

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СШИВАЮЩИХ АГЕНТОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СЕТКИ И СВОЙСТВА СТИРОЛ-АКРИЛОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК**И. Слепчук, О.Я. Семешко, Т.С. Асаулюк, Ю.Г. Сарибекова**

Инна Слепчук, Ольга Яковлевна Семешко *, Татьяна Сергеевна Асаулюк, Юлия Георгиевна Сарибекова
Научно-исследовательский сектор, Херсонский национальный технический университет, Бериславское ш., 24, Херсон, Украина, 73008

E-mail: islepchuk@gmail.com, solgaya@gmail.com*, tatischevna@gmail.com, ysaribyekova@gmail.com

В статье изучено влияние сшивающих агентов на характеристики и свойства пленок из водных дисперсий стирол-акриловых полимеров Лакритекс 309, 430 и 640 с целью получения покрытий на текстильных материалах. В качестве сшивателей выбраны моно-, ди- и триглицидиловые эфиры. Выбор водных дисперсий полимеров и сшивателей обусловлен строгими экологическими требованиями к текстильной продукции. Путем определения количества ацетононерастворимых фракций сформированных полимерных пленок определено, что введение сшивателей требуется в дисперсию Лакритекс 640, а пленки на основе Лакритекс 430 и 309 отличаются высокой степенью межмолекулярной сшивки. Установлены оптимальные концентрации сшивателей, которые обеспечивают высокую степень отверждения Лакритекс 640. С помощью золь-гель метода рассчитаны структурные параметры пространственных сеток стирол-акриловых полимеров: доля золь-фракции, степень сшивки, доля активных цепей; средняя молекулярная масса отрезка цепи, плотность поперечного сшивания. Наивысшими показателями физико-механических характеристик обладают полимерные пленки из индивидуального полимера Лакритекс 430, композиций Лакритекс 640/Лапроксид 703 могут быть использованы в качестве полимерных матриц для текстильных материалов. Методом ИК-спектроскопии подтверждено формирование сшивок между гидроксильными и карбоксильными группами стирол-акрилового полимера и эпоксидными группами сшивающего агента. Исследование влияния водной и мыльно-содовой обработок при различных температурах показывает, что исследуемые пленки обладают высокими показателями устойчивости к воздействию воды и мыльно-содового раствора. Результаты исследования разрывной нагрузки при растяжении сформированных полимерных пленок, относительного удлинения при разрыве, твердость поверхности покрытия по Кенигу и липкости по методике FINAT (Test Method Number 9) свидетельствуют о высоких физико-механических показателях: повышенной механической прочности и эластичности, пониженной твердости и липкости. Таким образом, на основании проведенных исследований можно заключить, что индивидуальные стирол-акриловые полимеры Лакритекс 309 и 430 обеспечивают формирование прочной трехмерной пространственной структуры полимерной пленки, что позволяет использовать их без сшивающих агентов. Применение Лакритекс 640 возможно в композиции со сшивающим агентом Лапроксид 703 при оптимальной концентрации 4%. Полимерная пленка на основе данной композиции обладает высоким показателем степени сшивания, и как следствие, повышенной устойчивостью к действию органических растворителей, сниженной гидролитической деструкцией при высоких температурах и повышенными физико-механическими показателями.

Ключевые слова: стирол-акриловая дисперсия, сшивающий агент, полимерная пленка, степень сшивания

INVESTIGATION OF IMPACT OF CROSSLINKING AGENTS ON CHARACTERISTICS OF SPATIAL NET AND PROPERTIES OF STYRENE-ACRYLIC POLYMER FILMS

I. Slepchuk, O.Ya. Semeshko, T.S. Asaulyuk, Yu. G. Saribekova

Inna Slepchuk, Olga Ya. Semeshko*, Tatiana S. Asaulyuk, Yuliya G. Saribekova

Research sector, Kherson National Technical University, Berislav highway, 24, Kherson, 73008, Ukraine

E-mail: islepchuk@gmail.com, solgaya@gmail.com*, tatisevna@gmail.com, ysaribekova@gmail.com

