

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТАБИЛИЗАТОРОВ НА СВОЙСТВА КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНОГО СВЯЗУЮЩЕГО И ФАНЕРЫ ФК

кандидат технических наук **А.А. Федотов**

кандидат технических наук, доцент **Т.Н. Вахнина**

доктор технических наук, доцент **А.А. Титунин**

кандидат химических наук, доцент **А.В. Свиридов**

ФГБОУ ВО «Костромской государственной университет», г. Кострома, Российская Федерация

Проблема стабилизации свойств карбаминоформальдегидного связующего в процессе хранения актуальна как для производителей клееной продукции, так и для предприятий, выпускающих смолы. Изменение показателей смолы в процессе хранения затрудняет нанесение связующего и приводит к ухудшению физико-механических свойств фанеры. В работе изучено влияние глицерина, моно- и триэтанолamina, а также смеси глицерина и моноэтанолamina на условную вязкость смолы после 56 суток хранения. Использование глицерина и моноэтанолamina (в том числе в комплексе) снижает условную вязкость смолы на 13,5-24,8 %. Использование в качестве стабилизатора триэтанолamina позволяет на 35 % снизить условную вязкость в сравнении с показателем нестабилизированного олигомера. Проведено исследование механических свойств фанеры ФК на основе стабилизированного и нестабилизированного связующего. Установлено, что добавка глицерина и глицерина в комплексе с моноэтанолaminом существенно снижает прочностные показатели фанеры, что делает нерациональным использование данных стабилизаторов. Добавка в КФС 0,2 % триэтанолamina позволяет на 35 % снизить условную вязкость смолы, при этом когезионная прочность связующего уменьшается на 1,5 %, результат находится в рамках рассеяния показателя, т. е. снижение прочности незначимо. Прочность при статическом изгибе фанеры на стабилизированном триэтанолaminом связующем имеет большее значение, чем у контрольных образцов без добавки стабилизаторов. Результаты исследования позволяют рекомендовать добавку триэтанолamina в количестве 0,2 % от веса карбаминоформальдегидной смолы в качестве рационального стабилизатора.

Ключевые слова: карбаминоформальдегидная смола, поликонденсация, хранение, вязкость, стабилизация, глицерин, моноэтанолamin, триэтанолamin, фанера ФК, клеевой шов, скалывание, статический изгиб

STUDY OF THE INFLUENCE OF STABILIZERS ON THE PROPERTIES OF CARBAMIDE FORMALDEHYDE BINDER AND FC PLYWOOD

PhD (Engineering) **A.A. Fedotov**

PhD (Engineering), Associate Professor **T.N. Vakhnina**

DSc (Engineering), Associate Professor **A.A. Titunin**

PhD (Chemistry), Associate Professor **A.V. Sviridov**

FSBEI HE "Kostroma State University", Kostroma, Russian Federation

Abstract

The problem of stabilizing the properties of the urea-formaldehyde binder during storage is relevant for both glued products and resins. Changing the performance of the resin during storage makes it difficult to apply a binder and leads to a deterioration in the physical and mechanical properties of plywood. The effect of glycerol, mono- and triethanolamine, as well as a mixture of glycerol and monoethanolamine on the nominal viscosity of the resin after 56 days of storage, has been studied. The use of glycerol and monoethanolamine (including in the complex) reduces the nominal viscosity of the resin by 13.5-24.8 %. The use of triethanolamine as a stabilizer makes it possible to reduce the nominal

viscosity by 35 % in comparison with the index of an unstabilized oligomer. Mechanical properties of FC plywood based on the stabilized and unstabilized binder has been studied. It was found that glycerol additive (or glycerol in combination with monoethanolamine) significantly reduces strength characteristics of plywood, which makes it irrational to use these stabilizers. The addition of 0.2 % triethanolamine to CFS allows a 35 % reduction in the nominal viscosity of the resin, while the cohesive strength of the binder decreases by 1.5 %. The result is within the framework of the dispersion of the indicator, i.e. strength reduction is negligible. The static bending strength of plywood with a stabilized triethanolamine binder is more important than that of control specimens without the addition of stabilizers. The results of the study enable to recommend the addition of triethanolamine in an amount of 0.2 % by weight of urea-formaldehyde resin as a rational stabilizer.

