

УДК 674.093.26

**Е. В. Коробко¹, Е. А. Баштовая¹, И. М. Харламова¹,
М. А. Барташевич¹, Л. В. Игнатович²**

¹Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова
Национальной академии наук Беларуси

²Белорусский государственный технологический университет

ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ И ВНЕШНИХ ПОЛЕЙ НА ТЕКУЧЕСТЬ МОДИФИЦИРОВАННЫХ КЛЕЕВЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ ФАНЕРНОЙ ПРОДУКЦИИ

Проведены измерения вязкости и исследование изменения во времени ее величин для клеевых композиций на основе карбамидоформальдегидной смолы марки КФ-НФП без наполнителя и с наполнителями (аэросил, диатомит) при воздействии на них электрического и магнитного полей. Исследования являются продолжением экспериментов по определению оптимального клеевого состава при изготовлении фанерной продукции. Установлено, что воздействие электрического поля на текучесть клеевой композиции оказывается наибольшим при использовании частиц диатомита по сравнению с применением аэросила, при этом отсутствует изменение показателей клеевой основы. Воздействие магнитного поля приводит к изменению текучести как наполненных, так и ненаполненных клеевых составов. Обработка внешними полями клеевых композиций с различными наполнителями дает возможность управлять текучестью клеевых составов, что может быть использовано при оптимизации режимных параметров технологического процесса склеивания пластов фанеры.

Ключевые слова: карбамидоформальдегидная смола, диатомит, аэросил, вязкость, электрическое поле, магнитное поле.

**E. V. Korobko¹, E. A. Bashtovaya¹, I. M. Kharlamova¹,
M. A. Bartashevich¹, L. V. Ignatovich²**

¹A. V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute
of the National Academy of Sciences of Belarus

²Belarusian State Technological University

THE IMPACT OF THE PARTICULATE FILLER AND EXTERNAL FIELDS ON THE FLUIDITY OF MODIFIED ADHESIVE COMPOSITIONS FOR PLYWOOD PRODUCTS

The measurements of viscosity and the study of its changing over time values for adhesive compositions based on urea-formaldehyde resin KF-NFP without filler and with fillers (Aerosil, diatomaceous earth) when exposed to electric and magnetic fields are carried out. Studies are a continuation of experiments to determine the optimum adhesive composition in the manufacture of plywood production. It is found that the effect of the electric field on the fluidity of the adhesive composition is the greatest when using diatomite particles over the use of Aerosil, with no change in the adhesive performance basis. Exposure to a magnetic field causes a change in fluidity as the filled and unfilled adhesive compositions. Processing of external fields of adhesive compositions with various fillings enables to control fluidity of adhesives that can be used to optimize the mode parameters of plywood layers gluing process.

Keywords: urea-formaldehyde resin, diatomite, aerosil, viscosity, electrical field, magnetic field.

Введение. Фанера общего назначения находит широкое применение в столярно-строительном и мебельном производстве Республики Беларусь и за ее пределами. В качестве связующего при формировании пакетов пластов древесины часто используются термореактивные смолы, применение которых в деревообработке определяет эксплуатационные характеристики выпускаемой фанерной продукции. К основным эксплуатационным характеристи-

кам фанерной продукции относят физико-механические (прочностные), теплофизические, экологические и другие показатели.

Известно, что карбамидоформальдегидная смола марки КФ-НФП, которая составляет основу клеевой композиции, чувствительна к влиянию магнитного поля [1]. Используемые наполнители не реагируют на магнитное воздействие, но обладают заметной поляризуемостью в электрических полях [2, 3]. Поэтому они

и были применены при изучении воздействия внешнего электрического поля на текучесть клеевых композиций, что в свою очередь напрямую связано с параметрами технологического процесса производства.

Основная часть. Определялось влияние электрического и магнитного полей на текучесть (показатель, обратный вязкости) клеевых композиций на основе карбамидоформальдегидного клея, модифицированного наполнителями. Клеевые композиции представлены тремя составами: клеевая композиция с наполнителем диатомитом (далее КК-Д), клеевая композиция с наполнителем аэросилом (далее КК-А), клеевая композиция без наполнителя (далее КК). Составы исследуемых материалов представлены в табл. 1.

Таблица 1
Составы клеевых композиций

Тип клеевой композиции	Смола КФ-НФП, мас. %	Отвердитель сульфат аммония, мас. %	Наполнитель	
			Диатомит, удельная поверхность 20 м ² /г, мас. %,	Аэросил, удельная поверхность 300 м ² /г, мас. %
КК-Д	92	2	6	0
КК-А	96	2	0	2
КК	98	2	0	0

На основании проведенных предварительных исследований нами были выбраны оптимальные режимные параметры обработки электрическим и магнитным полем клеевых композиций (табл. 2).

