

Эпоксидсодержащий клеевой состав с армирующими волокнами гидросиликата магния

Л.Н. Наумова

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

Аннотация: В статье показана возможность получения эпоксидсодержащего клеевого состава с использованием в качестве армирующего наполнителя – волокнистого гидросиликата магния состава $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$. Волокнистый наполнитель выбран с целью армирующего компонента, для придания клеевому шву прочности сцепления между склеиваемыми поверхностями деревянного бруса.

Ключевые слова: клеевая композиция, состав, эпоксидная смола, полиэтиленполиамин, полиэтиленсилоксан, поливинилацетат, Kleiberit, водостойкость, насыщение, нагрузка, предел прочности, испытание, свойства.

В настоящее время актуальными являются вопросы, связанные с разработкой компонентных составов клеевых композиций с использованием полимерных связующих, предназначенных для склеивания различных поверхностей и материалов.

В строительной отрасли развивается направление деревянного домостроения [1,2], которое позволяет охватывать вопрос не только производства изделий из цельной древесины, но в основном, – из клееных материалов. Данный факт опирается на возможность устранения анизотропных и деформационных свойств древесины, уменьшения ее биологической коррозии и материальных трудозатрат [3]. Преимущества клееной древесины заключаются в расширении спектра выпускаемых несущих конструкций и конструкционных изделий, широкого ассортимента мебельной продукции, различных отделочных материалов, улучшенного качества и дизайнерского подхода [4]. Технология изготовления клееных материалов позволяет использовать низкосортную древесину и отходы деревообрабатывающих производств; снижать материальные затраты на производство изделий, улучшать физико-механические и эксплуатационные свойства древесных материалов, получать детали крупных сечений и

размеров, а также сложных криволинейных форм [5]. При небольшой плотности деревянных клееных конструкций можно получать их улучшенные прочностные показатели и проводить их монтаж на больших пролетах [6]. Таким образом, раскрой пиловочных материалов, технологическая обработка с получением ламелей и последующем их склеивании, придает клееным древесным материалам дополнительные качества.

Клееный брус является долговечным и прочным материалом при строительстве домов и других сооружений. Фанера имеет низкую стоимость и используется в производстве мебели, упаковки. Мебельный щит, обладая красивой текстурой, применяется в качестве элементов мебели. ЛВЛ-брус является строительным конструкционным материалом. Многослойные клееные деревянные панели изготавливают из перекрестно-склеенной древесины, обладают комплексом преимуществ и являются перспективным материалом [7].

В качестве клеевых составов, для вышеперечисленных изделий, применяют в основном, полиуретановые, меламиновые, резорцино-формальдегидные, а также полимер-изоцианатные и ЭПИ-системы [7, 8]. Клеевой состав, представляет собой композицию, в которую входит пленкообразователь, отвердители, могут входить растворители, стабилизаторы, пластификаторы, наполнители [9, 10]. Компонентный состав способствует улучшению физических, физико-химических, эксплуатационных свойств клеевой композиции. В качестве наполнителей используют органические и неорганические вещества, в том числе, волокнистые [9,11]. Использование волокнистых наполнителей в пленочном составе способствует когезионному взаимодействию частиц, за счет хаотичного расположения волокон, также адгезионному – за счет шероховатости деревянной поверхности.

В данной работе полимерным связующим клеевого состава были выбраны: эпоксидная смола, обладающая комплексом универсальных свойств [12], в качестве отвердителя – полиэтиленполиамин и наполнителей – полиэтиленсилоксан и волокна гидросиликата магния. В качестве сравнительного состава использовали зарубежный клеевой состав Kleiberit, марки 303.7.

При выборе волокнистого наполнителя ориентировались на сравнительный анализ, приведенный на рис.1.

