

## ИССЛЕДОВАНИЕ НИЗКОМОЛЬНОЙ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНОЙ СМОЛЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФАНЕРЫ

В статье представлены результаты исследования по установлению возможности применения в производстве фанеры карбамидоформальдегидной смолы СКФ-НМ, определены физические показатели смолы и установлены рациональные режимы прессования.

**Ключевые слова:** фанера, карбамидоформальдегидная смола, физико-механические показатели, режим прессования.

S.V. Denisov, N.Yu. Aksyutenkova

### THE RESEARCH OF THE LOW MOLAR UREA-FORMALDEHYDE RESIN AND THE POSSIBILITIES OF ITS USE FOR THE PLYWOOD PRODUCTION

The research results on the determining of the possibility of the urea-formaldehyde resin GFR-NM use in the plywood production are presented in the article; the resin physical indices are defined and the pressing rational modes are determined.

**Key words:** plywood, urea-formaldehyde resin, physical and mechanical indices, pressing mode.

**Введение.** В деревообрабатывающей промышленности для производства фанеры, плитных материалов, строительных древесных конструкций и других товаров народного потребления широко применяются карбамидоформальдегидные смолы, которые характеризуются высокой скоростью отверждения, бесцветным клеевым швом, хорошей адгезией к древесине, стабильностью свойств при хранении. Основное преимущество карбамидоформальдегидных смол – это их дешевизна в сравнении с другими синтетическими смолами.

В настоящее время заметно повысились требования к эмиссии формальдегида из изделий древесины, полученных с использованием карбамидоформальдегидных смол. По указанной причине широкое применение получили так называемые низкомолярные смолы, характеризующиеся минимальным соотношением формальдегида к карбамиду [1]. Использование низкомолярных карбамидоформальдегидных смол обеспечивает снижение эмиссии формальдегида в 1,5–2,0 раза при производстве ДСтП и позволяет получить плиты класса эмиссии Е1.

**Цель работы.** Исследование возможности применения в производстве фанеры низкомолярной смолы СКФ-НМ, изготовленной согласно ТУ-2223-001-95127677-2009, предназначенной для производства малотоксичных связующих клеевых составов в производстве ДСтП по ГОСТ 10632-2007, с классом эмиссии по формальдегиду Е-2.

#### Задачи:

1. Определение физико-химических и реологических свойств смолы.
2. Исследование влияния технологических параметров и режимов склеивания на качественные показатели фанеры.

На первом этапе исследованы физические показатели смолы по методике согласно [2]. В результате экспериментальных исследований установлена зависимость показателя преломления (коэффициента преломления) от концентрации смолы (массовой доли сухого остатка) СКФ-НМ, позволяющая с доверительной вероятностью быстро определить концентрацию приготовленной смолы (рис. 1).



Рис. 1. График зависимости показателя преломления от массовой доли нелетучих веществ смолы

А также построены графические зависимости поверхностного натяжения и концентрации (массовой доли сухого остатка) смолы от ее вязкости (рис. 2, 3).