Keywords: urea-formaldehyde resin, polycondensation, storage, viscosity, stabilization, glycerin, monoethanolamine, triethanolamine, FC plywood, adhesive joint, chipping, static bending

Введение

Объемы производства фанеры в России ежегодно увеличиваются, и в ближайшей перспективе эта тенденция сохранится [9]. В последнее время акцент делается в первую очередь на качество фанеры, которое будет зависеть от используемых клеевых материалов. К сожалению, не все российские фанерные предприятия самостоятельно выпускают связующее для своих внутренних потребностей, а закупают у химических заводов. Срок хранения синтетических смол хоть и велик, но не бесконечен (для карбамидоформальдегидных смол не превышает 2 месяцев). Несовершенство логистики может внести дополнительные коррективы в процесс доставки и транспортировки.

Процесс поликонденсации смолы, скорость которого зависит от условий хранения, спонтанно идет до отверждения полимера [7, 13]. В процессе хранения смолы (основной реакцией является образование метиленов, соседних с вторичными аминогруппами) происходит изменение ее структурного состава, которое влияет на срок хранения и вызывает ухудшение физико-механических и экологических показателей [1, 4, 5].

С.Г. Седунов с коллегами, проанализировав механизмы структурообразования карбамидоформальдегидных смол (КФС), выдвигают предположение, что в качестве групп, обуславливающих возможные процессы старения КФС, можно выделить метиленовые, аминные, амидные и карбонильные фрагменты смолы [10].

Работы Н.Н. Семенова сформировали представление о механизме действия стабилизаторов полимеров в теории цепных разветвленных и вы-

рожденно разветвленных реакций [11]; они были развиты в трудах Н.М. Эмануэля, Е.Т. Денисова и других ученых. Цепные и ступенчатые процессы, несмотря на различия протекания, имеют и нечто общее – в процессе синтеза образуется полимер. Процесс поликонденсации, который затормозили на стадии синтеза, продолжается со скоростью, зависящей от температуры, срока хранения, химических инициаторов или ингибиторов реакции. Если активная группа стабилизатора атакует макромолекулу продукта, возникает эффект ингибирования реакции. Поскольку поликонденсационные полимеры существенно отличаются по составу и структуре, нет и не может быть единого подхода к стабилизации олигомеров. Как в XX в., так и в настоящее время основным подходом к стабилизации поликонденсационных смол и других полимеров является эмпирический подбор. Следует отметить, что для цепных реакций развиваются теоретические основы стабилизации полимеров [6], в то время как для поликонденсационных процессов эмпирический подход остается основным.

Известен ряд трудов в области направленного изменения состава КФС с целью увеличения срока хранения. С конца XX в. известно, что для КФС стабилизирующими свойствами обладают производные спиртов, кетонов, аминов, сульфидов [6]. В качестве стабилизаторов карбамидоформальдегидных смол могут применяться спирты (глицерин, н-бутанол, этанол) в количестве 1 % от массы смолы [4], этанол, метанол, изопропанол, гидрохинон, глицерин, этиленгликоль, фенол, циклогексанон, изобутанол, моноэтаноламин, тиурам Д, триэтиламин в количестве 1, 5, 10 % от массы смо-

лы [6, 10], 20 %-й раствор безводного хлорида магния в количестве 1 % от массы сухой смолы [3].

Вид и доля добавки стабилизатора зависят от того, на какой стадии необходимо стабилизировать олигомер. На стадии хранения смолы традиционными стабилизаторами являются спирты. На стадии использования КФС как компонента клея необходимую жизнеспособность можно придать, используя уротропин, меламин, тиурам Д. Добавка к КФС 1 % аммиачной воды или 0,5 % меламина или уротропина удлинит жизнеспособность клеевой смеси более чем в два раза, а добавка 3 % меламина – в 18 раз [12].

Для предприятий, не имеющих цехов по производству смол и работающих на покупных полимерных материалах, актуальной задачей является увеличение срока хранения смолы. В данных условиях замедление скорости реакции поликонденсации является актуальным как для фанерного производства, так и для других производств, использующих связующие на основе карбаминоформальдегидных смол. Ввиду сложности структуры поликонденсационного полимера и необходимости сохранения клеящих свойств и/или улучшения экологических показателей и увеличения срока хранения связующего данная задача не всегда имеет однозначное решение. В исследованиях В. Li с коллегами был использован метод модификации КФС на стадии синтеза продуктами разложения древесины – пиролизными маслами [2]. Увеличение доли добавки пиролизных масел снижает эмиссию формальдегида, однако при этом срок хранения начинает снижаться.

Целью настоящего исследования является выявление веществ-стабилизаторов (в том числе их комбинаций), способных повышать срок хранения карбаминоформальдегидных смол, определение влияния стабилизированных смол на свойства фанеры ФК.

