

2. Для пропитки георешетки могут быть использованы водные растворы как минеральных (азотистых, фосфорных, калийных), так и органических удобрений.

3. Георешетка с пропиткой может быть использована для укрепления и озеленения слабых грунтов, склонов, устройства спортивных площадок, газонов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гостев В.Ф., Юскевич Н.Н. Проектирование садов и парков. – М.: Стройиздат, 1991. – 340 с.
2. Оформление ландшафта / Пер.с англ. – Челябинск: Урал, 1998. – 128 с.
3. Грузинцева Н.А., Овчинников А.А., Лысова М.А., Гусев Б.Н. Совершенствование номенклатуры показателей и оценки качества геотекстильных материалов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014. – № 3. – С. 28-32.
4. Способ изготовления геосетки для грунта; пат. № 2640216 Российская Федерация. № 2017108227; заявл. 13.03.2017; опублик. 27.12.2017, Бюл. № 36. – 2 с.

УДК 677.074.3/5:665.9

### **ВЛИЯНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ТКАНЕЙ НА АДГЕЗИОННУЮ ПРОЧНОСТЬ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

### **INFLUENCE OF FABRICS SURFACE ROUGHNESS ON THE GLUE CONNECTIONS ADHESIVE DURABILITY**

А.В. Баранов, О.В. Метелева, Л.И. Бондаренко, С.В. Леппяковская  
A.V. Baranov, O.V. Meteleva, L.I. Bondarenko, S.V. Leppyakovskaya

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnic University

E-mail: abaranov\_52@mail.ru, olmet07@yandex.ru, bondarenko.ivanovo@yandex.ru,  
leppya@mail.ru

**В работе проведен анализ влияния шероховатости поверхности полиэтилентерефталатных субстратов на процесс смачивания. Используются жидкости различной природы, и также акрилатный «постоянно липкий адгезив». Установлен метастабильный гетерогенный характер смачивания субстратов акрилатным адгезивом. Показано, что реологическая теория адгезии может правомерно использоваться для объяснения получаемых результатов.**

**Ключевые слова:** адгезия; смачивание; тестовая жидкость; краевой угол.

**The analysis a surface roughness influence of polietilentereftalatny substrata on wetting process is carried out in this work. Liquids of various nature, and akrilatny "constantly sticky adhesive" are used also. The metastable heterogeneous nature of substrata wetting by akrilatny adhesive is established. It is shown that the rheological adhesion theory can legally be used for an explanation of the received results.**

**Keywords:** adhesion; wetting; test liquid; regional corner.

В настоящее время широкое применение в различных сферах деятельности человека получили адгезивы, чувствительные к давлению (АЧД). Главной отличительной чертой АЧД является то, что они находятся в вязкотекучем состоянии в процессе формирования адгезионного соединения и в условиях эксплуатации. Вторым отличительным признаком АЧД является то, что они сохраняют свою липкость и после разрушения соединения, поэтому их часто называют «постоянно липкие адгезивы» [1], [2].

Одним из направлений использования АЧД является технология получения клеевых швов при изготовлении швейных изделий. Клеевые соединения, получаемые с помощью

АЧД, имеют ряд преимуществ по сравнению с другими видами неразъемных соединений: получение эластичного, прочного, надежного соединения различных материалов между собой и в различных сочетаниях; атмосферостойкость и стойкость клеевого шва к температурным воздействиям; герметичность соединения; возможность соединения тонких материалов и материалов различного волокнистого состава [3]. Основным недостатком, сдерживающим использование АЧД в технологии швейного производства, является сравнительно низкая прочность соединения.

Известно, что на прочность клеевого соединения влияет много факторов, в т. ч. свойства адгезива и склеиваемых материалов (субстратов). Среди них до сих пор малоисследованным фактором является влияние шероховатости поверхности субстрата на качество соединения. Управление параметрами адгезива (толщина, вязкость клеевого слоя) и образования клеевого соединения (давление и продолжительность его воздействия), учитывающими шероховатость субстрата (ткани), позволит обеспечить необходимую прочность получаемых клеевых соединений на его основе.