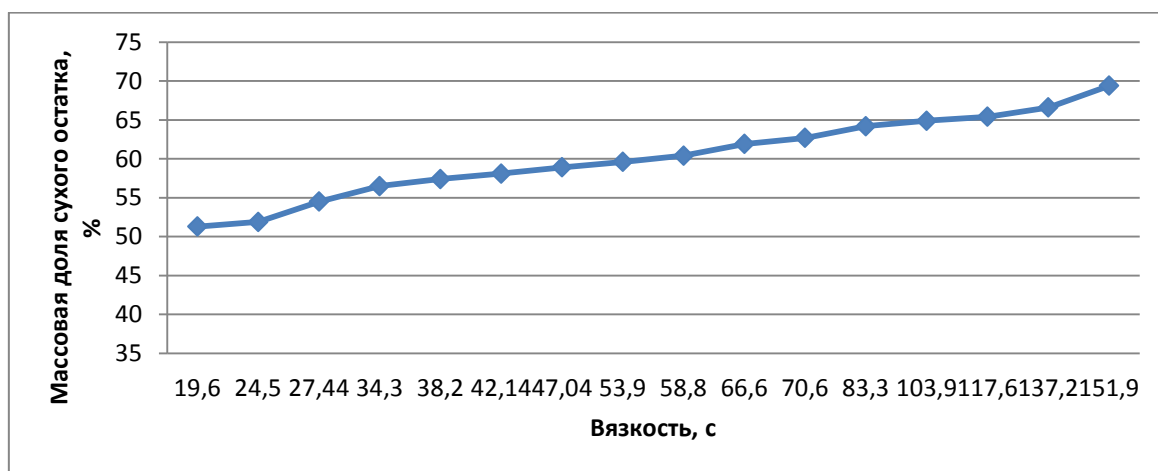


Рис. 2. График зависимости массовой доли сухого остатка от вязкости смолы

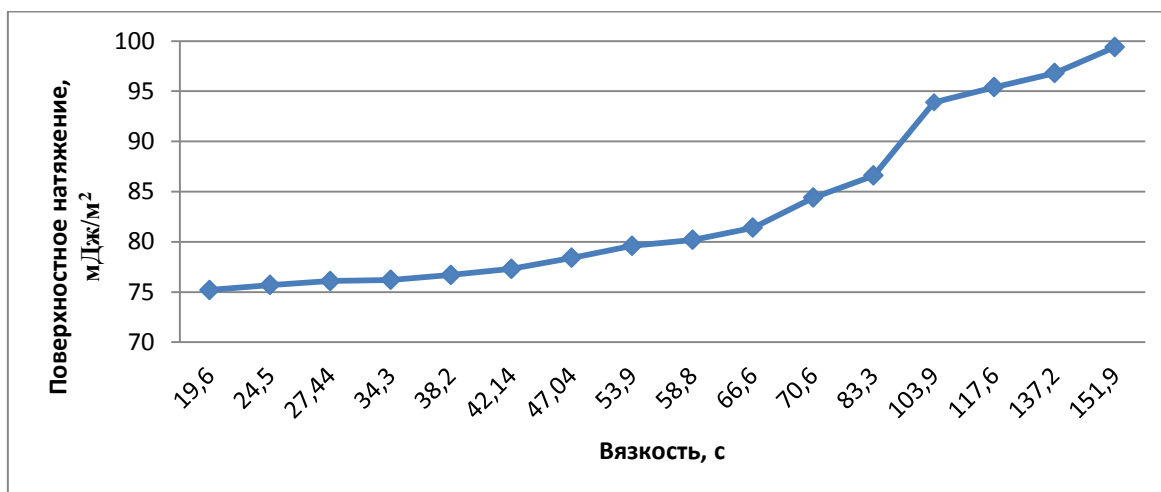


Рис. 3. График зависимости поверхностного натяжения от вязкости

Характер кривых свидетельствует о прямо пропорциональной взаимосвязи поверхностного натяжения и концентрации с вязкостью смолы.

С целью изучения возможности использования вышеупомянутой смолы для склеивания шпона в производстве фанеры следовало оценить физико-механические показатели на их соответствие требованиям ГОСТ 3916-96 «Фанера клееная».

Адгезионная прочность фанеры зависит от применяемых режимов прессования и в значительной степени от смачивающей способности применяемых клеев (смол), которая, в свою очередь, зависит от состояния подложки (шероховатости, влажности и др.) и свойств клея. Оценивается адгезионная прочность по показателю предела прочности фанеры при скалывании ее по клеевому слою.

Для оценки теоретической работы адгезии, косвенно характеризующей и позволяющей прогнозировать адгезионную прочность, был произведен ее расчет, для чего предварительно определена зависимость смачивающей способности от вязкости смолы, характеризуемой краевым углом смачивания. Характер зависимости краевого угла смачивания от вязкости смолы СКФ-НМ представлен на рисунке 4.