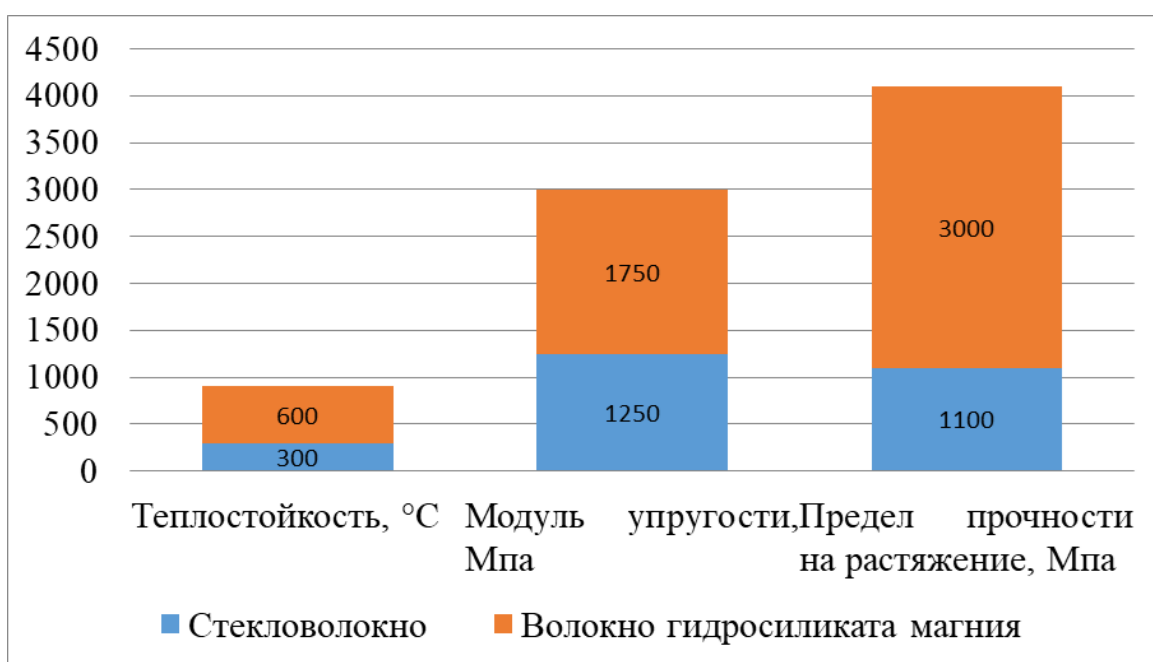


Рис. 1 Физические и физико-механические свойства стеклянных волокон и гидросиликата магния

Стекловолокно обладает повышенной прочностью, термостойкостью, негорючестью, низкой гигроскопичностью, стойкостью к химическому и биологическому воздействию.

Природные волокна гидросиликата магния обладают комплексом уникальных свойств: высокими прочностными характеристиками, эластичностью, химической – и огнестойкостью, значительной термостойкостью – без изменения структурных характеристик, высокими тепло- и звукоизоляционными свойствами. В лабораторных условиях были

приготовлены три состава клеевой композиции (табл. 1.). Соотношение эпоксидной смолы и отвердителя для композиций на их основе составило 1:1, содержание наполнителей – полиэтиленсилоксана и волокнистого гидросиликата магния – 0,5%, 1%, 1,5%. Клеевой состав Kleiberit применяется при склеивании древесины на предприятии Bukoveldom. Основу композиции составляет ПВА – дисперсия и отвердитель, количество которого составило – 5%, 10%, 15%. от веса клея. Приготавливаемые смеси тщательно перемешивали вручную и наносили на деревянные образцы, оставив их затем на 24 часа при комнатной температуре.

Таблица № 1.

Компонентный состав клеевых составов

Номер композиции	Компонентный состав	Процентное содержание, масс. %		
I	Номер образца	1.1.	1.2.	1.3.
	Kleiberit (K)	47,50	45,0	37,50
	Отвердитель (O)	5	10	15
II	Номер образца	2.1.	2.2.	2.3.
	Эпоксидная смола (ЭП)	49,75	49,50	49,25
	Полиэтиленполиамин (ПЭПА)	49,75	49,50	49,25
	Полиэтиленсилоксан (ПЭС)	0,5	1,0	1,5
III	Номер образца	3.1.	3.2.	3.3.
	Эпоксидная смола (ЭП)	49,75	49,50	49,25
	Полиэтиленполиамин (ПЭПА)	49,75	49,50	49,25
	Гидросиликат магния (ГСМ)	0,5	1,0	1,5

На рис.2 приведены результаты определения вязкости клеевой композиции каждого состава.