The influence of crosslinking agents on the characteristics and properties of films from aqueous dispersions of styrene-acrylic polymers Lacritex 309, 430 and 640 was studied in order to obtain coatings on textile materials. Mono-, di- and triglycidyl esters are chosen as crosslinking agents. The choice of aqueous dispersions of polymers and crosslinkers is due to strict environmental requirements for textile products. By determining the amount of aceton-insoluble fractions of the formed polymer films, it was determined that the incorporation of crosslinkers is required in the Lacritex dispersion 640, and the films based on Lacritex 430 and 309 are distinguished by a high degree of intermolecular crosslinking. Optimum concentrations of crosslinkers have been established, which provide a high degree of curing of Lacritex 640. Using the sol-gel method, the structural parameters of the spatial nets of styrene-acrylic polymers (the part of sol fraction, the degree of crosslinking, the part of active chains, the average molecular weight of the chain segment, the crosslink density) were calculated. The polymer films from the individual polymer Lacritex 430 have the highest indexes of physic mechanical characteristics. Lacritex 640/Laproxide 703 compositions can be used as polymer matrixes for textile materials. The formation of crosslinks of hydroxyl and carboxyl groups of the styrene-acrylic polymer with epoxy groups of the crosslinking agent was confirmed by IR spectroscopy. The investigation of the effect of water and soap-soda treatments at various temperatures shows that the films under study have high resistance to water and soap-soda solution. The results of investigation of the tensile strength, the elongation at break, the hardness of the coating surface by the Koenig method and the stickiness according to the FINAT method (Test Method Number 9) of the formed polymer films indicate high physical and mechanical properties such as increased mechanical strength and elasticity, reduced hardness and tackiness. Thus, based on the studies carried out, it can be concluded that the individual styrene-acrylic Lacritex polymers 309 and 430 provide the formation of a strong three-dimensional spatial structure of the polymer film and can be used without crosslinking agents. The use of Lacritex 640 is possible in the composition together with the Laproxide 703 crosslinking agent at an optimum concentration of 4%. A polymer film based on this composition has a high degree of crosslinking, and as a result, increased resistance to organic solvents, reduced hydrolytic degradation at high temperatures, and increased physico-mechanical properties. A polymer film based on this composition has a high degree of crosslinking, hence, has increased resistance to organic solvents, reduced hydrolytic degradation at high temperatures, and increased physical and mechanical properties.

Key words: styrene-acrylic dispersion, crosslinking agent, polymer film, crosslinking degree

Для цитирования:

Слепчук И., Семешко О.Я., Асаулюк Т.С., Сарибекова Ю.Г. Исследование влияния сшивающих агентов на характеристики пространственной сетки и свойства стирол-акриловых полимерных пленок. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2018. Т. 61. Вып. 7. С. 68–76

For citation:

Slepchuk I., Semeshko O.Ya., Asaulyuk T.S., Saribekova Yu.G. Investigation of impact of crosslinking agents on characteristics of spatial net and properties of styrene-acrylic polymer films. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2018. V. 61. N 7. P. 68–76

подложку и высушивают при 80 °С. Далее полученные образцы полимерных пленок экстрагируют ацетоном в течение 24 ч. После извлечения и высушивания пленок до постоянной массы рассчитывают степень их отверждения по разности масс [1].

Для определения доли золь-гель фракции образцы пленок сначала экстрагировали ацетоном, а затем бензолом. Далее в ходе расчетов определяли содержание золь-фракции S :

$$S = \frac{m_a - m_b}{m_a};$$

где m_a – масса образца после экстрагирования ацетоном, г; m_b – масса образца после экстрагирования и набухания в бензоле, г.

Степень сшивания полимера j :

$$j = \frac{1}{S + \sqrt{S}} \cdot 100;$$

Доля активных цепей V_c :

$$V_c = (1 - S)^2 \cdot (1 - 2jS) \cdot (1 + 2jS).$$

Теория расчета структурных параметров сетки основана на явлении равновесного набухания Флори-Ренера и связывает число активных цепей сетки $1/M_c$ с относительной долей полимера в набухшей системе V_r :

$$\frac{1}{M_c} = \frac{V_r + \chi V_r^2 + \ln(1 - V_r)}{\rho_k V_0 (V_r^{1/3} - 0,5V_r)},$$

где V_r – объемная доля полимера в набухшем образце; χ – константа взаимодействия полимер-растворитель (константа Хаггинса); ρ_k – плотность полимера, г/см³; V_0 – парциальный мольный объем растворителя.

Плотность поперечного сшивания ν определена из формулы:

$$\nu = \frac{1}{2M_c}.$$

ИК-спектры полимеров получали на ИК-Фурье спектрометре Nicolet-iS10 (Thermo Fisher Scientific, США) с использованием детектора DTGS, светодетектора KBr и приставки Smart Performer, оснащенной ZnSe кристаллом. Измерение проводили при разрешении 4 см⁻¹; зона спектра 4000-650 см⁻¹. Спектры обрабатывали с использованием программы OMNIC-7.0.

Испытание устойчивости пленок к гидrolитической деструкции проводили при температуре 20, 40 и 100 °С, в мыльно-содовом растворе – в течение 1 ч при 40 °С.

Определение разрывной нагрузки пленок при растяжении и относительного удлинения при разрыве проводили на машине РТ-250М.

Твердость поверхности покрытия механически измеряли по тесту на время уменьшения амплитуды колебаний маятника по Кенигу согласно ГОСТ Р 52166-2003.