Таблица 2
Режимные параметры предварительной обработки клеевых составов электрическим полем

Номер опыта	Напряженность электрического поля E, В/см	Предварительное время выдержки, ч	Состав
1	0	0	КК-Д
2	2500	4	КК-Д
3	0	0	КК-А
4	2500	4	КК-А
5	0	0	КК
6	2500	4	КК

Влияние электрического поля. Вышеуказанные составы подвергали воздействию электрического поля в плоской ячейке, в которой зазор между электродами составлял 4 см. Предварительное время выдержки в электрическом поле и его напряженность были одинаковыми для всех образцов.

Исследуемое вещество помещалось в плоскую стеклянную емкость, расположенную между электродами конденсатора. На один из них подавалось постоянное электрическое напряжение от высоковольтного источника, второй электрод заземлялся. Измерение условной вязкости проводилось при помощи проточного вискозиметра ВЗ-246 с диаметром сопла 4 мм по ГОСТ 9070–75 при комнатной температуре (20–22°С). Условная вязкость представляет собой отношение времени истечения 200 мл вещества ко времени истечения такого же объема дистиллированной воды при определенных температурах. Поскольку все опыты проводились при одной комнатной температуре, то для сравнительной оценки текучести по показаниям условной вязкости сравнение результатов осуществлено по абсолютному значению времени истечения клеевых композиций.

Прежде всего измеряли время истечения из воронки образца клеевой композиции до обработки электрическим полем, затем сразу после воздействия в течение определенного времени выдержки в электрическом поле и далее через равные промежутки времени в диапазоне 0–5 ч. В этом же временном режиме оценивалась и контрольная проба (без обработки полем) такого же образца. Результаты влияния электрического поля на изменение условной вязкости клеевых составов во времени представлены на рис. 1.

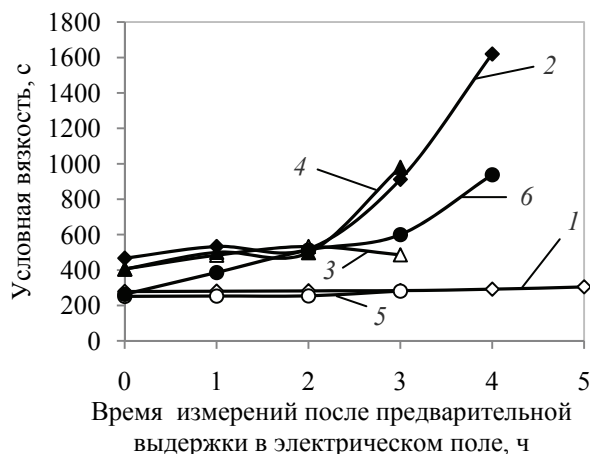


Рис. 1. Изменение условной вязкости клеевых композиций во времени после предварительной выдержки в электрическом поле:
1 – опыт № 1; 2 – опыт № 2; 3 – опыт № 3;
4 – опыт № 4; 5 – опыт № 5; 6 – опыт № 6

При измерениях зафиксировано увеличение вязкости для всех составов клеевой композиции сразу же после отключения электрического поля. Так, вязкость состава КК-Д после предварительной выдержки в электрическом поле сразу увеличилась на 67% (кривая 2, рис. 1, точка на оси ординат) по сравнению с показателем для

необработанного полев образца (кривая 1, рис. 1). Через два часа наблюдался рост вязкости во времени, обусловленный, как предполагается, в основном, действием отвердителя в системе. Однако следует отметить, что образец клеевой композиции № 6, не содержащий дисперсный наполнитель, густеет позже – только через три часа после отключения электрического поля, т. е. наполнитель ускоряет процесс загустевания после определенного критического значения времени, намного превышающего нормативные параметры технологии склеивания пластов древесины. Так, для пятислойной стопки фанеры при давлении 1,2–1,5 МПа и температуре прессования 115–130°C время выдержки составляет 3,5 мин.

После 4 ч измерений величина условной вязкости данной клеевой композиции достигла значения 1620 с, что значительно превышает требуемые показатели при ее применении в производстве фанеры.

