

Научная статья
УДК 674.052

СОЗДАНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДРЕВЕСИНЫ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА МЕСТНОГО ТОРЦОВОГО ПРЕССОВАНИЯ В САЕ-СИСТЕМЕ

Ярослав Дмитриевич Ведерников¹, Ольга Анатольевна Рублева²

^{1,2} Вятский государственный университет, Киров, Россия

¹ vedernikov@vyatsu.ru

² olga_ru@vyatsu.ru

Аннотация. В статье предложена численная модель древесины, приемлемая для приближенных расчетов в САЕ-системах с применением метода конечных элементов с целью оценки поведения древесины при местном торцовом прессовании. Древесина моделируется как однонаправленно армированный слоистый материал. Предложенная слоистая структура модели позволяет прогнозировать поведение деревянной заготовки при местном прессовании вдоль волокон.

Ключевые слова: древесина, прессование, метод конечных элементов, имитационная модель

Для цитирования: Ведерников Я. Д., Рублева О. А. Создание имитационной модели древесины для численного моделирования процесса местного торцового прессования в САЕ-системе // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 126–131.

Scientific article

CREATION OF A SIMULATION MODEL OF WOOD FOR NUMERICAL SIMULATION OF THE PROCESS OF LOCAL PRESSING IN LONGITUDINAL DIRECTION IN THE CAE-SYSTEM

Yaroslav D. Vedernikov¹, Olga A. Rubleva²

^{1,2} Vyatka State University, Kirov, Russia

¹ vedernikov@vyatsu.ru

² olga_ru@vyatsu.ru

Abstract. The paper proposes a numerical model of wood acceptable for approximate calculations in CAE systems using the finite element method in order to evaluate the behavior of wood during local pressing in longitudinal direction. Wood is modeled as a unidirectionally reinforced laminated material. The proposed

layered structure of the model makes it possible to predict the behavior of a wooden billet during local pressing along the fibers.

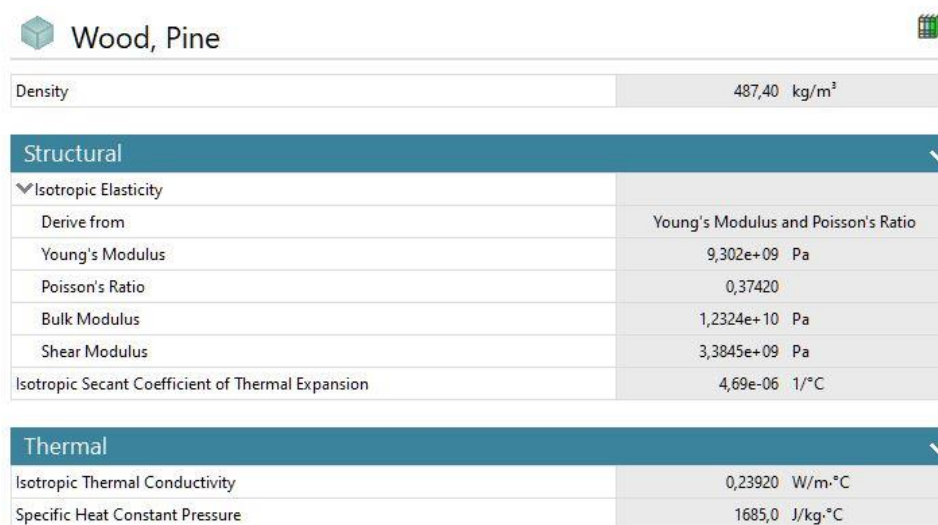
Keywords: wood, pressing, finite element method, simulation model

For citation: Vedernikov Ya. D., Rubleva O. A. Creation of a simulation model of wood for numerical simulation of the process of local face pressing in the CAE-system // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. P. 126–131.

В работе рассматривается проблема численного моделирования процесса получения прямоугольных шипов в деревянных заготовках способом торцового прессования. Торцовое прессование является перспективным инновационным процессом, который в данный момент пока не обеспечен типовыми средствами технологического оснащения [1]. Для обеспечения процесса их конструирования требуется предварительное моделирование схем технологической оснастки, инструмента, приспособлений. Кроме того, необходимо моделирование самого процесса обработки. Такая задача может быть решена численными методами при помощи программ компьютерного инженерного анализа, или САЕ-систем (англ. computer-aided engineering).

