

DOI: 10.58168/TBiEc2025_62-68

УДК 674.8

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ

ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE PRODUCTION OF WOOD PRODUCTS

Деркачев П.А., студент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

Кантиева Е.В., к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

Пономаренко Л.В., к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Воронежский лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

Derkachev P.A., student of the FGBOU VO Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

Kantieva E.V., candidate of Technical Sciences, associate professor of the FGBOU VO Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

Ponomarenko L.V., candidate of Technical Sciences, Associate Professor, FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

Аннотация: статья посвящена актуальной теме аддитивных технологий (3D-печати) в производстве изделий из древесины, исследуя их потенциал, преимущества, технологические аспекты и перспективы применения в современной индустрии. В работе рассматриваются основные принципы аддитивного производства, адаптированные к специфике обработки древесных материалов, включая использование биополимеров, композитов на основе натуральных волокон и модифицированных видов древесины.

Abstract: the article is devoted to the topical topic of additive technologies (3D printing) in the production of wood products, exploring their potential, advantages, technological aspects and prospects of application in modern industry. The paper discusses the basic principles of additive manufacturing, adapted to the specifics of processing wood materials, including the use of biopolymers, composites based on natural fibers and modified types of wood.

Ключевые слова: 3D-печать, древесина, волокно, промышленность, аддитивные технологии

Keywords: 3D printing, wood, fiber, industry, additive technologies

Аддитивные технологии, включающие в себя методы послойного создания объектов, такие как 3D-печать, занимают все более значимое место в современном производстве. Их применение охватывает различные отрасли, начиная от медицины и заканчивая машиностроением. В последние годы наблюдается большой рост интереса к использованию

аддитивных технологий в деревообрабатывающей промышленности, что обуславливается их потенциалом для повышения эффективности и экологичности производственных процессов.

Древесина, как природный и возобновляемый ресурс, обладает уникальными свойствами, такими как лёгкость обработки, прочность и эстетическая привлекательность. Эти качества делают её перспективным материалом для аддитивных технологий, особенно в контексте создания сложных конструкций и элементов декора. Использование древесных материалов в аддитивных процессах открывает новые возможности для переработки отходов и создания устойчивых производственных цепочек.

В условиях роста интереса к экологически устойчивым технологиям, аддитивные методы обработки древесины приобретают особую актуальность. Они позволяют значительно снизить количество отходов, оптимизировать использование ресурсов и создавать изделия с уникальными характеристиками. Внедрение этих технологий в деревообрабатывающую промышленность представляет собой важный шаг на пути к устойчивому развитию и инновациям.

Значительное достижение в этой области было достигнуто в 2017 году специалистами Массачусетского технологического института (МТИ). Разработанный ими метод основан на использовании древесного порошка в сочетании со связующими веществами, что позволяет создавать изделия с высокой точностью и минимальными отходами. Эта технология открывает новые возможности для деревообрабатывающей промышленности, позволяя изготавливать сложные формы и конструкции, ранее недоступные с использованием традиционных методов. Вместе с тем, как отмечают исследователи, «сегодняшние технологии обработки древесины в основном являются субтрактивными, за исключением 3D-печати с использованием древесины». Это подчеркивает важность 3D-печати как революционного подхода в обработке древесины, который способен значительно изменить существующие практики в этой сфере [1].

Данные технологии существенно сокращают производственные затраты и время, что делает их привлекательными для различных сфер применения. Использование древесного порошка и связующих веществ не только минимизирует отходы, но и способствует высокой экологичности производства. Важно отметить, что для эффективного использования древесных частиц необходимо контролировать их размер и обеспечивать однородность. Такие методы находят широкое применение в архитектуре, дизайне интерьеров и других областях, где требуется высокая точность и уникальность изделий.

Экструзия волокна является одним из наиболее распространенных способов аддитивного производства из древесины (рис. 1). При этом стоит отметить, что волокно не на 100% состоит из дерева, а лишь содержит 30-40% древесных волокон и 60-70% полимерного компонента в качестве связующего вещества. Волокно способно менять цвет и структуру изделий путем изменения температуры обработки материала.