Целью данной работы являлось исследование влияния шероховатости поверхности субстратов на смачиваемость их жидкостями различной природы и на адгезионную прочность, получаемых с использованием АЧД клеевых соединений, для разработки метода оценки рельефа поверхности текстильных материалов и обеспечения их требуемой адгезионной прочности.

В качестве объектов исследования в работе были использованы: полиэтилентерефталатная (ПЭТФ) пленка толщиной 0,6 мм, обработанная наждачными бумагами с разным размером зерен; плащевые полиэфирные (ПЭф) ткани; тестовые жидкости (дистиллированная вода, глицерин, этанол, диметилформамид, диоксан, толуол); клеевая композиция на основе акриловой дисперсии Лакротэн Э-52.

В работе использовали *следующие* методы исследования: метод измерения краевого угла смачивания с использованием цифровой видеокамеры, метод исследования шероховатости поверхности материала с помощью профилометра модели 130, принцип действия которого основан на электрическом преобразовании механических колебаний алмазной иглы, возникающих при перемещении ее по неровностям исследуемой поверхности посредством индуктивного датчика. Оценку параметров шероховатости (рельефа) поверхности материалов осуществляли согласно ГОСТ 25142-82 [4]. Измерение адгезионной прочности осуществлялась методом расслаивания на универсальной испытательной машине ИР 5081-10 с программно-техническим комплексом, включающим IBM совместимый персональный компьютер. С помощью профилометра определяли все основные характеристики шероховатости исследуемых поверхностей. Анализ влияния шероховатости субстратов на величины краевого угла смачивания и адгезионную прочность проводили на основании среднего арифметического отклонения профиля  $Ra$ , определяемого как среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины [4]. Для каждого вида субстрата проводилось не менее пяти повторных измерений профиля поверхности. В качестве иллюстрации на рис.1 представлена профилограмма поверхности ПЭТФ – пленки.



Рис.1. Профилограмма поверхности ПЭТФ – пленки

Проведенное исследование на примере ПЭТФ – пленки показало, что все использованные в работе тестовые жидкости разделяются на две группы (рис. 2). Для одной группы жидкостей (вода, глицерин), обладающих «аномально» высокими значениями вязкости и поверхностного натяжения, наблюдается увеличение краевого угла смачивания ПЭТФ – пленки с ростом шероховатости, что свидетельствует об ухудшении смачиваемости поверхности.

