

DOI: 10.58168/E-SESTTI2025_319-322

УДК: 674.049

НАНОТЕХНОЛОГИИ В ОБРАБОТКЕ ДРЕВЕСИНЫ: УЛУЧШЕНИЕ СВОЙСТВ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ

NANOTECHNOLOGY IN WOOD PROCESSING: IMPROVED PROPERTIES AND DURABILITY

Стородубцева Т.Н., доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО “Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова”, Воронеж, Россия

Тюнин Е.С., студент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Морковин В.А., кандидат технических наук, заведующий кафедрой ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Storodubtseva T.N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Tyunin E.S., student of Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Morkovin V.A., Candidate of Technical Sciences, Head of Department Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация. В статье рассматриваются современные достижения в области нанотехнологий, применяемых для обработки древесины, технология и методы их применения для улучшения свойств древесины. Внимание уделяется методам пропитки материала наночастицами и созданию покрытий с наночастицами, которые влияют на свойства древесины.

Annotation. The article discusses modern achievements in the field of nanotechnology used for wood processing, technology and methods of their application to improve the properties of wood. Attention is paid to the methods of impregnating the material with nanoparticles and creating coatings with nanoparticles that affect the properties of wood.

Ключевые слова: древесина, древесные материалы, обработка, связующие, нанотехнологии, сырьё, пропитка, наночастицы, свойства.

Keywords: wood, wood materials, processing, binders, nanotechnology, raw materials, impregnation, nanoparticles, properties.

В наше время наблюдается острая необходимость оптимизации характеристик разнообразных материалов. Древесина, как один из наиболее популярных и экологичных природных ресурсов, подвергается множеству видов обработки: от классических методов до инновационных подходов.

Основные способы её модернизации включают пропитку особыми составами, прессование с использованием высоких давлений и термообработку. Стремление к повышению определённых параметров древесины зачастую сталкивается с ограничениями традиционных методик. В таких случаях на сцену выходят нанотехнологии – технологии, действующие на уровне отдельных атомов и молекул.

Применение нанотехнологий способно радикально трансформировать свойства древесины: значительно повышает её механическую прочность, устойчивость к поражениям (грибкам, насекомым), существенно улучшает влагоотталкивающие качества и защищает от разрушительного воздействия солнечного света.

Эти инновации открывают новые горизонты в промышленности: каждый сектор – будь то строительство, мебельное производство или декоративные изделия – получает инструменты для существенного улучшения продукции.

Нанотехнологии в обработке древесины открывают глаза на дальнейшие перспективы. Они касаются многих сфер промышленности – строительство, мебельное производство, судостроение и т. д. Нанопокрывтия в деревообработке – это составы, которые содержат мельчайшие частицы, которые не остаются на поверхности древесины, а проникают в поры дерева, создавая защитный слой, блокируя влагу, УФ-излучение и грибок.

В данном исследовании мы подробно рассмотрим все известные методы применения нанотехнологий в обработке древесины, проведём анализ их влияния на древесные материалы, их характеристики и ответим на вопрос: “Так ли хороши и необходимы нам нанотехнологии в деревообрабатывающей промышленности?”.

Основная задача работы ознакомится с нанотехнологиями, которые применяются при обработке древесины и провести их анализ. Так, производится пропитка наночастицами, используются композитные материалы с добавлением наночастиц, применяются нанопокрывтия.

Ключевым аспектом современных исследований выступает анализ воздействия разнообразных методов пропитывания древесных материалов органическими модификаторами и кремнийорганическими соединениями, включая применение наночастиц. Особое внимание было уделено изучению берёзовой древесины: сравнивались образцы после пропитки растворами карбамида с теми же, что подвергались воздействию кремнийорганических соединений при наличии и отсутствии нанокomпонентов. В рамках экспериментов оценивали следующие характеристики:

1. Механические свойства (прочность на изгиб в неподвижном состоянии, статическую твердость;
2. Ударную вязкость;
3. Физические параметры (набухание при равновесии для различных пропитывающих систем, водопоглощение модифицированной берёзовой древесины).

Испытания проводились на образцах с поперечным сечением 20х20 мм и длиной в 300 мм. Для определения ударной вязкости использовался стандарт ГОСТ 20571, а общее тестирование осуществлялось согласно требованиям ГОСТ 28840 на специализированном оборудовании [1].

Для создания суспензии раствора Ag-наночастиц применили процесс восстановления азотнокислого серебра (AgNO_3) в 50-процентном водно-спиртовом растворе под влиянием формальдегида. Метод включал смешение 1:1 растворов нитрата серебра концентрации 0,06 М с 25-процентным раствором аммиака, к которым добавляли этанол и 1% формальдегида. Полученную смесь нагревали до температуры 30°C на протяжении 24 часов. В результате был получен наноразмерный коллоидный раствор с концентрацией 0,5 %, в котором средний размер частиц по Рэлею составлял около 50 нанометров. [1].

В рамках эксперимента использовались следующие средства для пропитки: 10% водный раствор мочевины, его модификация с добавлением 0,5 % суспензии серебра в виде наночастиц, а также 5 % раствор гамма-аминопропилтриэтоксисилана Z6011 в воде и этот же раствор с 0,5 % суспензии наночастиц серебра. Все образцы подвергались воздействию этих составов в течение семи дней [1].