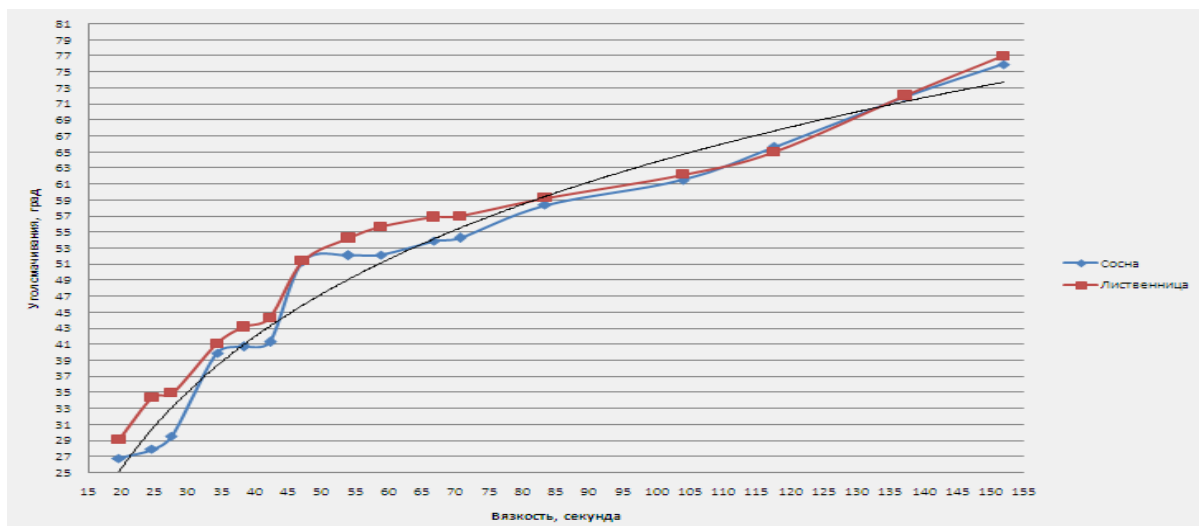


Рис. 4. График зависимости угла смачивания от вязкости смолы

Определение краевого угла смачивания осуществлялось на подложке, в качестве которой использовался применяемый в условиях реального фанерного производства сосновый и лиственный шпон влажностью  $6 \pm 2\%$  и шероховатостью  $R_{zmax}=160-200$  мкм.

На основании полученных результатов исследований теоретическая работа адгезии, рассчитанная по формуле (1), для различной вязкости смолы представлена в таблице 1.

Теоретическую работу адгезии  $W_a$  при этом можно определить по уравнению Дюпре-Юнга

$$W_a = \sigma_{жс} \cdot (1 + \cos \theta), \tag{1}$$

где  $\sigma_{жс}$  – поверхностное натяжение испытуемой клеевой композиции, мДж/м<sup>2</sup>;

$\theta$  – краевой угол смачивания, град.

Таблица 1

**Значения теоретической работы адгезии смолы СКФ-НМ**

Номер образца смолы	Вязкость, с	Значение показателя, сосна, Дж/м <sup>2</sup>	Значение показателя, лиственница, Дж/м <sup>2</sup>
1	151,9	123,44	121,76
2	137,2	126,88	126,55
3	117,6	134,66	137,62
4	103,9	138,71	137,69
5	83,3	131,97	130,81
6	70,6	133,65	130,36
7	66,6	129,36	125,85
8	58,8	129,35	125,39
9	53,9	128,49	125,60
10	47,04	127,42	127,31
11	42,14	135,38	132,62
12	38,22	134,85	132,63
13	34,3	134,66	133,62
14	27,44	142,27	138,52
15	24,5	142,60	138,76
16	19,6	142,86	140,91

Согласно результатам расчетов, представленным в таблице 1, достаточно высокие показатели прочности можно прогнозировать при использовании смолы вязкостью 70–110 секунд, что согласуется с результатами исследований [3, 4].

На втором этапе проведены исследования по определению рациональных режимов прессования, обеспечивающих получение фанеры с высокими физико-механическими показателями. Для этого был проведен двухфакторный эксперимент по В-плану второго порядка для получения математической модели вида  $Y = f(X_1)$  [5].

