

УДК 001+378
ББК 72:74
С56

*Утверждено к печати советом
Хмельницкой областной организации СНИО Украины
и президиумом Украинского Национального комитета IFToMM,
протокол № 3 от 10.08.2017*

Представлены доклады XII Международной научной конференции “Современные достижения в науке и образовании”, проведенной в г. Нетания (Израиль) в 17–24 сентября 2017 г.

Рассмотрены проблемы образования, нанотехнологий, динамики и прочности механических систем, информатики и кибернетики, экономики и управления.

Материалы конференции опубликованы в авторской редакции.
Для ученых, инженеров, работников и аспирантов ВНЗ.

Редакционная коллегия:

д. т. н. *Ройзман В. П.* (Украина), д-р *Прейгерман Л. М.* (Израиль),
д. т. н. *Костюк Г. И.* (Украина), д. т. н. *Бубулис А.* (Литва),
д. т. н. *Натриашвили Т. М.* (Грузия), д-р *Петрашек Я.* (Польша),
д. т. н. *Коробко Е. В.* (Беларусь), д. т. н. *Силин Р. И.* (Украина)

С56 **Современные** достижения в науке и образовании : сб. тр.
XII Междунар. науч. конф., 17–24 сент. 2017 г., г. Нетания
(Израиль). – Хмельницкий : ХНУ, 2017. – 169 с. (укр., рус., англ.).
ISBN 978-966-330-296-6

Рассмотрены проблемы образования, динамики и прочности, материаловедения, нанотехнологий, экономики и управления.

Для научных и инженерных работников, специализирующихся в области изучения этих проблем.

Розглянуті проблеми освіти, динаміки і міцності, матеріалознавства,
нанотехнологій, економіки та управління.

Для науковців та інженерних працівників, які спеціалізуються в
області вивчення цих проблем.

УДК 001+378
ББК 72:74

ISBN 978-966-330-296-6

© Авторы статей, 2017
© ХНУ, оригинал-макет, 2017

7. Otsubo Y., Watanabe K. J. Soc. Rheol. Japan. No. 18 (1990).
8. Atten P., Foulc J.-N., Felici N. Int. J. Mod. Phys. B. No. 8. Pp. 2731–2745 (1994).
9. Wu C. W. and Conrad H. J. Appl. Phys. 83, 3880 (1998).
10. Wen W., Ma H., Tam W. Y. and Sheng P. Phys. Rev. E 55, R61294 (1997).
11. Электрореологический эффект / под ред. А. В. Лыкова. Минск: Наука и техника (1972).
12. Landau L. D., Lifshitz L. P. Electrodynamics of Continuous Media. Oxford : Pergamon Press (1983).
13. Алексеев О. Л. Автореф. дис. ... канд. хим. наук / О. Л. Алексеев. – Киев (1963).
14. Чистяков И. Г. Жидкие кристаллы / И. Г. Чистяков. – Москва : Наука (1966).
15. Lan Y. C., Xu X. Y., Men S. Q. and Lu K. Q. Appl. Phys. Lett. 73, 2980 (1998).
16. Parthasarathy M., Klingenberg D. J. Mater. Sci. Eng. 17, 57 (1996) Ikazaki F., Kawai A. et al J. Phys. D Appl. Phys. 31, 336 (1998).
17. Ikazaki F., Kawai A. et al J. Phys. D Appl. Phys. 31, 336 (1998).
18. Murashkevich A. N., Alisienok O. A., Zharskii I. M., Korobko E. V., Novikova Z. A. Colloid Journal 79, 87 (2017).