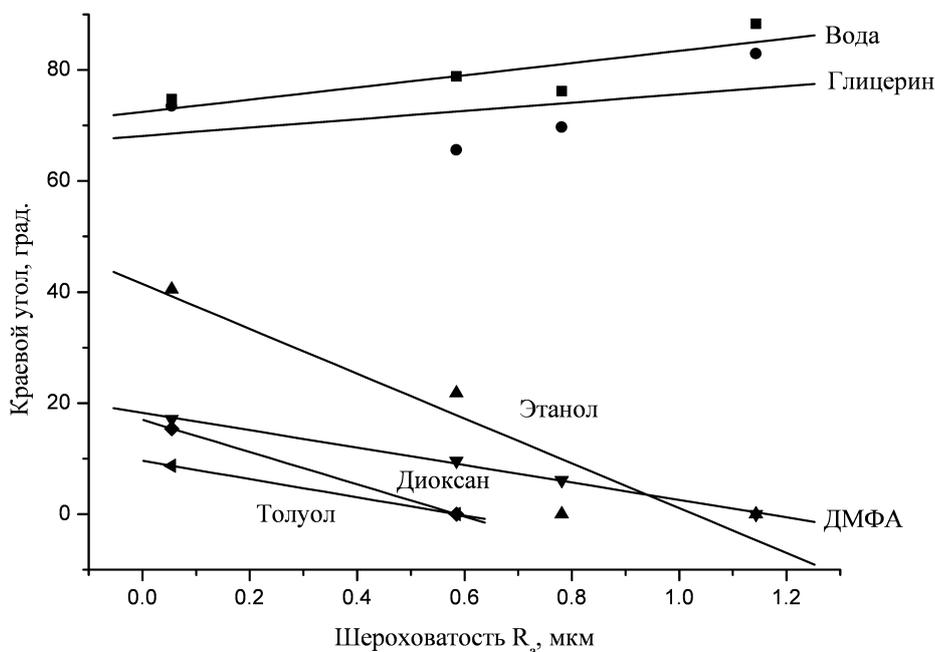


Рис.2. Влияние шероховатости ПЭТФ-пленки на смачиваемость ее тестовыми жидкостями

Для другой группы растворителей, обладающих низкими параметрами вязкости и поверхностного натяжения, наблюдается прямо противоположная картина, т. е. уменьшение краевого угла с ростом шероховатости поверхности субстрата. В данном случае имеет место хорошее смачивание, т. е. жидкость быстро заполняет микро- и нанонеровности и поэтому наблюдается гомогенный режим смачивания. Равновесное состояние в этом случае называют «состоянием Венцеля». При таком режиме смачивания краевой угол смачивания подчиняется уравнению Венцеля-Дерягина [5]:

$$\cos \theta_B = r \cdot \cos \theta_{Ю}, \quad (1)$$

где  $r$  – коэффициент шероховатости, равный отношению полной площади всех граней шероховатости к площади граней шероховатостей в проекции на основание;  $\theta_{Ю}$  – угол смачивания, определенный по закону Юнга для данного материала поверхности.

Увеличение краевого угла с ростом шероховатости в случае смачивания поверхности водой или глицерином обусловлено гетерогенным механизмом смачивания, при котором внутри впадин шероховатой поверхности находится воздух, т. е. фактически капли жидкости располагаются на дискретной воздушной подушке. Энергия границы раздела фаз «жидкость – газ» намного меньше энергии границы «твердое – жидкость», поэтому краевой угол при смачивании таких поверхностей также будет сильно отличаться от краевого угла Юнга и будет зависеть от соотношения площадей контактов «жидкость – газ» и «твердое – жидкость» в видимом контакте жидкости с поверхностью. Впервые такая модель была предложена Касси и Бакстером [6], [7]. Равновесное состояние в этом случае называют «состоянием Касси» (или «состоянием Касси-Бакстера»):

$$\cos \theta_K = -1 + (1 - \varphi) \cdot \theta_{Ю}, \quad (2)$$

где  $\varphi$  – доля площади смоченной поверхности (в проекции на основание).

Таким образом, для шероховатых поверхностей существует два основных режима смачивания: состояние Венцеля, в котором все полости рельефа поверхности заполнены жидкостью, и граница раздела фаз действительно представляет собой раздел фаз «жидкость – твердое», и состояние Касси, в котором внутри полостей рельефа поверхности стабилизированы пузырьки газа, и видимый контакт «жидкость – твердое» на самом деле представляет собой гетерогенную границу раздела фаз «жидкость – твердое – газ». Следует отметить, что состояние Венцеля термодинамически устойчиво и краевой угол с ростом шероховатости поверхности будет согласно формуле (1) либо снижаться при  $\theta_{Ю} < 90^\circ$ , либо увеличиваться  $\theta_{Ю} > 90^\circ$ .

В отличие от состояния Венцеля состояние Касси термодинамически устойчиво лишь для гидрофобных поверхностей ( $\theta_{Ю} > 90^\circ$ ). В случае гидрофильных поверхностей ( $\theta_{Ю} < 90^\circ$ ), как например с ПЭТФ-субстратом (см. рис. 2 и рис. 3) состояние Касси является метастабильным и с течением времени неминуемо должен произойти переход в состояние Венцеля, т. е. режим гомогенного смачивания.