Материалы и методы

В работе исследовалось влияние стабилизаторов: глицерина (0,4; 1; 1,6 % от массы жидкой смолы), моноэтаноламина (0,2; 0,4; 1; 1,6 % от массы жидкой смолы), триэтаноламина (0,2 % от массы жидкой смолы), комбинированный стабилизатор глицерин+моноэтаноламин (в соотношениях 1:1;

2:1; 3:1, взятые в процентах от массы жидкой смолы) на условную вязкость карбаминоформальдегидной смолы КФН-66Ф при длительном хранении. Исследования проводились в течение 8 недель с еженедельным определением показателя.

Для определения условной вязкости использовался вискозиметр, который помещался в штатив и с помощью уровня устанавливался в горизонтальном положении. Под сопло вискозиметра ставился сосуд. Отверстие сопла закрывалось пальцем, смола наливалась в вискозиметр с избытком, чтобы образовался выпуклый мениск над верхним краем вискозиметра. Вискозиметр наполнялся медленно для предотвращения образования пузырьков воздуха. Избыток материала и образовавшиеся пузырьки воздуха удалялись при помощи стеклянной пластинки, сдвигаемой по верхнему краю воронки в горизонтальном направлении таким образом, чтобы не образовалась воздушная прослойка. Открывалось отверстие сопла, и одновременно с появлением испытуемого материала из сопла включался секундомер. В момент первого прерывания струи испытуемого материала секундомер останавливался, и отсчитывалось время истечения (ГОСТ 8420-74). За результат определения показателя принималось среднее арифметическое трех испытаний.

Для исследования влияния стабилизаторов на свойства фанеры ФК изготавливалась пятислойная фанера на основе стабилизированной карбаминоформальдегидной смолы и лущеного березового шпона номинальной толщиной 1,5 мм (ГОСТ 99-2016). Шпон предварительно высушивался до влажности (7 ± 1) %. После формирования пакета и нанесения связующего выполнялось горячее прессование в лабораторном гидравлическом прессе П100-400 при следующих постоянных факторах: температура прессования – 105 °С; время прессования – 5 мин; удельное давление прессования – 1,6 МПа; расход связующего – 100 г/м².

Изготовленная фанера охлаждалась в течение 24 ч, затем раскраивалась на образцы для проведения испытаний на прочность при скалывании согласно ГОСТ 9624–2009. Перед проведением испытаний образцы выдерживались в холодной воде в течение 24 ч с последующим выдерживанием при комнатной температуре в течение

(10±1) мин. Для проведения испытаний на скалывание по клеевому слою использовали разрывную машину Р-5 (ГОСТ 28840), оборудованную клиновыми захватами. За результат испытания принимали среднее арифметическое показателя по пяти дублированным опытам.

Прочность фанеры при статическом изгибе определялась согласно ГОСТ 9625–2013, испытывались четыре образца, два из них верхней пластью вверх, два – верхней пластью вниз. За результат определения прочности фанеры при статическом изгибе принимали среднее арифметическое показателей по испытаниям четырех образцов.

Результаты и обсуждение

Графические зависимости влияния стабилизаторов на условную вязкость карбамидоформальдегидной смолы в сравнении с контрольными значениями (без стабилизаторов) представлены в табл. 1 и на рис. 1-4.

В процессе хранения карбамидоформальдегидного олигомера между линейными макромолекулами в результате взаимодействия метилольных групп $-CH_2OH$ между собой и водородом амидных групп $-NH-$ образуются поперечные сшивки. При

этом существенно увеличивается трение между слоями олигомера, растет вязкость. Введение в систему веществ с гидроксильными группами позволяет блокировать метилольные группы и замедлить процесс отверждения. Использование глицерина и моноэтаноламина (в том числе в комплексе) снижает условную вязкость КФС на 13,5-24,8 %, однако закономерности динамики роста вязкости не меняются.

Рационально было бы предположить, что стабилизаторы с тремя гидроксильными группами – глицерин и триэтаноламин – имеют сходную степень влияния на замедление поликонденсации КФС. Однако реакционная способность вторичной гидроксильной группы глицерина (выделено) $HOCH_2-CH(OH)-CH_2OH$ ниже, чем первичных [8]. Это объясняет более высокую стабилизирующую способность триэтаноламина в сравнении с глицерином. Использование в качестве стабилизатора триэтаноламина позволяет на 35 % снизить условную вязкость в сравнении с показателем нестабилизированного олигомера.

