

УДК 674.2

Д. В. Божко, О. К. Леонович, И. К. Божелко, С. А. Дупанов
Белорусский государственный технологический университет

НОРМИРОВАНИЕ РАСХОДА ДРЕВЕСИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С ОСНОВАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Нормирование расхода сырья и материалов – это определение требуемой меры их производственного потребления в условиях эффективного использования ресурсов. Нормирование включает подготовку организационно-методического обеспечения, разработку, утверждение и контроль норм расхода на производство единицы продукции по установленной номенклатуре.

В статье проанализированы методы нормирования в столярной и мебельной промышленности, которые имеют практическое применение для прямолинейных и профильных изделий.

Разработан алгоритм программы для определения объемных характеристик деревянных сувениров сложных форм с использованием редактора 3D-графики, вспомогательных программ и нейросетей.

Рассмотрена взаимосвязь компьютерных программ от сканирования изделия до получения объемных параметров сложных художественных изделий.

Рассчитаны нормы расхода деревянных материалов на изготовление художественных изделий сложной формы из заготовок с использованием разработанного программного обеспечения и искусственного интеллекта, а также их взаимосвязи.

Рассмотренный инновационный подход реализации расчета нормирования древесины, заключающийся в расширенной работе с моделями сложных форм из древесины, благодаря искусственному интеллекту и программному обеспечению может использоваться при расчете и нормировании расхода древесины на художественные изделия сложных форм.

Ключевые слова: нормирование, художественные изделия, искусственный интеллект, программное обеспечение, 3D-модель.

Для цитирования: Божко Д. В., Леонович О. К., Божелко И. К., Дупанов С. А. Нормирование расхода древесины с использованием программного обеспечения с основами искусственного интеллекта // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2024. № 2 (282). С. 174–179.

DOI: 10.52065/2519-402X-2024-282-21.

D. V. Bazhko, O. K. Leonovich, I. K. Bazhelka, S. A. Dupanov
Belarusian State Technological University

RATING WOOD CONSUMPTION USING SOFTWARE WITH THE BASICS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Rationing the consumption of raw materials and materials is the determination of the required measure of their production consumption in conditions of efficient use of resources. Rationing includes the preparation of organizational and methodological support, development, approval and control of consumption standards for the production of a unit of product according to the established nomenclature.

The article analyzes standardization methods in the carpentry and furniture industry, which have practical application for straight and profile products.

A program algorithm has been developed to determine the volumetric characteristics of wooden souvenirs of complex shapes using a 3D graphics editor, auxiliary programs and neural networks.

The relationship between computer programs from scanning a product to obtaining the volumetric parameters of complex artistic products is considered.

The consumption rates of wooden materials for the manufacture of artistic products of complex shape from blanks using developed software using artificial intelligence in their interrelation are calculated.

The considered innovative approach to calculating wood rationing, which consists of extended work with models of complex forms made of wood, thanks to artificial intelligence and software, can be used in calculating and rationing wood consumption for artistic products of complex shapes.

Keywords: rationing, artistic products, artificial intelligence, software, 3D model.

For citation: Bazhko D. V., Leonovich O. K., Bazhelka I. K., Dupanov S. A. Rating wood consumption using software with the basics of artificial intelligence. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2024, no. 2 (282), pp. 174–179 (In Russian).

DOI: 10.52065/2519-402X-2024-282-21.

Введение. Нормирование является основой эффективного и рационального расхода сырьевых ресурсов в народном хозяйстве.

При выпуске деревянных изделий в мебельной и столярной промышленности разработаны нормы расхода сырья для прямолинейных и профильных изделий [1–15]. Но при производстве художественных изделий сложной формы возникли трудности в определении расхода сырья для их изготовления.

В настоящее время на предприятиях, производящих художественные изделия, расчет объема сырья ведется путем замера исходных образцов с помощью таких измерительных приборов, как сантиметровые ленты, линейки, рулетки и др. Методики точного расчета и нормирования расхода древесины при изготовлении художественных изделий отсутствуют.

Так как художественная промышленность в Республике Беларусь активно развивается, разработка инструкций по нормированию расхода деревянных сувениров и художественных изделий востребована и актуальна.

Основная часть. Методика расчета нормирования древесины для изделий сложной формы можно разделить на 5 основных этапов.

1. Создание общей 3D-модели изделия: рассмотрено несколько сервисов нейросетей для создания 3D-моделей, таких как 3Dpresso, MagiScan, xOne 3D Scanner, Luma AI.