Определение липкости полимерных пленок было осуществлено по методике FINAT (Test Method Number 9), которая заключается в опускании петли из полимера на жесткую пластину известной площади и измерении усилия, необходимого для отрыва петли от подложки. Измерения проводили на приборе LT-1000 Loop Tack Tester («ChemInstruments», США).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

С целью изучения процесса сшивки в системе наиболее широко используют количественный анализ характеристик полимера, основанный на применении теории строения полимерных сеток. В данной работе эффективность сшивающего действия исследуемых эфиров оценивали по количеству ацетононерастворимых фракций сформированных полимерных пленок. Анализ полученных результатов показывает, что индивидуальные полимерные пленки, сформированные из Лакритекс 640, растворимы в ацетоне и не способны обеспечить необходимые показатели качества полимерного покрытия [10]. Пленки на основе индивидуальных стирол-акриловых полимеров Лакритекс 430 и 309 [11, 12] отличаются высокой степенью межмолекулярной сшивки, в результате чего получено значительное количество ацетононерастворимой фракции – 97 и 68% соответственно.

Ранее уже получены результаты влияния Лапроксидов на степень сшивания уретанового полимера Аквапол 12 [13]. Установлено, что применение глицидиловых эфиров является эффективным методом повышения физико-химических свойств полиуретановой дисперсии Аквапол 14, при этом наилучшим комплексом свойств обладают образцы полимера, сшитые триглицидиловым эфиром марки Лапроксид ТМП.

Поэтому далее было изучено влияние концентрации сшивающих агентов на сшивку Лакритекс 640 (рис. 2).

Данные рис. 2 показывают, что для стабилизации пленки Лакритекс 640 оптимальное количество сшивающих агентов Лапроксидов марок 301-Б, АФ, 702 и ТМП находится в пределах 6-10%, что обеспечивает достаточно высокую степень отверждения 54-84%. При введении в стирол-акриловый полимер Лапроксидов марок 603 и 703 в концентрации 2% степень отверждения состав-

ляет 78-79%, а при повышении концентрации сшивающего агента до 10% достигает максимального значения 97-99%.

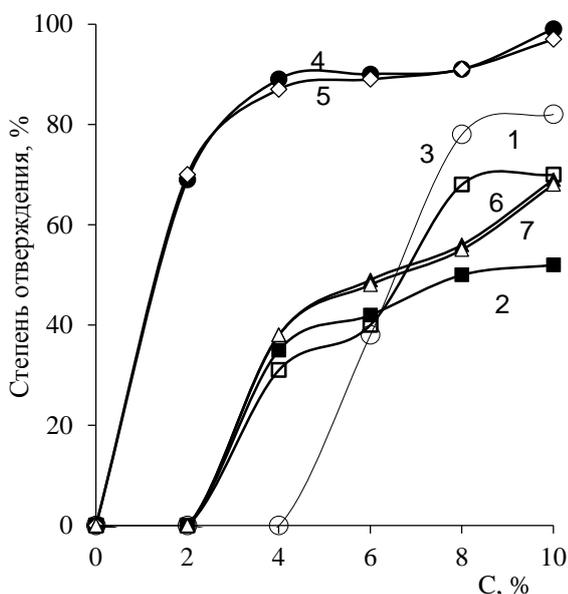


Рис. 2. Влияние концентрации сшивающих агентов на степень отверждения пленок на основе Лакритекс 640:

1 – Лапроксид 301Б, 2 – Лапроксид АФ, 3 – Лапроксид 702, 4 – Лапроксид 703, 5 – Лапроксид 603, 6 – Лапроксид ТМП, 7 – Appareta ECO

Fig. 2. Effect of the concentration of crosslinking agents on the degree of curing of films based on Lacritex 640: 1 – Laproxide 301B, 2 – Laproxide АФ, 3 – Laproxide 702, 4 – Laproxide 703, 5 – Laproxide 603, 6 – Laproxide ТМП, 7 – Appareta ECO

Для расчета структурных параметров сетки исследуемых полимеров индивидуально и со сшивающими агентами использовали золь-гель метод. Определение пространственных характеристик пленок основано на их равновесном набухании в растворителях [14-15]. Рассчитанные характеристики пространственных сеток стирол-акриловых полимеров представлены в табл. 2.

Учитывая то, что индивидуальная пленка Лакритекс 640 неустойчива к действию растворителей, введение сшивающих агентов повышает степень структурирования полимера. Применение в качестве сшивающего агента 4% Лапроксид 703 дает наиболее низкий показатель средней молекулярной массы отрезка цепи [16], который составляет 50 г/моль по сравнению с 10% Лапроксид 702-2403 г/моль, 10% Лапроксид ТМП

– 792 г/моль и Лапроксид 603-437 г/моль, что приводит к значительному повышению плотности поперечного сшивания композита Лакритекс 640/Лапроксид 703 до $10 \cdot 10^{-3}$ моль/см³.

Проанализировав экспериментальные данные физико-механических характеристик полимерных пленок, сделан вывод, что пленки из индивидуального полимера Лакритекс 430, композиций Лакритекс 640/Лапроксид 703 могут быть использованы в качестве полимерных матриц для придания специальных свойств текстильным материалам.