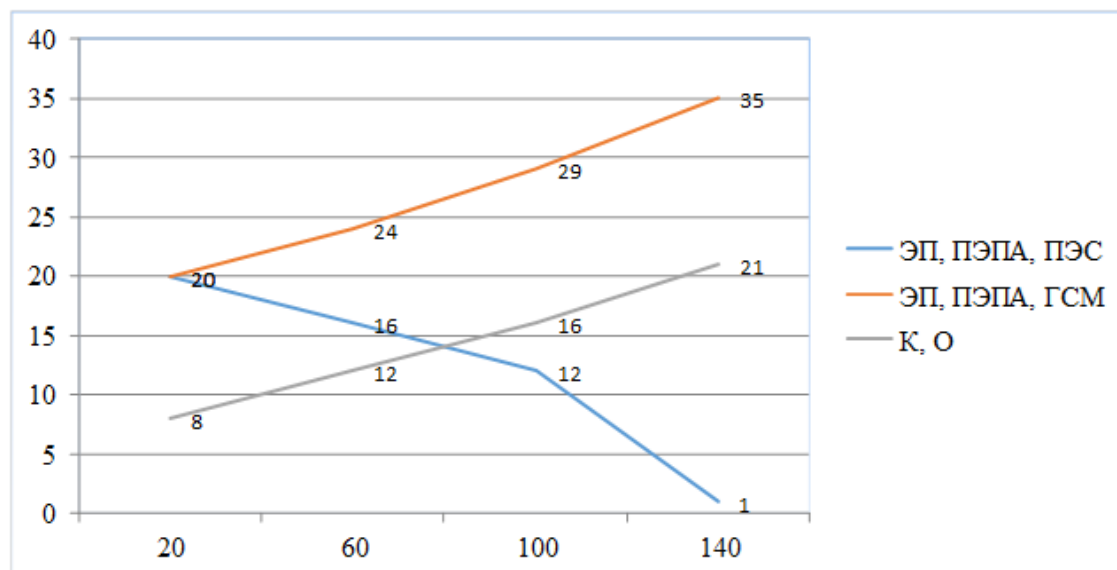


Рис. 2 Вязкость клеевых композиций

Из графика (рис.2) видно, что при добавлении волокон гидросиликата магния (ГСМ) в композицию (ЭП+ПЭПА) – вязкость повышается, для композиции зарубежного состава (К+О) – она несколько ниже. При введении полиэтиленсилоксана (ПЭС) в эпоксидный состав (ЭП+ПЭПА) вязкость композиции падает.

Испытание швов, полученных клеевых составов, на определение группы водостойкости по прочности клеевых соединений на скалывание вдоль волокон после выдержки образцов в воде и их кипячении проводили в соответствии ГОСТ 33121-2014 «Конструкции деревянные клееные. Методы определения стойкости клеевых соединений к температурно-влажностным воздействиям». Вымачивание образцов проводили в течение 48 ч в воде с температурой $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$. По истечении этого времени образцы извлекали из воды, протирали сухой тканью, подвергали обмеру и механическим испытаниям. Кипячение образцов проводили в течение 3 ч. После кипячения образцы охлаждали в течение 30 мин в проточной воде, имеющей температуру $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$. Охлажденные образцы извлекали из воды,

протирали, подвергали обмеру и механическим испытаниям. Результаты проведенных исследований представлены в табл. 2.