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ МЯГКОЛИСТВЕННЫХ ПОРОД ДРЕВЕСИНЫ С УЛУЧШЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Коробко Е. В.¹, Баитовая Е. А.¹, Барташевич А. А.², Игнатович Л. В.²

¹*Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси
г. Минск, ул. Петруся Бровки 15, тел. 375172841361, evkorobko@gmail.com*

²*Белорусский государственный технологический университет
г. Минск, ул. Свердлова 13-а, тел. 375293474437, lignatovich6@gmail.com*

В строительстве и мебельном производстве в большом объеме используются композиционные материалы, в частности фанерные изделия общего назначения с наружными слоями из шпона древесины лиственных и хвойных пород. В мебели фанера применяется для изготовления щитовых конструктивных элементов, ящиков и других деталей, в строительстве – для устройства опалубок, оборудования транспортных объектов, интерьеров, при изготовлении паркетных изделий, и др.

Нормативные документы по изготовлению фанерных изделий допускают использование пластов шпона многих типов древесины – березы, ольхи, бука, клена, осины, тополя, липы и др. Из более дешевых и доступных материалов – мягколиственных пород древесины изготавливается 95 % всего объема фанеры, выпускаемой в Беларуси, как для строительных нужд, так и для мебельного производства. Производство фанеры является крупнотоннажным производством, выпуск фанерной продукции имеет положительную динамику, фанера и изделия из нее востребованы за рубежом. Так, из общего объема производства фанеры предприятия деревообрабатывающей промышленности Беларуси 40–50 % продукции поставляют в зарубежные страны. Планы по дальнейшему наращиванию выпуска фанеры могут быть реализованы при удовлетворении современных требований к эксплуатационным показателям фанерных изделий.

К важнейшим недостаткам фанеры общего назначения, выпускаемой в настоящее время, можно отнести: невысокую прочность; относительно низкую водостойкость, что ограничивает ее применение при использовании в условиях с переменными климатическими показателями; высокое содержание в клеевых композициях формальдегида, который является токсичным веществом.

В связи с этим возникает потребность отработки технологии изготовления композиционных материалов (фанера) для усиления их прочностных и экологических характеристик.

С этой целью в Академии наук Беларуси были созданы модифицированные составы клеевых композиций, предварительно проведены исследования их текучести, в том числе под действием электрических и магнитных полей, а также изучены особенности кинетики их полимеризации и степени отверждения [1]. Модификация состава наполнителя осуществлялась на основе подбора дисперсного наполнителя для клея марки КФ-НФП (ГОСТ 14231–88) с использованием сульфата аммония $2(\text{NH}_4)\text{SO}_4$ в качестве отвердителя и различного количества SiO_2 в качестве наполнителя [2]. Применение наполнителя необходимо для повышения однородности клеевого слоя и способствует релаксации напряжений в швах между пластинами шпона при температурно-влажностных воздействиях. Для испытаний готовили образцы из шпона древесины березы и ольхи толщиной 1,5 мм. Склеивали образцы клеем выбранного состава. Физико-механические показатели фанерной продукции (предел прочности на скалывание) определяли в соответствии с ГОСТ 9624–2009.

В процессе эксплуатации клеевые соединения подвергаются не только механическим нагрузкам, но и действию разнообразных физических и химических факторов (температура, влажность, облучение,

действие химических реагентов и т.д.), вследствие чего клеевой шов может набухать, растворяться, становится хрупким, снижать прочность соединения со склеиваемыми материалами, то есть стареет. Процесс старения может проходить в течение длительного времени, его скорость зависит от ряда факторов.

С целью исследования влияния внешних факторов на прочность приготовленных образцов и долговечность их клеевых соединений они подвергались предварительным воздействиям: вымачиванию в течение 24 часов; 20 циклам температурного воздействия, включающим в каждом цикле 12-часовое замораживание при $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и последующую 12-часовую выдержку при $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$). Режимы температурно-влажностной обработки фанеры зависят от вида клееного изделия (фанера, плиты, дощатые клееные конструкции), породы древесины, состава клея и условий эксплуатации. Рекомендуемые стандартами и техническими условиями режимы испытаний определяются в первую очередь условиями эксплуатации и видом изделия. Воздействие низких температур имитирует граничные климатические условия (зима–лето). Циклические нагружения необходимы для получения быстрого старения клеевых соединений. Такие режимы термовлагообработки реализуются в методике ускоренных испытаний клеевых соединений древесины и направлены на ослабление адгезионных связей и развитие внутренних напряжений в клеевом шве. Их применение приводит к результату, аналогичному действию эксплуатационных факторов, создающих деструкцию клея и развитие внутренних напряжений.