3Dpresso – сервис для создания 3D-моделей, который использует искусственный интеллект для извлечения 3D-моделей из видео продолжительностью более 1 мин. В данный момент сервис находится в бета-тестировании и модели можно загружать бесплатно, но извлечение моделей будет только по месячной подписке 28 долл. США за 16 моделей. Качество сканирования соответствует нормам для исследуемой модели. Форматы импортированных моделей: GLB, FBX, OBJ, USDZ.

MagiScan – приложение для 3D-сканирования с искусственным интеллектом. Можно загружать как видео, так и фото объекта. Присутствует съемка по кругу. Стоимость 10 000 моделей для коммерческого использования составляет 6250 долл. США. Качество модели чуть хуже, чем у других. Форматы импортированных моделей: GLB, FBX, OBJ, PLY.

xOne 3D Scanner – приложение для 3D-сканирования, которое использует технологию фотограмметрии для преобразования фотографий и видео в 3D-модели. Доступно для Android 13.0 и разработано компанией Xplorazzi Tech. Это приложение предлагает легкое решение для создания 3D-моделей. Стоимость подписки 15\$. Качество сканирования соответствует нормам для исследуемой модели. Форматы импортированных моделей: GLB, FBX, OBJ, PLY.

Luma AI – приложение, которое позволяет пользователям делать изображения или видео объектов с помощью своих смартфонов, превращать их в очень реалистичные 3D-модели. Для работы не требуется подписки. Стоимость модели – бесплатно. Качество сканирования соответствует нормам для исследуемой модели. Форматы импортированных моделей: GLB, FBX, OBJ, PLY.

Таким образом, для выбора сервиса нейросети выдвинут ряд требований: стоимость, вариативность сканирования, качество сканирования, формат модели, время обработки (табл. 1).

С учетом данных табл. 1 в качестве исследуемого сервиса для создания 3D-модели можно использовать Luma AI, так как сервис является бесплатным и подходит под все требования обработки модели.

2. Создание общей 3D-модели изделия. Это основной этап создания первичной модели изделия при помощи нейросети Luma AI. В него входит видеосъемка изделия, создание первичной 3D-модели в среде редактора Luma AI (рис. 1), импорт модели в среду 3D-редактора Blender и обработка общей 3D-модели (рис. 2).



Рис. 1. 3D-модель, созданная нейросетью Luma AI

Таблица 1

Сравнительная характеристика сервисов для создания 3D-моделей

Название сервиса	Требования к сканированию изделия				
	Стоимость, долл. США	Вариативность	Качество	Формат модели	Время обработки, мин
3Dpresso	1,75	Видео, текст, изображение	Требуется обработка	GLB, FBX, OBJ, USDZ	35–50
MagiScan	1,6	Видео, изображение, съемка по кругу	Требуется обработка	GLB, FBX, OBJ, PLY	8–15
xOne 3D Scanner	15 за месяц подписки	Видео, изображение	Не требуется обработка	GLB, FBX, OBJ, PLY	15–20
Luma AI	Бесплатно	Видео, изображение	Требуется обработка	GLB, FBX, OBJ, PLY	25–30

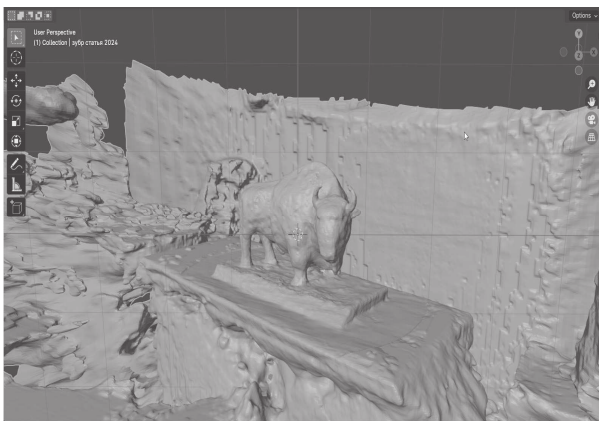


Рис. 2. 3D-модель, импортированная в среду редактора Blender

3. Обработка общей 3D-модели изделия. На данном этапе осуществляют исправления неточностей и неровностей в общей 3D-модели изделия, таких как шум и габаритные отклонения. Выделяют следующие процессы: редактирование общей модели, упрощение общей модели, габаритные исправления и общее исправление в неточностях модели (рис. 3).