Таблица № 2

Водостойкость клеевых швов

Номер композиции	Нумерация образцов	Водная среда	
		Холодная вода (48ч.)	Горячая вода (3ч)
I	1.1;1.2; 1.3	не изменился	не изменился
II	2.1;	разрушение клеевого шва	окрашивание водной среды
	2.2; 2.3	не изменился	
III	3.1; 3.2; 3.3	не изменился	не изменился

Механические испытания клеевых швов проводили в соответствии ГОСТ 33121-2014 «Конструкции деревянные клееные. Методы определения прочности клеевых соединений».

Результаты испытаний на скалывание клеевого шва под нагрузкой вдоль волокон представлены в табл. 3.

В соответствии ГОСТ 15613.1 – 84 «Древесина клееная массивная. Методы определения предела прочности клеевого соединения при скалывании вдоль волокон древесины» рассчитали предел прочности клеевого шва при скалывании вдоль волокон древесины по формуле:

$$\tau = \frac{P}{b \cdot l},$$

где P – разрушающая нагрузка, Н (кгс);

b – ширина площади скалывания образцов, м (см);

l – длина площади скалывания образца, м (см)

Длина площади скалывания деревянных образцов 10см, а ширина 30см.

Таблица №3

Разрушающая нагрузка на клеевой шов

Номер композиции	Аббревиатура составов	Нумерация образцов	Разрушающая нагрузка, кГс
I	К+О	1.1	2320
		1.2	5935
		1.3	6878
III	ЭП+ПЭПА+ГСМ	3.1	2700
		3.2	3725
		3.3	3615
II	ЭП+ПЭПА+ПЭС	2,1	2460
		2.2	1795
		2.3	1125

Результаты поведения клеевого шва с различным содержанием компонентов представлены на рис.3.

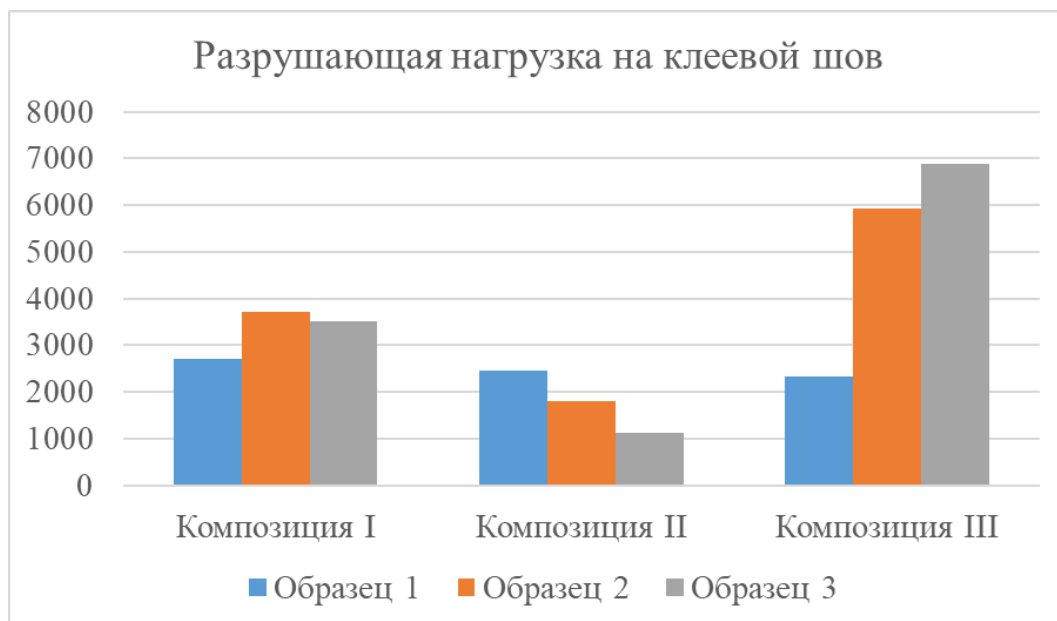


Рис. 3 Сравнительный анализ поведения клеевых швов экспериментальных составов под нагрузкой

Результаты полученных данных по определению предела прочности клеевого шва при скалывании вдоль волокон представлены в табл.4.