Далее в работе методом ИК-спектроскопии были изучены исследуемые стирол-акриловые полимеры (рис. 3-5).

Таблица 2

Влияние сшивающих агентов на характеристики пространственной сетки стирол-акриловых полимеров
Table 2. Effect of crosslinking agents on the characteristics of the spatial net of styrene-acrylic polymers

Состав	S	j	Vc	Mc	$\nu \cdot 10^{-3}$
Лакритекс 430	0,13	7,30	0,98	52	9,6
Лакритекс 309	0,09	34,48	0,88	67	7,4
Лакритекс 640/Лапроксид 702	0,22	4,43	0,39	2403	0,21
Лакритекс 640/Лапроксид ТМП	0,21	4,65	0,56	792	0,63
Лакритекс 640/Лапроксид 703	0,12	7,90	0,91	50	10,0
Лакритекс 640/Лапроксид 603	0,20	4,80	0,67	437	1,14

Примечание: S – доля золь-фракции; j – степень сшивки, %; Vc – доля активных цепей; Mc – средняя молекулярная масса отрезка цепи, г/моль; $\nu \cdot 10^{-3}$ – плотность поперечного сшивания, моль/см³

Note: S – sol-gel fraction, j – degree of cross-linkage, %; Vc – fraction of active chains; Mc – average molecular mass of chain segment; $\nu \cdot 10^{-3}$ – density of cross-linkage, mol/cm³