Примером может служить, нагрев материала до высокой температуры, поэтому можно изготавливать детали более темных цветовых оттенков. Но при этом стоит помнить, что данный материал легко воспламеняем, и следует быть осторожным.

Разработка технологий применения древесно-волоконистых композиций в аддитивных технологиях позволит ежегодно увеличивать рост отрасли более чем на 20% за счёт нового типа недорогого биоразлагаемого материала. Авторы [2] предлагают сочетать два метода экструзионной печати: с использованием полимерной нити и пастообразной композиции, содержащей отходы древесного волокна сосны. Данную композицию предлагается использовать для 3D-печати при изготовлении декоративных изделий сложной формы для мебели.

Моделирование методом жидкостного осаждения — энергоэффективный аддитивный процесс для пастообразных материалов. Авторами [3] проведены исследования пасты на водной основе с карбоксиметилцеллюлозой и древесной мукой. Разработан непрерывно работающий двухшнековый экструдер для изготовления каркаса стола высотой 18 см.



Рисунок 1 – Волокно

Основное преимущество композитного древесного волокна заключается в том, что оно имеет вид, текстуру и запах натурального дерева (рис.2). Напечатанные из волокна детали можно легко обрабатывать. Тем не менее, у материала есть недостаток — этот материал более хрупкий, чем термопластик, поэтому изделия из него легко ломаются.

Одним из ключевых преимуществ аддитивных технологий в деревообработке является возможность значительного сокращения затрат на сырьё. Это достигается за счёт использования точного дозирования материалов и минимизации отходов. Согласно данным исследования компании Wohlers Associates, благодаря аддитивным методам затраты на производство могут быть снижены до 70%. Это особенно важно в условиях роста цен на древесину и необходимость более рационального использования природных ресурсов. Таким образом, применение 3D-печати в деревообработке способствует не только экономической, но и экологической эффективности.



Рисунок 2 – Образцы с имитацией ценных пород дерева

Аддитивные технологии широко используются для индивидуального и крупносерийного производства [4]. Преимущества таких технологий: выпуск ограниченных партий продукции, ориентированных на индивидуальные потребности, более доступная стоимость разработки и производства, использование сложных геометрических форм и структур, вдохновленных природой; недостатки: дефицит квалифицированных кадров и программ обучения.

Технологии 3D-сканирования и 3D-печати успешно применяются в процессе реставрации мебели [5]. Для создания недостающих деталей стула из фанеры были использованы 3D-сканеры. Полученные данные в формате STL были обработаны, и недостающие детали были напечатаны с помощью системы аддитивного производства. Результаты испытаний восстановленного стула и исходного образца на прочность сопоставимы.



Рисунок 3 – Пример стула, напечатанного на 3D-принтере из древесины

При этом внедрение аддитивных методов значительно сокращает время на разработку и производство новых изделий, что, в свою очередь, повышает конкурентоспособность компаний, использующих эти технологии.

В России, несмотря на то что «технологии 3D-печати пока слабо развиты, но существуют предпосылки их развития в ближайшем будущем», наблюдается рост интереса к данным технологиям [6].

Аддитивные технологии обладают значительными экологическими преимуществами, особенно в контексте снижения отходов производства. По данным исследования 2020 года, использование таких технологий позволяет уменьшить количество отходов на 30-50% по сравнению с традиционными методами, что делает их привлекательными с экологической точки зрения. Это достигается за счет точного дозирования материалов и возможности создания изделий с минимальным количеством излишков. В деревообрабатывающей промышленности это особенно важно, так как позволяет более рационально использовать древесину, снижая нагрузку на лесные ресурсы. Таким образом, аддитивные технологии способствуют более устойчивому производству, снижая экологический след.

Несмотря на экологические преимущества, аддитивные технологии сталкиваются с рядом вызовов, связанных с утилизацией и переработкой материалов. Согласно данным 2018 года, около 90% используемых материалов для 3D-печати составляют пластики, что создает значительную проблему их утилизации. Эти материалы могут накапливаться в окружающей среде, увеличивая объемы пластиковых отходов, если не будут разработаны эффективные методы их переработки. В деревообрабатывающей отрасли это может стать препятствием для широкого внедрения аддитивных технологий, требуя дополнительных исследований и инноваций в области экологически чистых материалов.