Таблица №4

Предел прочности клеевого шва при скалывании

Номер образца	P, Н	b, мм	l, мм	τ , МПа
1.1.	2320	10	30	7,73
1.2.	5935			19,78
1.3.	6878			22,92
2.1.	2460			8,2
2.2.	1795			5,98
2.3.	1125			3,75
3.1.	2700			9,0
3.2.	3725			12,42
3.3.	3615			12,05

Результаты полученных значений предела прочности клеевого шва при скалывании вдоль волокон представлены на рис.4

Представленные на рис.4 значения предела прочности клеевого шва исследуемых составов, говорят о повышенной величине данного показателя для эпоксидного состава на армирующих волокнах гидросиликата магния, по сравнению с остальными.

Таким образом, результаты проведенных экспериментов позволяют сказать о возможности использования волокон гидросиликата магния в эпоксидной клеевой композиции в качестве армирующей составляющей, для повышения прочности клеевого соединения. Дальнейшая работа будет направлена на оптимизацию вязкости клеевого состава с использованием волокон гидросиликата магния и их дисперсности.

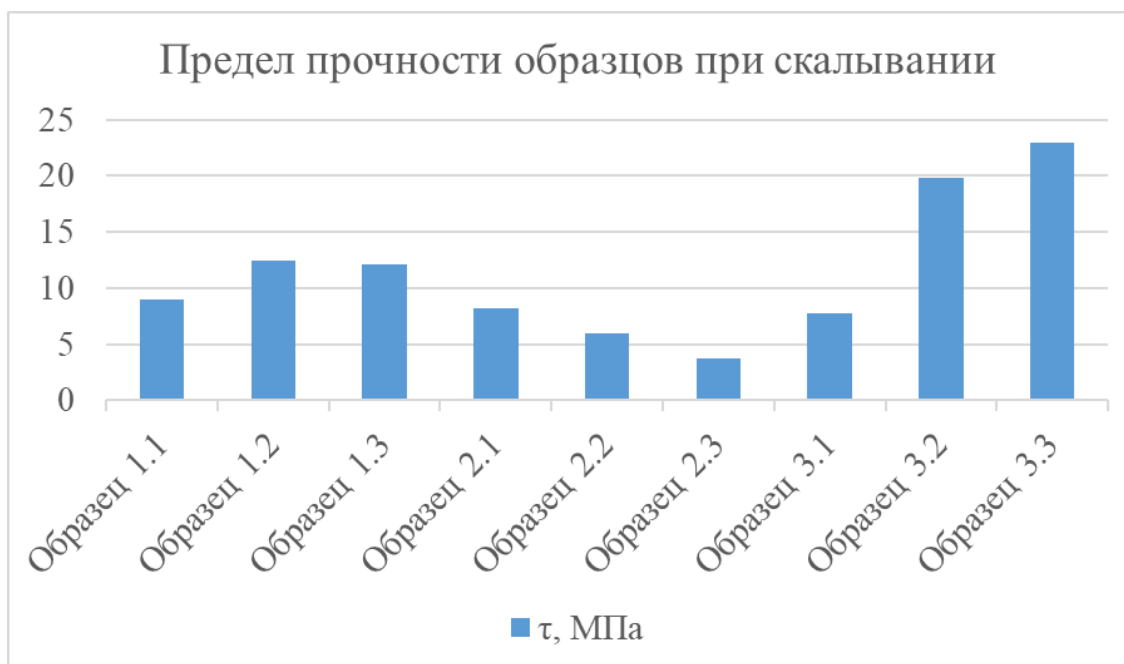


Рис. 4 Сравнительный анализ предела прочности клеевых швов
экспериментальных составов

Литература

1. Пахомов Я.А., Кириллов А.Н., Кузьменков А.А. Обоснование концепции системы складывания быстровозводимого жилого модуля на основе деревянных конструкций // Инженерный вестник Дона. 2025, № 6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N6y2025/10154.
2. Михалева С.А. Деревянные высотки в России - инновационный взгляд на современное строительство // Архитектура. 2016. №4(46). Ч. 7. – С. 19–21
3. Федяев А. А. Обоснование необходимости производства клееных деревянных конструкций для деревянного домостроения с учетом их физико-механических свойств // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. – 2012. – Т. 2. – С. 66–69.
4. Щуко В. Ю., Рощина С. И. Клееные армированные деревянные конструкции. – СПб.: ГИОРД, 2009. – 124 с.