Для состава клеевой композиции с аэросилом КК-А начальная условная вязкость после воздействия электрическим полем (кривая 4, рис. 1) имеет величину большую, чем клеевой состав КК-Д (кривая 2, рис. 1). Клеевой состав КК-А не изменил свою вязкость в течении $t < 2$ ч после отключения поля (увеличение всего на 0,2%) по сравнению с необработанным составом (кривая 3, рис. 1). При сравнении изменений зависимостей условной вязкости от времени для клеевых составов КК-Д и КК-А (кривые 2 и 4, рис. 1), обработанных полем, видно, что они сходны между собой.

Предварительная выдержка в электрическом поле состава КК не дала заметных изменений вязкости при $t < 3$ ч – после выключения поля вязкость клеевого состава КК увеличилась всего на 4,7% по сравнению с необработанным составом (кривая 5, рис. 1). Далее наблюдается ее плавный рост во времени, меньший, чем для составов клеевой композиции, содержащей наполнителя.

Влияние магнитного поля. Клеевые составы, указанные в табл. 1, были подвергнуты воздействию постоянного магнитного поля. Напряженность магнитного поля в экспериментах составила 400 и 600 кА/м, время выдержки было одинаковым – 30 мин.

Составы клеевых композиций и режимные параметры их предварительной обработки магнитным полем представлены в табл. 3.

Исследование влияния магнитного поля на текучесть клеевых составов проводилось в том же режиме оценки, что и в эксперименте с электрическим полем. На рис. 2–4 представлены полученные результаты.

Предварительная выдержка в магнитном поле как при напряженности 400 кА/м, так и при 600 кА/м не повлияла на изменение начальной

вязкости клеевого состава с диатомитом (КК-Д) (показатели на оси ординат кривых 2 и 3, рис. 2). К концу проведения эксперимента вязкость этих же составов увеличилась на 28 и 33,6% соответственно по сравнению с данными для необработанных полев составов (кривая 1, рис. 2).

Таблица 3

Составы клеевых композиций и режимные параметры их предварительной обработки магнитным полем

Номер опыта	Напряженность магнитного поля h , кА/м	Время выдержки, мин	Состав
1	0	0	КК-Д
2	400	30	КК-Д
3	600	30	КК-Д
4	0	0	КК-А
5	400	30	КК-А
6	600	30	КК-А
7	0	0	КК
8	400	30	КК

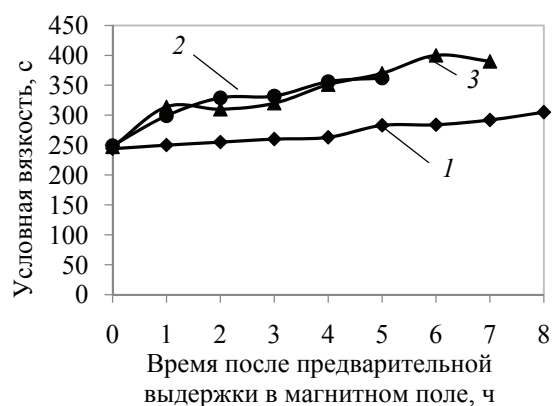


Рис. 2. Изменение условной вязкости клеевой композиции КК-Д во времени после предварительной выдержки в магнитном поле: 1 – опыт № 1; 2 – опыт № 2; 3 – опыт № 3

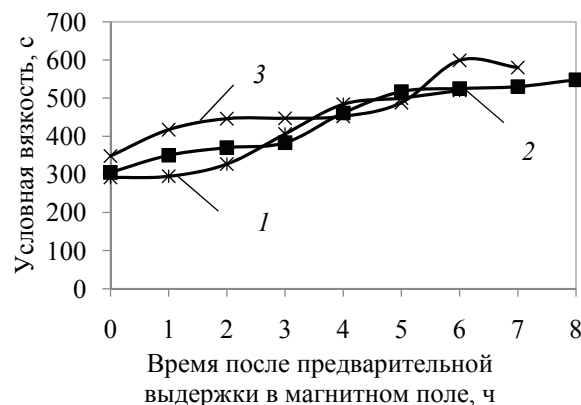


Рис. 3. Изменение условной вязкости клеевой композиции КК-А во времени после предварительной выдержки в магнитном поле: 1 – опыт № 4; 2 – опыт № 5; 3 – опыт № 6

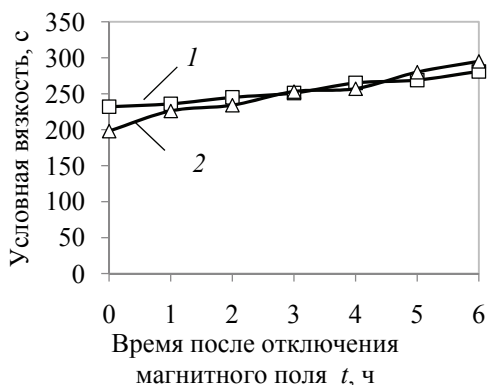


Рис. 4. Изменение условной вязкости клеевой композиции КК во времени после предварительной выдержки в магнитном поле: 1 – опыт № 7; 2 – опыт № 8

Также следует отметить, что увеличение напряженности магнитного поля с 400 до 600 кА/м практически не повлияло на изменение вязкости клеевого состава КК-Д.

