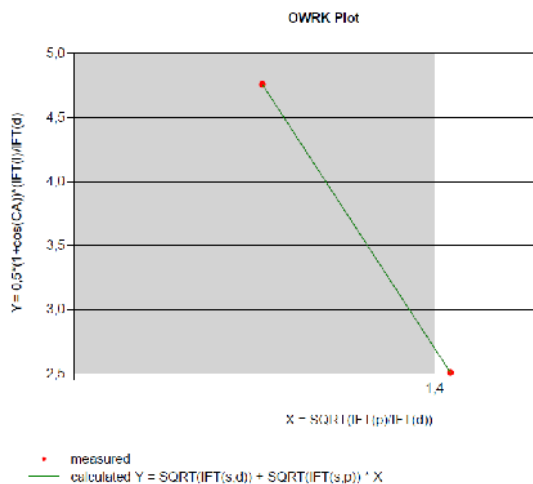
б)

Рис. 1

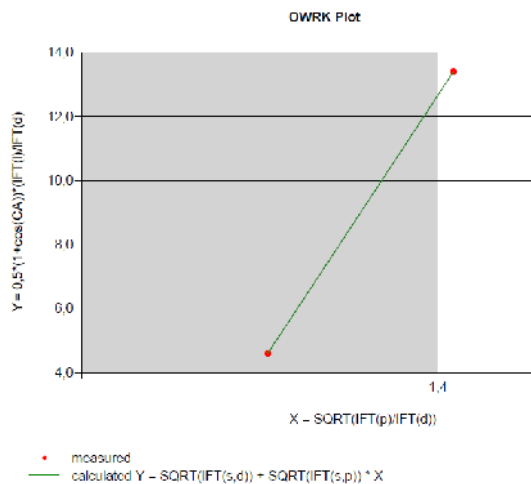
По полученным данным исследования краевых углов смачивания поверхности гидрофобной ткани используемыми жидкостями, а также дисперсионной и полярной компонент поверхностного натяжения жидкостей было рассчитано линейное уравнение регрессии в виде прямой и сделаны расчеты дисперсионной и полярной составляющих свободной энергии поверхности модифицированной ткани (рис. 2-а). Рис. 2 – графики линейного уравнения регрессии для расчета СЭП, дисперсионной и полярной составляющих СЭП: а) – хлопчатобумажной ткани, гидрофобизирован-

ной ПЭГ (6000) и 2,4-ТДИ; б) – необработанной хлопчатобумажной ткани.

По результатам исследований необработанной ткани получены совершенно иные данные линейного уравнения регрессии, и, следовательно, иные значения составляющих СЭП необработанной ткани, противоположные значениям составляющих СЭП ткани, гидрофобизированной ПЭГ (6000) и 2,4-ТДИ (рис. 2-б). Полученные данные свидетельствуют о преобладании полярной составляющей СЭП, поэтому необработанная ткань легко впитывает воду.



а)



б)

Рис. 2

Изменение показателей свободной энергии поверхности путем варьирования концентрации применяемых препаратов отражается на значениях краевых углов смачивания.

В табл. 2 представлены результаты измерения краевых углов смачивания, свободной энергии поверхности, а также ее дисперсионной и полярной составляющих при различных концентрациях компонентов и температуре термообработки.

Таблица 2

Концентрация ПЭГ (6000), г/л	Концентрация 2,4-ТДИ, мл/л	СЭП (свободная энергия поверхности), мН/м	Дисперсионная составляющая СЭП, мН/м	Полярная составляющая СЭП, мН/м	Краевой угол смачивания водой, °
При температуре термообработки 120°C					
5	6	31,3	29,4	1,9	125
5	30	38,3	33,7	4,6	133
15	6	25,1	24,8	0,3	118
15	30	31,7	29,9	1,8	124
При температуре термообработки 180°C					
5	6	30,4	28,6	1,8	125
5	30	30,8	28,8	2	126
15	6	34,5	31,6	2,9	128
15	30	28,7	27,9	0,7	119
Исходная ткань		71,3	0,3	71	44

Сравнивая полученные результаты, можно предположить, что при наименьшей концентрации всех компонентов (ПЭГ (6000) и 2,4-ТДИ) краевой угол смачивания практически не изменяется в зависимости от температуры термообработки (рис. 3).

При минимальной концентрации ПЭГ (6000) 5 г/л и максимальной концентрации 2,4-ТДИ 30 мл/л (температура термообработки 120°C) происходит резкое увеличе-

ние значения краевого угла смачивания вследствие увеличения количества NCO-групп, за счет которых происходит взаимодействие с большим количеством функциональных OH-групп целлюлозы, но при увеличении температуры термообработки (180°C) значение краевого угла уменьшается предположительно из-за разрыва связей в образовавшихся NHCOO-группах полиуретана, что приводит к деструкции волокна [7].