Для преодоления экологических вызовов, связанных с использованием аддитивных технологий, разрабатываются инновационные подходы к переработке и вторичному использованию материалов. Например, в 2022 году в Нидерландах была создана технология переработки отходов 3D-печати в новые материалы, которые могут быть использованы повторно. Это открывает перспективы для создания замкнутых циклов производства, где отходы минимизируются, а материалы используются многократно. В деревообрабатывающей промышленности такие подходы способствуют более экологически устойчивому применению аддитивных технологий, снижая их негативное воздействие на окружающую среду.

В заключение можно сказать, что аддитивные технологии, такие как 3D-печать и технологии послойного нанесения, предоставляют значительные преимущества для деревообрабатывающей промышленности. Эти технологии позволяют уменьшить количество отходов, сократить затраты на материалы и обеспечить высокую точность изготовления изделий. Однако с этим были отмечены технические ограничения, такие как ограничение размеров изделий и снижение их прочности при использовании древесных композитов.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на разработку новых материалов для аддитивного производства, которые обеспечат улучшенные механические свойства и экологическую устойчивость. Также важно изучить потенциальные способы интеграции аддитивных технологий в существующие производственные процессы с целью максимизации их эффективности и минимизации экологического воздействия.

Список литературы

1. Kromoser B., Reichenbach S., Hellmayr R., Myna R., Wimmer R. Circular economy in wood construction – Additive manufacturing of fully recyclable walls made from renewables: Proof of concept and preliminary data // *Construction and Building Materials*. — 2022. — Т. 344. — С. 128219.
2. N. P. Midukov, V. S. Kurov, N. V. Evdokimov Biorefining of Wood-Fibre Raw Material in a Material Composition for Additive Technologies / *Fibre Chemistry*, Volume: 55, Issue: 1, Pages: 53-58. [https://doi.org/ 10.1007/s10692-023-10426-6](https://doi.org/10.1007/s10692-023-10426-6)
3. Uwe Bodenschatz, Michael Rosenthal 3D printing of a wood-based furniture element with liquid deposition modeling / *European Journal of Wood and Wood Products*, Volume: 82, Issue: 1, Pages: 241-244. [https://doi.org/ 10.1007/s00107-023-01996-7](https://doi.org/10.1007/s00107-023-01996-7)
4. Lana Jarža, Anka Ozana Čavlović, Stjepan Pervan, Nikola Španić, Miljenko Klarić, Silvana Prekrat Additive Technologies and Their Applications in Furniture Design and Manufacturing / *Drvena industrija*, Volume: 74, Issue: 1, Pages: 115-128. [https://doi.org/ 10.5552/drvind.2023.0012](https://doi.org/10.5552/drvind.2023.0012)
5. Güllü AKKAŞ, Tuğba ANDAÇ GÜZEL Strength of A Chair Renovated With Additive Production Systems and Reverse Engineering Approach / *European Journal of Science and Technology*, Jan 7, 2022. – URL: [https://doi.org/ 10.31590/ejosat.1054613](https://doi.org/10.31590/ejosat.1054613)
6. Беседина К.С., Лавров Н.А., Барсков В.В. Применение аддитивных технологий при получении изделий из полимерных материалов (обзор) // *Известия СПбГТИ(ТУ)*. — 2018. — № 44. — С. 56–57. — DOI 10.15217/issn1998984-9.2018.44.56.
7. Вопросы исследования природных и синтетических полимеров и композитов: тезисы докладов Всероссийской научной студенческой конференции / Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. — Санкт-Петербург: ФГБОУВО «СПбГУПТД», 2023. — 53 с.
8. Евдокимов Н.В., Мидуков Н.П., Куров В.С., Старицын М.В., Петров С.Н. Исследование микроструктуры волокон в композиции сырья для применения в аддитивных технологиях // *Химические волокна*. — 2022. — № 3. — С. 38
9. Шкарина А.И., Кукушкина В.А., Кровопусков П.А. Перспективы применения аддитивных технологий в отечественном производстве // *Современные проблемы теории машин*. — 2022. — № 13. — С. 131–135. — URL: <https://doi.org/10.26160/2307-342X-2022-13-131-135>.