Применение метода конечных элементов для моделирования процесса прессования древесины рассматривалось во многих работах [1–5]. Начальным уровнем моделирования является разработка модели системы пуансон – заготовка.

Данная задача осложнена отсутствием в современных САЕ-системах характеристик древесины как материала, имеющего специфические особенности пластического деформирования, трещинообразования и других процессов, зависящих от ее структуры и направления приложения нагрузки. В основном в библиотеки включены материалы с заданными значениями модуля Юнга, коэффициента Пуассона, модуля сдвига, модуля упругости, плотности вне зависимости от направления волокон (рис. 1).



Wood, Pine	
Density	487,40 kg/m ³
Structural	
▼ Isotropic Elasticity	
Derive from	Young's Modulus and Poisson's Ratio
Young's Modulus	9,302e+09 Pa
Poisson's Ratio	0,37420
Bulk Modulus	1,2324e+10 Pa
Shear Modulus	3,3845e+09 Pa
Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion	4,69e-06 1/°C
Thermal	
Isotropic Thermal Conductivity	0,23920 W/m·°C
Specific Heat Constant Pressure	1685,0 J/kg·°C

Рис. 1. Значения показателей механических свойств для древесины сосны в среде ANSYS

Целью исследования является моделирование материала заготовки – древесины и процесса местного торцового прессования, позволяющее установить характер деформирования, приближенный к реальной ситуации.

Задачи исследования:

1) создать имитационную конечно-элементную модель древесины, позволяющую оценить поведение древесины при пластическом деформировании вдоль волокон;

2) провести численное моделирование, основанное на методе конечных элементов для процесса прессования древесины вдоль волокон в имитационной модели древесины;

3) оценить характер распределения нагрузок и деформаций пуансона и заготовки, проанализировать полученные результаты и сравнить их с имеющимися экспериментальными данными.

Материалы и методы

Структура материала в имитационной модели по аналогии с предложениями в работах [2, 3] представлена как однонаправленно армированный материал. Схема нагружения модели на сжатие вдоль волокон приведена на рис. 2, б.

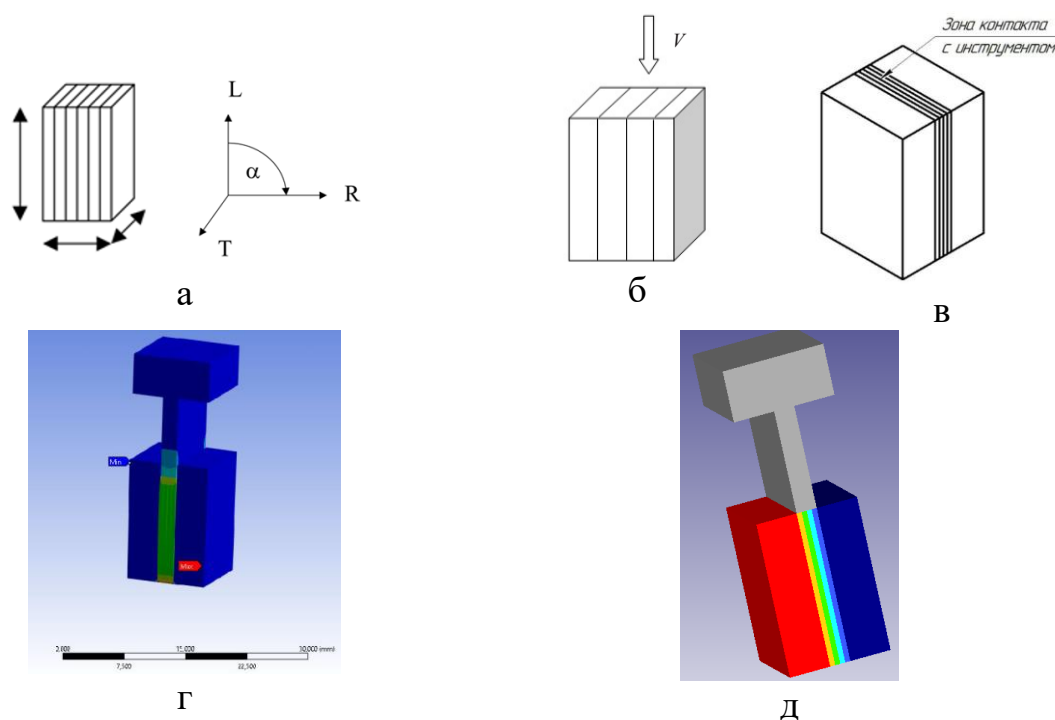


Рис. 2. Модели имитации древесины:

а – слоистая модель [2]; б – расчетная слоистая модель [3];
в – имитационная модель, предложенная авторами; г – модель в среде ANSYS;
д – модель в среде DEFORM-3D

Возможны варианты описания структуры модели, которые включают несколько однотипных слоев или слоев с разными свойствами. В настоящем исследовании модель представляет совокупность отдельных слоев – ламелей

из одинакового материала, которые имеют следующие характеристики: толщина 0,5 мм, ширина 10 мм, высота 15 мм. Такая структура заготовки будет приемлема для первоначальной апробации конечно-элементной модели и оценки характера ее деформирования.

Моделирование процесса деформирования проводилось в программных продуктах DEFORM-3D и ANSYS. В данной работе концентрировались на характере деформирования модели, поэтому рассматривали направления приложения усилий, не принимая во внимание их величины.

Материал заготовки в среде DEFORM-3D выбран произвольным и легко деформируемым с целью упрощения расчетов. В среде ANSYS использовался стандартный материал «Wood, Pine». Коэффициент трения между слоями заготовки в среде DEFORM-3D выбран 1, в среде ANSYS – 0,1. Это позволило провести более реалистичную симуляцию поведения заготовки. На рис. 2, г показана система заготовка – пуансон в среде ANSYS, на рис. 2, д – в среде DEFORM-3D.

Результаты исследования и их обсуждение

Моделирование в среде DEFORM-3D позволило установить общую картину деформирования. На рис. 3, а виден изгиб слоев материала, идентичный изгибу слоев древесины на дне проушины (рис. 3, б), полученному в экспериментах исследования [1].

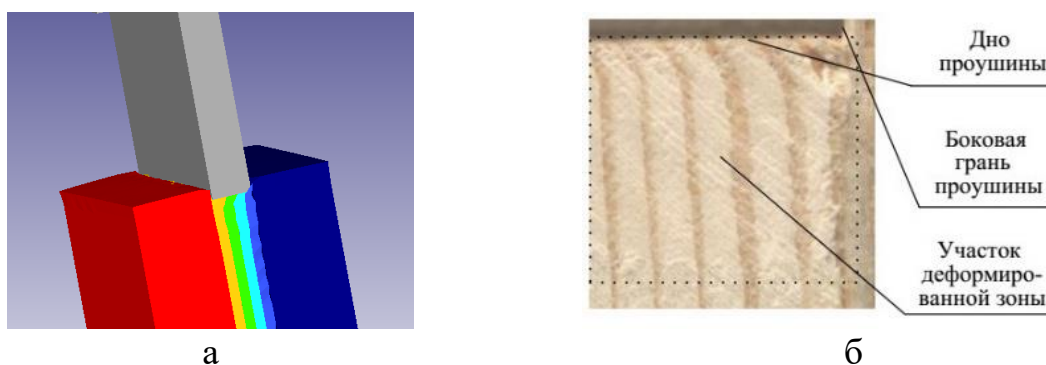


Рис. 3. Изгиб слоев древесины:

а – в имитационной модели DEFORM-3D; б – в экспериментальном образце [1]

При моделировании в среде ANSYS получена картина бочкообразного деформирования модели, а также прогиб и расслоение пластинчатой структуры (рис. 4, а, б). Этот результат схож с результатом, представленным в работе [5], где показано, что при больших скоростях деформирования наблюдаются бочкообразная деформация модели, а также прогиб и расслоение пластинчатой структуры имитационной модели, собранной из листов тонкого материала (рис. 4, в).

Полученные результаты моделирования процесса коррелируют с имеющимися экспериментальными результатами, приведенными в работах [1, 5]. Данная модель позволяет оценить поведение древесины при местном пластическом деформировании в результате внедрения единичного пуансона.