Для оценки влияния переменных факторов исследований на выходные параметры (параметры качества фанеры) предусматривалась разработка регрессионной модели, обеспечивающей возможность управления технологическими режимами.

Постоянные и переменные факторы экспериментов выбраны исходя из реальных условий производства и задач, поставленных в данной работе, а также опыта ранее проведенных подобных исследований [6, 7].

В качестве выходных величин были приняты качественные показатели готовой продукции (фанеры):  $Y_1$  – предел прочности клееной фанеры при скалывании по клеевому слою в сухом виде ( $\tau_{ск(сух)}$ ), МПа;  $Y_2$  – предел прочности клееной фанеры при скалывании по клеевому слою после их выдержки в воде комнатной температуры в течение 24 часов ( $\tau_{ск.ком}$ ), МПа;  $Y_3$  – предел прочности на изгиб клееной фанеры.

Варьируемые технологические факторы:  $X_1$  – продолжительность прессования, мин;  $X_2$  – температура прессования, °С.

Изучена зависимость предела прочности клееной фанеры при изгибе и при скалывании клееного слоя от факторов технологии склеивания шпона – времени и температуры прессования.

При этом были фиксированы значения ряда других факторов: шпон – сосновый влажностью  $6 \pm 1\%$ ; толщина шпона 2,2 мм; толщина пакета 11,0 мм; формат формируемого пакета шпона 300x300 мм; слойность пакета 5; смола СКФ-НМ; температура смолы  $20 \pm 2$  °С; продолжительность выдержки образцов фанеры в воде комнатной температуры 24 часа; вязкость смолы  $85 \pm 5$  секунд; расход клея 120 г/м<sup>2</sup>.

В таблице 2 представлены варьируемые факторы, их уровни и интервалы варьирования при проведении двухфакторного эксперимента.

Таблица 2

### Основные факторы и уровни их варьирования

Наименование фактора	Обозначение	Нижний уровень	Основной уровень	Верхний уровень	Интервал варьирования
Продолжительность цикла прессования $\tau_1$ , мин	$X_1$	5,5	6	6,5	1,5
Температура прессования $t$ , °С	$X_2$	110	120	130	10

Математическое описание зависимости предела прочности клееной фанеры на изгиб и на скалывание по клеевому шву от варьируемых технологических параметров представлено в виде нормализованного уравнения регрессии:

$$\text{на изгиб: } Y = 43 - 1,7X_2 - 3,925X_2^2;$$

на скалывание по клеевому слою:

$$\text{- в сухом виде: } Y = 0,64 - 0,3363X_1X_2 + 0,6365X_1^2 + 0,6115X_2^2;$$

- после выдержки в течение 24 часов в воде комнатной температуры:

$$Y = 0,6237 + 0,1895X_1 + -0,1238X_2^2.$$

По полученным уравнениям регрессии построены графические зависимости (рис. 5–7).

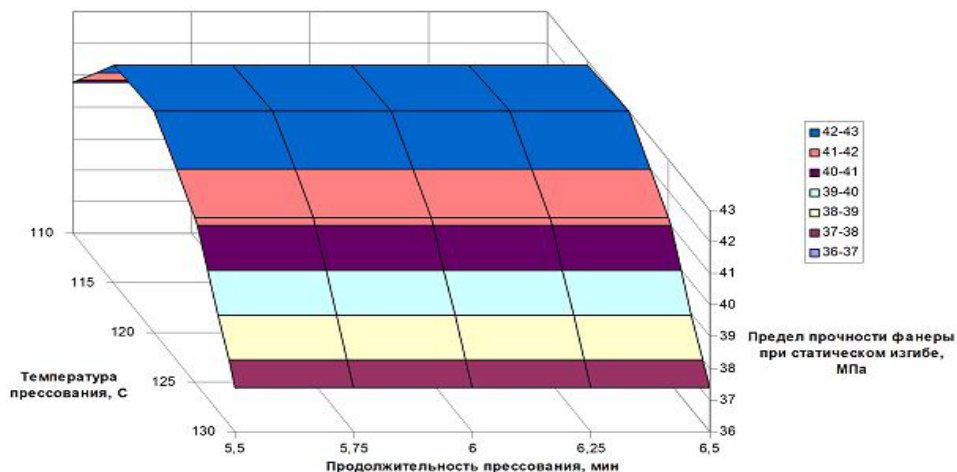


Рис. 5. График зависимости предела прочности фанеры при статическом изгибе от температуры и продолжительности прессования