Рис. 3. Общая 3D-модель изделия

4. Создание формы 3D-модели изделия. Выделяют основные процессы – настройка общей модели, уменьшение слоев и частоты построения полигонов, построение полигонального скелета модели и «ремеш» модели (придание формы) (рис. 4).

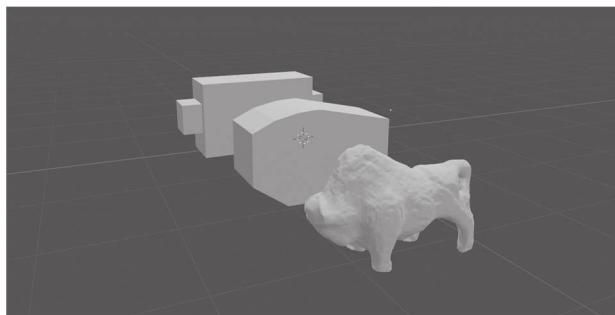


Рис. 4. 3D-формы модели на каждом этапе технологического процесса

5. Нахождение основных габаритных показателей 3D-модели изделия. Для нахождения основных габаритных показателей изделия, таких как его объем и площадь, используются разработанные аддоны для Blender. К их числу можно отнести Mesh 3D-Print Toolbox, Math Vis (Console) (рис. 5). В основном они используются для работы с 3D-печатью.

Объем модели, полученный данным методом, проверен экспериментально (весовая и объемная разность). В результате средний процент отклонения составил 2,8% (табл. 2).

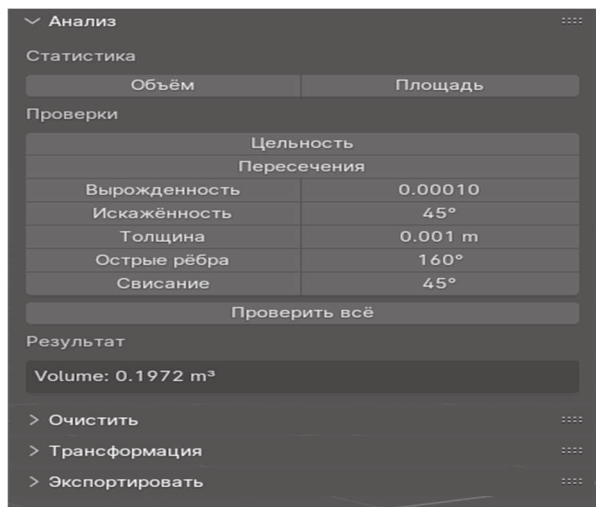


Рис. 5. Основные габаритные показатели модели изделия

Таблица 2

Результаты экспериментальных данных проверки методики нахождения объема

Номер модели	Объем модели, м ³ , согласно			Отклонение от исследуемой методики, %		Величина отклонения, %
	исследуемой методики	весовой методики	объемной методики	весовой методики	объемной методики	
1	0,00133	0,00135	0,00138	1,9	3,5	2,7
2	0,00111	0,00115	0,00114	3,4	2,8	3,2
3	0,00033	0,00033	0,00034	0,9	4,1	2,5
4	0,00059	0,00060	0,00061	2,8	3,4	3,1
5	0,00062	0,00063	0,00064	1,1	3,7	2,4
Среднее отклонение						2,8

Таблица 3

Основные размеры изделий

Номер модели	Толщина H , мм	Ширина B , мм	Длина L , мм	Масса заготовки $m_{заг}$, кг	Масса изделия $m_{мод}$, кг	Объем заготовки $V_{заг}$, м ³	Объем изделия $V_{мод}$, м ³	Площадь S , м ²
1	65	240	160	738,58	295,35	0,00308	0,00133	0,0877
2	65	225	140	660,84	263,86	0,00278	0,00111	0,0711
3	55	135	90	223,88	87,95	0,00084	0,00033	0,0304
4	50	185	125	260,87	109,41	0,00140	0,00059	0,0535
5	55	190	120	279,79	108,42	0,00160	0,00062	0,0531

Таблица 4

Расчет норм расхода древесных материалов на изготовление моделей зубров

Номер модели	Объем изделия в чистоте $V_{д}$, м ³	Объем комплекта стандартных заготовок $V_{ст}$, м ³	Нормативный коэффициент технологических отходов $K_{то}$	Норма расхода стандартных заготовок с учетом технологических отходов $V_{то}$, м ³	Нормативный коэффициент полезного выхода заготовок $K_{пв}$	Норма расхода материала с учетом полезного выхода $V_{п}$, м ³
1	0,00133	0,00308	1,05	0,00140	2,38	0,00332
2	0,00111	0,00278	1,05	0,00117	2,38	0,00277
3	0,00033	0,00084	1,05	0,00035	2,38	0,00082
4	0,00059	0,00140	1,05	0,00062	2,38	0,00147
5	0,00062	0,00160	1,05	0,00065	2,38	0,00155