Таблица 1

Влияние стабилизаторов на условную вязкость карбамидоформальдегидной смолы

Добавка стабилизатора к смоле, %, количество (соотношение)	Сутки							
	7	14	21	28	35	42	49	56
0	51.0	53.0	54.3	55.7	60.7	86.7	114.3	133.3
Глицерин $HOCH_2-CH(OH)-CH_2OH$								
0.4	50.3	51.3	54.2	55.3	60.3	64.3	101.3	119.7
1.0	50.7	50.0	50.3	54.3	60.3	64.3	102.0	115.0
1.6	52.7	52.3	55.5	58.3	63.3	65.7	102.3	123.3
Моноэтаноламин $HO-CH_2CH_2-NH_2$								
0.2	49.7	50.3	51.7	56.3	60.3	67.0	103.3	117.3
0.4	49.0	49.7	51.7	53.3	60.0	66.6	102.7	119.7
1.0	47.0	48.7	49.0	52.0	60.0	66.3	102.3	119.3
1.6	48.0	49.0	50.1	51.7	59.7	64.3	100.3	129.7
Глицерин+моноэтаноламин $HOCH_2-CH(OH)-CH_2OH + HO-CH_2CH_2-NH_2$								
1:1	44.7	47.0	49.0	51.7	59.0	66.3	109.0	119.7
2:1	44.3	46.6	48.0	49.7	54.0	59.3	96.3	109.7
3:1	42.0	45.3	47.0	49.3	50.3	53.7	90.1	100.3
Триэтаноламин $(HO-CH_2CH_2)_3N$								
0.2	43.0	45.3	48.3	50.3	50.7	59.7	70.3	85.5

Источник: собственные разработки авторов

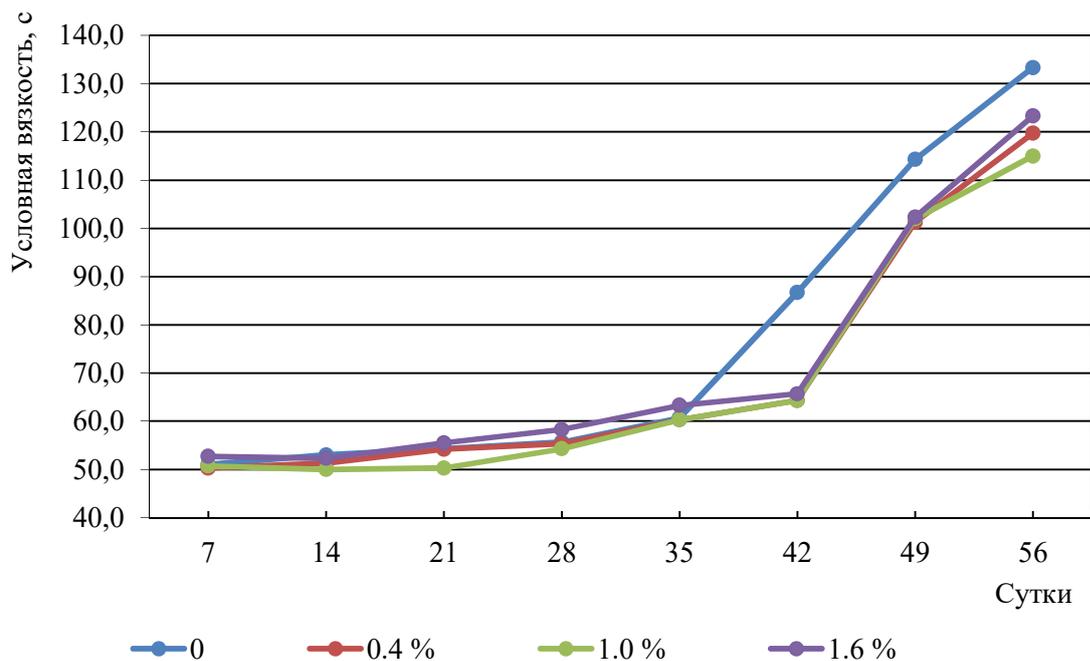


Рис. 1. Влияние доли добавки глицерина (от 0,4 до 1,6 %) на условную вязкость КФС
Источник: собственные разработки авторов