Согласно ГОСТ 3916.2-96, предел прочности фанеры при статическом изгибе должен быть не менее 35 МПа; исходя из полученных данных, можно судить о соответствии качества испытанных образцов требованиям ГОСТа.

Минимальное значение предела прочности фанеры при статическом изгибе, равное 35,2 МПа, наблюдается при температуре прессования 130 °С и продолжительности склеивания 5,5 минут, а максимальное, равное 41,2 МПа, – при температуре прессования 120 °С и продолжительности склеивания 6,5 минут.

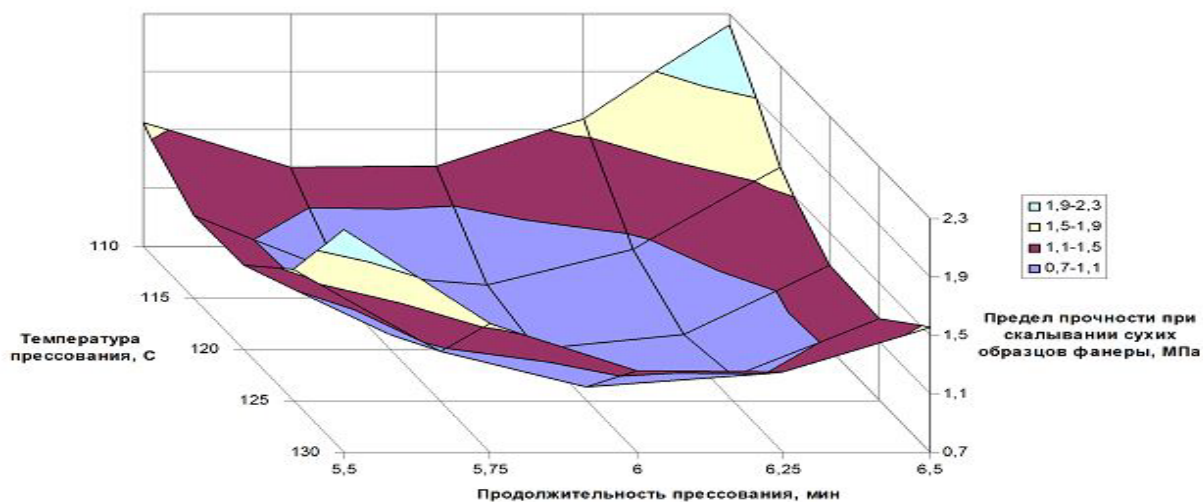


Рис. 6. График зависимости предела прочности при скалывании сухих образцов фанеры от температуры и продолжительности прессования

Согласно ГОСТ 3916.2-96, предел прочности фанеры при скалывании сухих образцов должен быть не менее 1,5 МПа; исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что требованиям ГОСТа соответствует 37,5 % испытанных образцов.

Минимальное значение предела прочности фанеры при скалывании сухих образцов, равное 1,15 МПа, наблюдаются при температуре прессования 110 °С и продолжительности склеивания 5,5 минут, а

максимальное, равное 2,9 МПа, – при температуре прессования 110 °С и продолжительности склеивания 6,5 минут.