После предварительной выдержки клеевого состава КК-А в магнитном поле напряженностью 400 кА/м не наблюдается изменения начального значения вязкости. К концу проведения эксперимента вязкости обработанного и необработанного составов практически совпадают (изменение ≈1%; опыты № 5 и 4, рис. 3).

После обработки состава КК-А магнитным полем напряженностью 600 кА/м вязкость сразу увеличилась на 19% по сравнению с необработанным составом (кривые 2, 3, рис. 3). К концу проведения эксперимента вязкость состава увеличилась на 15,2% по сравнению с необработанным составом КК-А. Также как и для КК-Д, наблюдается увеличение условной вязкости клеевого состава КК-А в зависимости от величины приложенной напряженности магнитного поля, однако по сравнению с влиянием электрического поля этот прирост в несколько раз меньше.

Для клеевой композиции без наполнителя КК наблюдалась тенденция незначительного снижения условной вязкости (на 14,6%) сразу после выключения магнитного поля напряженностью 400 кА/м (рис. 4). Затем наблюдался ее постепенный рост, и через 3 ч после воздействия поля вязкость обработанного образца достигла вязкости необработанного. В конце эксперимента вязкость обработанного состава КК увеличилась незначительно (5%) по сравнению с необработанным образцом.

На рис 5 а, б для сравнения показано влияние наполнителя на изменение вязкости клеевой композиции во времени после воздействия магнитным полем напряженностью 400 кА/м (рис. 5, а) и 600 кА/м (рис. 5, б) в течение 30 мин.

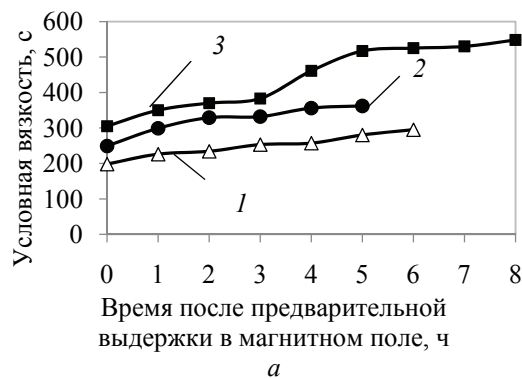


Рис. 5. Изменение условной вязкости клеевых композиций во времени после предварительной выдержки в течение 30 мин в магнитном поле напряженностью: а – 400 кА/м: 1 – опыт № 8; 2 – опыт № 2; 3 – опыт № 5; б – 600 кА/м: 1 – опыт № 3; 2 – опыт № 6

Анализируя полученные графики, можно сделать вывод, что наполнитель аэросил вносит больший вклад в увеличение условной вязкости всей клеевой композиции, чем наполнитель диатомит, что, видимо, связано с значительно большей величиной удельной поверхности частиц КК-А. В начале эксперимента вязкость клеевых составов КК-Д и КК-А после выдержки в магнитном поле напряженностью 400 кА/м выше на 25,7 и 54% соответственно (кривые 2 и 3, рис. 5, а) по сравнению с вязкостью клеевого состава без наполнителя КК (кривая 1, рис. 5, а). К концу эксперимента значения вязкости увеличились на 30 и 85% соответственно по сравнению с вязкостью клеевого состава КК в этой же точке времени. Что касается вязкости клеевого состава КК-А после выдержки в магнитном поле напряженностью 600 кА/м, то в начале и в конце эксперимента она возросла на 41 и 49% соответственно (кривая 2, рис. 5, б) по сравнению с клеевым составом КК-Д.

Заключение. Проанализировав экспериментальные данные по влиянию предварительного воздействия внешних полей на условную вязкость клеевых композиций, используемых в производстве фанеры, можно сделать вывод о том, что клеевой состав с наполнителем

диатомитом (КК-Д) значительно увеличил свою вязкость после выдержки в электрическом поле, в отличие от клеевых составов КК-А и КК. Сравнивая изменение вязкости обработанных полями составов, можно сделать вывод о том, что электрическое поле в большей степени воздействует на наполнитель диатомит, чем на наполнитель аэросил и саму клеевую основу.