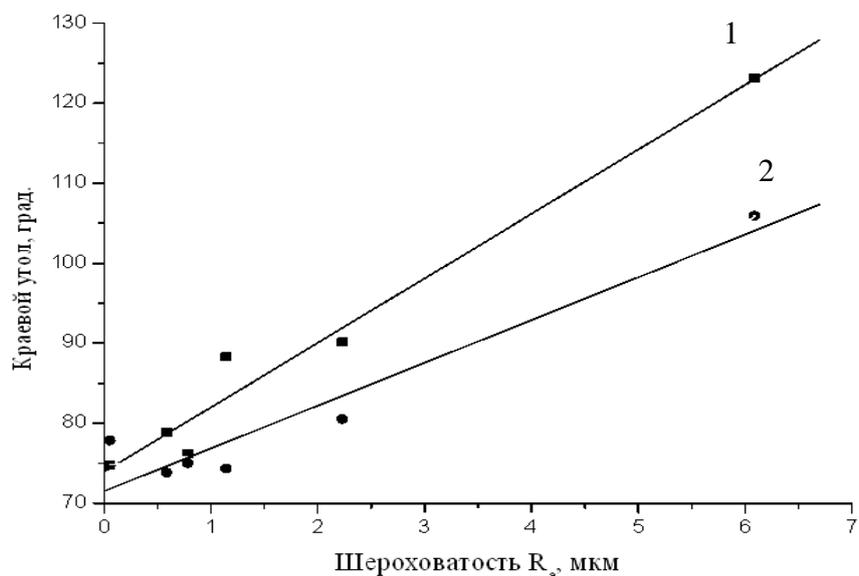


Рис.3. Влияние шероховатости материалов (пленка, ткань) на краевой угол смачивания дистиллированной водой (1) и клеевой композицией на основе акрилатной эмульсии (2)

Изучение влияния шероховатости на краевой угол смачивания субстратов и адгезива (ткани, пленка) клеевой композицией на основе Лакротэн Э-52 показало (см. рис. 3), что режим смачивания данным адгезивом является гетерогенным, и это обстоятельство приводит в свою очередь к появлению ярко выраженной кинетики нарастания адгезионной прочности клеевого соединения (рис. 4). Прочность адгезионного соединения увеличивается во времени, асимптотически приближаясь к некоторому предельному значению. Увеличение адгезионной прочности клеевого соединения во времени свидетельствует о постепенном переходе гетерогенного смачивания поверхности ткани адгезивом к гомогенному, т. е. состоянию Венцеля. Время достижения максимального значения адгезии зависит, в первую очередь от вязкости адгезива, а также от шероховатости субстрата [8]. Согласно реологической теории адгезии прочность соединения определяется величиной площади контакта адгезива с субстратом.