Предел прочности образцов при скалывании определялся с помощью разрывной машины марки РМ-0,5 и рассчитывался как отношение максимального значения разрушающей нагрузки к площади скалывания. Каждый опыт повторялся не менее 6 раз и результат оценивали по среднеарифметическому значению показателей прочности при скалывании с точностью не менее $0,01\text{ Н/мм}^2$. Результаты физико-механических испытаний образцов различной древесины приведены в таблице 1. Для сравнения в таблице 2 приведены минимально допустимые нормативные величины предела прочности образцов фанеры из различных пород древесины.

Результаты показали, что использование наполнителя способствует повышению показателей прочности клеевых соединений во всех случаях, в том числе и после вымачивания их в воде в течение 24 ч. Лучшие показатели прочности на скалывание по клеевому слою образцов после вымачивания достигнуты при введении в клей наполнителя в количестве 6–10 массовых частей, что является показателем наиболее слабого влияния влаги на механическую стойкость фанеры. То есть клеевые соединения с увеличением количества вводимого напол-

нителя обладают более высокой механической стойкостью и обеспечивают надежность деревянных конструкций.

Таблица 1

Предел прочности образцов фанеры из древесины березы при скальвании по клеевому слою с разным содержанием наполнителя

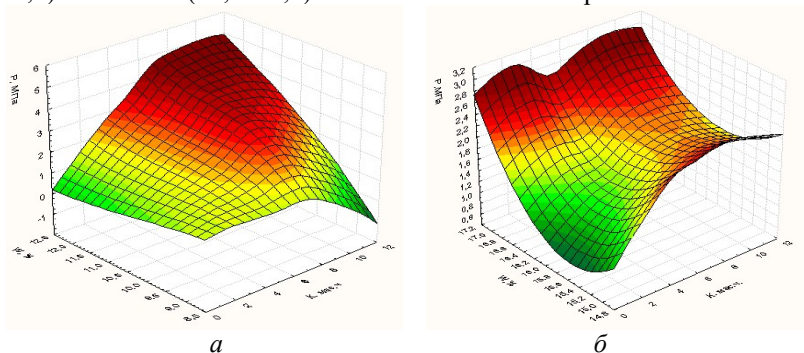
Количество наполнителя в составе клея (мас. части), %	Предел прочности, МПа		
	Без предварительной обработки	После 24 ч вымачивания в воде	После 20 циклов замораживания – оттаивания
Без наполнителя	1,757	2,456	1,76
2	2,75	3,2	2,02
4	3,268	2,954	2,123
6	3,61	3,72	2,274
8	3,694	3,339	2,141
10	3,871	3,67	1,88
12	3,761	2,59	–

Таблица 2

Предел прочности при скальвании по клеевому слою образцов фанеры с внутренними слоями из шпона различных пород древесины

Подготовка образцов перед испытаниями	Предел прочности при скальвании, МПа, не менее			
	береза	ольха	сосна, ель	осина, тополь
После вымачивания в воде в течение 24 ч.	1,5	1,0	1,0	0,6

Графическое представление зависимостей предела прочности клевого шва от количества наполнителя и влажности в пределах (8,5–12,6)±2 мас.% и (14,8–17,2) ± 2 мас. % показано на рис. 1.



**Рис. 1. Зависимости предела прочности клевого шва от количества наполнителя и влажности:
а) (8,5–12,6) ± 2 мас.%; б) (14,8–17,2) ± 2 мас. %**

Приведенные данные показывают, что при влажности древесины 10 % прочность клеевого соединения в 1,35–1,5 раза выше, чем при влажности 16 %, что связано со снижением прочности самой древесины с увеличением влажности.