Обработка магнитным полем наполненных составов (КК-Д и КК-А) привела к увеличению вязкости клеевой композиции как за счет изменения вязкости основы (смола марки КФ-НФП), так и за счет изменения ее взаимодействия с частицами наполнителя. При этом абсолютные значения прироста вяз-

кости в магнитном поле намного меньше, чем в электрическом.

Результаты проведенных экспериментов показали, что использование диатомита как более дешевого аналога аэросила в качестве наполнителя клеевой композиции способствует увеличению вязкости и тиксотропных свойств, что позволит снизить ее вытекание между пластинами древесины при склеивании фанеры. Этот результат, при прочих равных показателях, позволит улучшить качество конечного изделия. Особенности воздействия электрического и магнитного поля на текучесть клеевой композиции позволяют при необходимости варьировать характеристиками клея при корректировке режимов технологического процесса.

Литература

1. Иванов А. В. Повышение прочности клеевых соединений древесины путем воздействия на клей магнитным полем: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2010. 20 с.
2. Korobko E. V., Novikova Z. A., Sermyazhko E. S., Murashkevich A. N., Eshenko L. S. Time Stability Studies of Electrorheological Response of Dispersions with Different Types of Charge Carriers // *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*. 2015. Vol. 26, No. 14. P. 1782–1788.
3. Korobko E. V., Novikova Z. A., Zhurauski M. A. Magnetorheological Fluids with Two-Component Dispersed Phase // *Journal of Physics: Conference Series*. 2015. Vol. 602. P. 12–33.

References

1. Ivanov A. V. *Povyshenie prochnosti kleevykh soedineniy drevesiny putyom vozdeystviya na kley magnitnym polem: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk* [Increasing of strength of wood's adhesive joints by exposing the adhesive magnetic field: abstract of thesis PhD (Engineering)]. Voronezh, 2010. 20 p.
2. Korobko E. V., Novikova Z. A., Sermyazhko E. S., Murashkevich A. N., Eshenko L. S. Time stability studies of electrorheological response of dispersions with different types of charge carriers. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 2015, vol. 26, no. 14, pp. 1782–1788.
3. Korobko E. V., Novikova Z. A., Zhurauski M. A. Magnetorheological fluids with two-component dispersed phase. *Journal of Physics: Conference Series*, 2015, vol. 602, pp. 12–33.

Информация об авторах

Коробко Евгения Викторовна – доктор технических наук, профессор, заведующая лабораторией реофизики и макрокинетики. Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси (220072, г. Минск, ул. П. Бровки, 15, Республика Беларусь). E-mail: evkorobko@gmail.com

Баштовая Елена Айзиковна – научный сотрудник лаборатории реофизики и макрокинетики. Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси (220072, г. Минск, ул. П. Бровки, 15, Республика Беларусь). E-mail: eleba@rambler.ru

Харламова Инга Михайловна – младший научный сотрудник лаборатории реофизики и макрокинетики. Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси (220072, г. Минск, ул. П. Бровки, 15, Республика Беларусь). E-mail: gri-inga@yandex.ru

Барташевич Михаил Александрович – инженер-технолог 1-й категории лаборатории реофизики и макрокинетики. Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси (220072, г. Минск, ул. П. Бровки, 15, Республика Беларусь). E-mail: micbart27@gmail.com

Игнатович Людмила Владимировна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии и дизайна изделий из древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: ignatovich@belstu.by

Information about the authors

Korobko Evgeniya Victorovna – DSc (Engineering), Professor, Head of the Laboratory of Rheophysics and Macrokinetics. A. V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute of the National Academy of Sciences of Belarus (15, P. Brovki str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: evkorobko@gmail.com

Bashtovaya Elena Ayzikovna – Researcher of the Laboratory of Rheophysics and Macrokinetics. A. V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute of the National Academy of Sciences of Belarus (15, P. Brovki str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: eleba@rambler.ru

Kharlamova Inha Mikhaylovna – Junior Researcher of the Laboratory of Rheophysics and Macrokinetics. A. V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute of the National Academy of Sciences of Belarus (15, P. Brovki str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: gri-inga@yandex.ru

Bartashevich Mikhail Aleksandrovich – technology engineer of the first category of the Laboratory of Rheophysics and Macrokinetics. A. V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute of the National Academy of Sciences of Belarus (15, P. Brovki str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: micbart27@gmail.com

Ignatovich Lyudmila Vladimirovna – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor of the Department of Technology and Design of Wooden Articles. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ignatovich@belstu.by

Поступила 11.11.2016