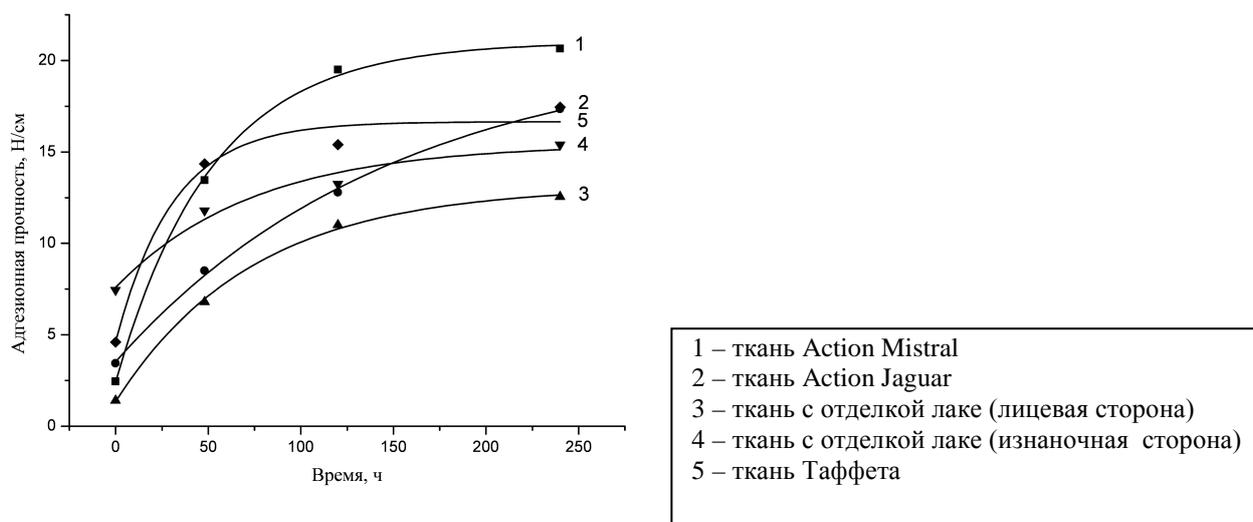


Рис.4. Кинетика нарастания адгезионной прочности клеевой композиции к ПЭф – тканям

В рамках подхода Уошборна в работе [9] предложено уравнение, описывающее кинетику изменения площади контакта субстрата с адгезивом в процессе формирования соединения:

$$S = \pi^2 d^2 \sqrt{\frac{Pt}{\eta}}, \quad (3)$$

где  $\eta$  – вязкость адгезива,  $d$  – средний диаметр пор,  $t$  – время контакта,  $P$  – давление сжатия адгезионного соединения.

Согласно выражению (3) кинетические кривые нарастания адгезионной прочности должны линеаризоваться при использовании  $t^{0.5}$ . Представленные на рис. 5 анаморфозы кинетических кривых свидетельствуют о том, что реологическая теория может служить основой для объяснения механизма образования клеевых соединений, получаемых с использованием «постоянно липких адгезивов».

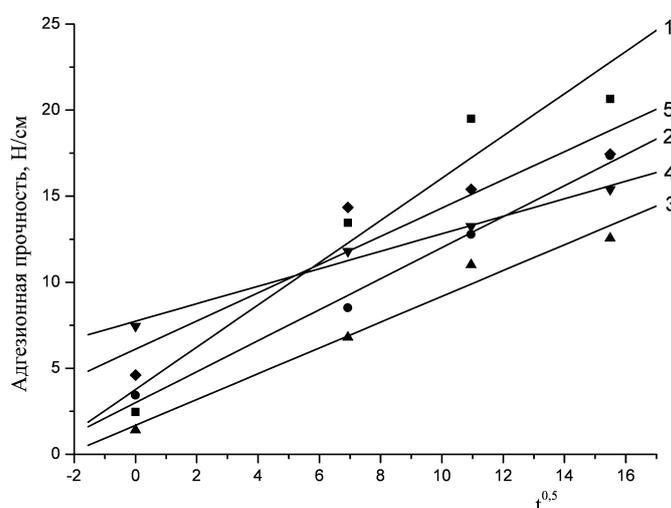


Рис. 5. Кинетика нарастания адгезионной прочности клеевой композиции к ПЭФ - тканям в координатах уравнения (3) (обозначения согласно рис. 4)