Кроме усиления прочностных характеристик важнейшей задачей технологического процесса склеивания фанеры является уменьшение эмиссии формальдегида до установленных международных норм (табл. 3). Проблема использования формальдегида сегодня становится одной из самых значимых для производителей древесных композиционных материалов. Согласно нормативным документам содержание формальдегида в фанере, определенное на основе метода WKI в соответствии с ГОСТ 30255–95, должно соответствовать значениям класса эмиссии (выделение в воздух), приведенным в таблице 3. В Беларуси выпускаемая фанера в лучшем случае имеет класс эмиссии E1. Однако для изготовления большого спектра изделий, например, детской мебели, по экологическим показателям нельзя использовать фанеру и древесностружечные плиты как класса эмиссии E1, так и класса эмиссии E2 (ГОСТ 16371–93 “Мебель. Общие технические условия”).

Таблица 3

Допустимые нормы содержания формальдегида в фанере марки ФК

Класс эмиссии	Содержание формальдегида на 100 г абсолютно сухой массы фанеры, мг
E05	До 5,0 включительно
E1	До 8,0 включительно
E2	От 8,0 до 30,0 включительно

Для определения содержания формальдегида в композиционном материале (фанере) был использован метод WKI, который заключается в оценке содержания формальдегида в воде, находящейся в том же сосуде, что и образец фанеры, клееный различными составами клеевой композиции. Предварительно образцы фанеры размером 25×25 мм и соответствующей толщины *S*, отобранные для определения влажности в количестве 4 шт, взвешивали на аналитических весах с точностью 0,001 г и сушили при температуре (105 ± 2) °С до постоянного значения. Масса образца считалась постоянной, если при взвешивании через 4 ч ее величина не отличалась от предыдущего значения более чем на 0,1 %. С этими образцами проводились дальнейшие эксперименты по методике WKI. За величину выделения формальдегида из образца принимали среднее из трех параллельных проб. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты испытаний при определении выделений формальдегида

Количество наполнителя в составе клеевой композиции (мас. части)	Содержание формальдегида, мг/100 г сухого вещества
Без наполнителя	7,8
2 % аэросил	7,1
2 %	6,2
4 %	5,67
6 %	4,96
8 %	4,25
10 %	4,16

Результаты показали, что применение наполнителя величиной концентрации в составе клеевой композиции в пределах 6–10 % по массе снижает содержание свободного формальдегида в полтора–два раза и приближает данный показатель к европейской норме (4,2 мг/100 г сухого вещества).

Использование же, к примеру, стандартно применяемого аэросила в качестве наполнителя снижает содержание формальдегида только на 9 %, т.е. весьма незначительно. Проведенные промышленные и лабораторные испытания физико-механических свойств фанеры с улучшенными характеристиками из мягколиственных пород древесины показали, что модифицированный клеевой материал позволяет достигать эксплуатационных характеристик, требуемых нормативными документами. Склеивание модифицированным клеевым материалом может быть рекомендовано к внедрению на предприятиях деревообрабатывающей промышленности. Это позволит снизить стоимость связующего материала и продукта в целом при изменении рецептуры клеевой композиции, улучшить эксплуатационные показатели фанеры, что обеспечивает расширения ассортимента выпускаемой фанеры и экспортных ее поставок при увеличении рынка сбыта.

Литература

1. Оптимизация свойств клеевых составов для композиционных материалов из мягколиственных пород древесины / Е. В. Коробко, Е. А. Баштовая, М. А. Барташевич [и др.] // Тепло- и массообмен. – Минск : Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси, 2016. – С. 229–237.
2. Брутян К. Г. Новые наполнители для синтетических смол, применяемых в деревообработке / К. Г. Брутян, Г. С. Варанкина, М. П. Глебов // Деп. в ВИНТИ. № 369-В2003. – Москва, 2003. – 30 с.