5. Федяев А. А., Федяева Н. Ю., Шумякова Н., Кушнерев В. О. Повышение эффективности клееных деревянных конструкций // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2016. – № 217. – С. 219–228.
6. Лукаш А. А. Технология новых клееных материалов. – СПб.: Лань, 2014. – 304 с.
7. Семенов К. В., Кононова М. Ю. Конструкции из дерева и пластмасс. Деревянные конструкции. – СПб.: СПбГПУ, 2013. – 132 с.
8. Ломакин А. Д. Особенности защиты несущих клееных деревянных конструкций // Вестник НИЦ «Строительство». – 2014. – № 11(34). – С. 30–39.
9. Бурханова Р. А., Евстафьева Н.Ю., Акчурин Т.К. Наполнение эпоксидных полимеров как фактор получения многокомпонентной композиции с улучшенными прочностными свойствами // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2020. – № 4(81). – С. 151-161.
10. Наумова Л.Н., Ключев С.В., Аюбов Н.А. Дисперсно-наполненный композит на техническом углероде // Инженерный Вестник Дона. – 2023. – № 12.–URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N6y2025/10154.
11. Соколова, Ю.А. Готлиб Е.М. Модифицированные эпоксидные клеи и покрытия в строительстве. М.: Стройиздат, 1990. – 176 с.
12. Ключева, Н. В., Айзенштадт, А. М., Данилов, В. Е., Беляев, А. О. Модификация древесины органоминеральным комплексом. Промышленное и гражданское строительство, 2002, №2.– 47–51.

References

1. Pahomov YA.A., Kirillov A.N., Kuz'menkov A.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2025, № 6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N6y2025/10154.

2. Mihaleva S.A. 2016. №4 (46). CH. 7. Pp. 19-21
3. Fedyaev A. A. 2012. T. 2. Pp. 66–69.
4. SHCHuko V. YU., Roshchina S. I. Kleenye armirovannye derevyannye konstrukcii. [Glued reinforced wooden structures]. SPb.: GIORO, 2009. 124 p.
5. Fedyaev A. A., Fedyaeva N. YU., SHumyakova N., Kushnerev V. O. Izvestiya Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii. 2016. № 217. Pp. 219–228.
6. Lukash A. A. Tekhnologiya novyh kleenyyh materialov. [Technology of new glued materials]. SPb.: Lan', 2014. 304 p.
7. Semenov K. V., Kononova M. YU. Konstrukcii iz dereva i plastmass. Derevyannye konstrukcii. [Structures made of wood and plastics. Wooden structures]. SPb.: SPbGPU, 2013. 132p.
8. Lomakin A. D. Vestnik NIC «Stroitel'stvo». 2014. № 11(34). Pp. 30–39.
9. Burhanova R. A., Evstaf'eva N.YU., Akchurin T.K. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura. 2020. № 4(81). Pp. 151-161.
10. Naumova L.N., Klyuev S.V., Ayubov N.A. Inzhenernyj Vestnik Dona. 2023. № 12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N12y2023/8912.
11. Sokolova, YU.A., Gotlib E.M. Modificirovanny'e e`poksidny'e klei i pokry`tiya v stroitel'stve [Modified epoxy adhesives and coatings in construction]. M.: Strojizdat, 1990. 176 p.
12. Kilyusheva, N. V., Ajzenshtadt, A. M., Danilov, V. E., Belyaev, A. O. 2002, №2, Pp.47–51.

Дата поступления: 26.06.2025

Дата публикации: 25.08.2025