Таким образом, на основании полученных данных установлен гетерогенный характер смачивания на начальной стадии ПЭТФ-субстратов акрилатным адгезивом «постоянной липкости». Показана правомерность использования для объяснения полученных результатов по влиянию шероховатости поверхности субстрата на прочность клеевых соединений реологической теории адгезии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Чалых, А.А. Влияние деформационно-прочностных характеристик полимеров на их адгезионные свойства: дис. канд. хим. наук : 02.00.04 / А.А.Чалых. – М.: ИОНХ РАН, 2003. – 170с.
2. Бовальдинова, К.А. Получение и свойства «умных» чувствительных к давлению адгезивов на основе интерполимерных комплексов: дис. ... канд. хим. наук : 02.00.06 /К.А. Бовальдинова. – М.: ИНЭОС РАН, 2018. – 165с.
3. Сурикова, М.В. Соединение защитных материалов при использовании самоклеющегося пленочного материала / М.В. Сурикова, О.В. Метелева, Е.И. Коваленко // Известия вузов. Технология текст. пром-сти. – 2013. – № 5 (347). – С. 101 – 104.

4. ГОСТ 25142-82. Шероховатость поверхности. Термины и определения. – Введен 01.01.1983. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 22 с.
5. Wenzel, R.N. Resistance of solid surfaces to wetting by water / R.N. Wenzel // Ind. Eng. Chem. – 1996. – № 28(8). – P. 988–994.
6. Cassie, A.B.D. Large contact angles of plant and animal surfaces / A.B.D. Cassie, S. Baxter // Nature. – 1995. – № 155(3923). – P. 21–22.
7. Бойнович, Л. Б. Гидрофобные материалы и покрытия: принципы создания, свойства и применение / Л. Б.Бойнович, А. М. Емельяненко // Успехи химии. – 2008. – №77 (7). – С. 619–638.
8. Щербина, А.А. Переходные зоны в полимерных адгезионных соединениях. Фазовые равновесия, диффузия, адгезия : дис. ... канд. хим. наук : 02.00.06 / А.А.Щербина. – М.: ИФХЭ РАН, 2016. – 411с.
9. Гуль, В.Е. Адгезия полимеров / В.Е. Гуль, Л.Л. Кудряшова. – М.: Изд. АН СССР, 1968. – С. 134–136.

УДК 677.021.051+678.7

## **ВЛИЯНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ДИССИПАТИВНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА**

### **INFLUENCE OF CELLULOSIC FILLERS ON DISSIPATIVE PROPERTIES OF POLYMER COMPOSITE MATERIAL**

С.А. Кокшаров  
S.A. Koksharov

Институт химии растворов имени Г.А. Крестова Российской академии наук (г. Иваново)  
G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Sciences (г. Ivanovo)  
E-mail: [ksa@isc-ras.ru](mailto:ksa@isc-ras.ru)

**В сообщении приведены результаты оценки площади удельной поверхности льняной костры в сравнении с параметрами для хлопковых и льняных волокнистых материалов и древесных опилок. Прослежена взаимосвязь с эффективностью использования льняной костры в качестве тиксотропной добавки к нефтебитумной вибропоглощающей композиции.**

**Ключевые слова:** целлюлозные материалы, удельная поверхность, полимерные композиты, наполнители, демпфирование.

**The report presents data on the specific surface area of flax shive in comparison with cotton and linen fibrous materials and wood sawdust. The results correlate with the effectiveness of the use of a flax shive as a thixotropic additive to the oil-bituminous damping composite materials.**

**Keywords:** cellulose materials, specific surface area, polymer composites, fillers, damping.

Программа реализации проекта межрегионального кластера по выращиванию и глубокой переработке льноволокна в период с 2018 по 2022 годы предполагает восстановление полной технологической цепочки льняного производства, от выращивания льна до выпуска конечной продукции из льняных и полульняных тканей. Выпуск льноволокна должен достичь уровня 100 тыс. тонн в год, что обеспечит объем реализации текстильной продукции на сумму порядка 8200 млн. рублей в год. Масштабность проекта можно оценить в сопоставлении с аналитической информацией крупнейшей в мире статистической базы данных в области продовольствия и сельского хозяйства FAOSTAT [1], согласно которой объем мирового производства льняного волокна в 2015 и 2016 г.г. составил 750-800 тыс. тонн в год.