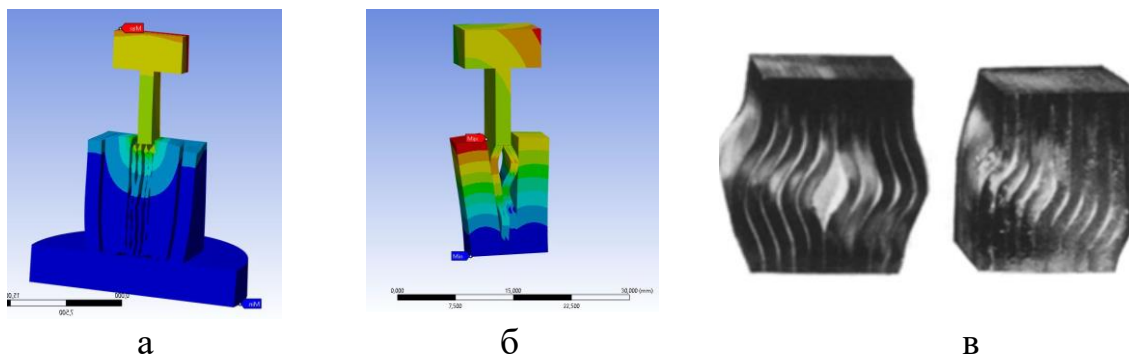


Рис. 4. Результаты деформирования модели:

- а – бочкообразная деформация в имитационной модели ANSYS;
- б – расслоение заготовки в имитационной модели ANSYS;
- в – расслоение имитационных экспериментальных образцов [5]

Результаты предложенного моделирования могут быть применены для предварительных расчетов параметров процесса местного торцевого прессования древесины. В дальнейшем требуется уточнить характеристики материала отдельных слоев, условия обжима заготовки и нагружения инструмента.

Выводы

Моделирование процесса торцевого прессования древесины осложнено особенностями поведения анизотропного материала. Имитационная модель, состоящая из слоев-ламелей толщиной 0,5 мм, позволяет оценить характер пластических деформаций заготовки при деформировании древесины вдоль волокон.

Моделирование позволяет установить картину деформирования, которая заключается в расслоении слоев заготовки и их бочкообразной деформации. Модель может быть использована для приближенного численного описания процессов местного торцевого прессования.

Список источников

1. Рублева О. А., Гороховский А. Г., Шишкина Е. Е. Методика и результаты экспериментальных исследований процесса формирования клеевых соединений на прямоугольные прессованные шипы // Хвойные бореальной зоны. 2020. Т. 38, № 1–2. С. 66–75. EDN QUVBHF.
2. Reiterer A., Stanzl-Tschegg S. E. Compressive behaviour of softwood under uniaxial loading at different orientations to the grain // Mechanics of materials. 2001. Т. 33, №. 12. С. 705–715.

3. Конечно-элементная методика численного моделирования упругопластического деформирования древесины при ударном нагружении / М. В. Беженцева, Л. И. Вуцин, А. И. Кибец, Л. Крушка // Проблемы прочности и пластичности. 2020. Т. 82, № 4. С. 428–441. DOI : 10.32326/1814-9146-2020-82-4-428-441. EDN CIAHEA.

4. Hu W. et al. Finite element analysis of tensile load resistance of mortise-and-tenon joints considering tenon fit effects //Wood and Fiber Science. 2018. Т. 50, №. 2. С. 121–131.

5. Bariska M., Kučera L. J. On the fracture morphology in wood: Part 2: Macroscopical deformations upon ultimate axial compression in wood //Wood Science and Technology. 1985. Т. 19. №. 1. С. 19–34.

References

1. Rubleva, O. A. Gorohovsky A. G., Shishkina E. E. Methods and results of experimental studies of the formation of adhesive joints on rectangular pressed spikes // Coniferous boreal zone. 2020. V. 38, № 1–2. P. 66–75. EDN QUVBHF. (in Russ.)

2. Reiterer A., Stanzl-Tschegg S. E. Compressive behavior of soft-wood under uniaxial loading at different orientations to the grain // Mechanics of materials. 2001. Vol. 33, № 12. P. 705–715.

3. Finite element method for numerical simulation of elastic-plastic deformation of wood under shock loading / М. В. Безхентсева, Л. И. Вуцин, А. И. Кибец, Л. Крушка // Problems of strength and plasticity. 2020. V. 82. No. 4. P. 428–441. DOI 10.32326/1814-9146-2020-82-4-428-441. EDN CIAHEA. (in Russ.)

4 Hu W. et al. Finite element analysis of tensile load resistance of mortise-and-tenon joints considering tenon fit effects //Wood and Fiber Science. 2018. V. 50, №. 2. P. 121–131.

5. Bariska M., Kucera L. J. On the fracture morphology in wood: Part 2: Macroscopical deformations upon ultimate axial compression in wood // Wood Science and Technology. 1985. Vol. 19. №. 1. P. 19–34.