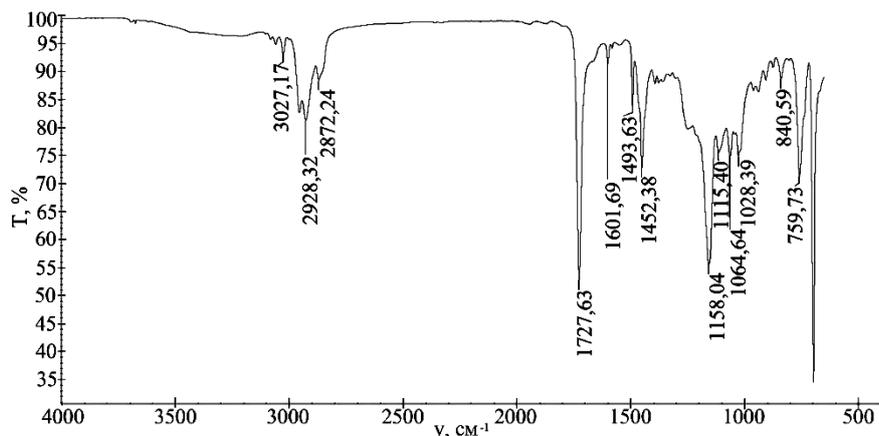


Рис. 3. ИК спектр пленки из стирол-акрилового полимера Лакритекс 430

Fig. 3. IR spectrum of a film of a styrene-acrylic polymer Lacritex 430

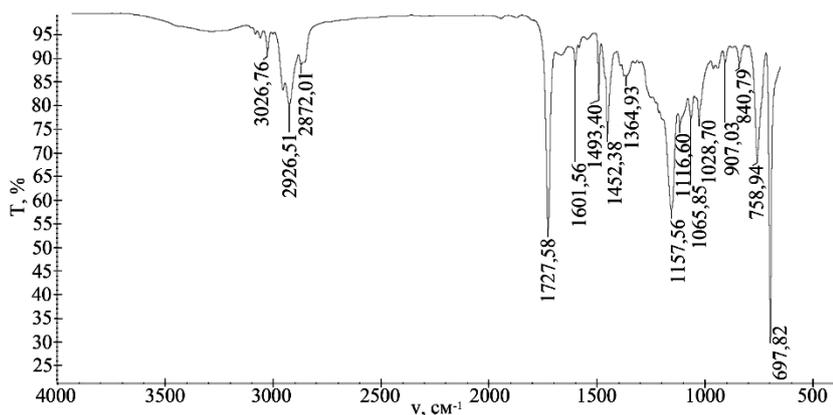


Рис. 4. ИК спектр пленки из стирол-акрилового полимера Лакритекс 390

Fig. 4. IR spectrum of a film of a styrene-acrylic polymer Lacritex 390

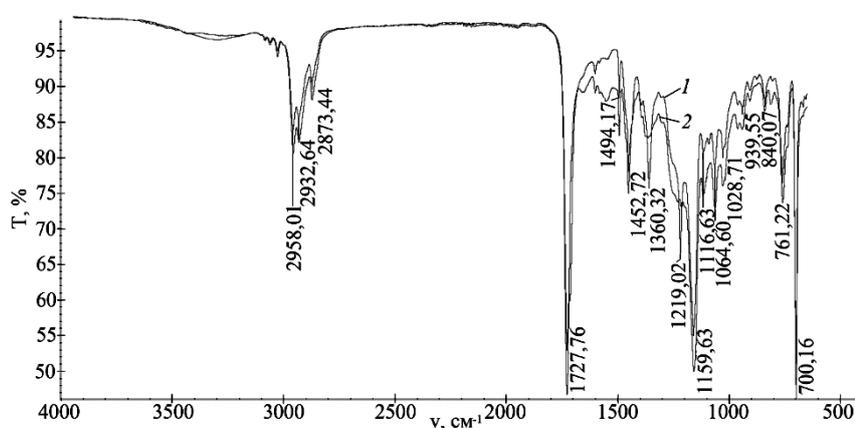


Рис. 5. ИК спектры пленок из стирол-акриловых полимеров: 1 - Лакритекс 640; 2 - композиция Лакритекс 640/Лапроксид 703
Fig. 5. IR spectra of films of styrene-acrylic polymers: 1 - Lacritex 640; 2 - composition Lacritex 640/Laproxide 703

Характерные полосы поглощения, соответствующие мономерным звеньям акрилата [16], присутствуют при 1727 см^{-1} , что является результатом асимметричных и симметричных валентных колебаний $\text{C}=\text{O}$ в карбоксильной группе. Несвязанная карбоксильная группа для Лакритекс 640 присутствует при 1715 см^{-1} [17].

Валентные колебания $\text{C}-\text{O}-\text{H}$ групп наблюдались около 1158 см^{-1} для всех стирол-акриловых полимеров и 1219 см^{-1} для Лакритекс 640, а симметричные и асимметричные колебания $\text{C}-\text{CH}_3$ были замечены при 1452 и 1360 см^{-1} . В то время как внеплоскостной пик $\text{C}-\text{H}$ наблюдался при 758 см^{-1} , широкие пики поглощения при 2955 , 2923 и 2853 см^{-1} обусловлены алифатическими участками ($\text{C}-\text{H}$), такими как $-\text{CH}_2$ и $-\text{CH}_3$ [16, 18]. Пики среднего поглощения при 698 , 697 и 700 см^{-1} связаны с внеплоскостными поперечными колебаниями фенильного кольца.

Изменение в форме полос валентных колебаний указывает на структурные и конформационные изменения, происходящие благодаря введению сшивающего агента Лапроксид 703 в матрицу стирол-акрилового полимера Лакритекс 640. Отсутствие характерных интенсивных пиков для Лакритекс 640 при 1219 см^{-1} ($\text{C}-\text{O}-\text{H}$) и 1360 см^{-1} ($\text{C}-\text{CH}_3$), а также сдвиг колебания карбоксильной группы $-\text{C}=\text{O}$ с 1715 до 1727 см^{-1} свидетельствует о формировании сшивок между гидроксильными и карбоксильными группами стирол-акрилового полимера и эпоксидными группами сшивающего агента [19].

Таким образом, введение сшивающего агента в стирол-акриловый полимер Лакритекс 640 характеризуется отсутствием интенсивных пиков при 1219 см^{-1} (группы $\text{C}-\text{O}-\text{H}$) и 1360 см^{-1} (группы $\text{C}-\text{CH}_3$), что подтверждает формирование сшивок в макромолекуле полимера по механизму, представленному на рис. 1. Сдвиг в значении пиков карбоксильной группы $-\text{C}=\text{O}$ для пленок на основе стирол-акриловой дисперсии Лакритекс 640 подтверждает формирование водородных связей [19] с эпоксидными группами сшивающего агента, способствующих повышению степени сшивания полимеров.

Длительный срок эффективной эксплуатации изделия является важнейшей задачей при модификации полимера. Под действием солнечного света, высокой температуры, воды, кислорода воздуха в полимерных изделиях быстро начинают протекать процессы разложения, и накапливаются продукты деструкции. К одному из наиболее распространенных видов химической деструкции полимеров для текстильной продукции относится гидролиз, который сказывается на показателе устойчивости изделий к мокрым обработкам. Склонность к гидролизу определяется природой функциональных групп и связей, входящих в состав полимера. При гидролизе боковых функциональных групп изменяется химический состав полимера; при гидролизе связей, входящих в состав основной молекулярной цепи, снижается молекулярная масса полимера.

Поскольку текстильные материалы с покрытиями из стирол-акриловых дисперсий во время

эксплуатации подвергаются воздействию воды и мыльногидролитической деструкции, изучили устойчивость индивидуальных пленок и полимерных композиций со сшивающими агентами к водной обработке при различных температурах и к мыльно-содовой обработке в течение 1 ч при 40 °С (табл. 3).

Таблица 3

Влияние водной и мыльно-содовой обработок на стабильность стирол-акриловых полимеров
Table 3. Effect of aqueous and soap-soda treatments on the stability of styrene-acrylic polymers

Показатель	Состав полимера			
	Лакритекс 430	Лакритекс 309	Лакритекс 640	Лакритекс 640/ Лапроксид 703
Гидролитическая стабильность:				
20 °С	100	100	91	100
40 °С	100	100	89	100
100 °С	95	100	85	98
Устойчивость к мыльно-содовой обработке	100	100	55	100

Из полученных данных видно, что практически все образцы в различной степени подвергаются гидролитической деструкции. Пленки Лакритекс 309 при всех исследуемых температурах гидролиза сохраняют 100% устойчивость. Снижение массы образца Лакритекс 430 при гидролитической деструкции при 100 °С происходит на 5%, причем при 20 и 40 °С пленки остаются стабильными.