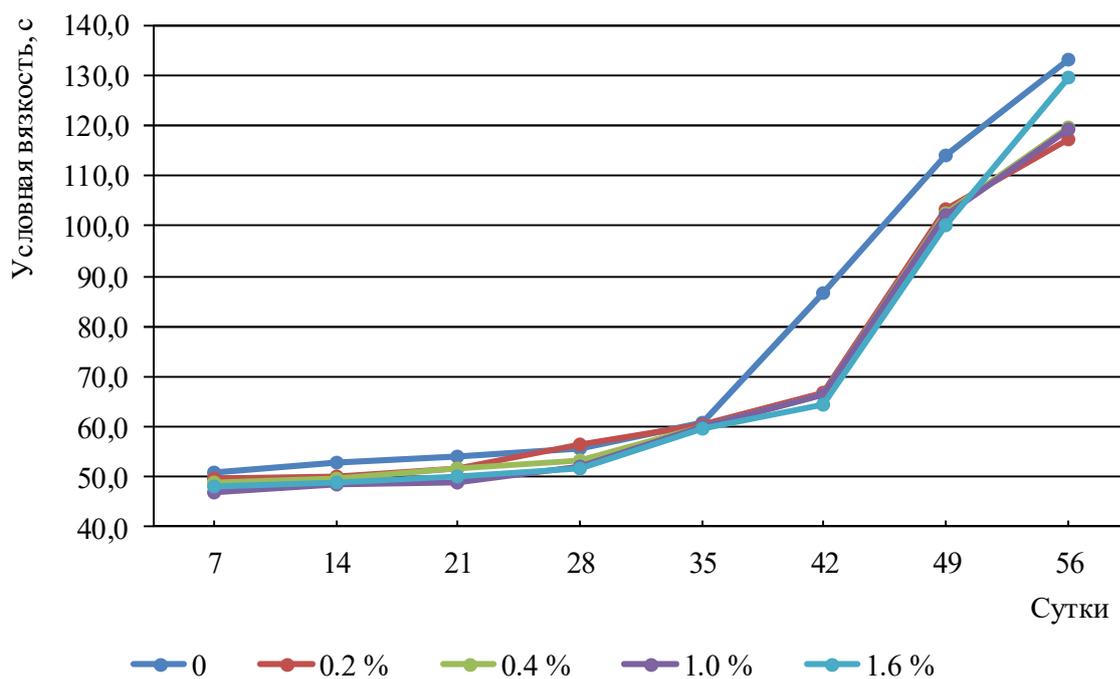


Рис. 2. Влияние доли добавки моноэтаноламина (от 0,4 до 1,6 %) на условную вязкость КФС
Источник: собственные разработки авторов

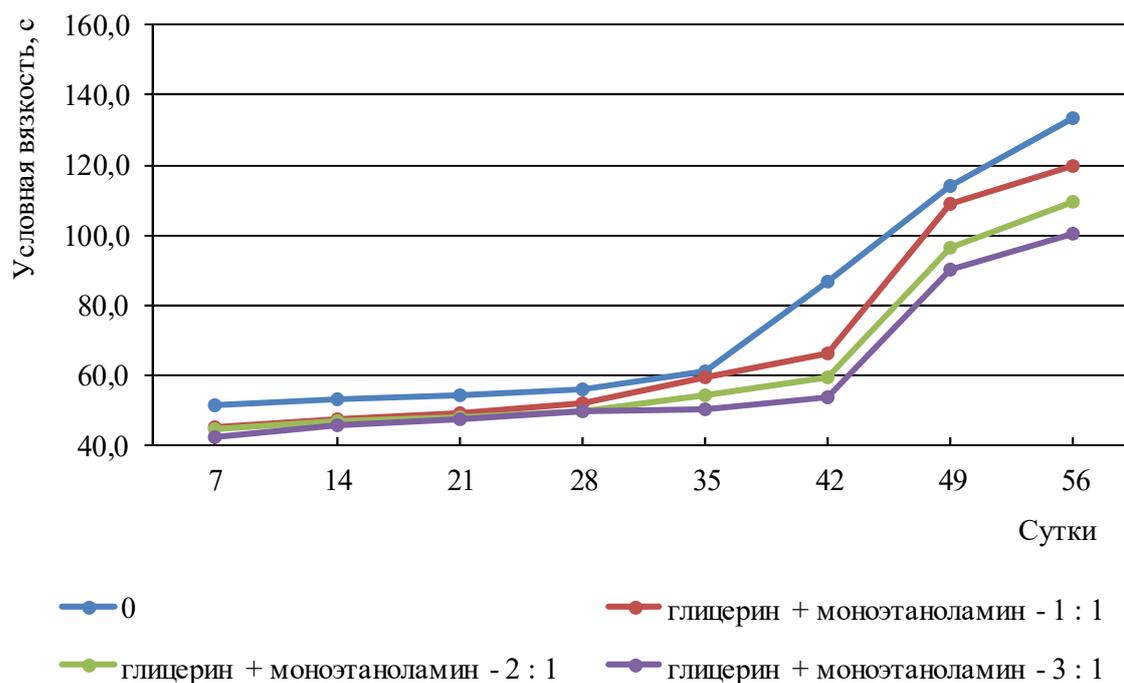


Рис. 3. Влияние доли добавки комбинированного стабилизатора (глицерин + моноэтаноламин в различных соотношениях) на условную вязкость КФС