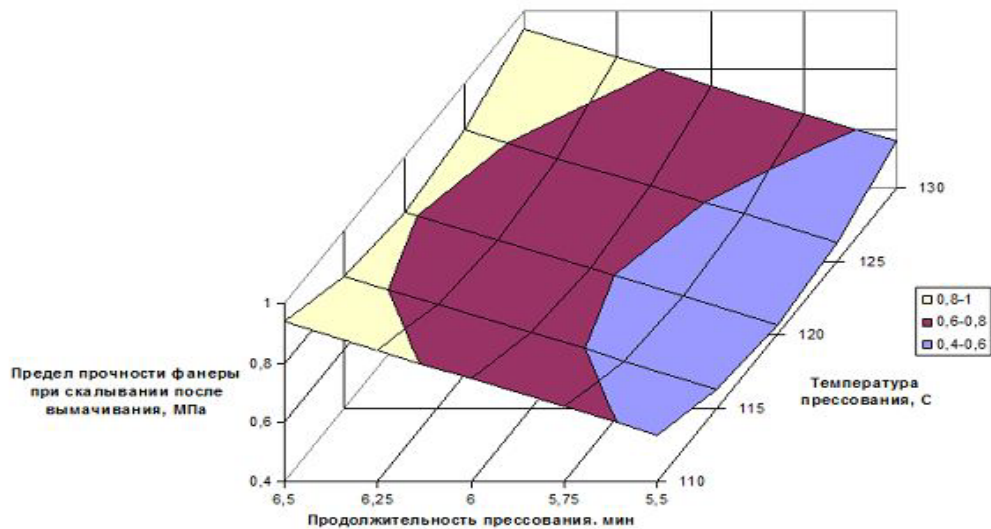


Рис. 7. График зависимости предела прочности фанеры после вымачивания от температуры и продолжительности прессования

Согласно ГОСТ 3916.2-96, предел прочности фанеры при скалывании образцов, вымоченных в воде комнатной температуры в течение 24 часов, должен быть не менее 1 МПа; исходя из полученных данных можно сделать вывод, что требованиям ГОСТа соответствует 25 % испытанных образцов.

Минимальное значение предела прочности фанеры при скалывании образцов, вымоченных в воде комнатной температуры в течение 24 часов, равное 0,62 МПа, наблюдается при температуре прессования 110 °С и продолжительности склеивания 6 минут, а максимальное, равное 1,39 МПа, – при температуре прессования 110 °С и продолжительности склеивания 6,5 минут.

### Выводы

1. В результате исследования доказана возможность использования смолы СКФ-НМ в производстве фанеры с обеспечением получения ее качественных характеристик, соответствующих требованиям ГОСТ 3916.2-96 «Фанера клееная» [8].

2. В целях разработки оптимальных режимов и композиций клеевых составов целесообразно проведение дальнейших исследований.

### Литература

1. Патент на изобретение *RUS 2429267*. 11.03.2010. Низкотоксичная клеевая композиция для производства фанеры / *С.В. Денисов, Н.П.Плотников, Г.П. Плотникова*.
2. ГОСТ 14231-88 ЕСКД. Смолы карбамидоформальдегидные. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 14 с.
3. *Денисов С.В., Русаков Д.С.* Эффективная технология склеивания хвойной фанеры модифицированными клеями // *Тр. Брат. гос. ун-та. Сер. Естественные и инженерные науки.* – 2004. – Т.2. – С. 192–195.
4. *Денисов С.В., Плотников Н.П.* Исследование возможности использования нафтолов в качестве модифицирующей добавки карбамидоформальдегидных смол // *Тр. Брат. гос. ун-та. Сер. Естественные и инженерные науки.* – 2009. – Т.2. – С. 225–229.
5. *Пижурин А.А.* Моделирование и оптимизация процессов деревообработки. – М.: Изд-во МГУЛ, 2004. – 375 с.
6. *Денисов С.В., Русаков Д.С.* Исследование возможности склеивания хвойной фанеры на основе модифицированных отходами лесохимического производства фенолформальдегидных смол // *Тр. Брат. гос. ун-та. Сер. Естественные и инженерные науки.* – 2004. – Т.2. – С. 186.
7. *Денисов С.В., Евстигнеева Л.А.* Системы. Методы. Технологии. – 2012. – № 2. – С. 91–97.
8. ГОСТ 3916.2-96 ЕСКД. Фанера клееная. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 34 с.