Исследование гидролитической стабильности пленок Лакритекс 640 показало снижение массы образца на 8-15% в зависимости от применяемой температуры гидролитической деструкции [20]. Однако введение Лапроксида 703 приводит к полной устойчивости композиционных пленок при 20 и 40 °С, а при 100 °С масса образца снижается на 2%.

Согласно полученным результатам (табл. 3), индивидуальные пленки Лакритекс 430 и 309 не подвержены деструкции под действием мыльно-содовой обработки, тогда как степень деструкции пленки Лакритекс 640 составила 45%. Использование сшивающего агента Лапроксид 703 повышает стабильность композиционных пленок на основе Лакритекс 640, при которой потеря массы в ходе стирок составляет 2-3%.

Таким образом, пленки из индивидуальных полимеров Лакритекс 430 и 309 обладают высокими показателями устойчивости к воздействию воды и мыльно-содового раствора. Введение сши-

вающего агента в полимерную композицию Лакритекс 640 позволяет повысить стабильность пленки до 100% при 20 и 40 °С, а также повысить устойчивость к водной деструкции при 100 °С на 4-6%.

К полимерным защитным пленкам предъявляют ряд требований: эластичность, механическая прочность, пониженная липкость и, следовательно, низкое грязеудержание. Поэтому в работе были определены физико-механические показатели полученных пленок (табл. 4).

Таблица 4

Влияние сшивающих агентов на физико-механические свойства стирол-акриловых полимеров
Table 4. Effect of crosslinking agents on the physico-mechanical properties of styrene-acrylic polymers

Показатель	Состав полимера			
	Лакритекс 430	Лакритекс 309	Лакритекс 640	Лакритекс 640/ Лапроксид 703
Условная прочность при растяжении, σ_r , МПа	8	14	6	6
Относительное удлинение при разрыве, ϵ_r , %	470	120	800	640
Твердость по Кенигу, Кб, с	9	32	-	5
Липкость, кПа	-	-	20	-

Индивидуальные стирол-акриловые пленки Лакритекс 430 и 309 обладают высокой прочностью на разрыв 8 и 14 МПа. Липкость у обоих типов полимерных пленок отсутствует, однако показатель твердости и удлинения на разрыв существенно отличается. Для пленки Лакритекс 430 твердость по Кенигу имеет значение 9 с при $\epsilon_r = 470\%$, а для Лакритекс 309 удлинение на разрыв составляет 120% при твердости в 32 с. Индивидуальный полимер Лакритекс 640 обладает липкостью в 20 кПа, прочность и удлинение при разрыве которого соответствует 6 МПа и 800%, соответственно. Введение Лапроксида 703 исключает липкость композита на основе Лакритекс 640, а твердость образца равна 5 с. Наблюдается снижение удлинения при разрыве до 640%, при этом прочность при разрыве остается неизменной.

ВЫВОДЫ

Формирование прочной трехмерной пространственной структуры пленок обеспечивают стирол-акриловые индивидуальные полимеры Лакритекс 309 и 430, что позволяет использовать дан-

ные полимеры без сшивающих агентов. Для Лакри-текс 640, обладающего низким показателем структурирования, введение глицидиловых эфиров приводит к повышению степени сшивания до 89%, и, как следствие, повышению устойчивости к действию органических растворителей, снижению гидролитической деструкции при высоких температурах и повышению физико-механических показателей.

Таким образом, с целью формирования полимерных покрытий на текстильных материалах