Источник: собственные разработки авторов

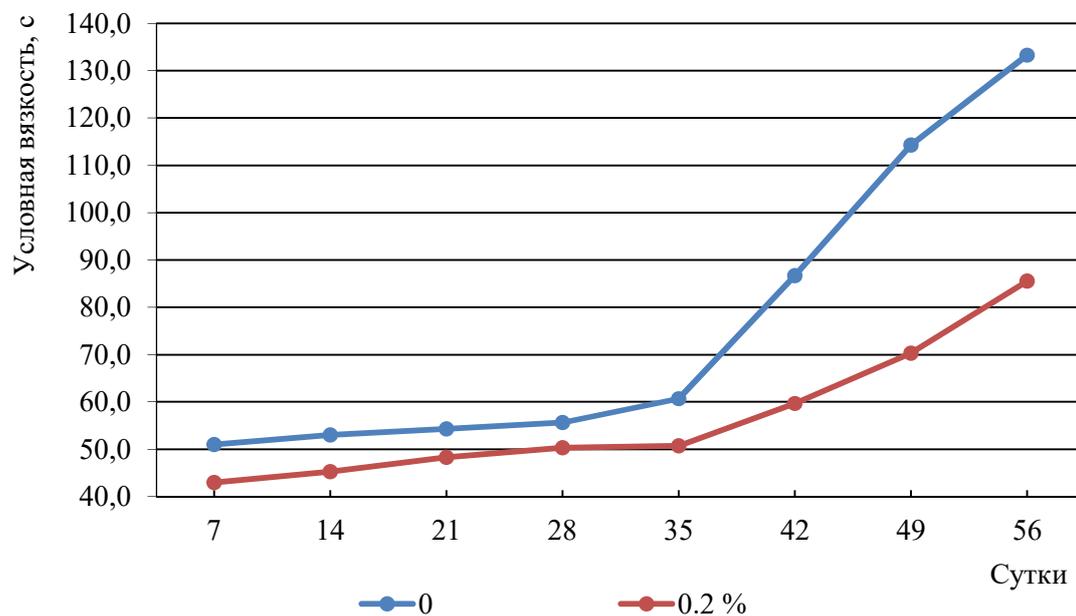


Рис. 4. Влияние доли добавки триэтаноламина на условную вязкость КФС

Источник: собственные разработки авторов

Механические свойства фанеры ФК на основе стабилизированного карбамидоформальдегидного связующего после выдержки в течение 56 суток

Вид стабилизатора; доля добавки, %	Предел прочности при статическом изгибе вдоль волокон, МПа	Предел прочности при скалывании по клеевому слою после вымачивания в течение 24 ч, МПа
Без стабилизатора	108.1	1.29
Глицерин + моноэтаноламин; 3:1	98.1	0.73
Глицерин + моноэтаноламин; 2:1	117.9	1.31
Глицерин + моноэтаноламин; 1:1	119.3	1.20
Моноэтаноламин; 1.6	87.4	0.79
Моноэтаноламин; 1.0	104.5	1.03
Моноэтаноламин; 0.4	98.7	1.45
Моноэтаноламин; 0.2	117.0	1.44
Триэтаноламин; 0.2	115.0	1.27
Глицерин; 1.6	59.5	0.79
Глицерин; 1.0	112.9	1.32
Глицерин; 0.4	118.4	1.37

Источник: собственные разработки авторов

Стабилизаторы КФС, имеющие ОН-группы, обычно негативно влияют на когезионную прочность отвержденного связующего. Поэтому основным критерием выбора стабилизатора является влияние на механические показатели клееной продукции. Результаты влияния стабилизаторов на механические свойства фанеры ФК после 56 суточной выдержки представлены в табл. 2.

Выводы

Чем меньше доля добавки моноэтаноламина, тем выше прочность фанеры при статическом изгибе и скалывании по клеевому шву, наилучшие результаты по механическим показателям дает доля добавки моноэтаноламина 0,2 % от веса смолы. Однако при этом снижение вязкости составляет всего 12 %, т. е. с технологической точки зрения процесс нанесения будет существенно затрудняться.

Добавка глицерина и глицерина в комплексе с моноэтаноламином существенно снижает прочностные показатели фанеры, что делает нерациональным использование данных стабилизаторов.