По результатам экспериментальных данных можно заметить, что процент отклонения варьирует от 0,9 до 4,1%, а средний процент отклонения 2,8%. Можно сделать вывод, что объем модели, полученный данным методом, является верным и варьирует в пределах 2,8%.

6. Расчет нормирования древесины и прочих отделочных и вспомогательных материалов на художественные изделия сложной формы. Перед расчетами нормирования составляют таблицу основных размеров изделия (табл. 3). Данные получены на основе имеющейся выборки художественных изделий зубров.

Расчет нормирования художественных изделий сложной формы разделяют на основные нормы расчета: древесных материалов, стандартных заготовок, клеевых материалов, шлифовальной шкурки, лакокрасочных материалов, прочих отделочных и вспомогательных материалов.

Объем сложной формы можно рассчитать по следующей формуле:

$$V_{мод} = \frac{m_{мод}}{m_{заг}} \cdot V_{заг},$$

где $m_{мод}$ – масса модели после обработки, кг; $m_{заг}$ – масса заготовки, кг; $V_{заг}$ – объем заготовки, м³.

По имеющимся данным габаритных характеристик художественных моделей можно рассчитать нормы расхода древесных материалов на их изготовление (табл. 4).

Учитывая нормативные коэффициенты технологических отходов $K_{то} = 1,05$ для нашего технологического процесса) и полезного выхода $K_{пв} = 2,38$ для профильных изделий из древесины мягколиственных пород), можно рассчитать нормы расхода древесного материала на изготовление художественных изделий.

Закключение. Разработанная методика обеспечивает рациональное использование древесного сырья при производстве изделий сложных форм.

Впервые предложена методология подхода к расчету расхода материалов при изготовлении изделий архитектурных форм путем создания общей 3D-модели изделия при помощи нейросети Luma AI, в которую входит видеосъемка изделия, создание первичной 3D-модели, импорт модели в среду 3D-редактора Blender, обработка общей 3D-модели с построением полигонального скелета, «ремеш» модели, нахождение основных габаритных показателей изделия (объем и площадь) с использованием аддонов для Blender. К их числу можно отнести Mesh: 3D-Print Toolbox и Math Vis (Console).

Расчет нормирования материалов данной методикой является наиболее оптимальным вариантом, так как одновременно можно создать 3D-модель будущего изделия. В дальнейшем 3D-модель можно использовать в различных сферах маркетинга, например для создания виртуальной галереи.

Список литературы

1. Барташевич А. А., Богомазов В. В. Технология изделий из древесины. Минск: Выш. шк., 1995. 140 с.
2. Барташевич А. А. Технология производства мебели и резьба по дереву. Минск: Выш. шк., 2001. 92 с.
3. Барташевич А. А. Технология производства. Ростов н/Д: Феникс, 2003. 480 с.
4. Барташевич А. А. Материаловедение. Ростов н/Д: Феникс, 2004. 88 с.
5. Барташевич А. А. Технология изделий из древесины. Минск: БГТУ, 2006. 142 с.
6. Бухтияров В. П., Иванов Н. А., Савченко В. Ф. Полимерные материалы в производстве мебели. М.: Лесная пром-сть, 1980. 272 с.
7. Барташевич А. А. Технология изделий из древесины: в 2 ч. Ч. 1. Минск: БГТУ, 2010. 299 с.
8. Барташевич А. А. Технология изделий из древесины: в 2 ч. Ч. 2. Минск: БГТУ, 2010. 178 с.
9. Пижурин А. А., Розенблит М. С. Основы моделирования и оптимизации процессов деревообработки. М.: Лесная пром-сть, 1988. 296 с.
10. Покрyтия защитно-декоративные: СТБ 1871–2008. Минск: БелГИСС, 2008. 18 с.
11. Инструкция по нормированию расхода материалов в основном производстве мебели. М.: ВПКТИМ, 1989. 83 с.
12. Бахар Л. М. Материалы для столярных изделий. Минск: БГТУ, 2007. 69 с.
13. Игнатович Л. В. Технология изделий из древесины: проектирование производственного процесса. Минск: БГТУ, 2006. 208 с.
14. Батин Н. А. Технология лесопильно-деревообрабатывающих производств. Минск: БГТУ, 1991. 89 с.
15. Янушкевич А. А. Технология лесопильных производств. Минск: БГТУ, 2010. 330 с.