для иммобилизации различных специальных добавок и сообщения им защитных свойств целесообразным является применения индивидуальных стирол-акриловый полимеров Лакритекс 309 и 430. Наиболее эффективным сшивающим действием по отношению к стирол-акриловому полимеру Лакритекс 640 обладает триглицидиловый эфир полиоксипропилен триола торговой марки Лапроксид 703, который при концентрации 4% обеспечивает степень сшивания 90%.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Wicks Z.W., Jones F.N., Pappas S.P., Wicks D.A.** Organic Coatings: Science and Technology. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2007. 746 p.
2. **Jones F.N., Nichols M.E., Pappas S.P.** Other Resins and Cross-Linkers. Organic Coatings: Science and Technology. John Wiley & Sons, Inc. 2017. P. 235-245. DOI: 10.1002/9781119337201.ch17.
3. **Wu S., Soucek M.D.** Crosslinking of acrylic latex coatings with cycloaliphatic diepoxide. *Polymer*. 2000. V. 41. Issue 6. P. 2017-2028. DOI: 10.1016/S0032-3861(99)00370-5.
4. **Tillet G.** Chemical reactions of polymer crosslinking and post-crosslinking at room and medium temperature. *Progress in Polymer Science*. 2011. V. 36. P. 191-217.
5. **Geng H., Wang M., Wang M., Ge X., Wang W.** Preparation and properties of the self-crosslinked acrylic rubber via Gamma ray initiated emulsion polymerization. *Polymer Engineering and Science*. 2006. V. 46. Issue 12. P. 1748-1753. DOI: 10.1002/pen.20641.
6. **Wang W., Chang Z., Wang M., Zhang Z.** Effect of carboxyl on vulcanization and mechanical properties of carboxylated acrylic rubber prepared by 60Co- γ -ray-induced polymerization. *J. Appl. Polym. Sci.* 2006. V. 102. Issue 6. P. 5587-5594. DOI: 10.1002/app.24897.
7. **Wang Y., Chen Z., Yu F.** Preparation of epoxy-acrylic latex based on bisphenol F epoxy resin. *J. Macromolec. Sci. Part A*. 2017. V. 55. Issue 2. P. 1-8. DOI: 10.1080/10601325.2017.1410065.
8. **Гаврилова О.Е., Никитина Л.Л.** Применение перспективных полимерных материалов в легкой промышленности для повышения качества изделий. *Вестн. Казан. технологич. ун-та*. 2014. Т. 17. № 18. С. 96-99.
9. **Меленчук Е.В., Козлова О.В., Аleshina А.А.** Использование дисперсий акриловых полимеров при печати тканей пигментами. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2011. Т. 54. Вып. 1. С. 13-20.
10. **Слепчук И., Кулиш И.Н., Сарибекова Д.Г.** Исследование влияния сшивающих агентов на характеристики пространственной сетки стирол-акрилового полимера Ласгутех 640. *Изв. вузов. Технология текстил. пром-ти*. 2014. № 2. С. 83-86.
11. **Слепчук И., Кулиш И.Н., Сарибеков Г.С.** Влияние бесформальдегидных препаратов на процесс отверждения акриловых полимеров, используемых в композиционных отделочных составах. *Вестн. Херсон. национал. технич. ун-та*. 2012. № 2 (45). С. 180-183.
12. **Pasichnyk M., Slepchuk I., Michielsen S.** Network characterization and swelling behavior of polymer compositions for surface modification of textile materials. Science, Technology and Higher Education. Westwood: Accent Graphics communications. 2012. V. II. P. 479-485.

REFERENCES

1. **Wicks Z.W., Jones F.N., Pappas S.P., Wicks D.A.** Organic Coatings: Science and Technology. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2007. 746 p.
2. **Jones F.N., Nichols M.E., Pappas S.P.** Other Resins and Cross-Linkers. Organic Coatings: Science and Technology. John Wiley & Sons, Inc. 2017. P. 235-245. DOI: 10.1002/9781119337201.ch17.
3. **Wu S., Soucek M.D.** Crosslinking of acrylic latex coatings with cycloaliphatic diepoxide. *Polymer*. 2000. V. 41. Issue 6. P. 2017-2028. DOI: 10.1016/S0032-3861(99)00370-5.
4. **Tillet G.** Chemical reactions of polymer crosslinking and post-crosslinking at room and medium temperature. *Progress in Polymer Science*. 2011. V. 36. P. 191-217.
5. **Geng H., Wang M., Wang M., Ge X., Wang W.** Preparation and properties of the self-crosslinked acrylic rubber via Gamma ray initiated emulsion polymerization. *Polymer Engineering and Science*. 2006. V. 46. Issue 12. P. 1748-1753. DOI: 10.1002/pen.20641.
6. **Wang W., Chang Z., Wang M., Zhang Z.** Effect of carboxyl on vulcanization and mechanical properties of carboxylated acrylic rubber prepared by 60Co- γ -ray-induced polymerization. *J. Appl. Polym. Sci.* 2006. V. 102. Issue 6. P. 5587-5594. DOI: 10.1002/app.24897.
7. **Wang Y., Chen Z., Yu F.** Preparation of epoxy-acrylic latex based on bisphenol F epoxy resin. *J. Macromolec. Sci. Part A*. 2017. V. 55. Issue 2. P. 1-8. DOI: 10.1080/10601325.2017.1410065.
8. **Gavrilova O.E., Nikitina L.L.** Application of prospect polymer materials in light industry for increasing quality of goods. *Vestn. Kazan. Tekhnolog. Un-ta*. 2014. V. 17. N 18. P. 96-99 (in Russian).
9. **Melenchuk E.V., Kozlova O.V., Aleshina A.A.** Application of dispersions of acrylic polymers at printing fabrics with pigments. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2011. V. 54. N 1. P. 13-20 (in Russian).
10. **Slepchuk I., Kulish I.N., Saribekova D.G.** Study of effect of linking agents on parameters of space net of styrol-acrylic polymer Lacrytex 640. *Izv. Vuzov. Tekhnologiya Tekstil. Prom-ti*. 2014. N 2. P. 83-86 (in Russian).
11. **Slepchuk I., Kulish I.N., Saribekov G.S.** Influence of non-formaldehydes agents on process of curing of acrylic polymers applying in composite finishing compositions. *Vestn. Kherson Nats. Tekhnich. Un-t.* 2012. N 2 (45). P. 180-183 (in Russian).
12. **Pasichnyk M., Slepchuk I., Michielsen S.** Network characterization and swelling behavior of polymer compositions for surface modification of textile materials. Science, Technology and Higher Education. Westwood: Accent Graphics communications. 2012. V. II. P. 479-485.