Добавка в КФС 0,2 % триэтаноламина позволяет на 35 % снизить условную вязкость смолы, при этом когезионная прочность связующего уменьшается на 1,5 %, результат находится в рамках рассеяния показателя, т. е. снижение прочности незначимо. Прочность при статическом изгибе фанеры на стабилизированном триэтаноламином связующем имеет большее значение, чем у контрольных образцов без добавки стабилизаторов.

Результаты исследования позволяют рекомендовать добавку триэтаноламина в количестве 0,2 % от веса карбамидоформальдегидной смолы КФН-66Ф в качестве рационального стабилизатора смолы.

Библиографический список

1. Structural changes in urea-formaldehyde resins during storage / P. Christjanson, K. Siimer, T. Pehk, I. Lasn // Holz als Roh- und Werkstoff. – 2002. – Vol. 60. – P. 379–384. – DOI 10.1007/s00107-002-0326-9.
2. Preparation and characterization of bio-oil modified urea-formaldehyde wood adhesives / B. Li, J. Z. Zhang, X. Y. Ren, J. M. Chang, J. S. Gou // BioResources. – 2014. – Vol. 9. – No. 3. – P. 5125–5133. – DOI: 10.15376/biores.9.3.5125-5133.

3. Влияние функционального состава карбамидоформальдегидной смолы на свойства древесностружечных плит. Часть 1. Изменение функционального состава КФС при длительном хранении / В. Г. Буриндин, О. В. Стоянов, А. В. Артёмов, Е. В. Масленникова, Ю. И. Рудневская // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17. – № 6. – С. 164–166.
4. Глазков, С. С. Стабилизация показателей карбамидоформальдегидных смол спиртами / С. С. Глазков, Е. В. Снычева, В. С. Мурзин // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2005. – № 6. – С. 100–105.
5. Изменение функционального состава и свойств карбамидоформальдегидных смол при хранении / В. В. Глухих, В. Г. Буриндин, Н. И. Коршунова, В. Б. Войт, В. М. Балакин // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 1996. – № 4-5. – С. 153–159.
6. Горбунов, Б. Н. Химия и технология стабилизаторов полимерных материалов / Б. Н. Горбунов, Я. А. Гурвич, И. П. Маслова. – Москва : Химия, 1981. – 368 с.
7. Доронин, Ю. Г. Синтетические смолы в деревообработке / Ю. Г. Доронин, С. Н. Мирошниченко, М. М. Свиткина. – Москва : Лесная промышленность, 1979. – 208 с.
8. Оудиан, Дж. Основы химии полимеров / Дж. Оудиан. – Москва : Мир, 1974. – 614 с.
9. Россия в цифрах. 2019 : Крат. стат. сб. / Росстат. – Москва, 2019. – 549 с.
10. Исследования по созданию стабилизирующих добавок, увеличивающих срок хранения карбамидоформальдегидных смол / С. Г. Седунов, О. М. Демидов, С. В. Лебедев [и др.] // Молекулярные технологии. – 2012. – № 6. – С. 276–295.
11. Семенов, Н. Н. Цепные реакции / Н. Н. Семенов. – Москва : Наука, 1986. – 535 с.
12. Темкина, Р. З. Синтетические клеи в деревообработке / Р. З. Темкина. – Москва : Лесная промышленность, 1970. – 288 с.
13. Цветков, В. Е. Исследование технологических свойств модифицированных карбамидоформальдегидных смол / В. Е. Цветков, Т. Н. Карпова // Клеи. Герметики. Технологии. – 2011. – № 5. – С. 16-17.

References

1. Christjanson P., Siimer K., Pehk T., Lasn I. (2002) Structural changes in urea-formaldehyde resins during storage. *Holz als Roh- und Werkstoff*. Vol. 60, pp. 379-384. DOI 10.1007/s00107-002-0326-9.
2. Li B., Zhang J.Z., Ren X.Y., Chang J.M., Gou J.S. (2014) Preparation and characterization of bio-oil modified urea-formaldehyde wood adhesives. *BioResources*. Vol. 9, no. 3, pp. 5125-5133. DOI: 10.15376/biores.9.3.5125-5133.
3. Buryndin V.G., Stoyanov O.V., Artyomov A.V., Maslennikova E.V., Rudnevskaya Yu.I. (2014) *Vliyanie funkcional'nogo sostava karbamidoformal'degidnoj smoly na svojstva drevesnostruzhechnyh плит. CHast' 1. Izmenenie funkcional'nogo sostava KFS pri dlitel'nom hranenii* [Influence of the functional composition of urea-formaldehyde resin on the properties of particle boards. Part 1. Changing the functional composition of CFS during long-term storage]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kazan technological University], vol. 17, no. 6. pp. 164-166 (In Russian).
4. Glazkov S.S., Snycheva E.V., Murzin V.S. (2005) *Stabilizaciya pokazatelej karbamidoformal'degidnyh smol spirtami* [Stabilization of urea-formaldehyde resins with alcohols]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal* [News of higher educational institutions. Forest journal], no. 6. pp. 100-105 (In Russian).
5. Gluhih V.V., Buryndin V.G., Korshunova N.I., Vojt V.B., Balakin V.M. (1996) *Izmenenie funkcional'nogo sostava i svojstv karbamidoformal'degidnyh smol pri hranenii* [Changes in the functional composition and properties of urea-formaldehyde resins during storage]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal* [News of higher educational institutions. Forest journal], no. 4-5, pp. 153-159 (In Russian).