References

1. Bartashevich A. A., Bogomazov V. V. *Tekhnologiya izdeliy iz drevesiny* [Technology of wood products]. Minsk, Vysheyshaya shkola Publ., 1995. 140 p. (In Russian).
2. Bartashevich A. A. *Tekhnologiya proizvodstva mebeli i rez'ba po derevu* [Technology of furniture production and wood carving]. Minsk, Vysheyshaya shkola Publ., 2001. 92 p. (In Russian).
3. Bartashevich A. A. *Tekhnologiya proizvodstva* [Production technology]. Rostov-on-Don, Feniks Publ., 2003. 480 p. (In Russian).
4. Bartashevich A. A. *Materialovedeniye* [Materials science]. Rostov-on-Don, Feniks Publ., 2004. 88 p. (In Russian).
5. Bartashevich A. A. *Tekhnologiya izdeliy iz drevesiny* [Technology of wood products]. Minsk, BSTU Publ., 2006. 142 p. (In Russian).
6. Bukhtiyarov V. P., Ivanov N. A., Savchenko V. F. *Polimernyye materialy v proizvodstve mebeli* [Polymer materials in furniture production]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1980. 272 p. (In Russian).
7. Bartashevich A. A. *Tekhnologiya izdeliy iz drevesiny: v 2 ch. Ch. 1* [Technology of wood products. Part 1]. Minsk, BSTU Publ., 2010. 299 p. (In Russian).
8. Bartashevich A. A. *Tekhnologiya izdeliy iz drevesiny: v 2 ch. Ch. 2* [Technology of wood products. Part 2]. Minsk, BSTU Publ., 2010. 178 p. (In Russian).
9. Pizhurin A. A., Rezenblit M. S. *Osnovy modelirovaniya i optimizatsii protsessov derevoobrabotki* [Fundamentals of modeling and optimization of woodworking processes]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1988. 296 p. (In Russian).
10. СТБ 1871–2008. Protective and decorative coatings. Minsk, BelGISS Publ., 2008. 18 p. (In Russian).
11. *Instruktsiya po normirovaniyu raskkhoda materialov v osnovnom proizvodstve mebeli* [Instructions for rationing material consumption in the main furniture production]. Moscow, VPKTIM Publ., 1989. 83 p. (In Russian).
12. Bakhar L. M. *Materialy dlya stolyarnykh izdeliy* [Materials for joinery]. Minsk, BSTU Publ., 2007. 69 p. (In Russian).
13. Ignatovich L. V. *Tekhnologiya izdeliy iz drevesiny: proyektirovaniye proizvodstvennogo protsessa* [Technology of wood products: design of the production process]. Minsk, BSTU Publ., 2006. 208 p. (In Russian).
14. Batin N. A. *Tekhnologiya lesopil'no-derevoobrabatyvayushchikh proizvodstv* [Technology of sawmills and woodworking industries]. Minsk, BSTU Publ., 1991. 89 p. (In Russian).
15. Yanushkevich A. A. *Tekhnologiya lesopil'nykh proizvodstv* [Sawmill technology]. Minsk, BSTU Publ., 2010. 330 p. (In Russian).

Информация об авторах

Божко Данила Вячеславович – аспирант, инженер кафедры технологии деревообрабатывающих производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: bozhko.tdp@mail.ru

Леонович Олег Константинович – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии деревообрабатывающих производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: okl2001@mail.ru

Божелко Игорь Константинович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии деревообрабатывающих производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: bikbstu@mail.ru

Дупанов Сергей Александрович – аспирант, инженер кафедры технологии деревообрабатывающих производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: ser.dupanov@gmail.com

Information about the authors

Bazhko Danila Vyacheslavovich – PhD student, engineer, the Department of Woodworking Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: bozhko.tdp@mail.ru

Leonovich Oleg Konstantinavich – PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Woodworking Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: okl2001@mail.ru

Bazhelka Ihar Kanstantinavich – PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Woodworking Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: bikbstu@mail.ru

Dupanov Sergey Alexandrovich – PhD student, engineer, the Department of Woodworking Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ser.dupanov@gmail.com

Поступила 20.03.2024