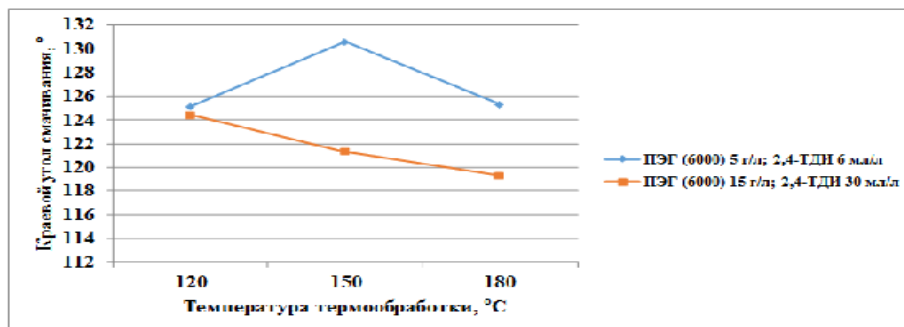


Рис. 3

При максимальной концентрации ПЭГ (6000) 15 г/л и минимальной концентрации 2,4-ТДИ 6 мл/л (температура термообработки 120°C) количество функциональных ОН-групп возрастает за счет ПЭГ (6000), и в реакцию вступает меньшее число ОН-групп целлюлозы [8], следовательно, краевой угол смачивания уменьшается.

При максимальной концентрации всех компонентов (ПЭГ (6000) 15 г/л и 2,4-ТДИ 30 мл/л, температура термообработки 120°C) краевой угол смачивания увеличивается, так как повышается количество NCO-групп по сравнению с предыдущим опытом. Но с увеличением температуры термообработки (180°C) значение краевого угла уменьшается из-за разрыва связей в образовавшихся NHCOO-группах полиуретана, что приводит к деструкции волокна (рис. 3).

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что свободная энергия поверхности модифицированного целлюлозного текстильного материала уменьшается и становится меньше поверхностного натяжения воды – снижается с 71,3 до 25,1 мН/м, что обеспечивает водоотталкивание.

2. Выявлено, что дисперсионная составляющая СЭП модифицированной ткани возрастает, а полярная составляющая резко уменьшается по сравнению с необработанной тканью, поэтому полярные жидкости (вода) перестают смачивать материал, угол становится больше 90°.

3. Установлено, что изменение свободной энергии поверхности целлюлозного текстильного материала путем варьирова-

ния концентрации применяемых препаратов влияет на уровень гидрофобности текстильного материала.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кричевский Г.Е. Все или почти все о текстиле. – В 3-х т. Т. 1. – М., 2013.
2. Кричевский Г.Е. Нано-, био-, химические технологии в производстве нового поколения волокон, текстиля и одежды. – Изд. 1-е. – М., 2011, С.197...198.
3. Кричевский Г.Е. Все или почти все о текстиле. – В 3-х т. Т. 2. – М., 2013.
4. Агеев А.А., Волков В.А. Поверхностные явления и дисперсные системы в производстве текстильных материалов и химических волокон. – М.: Совьяж Бево, 2004.
5. Наука о поверхностных явлениях. Теоретические аспекты изучения поверхностных свойств жидкостей и твердых тел: информационный проспект компании ООО "Тирит", KRUSS GmbH. – М.
6. Badanova Aigerim Kenzhebekovna, Taussarova Bizhamal Raimovna, Kutzhanova Aiken Zhumataevna. Hydrophobic finishing of cellulosic textile material // Scopus/World Applied Sciences Journal 30 (10): 1409-1416, 2014. DOI: 10.5829/idosi.wasj.2014.30.10.14188
7. Баданова А.К., Кричевский Г.Е., Таусарова Б.Р., Кутжанова А.Ж. Исследование и анализ гидрофобизированного целлюлозного волокна методом ИК-спектроскопии // Химический журнал Казахстана. – Алматы, Ордена Трудового Красного знамени Институт химических наук им. А.Б. Бектурова. – апрель-июнь 2014, №2 (46). С. 172...179.
8. Баданова А.К., Кричевский Г.Е., Таусарова Б.Р., Кутжанова А.Ж. Применение реакции полиуретанирования для придания гидрофобных свойств целлюлозным текстильным материалам // Вестник ТарГУ имени М.Х. Дулати: Природопользование и проблемы антропосферы. – Тараз, 2014, №1. С. 192...200.

Рекомендована Научно-техническим советом.  
Поступила 05.05.15.