6. Gorbunov B.N., Gurvich Ya.A., Maslova I.P. *Himiya i tekhnologiya stabilizatorov polimernyh materialov* [Chemistry and technology of stabilizers in polymeric materials]. Moscow, Chemistry, 1981. 368 p. (In Russian).
7. Doronin Yu.G., Miroshnichenko S.N., Svitkina M.M. *Sinteticheskie smoly v derevoobrabotke* [Synthetic resins in woodworking]. Moscow, Forest industry, 1979. 208 p. (In Russian).
8. Oudian Dzh. *Osnovy khimii polimerov* [Fundamentals of polymer chemistry]. Moscow, Mir, 1974. 614 p. (In Russian).
9. *Rossiya v tsifrakh. 2019* [Russia in numbers. 2019]. Rosstat. Moscow, 2019. 549 p. (In Russian).
10. Sedunov S.G., Demidov O.M., Lebedev S.V. (et al.) (2012) *Issledovaniya po sozdaniyu stabiliziruyushchih dobavok, uvelichivayushchih srok hraneniya karbamido-formal'degidnyh smol* [Research on the creation of stabilizing additives that increase the shelf life of urea-formaldehyde resins]. *Molekulyarnye tekhnologii* [Molecular technologies], no. 6. pp. 276-295 (In Russian).
11. Semenov N.N. *Tsepnye reaktsii* [Chain reactions]. Moscow, Science, 1986. 535 p. (In Russian).
12. Temkina R.Z. *Sinteticheskie klei v derevoobrabotke* [Synthetic adhesives in woodworking]. Moscow, Forest industry, 1970. 288 p. (In Russian).
13. Tsvetkov V.E., Karpova T.N. (2011) *Issledovanie tekhnologicheskikh svoystv modificirovannykh karbamido-formal'degidnyh smol* [Research of technological properties of modified urea-formaldehyde resins]. *Klei. Germetiki. Tekhnologii* [Glues. Sealants. Technologies], no. 5. pp. 16-17 (In Russian).

Сведения об авторах

Федотов Александр Андреевич – кандидат технических наук, доцент кафедры лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств ФГБОУ ВО «Костромской государственный университет», г. Кострома, Российская Федерация; e-mail: aafedotoff@yandex.ru.

Вахнина Татьяна Николаевна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств ФГБОУ ВО «Костромской государственный университет», г. Кострома, Российская Федерация; e-mail: t_vachnina@mail.ru.

Титунин Андрей Александрович – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств ФГБОУ ВО «Костромской государственный университет», г. Кострома, Российская Федерация; e-mail: a_titunin@ksu.edu.ru.

Свиридов Александр Васильевич – кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры химии ФГБОУ ВО «Костромской государственный университет», г. Кострома, Российская Федерация; e-mail: avsviridov09@mail.ru

Information about authors

Fedotov Aleksandr Andreevich – PhD (Engineering), Associate Professor of the Department of Logging and Wood Processing Industries, FSBEI HE "Kostroma State University", Kostroma, Russian Federation; e-mail: aafedotoff@yandex.ru.

Vachnina Tatyana Nikolaevna – PhD (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Logging and Wood Processing Industries, FSBEI HE "Kostroma State University", Kostroma, Russian Federation; e-mail: t_vachnina@mail.ru.

Titunin Andrey Aleksandrovich – DSc (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Logging and Wood Processing Industries, FSBEI HE "Kostroma State University", Kostroma, Russian Federation; e-mail: a_titunin@ksu.edu.ru.

Sviridov Aleksandr Vasilyevich – PhD (Chemistry), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Chemistry, FSBEI HE "Kostroma State University", Kostroma, Russian Federation; e-mail: avsviridov09@mail.ru.