При применении 5 % раствора карбамида к березе нагрузочные характеристики достигали пиковых значений в диапазоне 2400–3600 Н, в то время как система с гамма-аминопропилтриэтоксисилоном демонстрировала показатели от 2300 до 3600 Н, что значительно превышает необработанные образцы (1800–3300 Н). При изгибе под статической нагрузкой разница между пропитанной и необработанной древесиной оказалась несущественной. Работа разрушения для обработанных образцов составила от 13 до 45 Дж, а средняя статическая твердость варьировалась в пределах 29–56 Н/мм². Внесение наночастиц серебра не привело к значительному улучшению механических свойств, но позволило более точно контролировать процесс пропитки визуально [1].

В сфере деревообработки особое значение имеет область применения защитных покрытий, в частности, разработка современных материалов на основе полиуретановых лаков, обладающих расширенным спектром защитных функций. Одним из таких инновационных решений стала разработка наномодифицированного полиуретанового покрытия, которое, хотя и повышает прочность древесины, также увеличивает её воспламеняемость. Чтобы минимизировать этот недостаток, в состав включили органобентонит – наполнитель, способствующий снижению горючести. Для нанодисперсии и замены гидрофобных групп в составе использовали бентонит, модифицированный диалкилдиметилхлоридом аммония.

Процесс создания нанодисперсии включал предварительное смешивание компонента А с различными пропорциями бентонита на протяжении часа, в ходе чего полимер и чешуйки органобентонита распределялись в межплоскостном пространстве, что приводило к их расслоению и формированию нанокомпозита. В результате данной технологии получается уникальный нанокомпозитный полиуретановый лак [2].

Для достижения наилучшего состава лака с применением органобентонита были проведены специальные испытания на устойчивость к возгоранию. Результаты показали, что внесение 5–10% массы бентонита в лак существенно снижает массовую потерю материала при нагреве. В ходе этого опыта было установлено ещё одно преимущество наномодифицированного лака. С добавлением 5% бентонита расход лака уменьшился в 4 раза.

Применение бентонита существенно улучшает экологические характеристики деревянных материалов, благодаря чему обработанная продукция демонстрирует схожий уровень безопасности и низкую токсичность с первоначальным состоянием. Покрытие с добавлением бентонита прочность древесины увеличивается на 23,5% вдоль волокон, поперёк на 24,15 % [2].

Нанокомпозиционные материалы на основе полиуретанов показали множество положительных свойств, такие как: влагостойкость, высокие прочностные показатели, а также новые защитные свойства, которыми не обладают обычные полиуретановые лаки. Основное свойство — это огнестойкость, уменьшение расхода состава, экологичность.

В заключение нанотехнологии внедряются во множество различных сфер промышленности, к ним относится и деревообработка. Исследования показывают, что использование нанотехнологий позволяет значительно улучшить характеристики древесины, расширить количество направлений для инноваций, способствуют созданию новых качественных материалов. Нужно учитывать вызовы, связанные с внедрением нанотехнологий. Исследования в этой области должны продолжаться, чтобы обеспечить безопасное и эффективное их использование.

Список литературы

1. Прошина О. П. Формирование пропиточных систем с наночастицами для модификации свойств древесины / О. П. Прошина, Х. А. Фахретдинов, А. Н. Иванкин, Е. А. Капустина // Вестник МГУЛ -Лесной вестник. -2016. -Т.17. -№2. -С. 137–142.
2. Покровская Е. Н. Сэндвичевые покрытия по древесине с использованием нанокompозитов / Е. Н. Покровская, Р. А. Шепталин, И. Н., Чистов // М.: МГСУ, -2010. -С. 78–81.
3. Шамаев, В. А. Химико-механическое модифицирование древесины / В. А. Шамаев. - Воронеж: Изд-во Воронеж., гос. лесотехн. акад., 2003. -260 с.
4. Ломакин С. Н., Заиков Г. Е. Полимерные нанокompозиты пониженной горючести на основе слоистых силикатов // Высокомолекулярные соединения. -2005. № 1. -С. 104–120.
5. Покровская, Е. Н. Химико-физические основы увеличения долговечности древесины. Сохранение памятников деревянного зодчества с помощью элементоорганических соединений / Е. Н. Покровская. – М.: Изд-во АСВ, -2003. – 100 с.
6. Владимирова, Е. Г. Влияние термической модификации на некоторые физико-механические свойства древесины сосны *Pinus sylvestris*. / Е. Г. Владимирова // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2012. – Т. 16. – № 5 (88). – С. 97–102.

References

1. Proshina O. P. Formation of impregnation systems with nanoparticles for modification of wood properties / O. P. Proshina, H. A. Fahretdinov, A. N. Ivankin, E. A. Kapustina // MGUL Bulletin is a Forest bulletin. -2016. -Vol.17. -No. 2. -pp. 137-142.
2. Pokrovskaya E. N. Sandwich coatings on wood using nanocomposites / E. N. Pokrovskaya, R. A. Sheptalin, I. N., Chistov // Moscow: MGSU, 2010. -pp. 78-81.
3. Shamaev, V. A. Chemical and mechanical modification of wood / V. A. Shamaev. Voronezh: Publishing House of Voronezh, State Forestry University. akad., 2003. 260 p.
4. Lomakin S. N., Zaikov G. E. Polymer nanocomposites of reduced flammability based on layered silicates // High molecular weight compounds. -2005. No. 1. pp. 104–120.
5. Pokrovskaya, E. N. Chemical and physical foundations of increasing the durability of wood. Preservation of monuments of wooden architecture with the help of organoelement compounds / E. N. Pokrovskaya, Moscow: Publishing House of the DIA, -2003, -100 p.
6. Vladimirova, E. G. The influence of thermal modification on some physico-mechanical properties of *Pinus sylvestris* pine wood. / E. G. Vladimirova // Bulletin of MGUL – Lesnoy vestnik. – 2012. – Vol. 16. – № 5 (88). – Pp. 97-102.