13. **Слепчук И. Семешко О.Я., Сарибекова Ю.Г., Кулиш И.Н., Горохов И.В.** Исследование влияния сшивающих агентов на характеристики пространственной сетки и свойства уретанового полимера. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2016. Т. 59. Вып. 7. С. 86-91.
14. **Карасёва С.Я., Дружинина Ю.А.** Химия и физика полимеров. Учебное пособие по самостоятельной работе и лабораторному практикуму. Самара: СамГТУ. 2014. 115 с.
15. **Прокопчук Н.Р., Касперович О.М.** Химия и физика полимеров. Лабораторный практикум. Минск: БГТУ. 2010. 96 с.
16. **Fischer E.J., Cuccato D., Storti G., Morbidelli M.** Effect of the Charge Interactions on the Composition Behavior of Acrylamide/Acrylic Acid Copolymerization in Aqueous Medium. *Eur. Polym. J.* 2017. V. 98. P. 302-312. DOI: 10.1016/j.eurpolymj.2017.11.022.
17. **Phadnis S.** Proton Exchange Membranes by Grafting of Styrene-Acrylic Acid onto FEP by Preirradiation Technique. I. Effect of Synthesis Conditions. *J. Appl. Polym. Sci.* 2003. V. 90. P. 2572-2577.
18. **Naghash H.J.** Synthesis and Properties of Styrene-Butylacrylate Emulsion Copolymers Modified by Silane Compounds. *J. Appl. Polym. Sci.* 2009. V. 112. P. 1037-1044.
19. **Cherdoud-Chihani A.** Study of Crosslinking Acid Copolymer/DGEBA Systems by FTIR. *J. Appl. Polym. Sci.* 2003. V. 87. P. 2033-2051.
20. **Slepchuk I., Kulish I., Saribekov G., Sybbotina N.** Estimation of properties of polyurethane dispersions crosslinked by glycidyl ethers with different end-functionality. Interdisciplinary integration of Science in Technology, Education and Economy. Bydgoszcz: Polish Mechan. Eng. and Technic. Association. 2013. P. 521-531.
13. **Slepchuk I., Semeshko O.Ya., Saribekova Yu.G., Kulish I.N., Gorokhov I.V.** Research of influence of cross-linking agents on characteristics of spatial grid and properties of urethane polymer. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2016. V. 59. N 7. P. 86-91 (in Russian).
14. **Karasova S.Ya., Druzhinina Yu.A.** Chemistry and physics of polymers. Tutorial on independent work and labs. Samara: SamGTU. 2014. 115 p. (in Russian).
15. **Prokopchuk N.R., Kasperovich O.M.** Chemistry and physics of polymers. Laboratory Practice. Minsk: BG TU. 2010. 96 p. (in Russian).
16. **Fischer E.J., Cuccato D., Storti G., Morbidelli M.** Effect of the Charge Interactions on the Composition Behavior of Acrylamide/Acrylic Acid Copolymerization in Aqueous Medium. *Eur. Polym. J.* 2017. V. 98. P. 302-312. DOI: 10.1016/j.eurpolymj.2017.11.022.
17. **Phadnis S.** Proton Exchange Membranes by Grafting of Styrene-Acrylic Acid onto FEP by Preirradiation Technique. I. Effect of Synthesis Conditions. *J. Appl. Polym. Sci.* 2003. V. 90. P. 2572-2577.
18. **Naghash H.J.** Synthesis and Properties of Styrene-Butylacrylate Emulsion Copolymers Modified by Silane Compounds. *J. Appl. Polym. Sci.* 2009. V. 112. P. 1037-1044.
19. **Cherdoud-Chihani A.** Study of Crosslinking Acid Copolymer/DGEBA Systems by FTIR. *J. Appl. Polym. Sci.* 2003. V. 87. P. 2033-2051.
20. **Slepchuk I., Kulish I., Saribekov G., Sybbotina N.** Estimation of properties of polyurethane dispersions crosslinked by glycidyl ethers with different end-functionality. Interdisciplinary integration of Science in Technology, Education and Economy. Bydgoszcz: Polish Mechan. Eng. and Technic. Association. 2013. P. 521-531.

Поступила в редакцию 14.09.2017
Принята к опубликованию 30.05.2018

Received 14.09.2017
Accepted 30.05.2018