

Научная статья
УДК 674.052

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА МЕСТНОГО ТОРЦОВОГО ПРЕССОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДРЕВЕСИНЫ 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 рассмотрено применение метода конечных элементов для моделирования процесса местного торцового прессования древесины. Для расчетов в САЕ-системе создана имитационная модель деревянной заготовки. Предложена слоистая структура модели, которая позволит прогнозировать поведение деревянной заготовки при прессовании прямоугольных проушин.

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

Scientific article

NUMERICAL SIMULATION OF THE PROCESS OF LOCAL PRESSING IN LONGITUDINAL DIRECTION ON THE BASIS OF SIMULATION MODEL OF WOOD 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 article considers the application of the finite element method for the process of local pressing wood in longitudinal direction. A simulation model of a wooden billet has been created for calculations in the CAE system. A layered structure of the model is proposed, which will make it possible to predict the behavior of a wooden blank when pressing rectangular lugs.

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

Технология получения прямоугольных шипов в деревянных заготовках путем прессования является инновационной и ресурсосберегающей за счет экономии на режущем инструменте и дорогостоящем оборудовании [1].

Для инновационных процессов, которые еще не обеспечены типовым производственным оборудованием, требуется разработка конструкции и соответственно, предварительное моделирование технологической оснастки, инструмента, приспособлений, а также моделирование самих процессов обработки. Это позволяет спрогнозировать поведение разрабатываемых систем и тем самым уменьшить затраты времени и материальных ресурсов на их экспериментальную отработку и доводку. В настоящее время подобные задачи решают программы (системы) компьютерного инженерного анализа, или CAE-системы (англ. *computer-aided engineering*).

Расчетные модули, используемые в CAE-системах, как правило, основаны на численных методах решения дифференциальных уравнений (метод конечных элементов, метод конечных объемов, метод конечных разностей и др.) [2]. К таким системам можно отнести *ANSYS, SolidWorks Simulation, NX, ABAQUS, COSMOS, DEFORM, QFORM* и другие.

Моделирование процесса прессования древесины при помощи метода конечных элементов (МКЭ) рассматривалось во многих работах, например в [1, 3–5]. В части работ рассматриваются задачи упругого, а не пластического деформирования древесины в различных направлениях, другая часть исследований посвящена деформированию древесины поперек волокон. В целом по изученным источникам можно заключить, что моделирование процессов пластического деформирования древесины затруднено ее сложным строением и требует обоснованного подбора применяемых моделей.

Цель исследования – определить возможность моделирования процесса пластической деформации древесины вдоль волокон с использованием упрощенных структурных моделей древесины.

Задачи исследования:

- 1) создать имитационную модель, позволяющую оценивать поведение древесины при пластическом деформировании вдоль волокон;
- 2) провести моделирование на основе метода конечных элементов для процесса прессования однократной прямоугольной проушины в упрощенной модели древесины;
- 3) оценить напряженное состояние материала заготовки, проанализировать полученные результаты и сравнить их с имеющимися экспериментальными данными.

Создание имитационной модели было проведено по аналогии с предложенным в работе [6] методом, где древесина моделируется как однонаправленно армированный материал и предложена схема испытаний данной модели на сжатие вдоль волокон, представленная на рис. 1.

Заготовка для прессования вдоль волокон была разбита на участки, подвергающиеся и не подвергающиеся контакту с пуансоном, в свою очередь зона контакта была разбита на 4 одинаковых участка – слоя (рис. 2). Количество слоев на данном этапе исследования выбрали минимальным для упрощения проведения расчета.

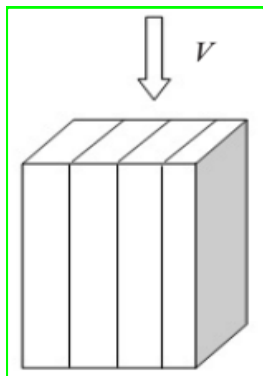


Рис. 1. Схема испытаний на сжатие вдоль волокон [6]

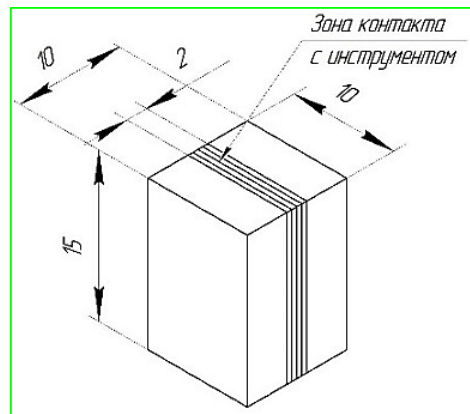


Рис. 2. Модель заготовки

Моделирование процесса деформирования провели в программном продукте *DEFORM-3D*. В данной работе рассматривали не величины усилий, а лишь характер поведения структурной модели, поэтому материал заготовки, ввиду отсутствия в библиотеке материалов древесины, был выбран произвольным, но легкодеформируемым для облегчения расчетов. Для более реалистичного поведения заготовки коэффициент трения между разбитыми участками был выбран равным одному. На рис. 3 показано исходное расположение пуансона и заготовки (здесь и далее на рисунках не показана матрица для возможности отображения процессов, происходящих в заготовке).

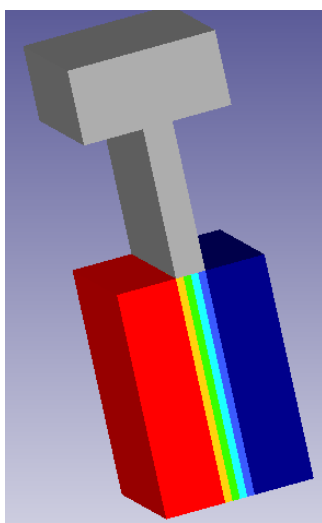


Рис. 3. Начальное расположение заготовки и пуансона

В ходе моделирования процесса получены результаты, которые коррелируют с имеющимися экспериментальными результатами, приведенными в работе [5].

График нагрузки (рис. 4) на инструмент имеет общие тенденции с диаграммами напряженного состояния древесины при внедрении пуансона вдоль волокон, приведенными в работе [5].

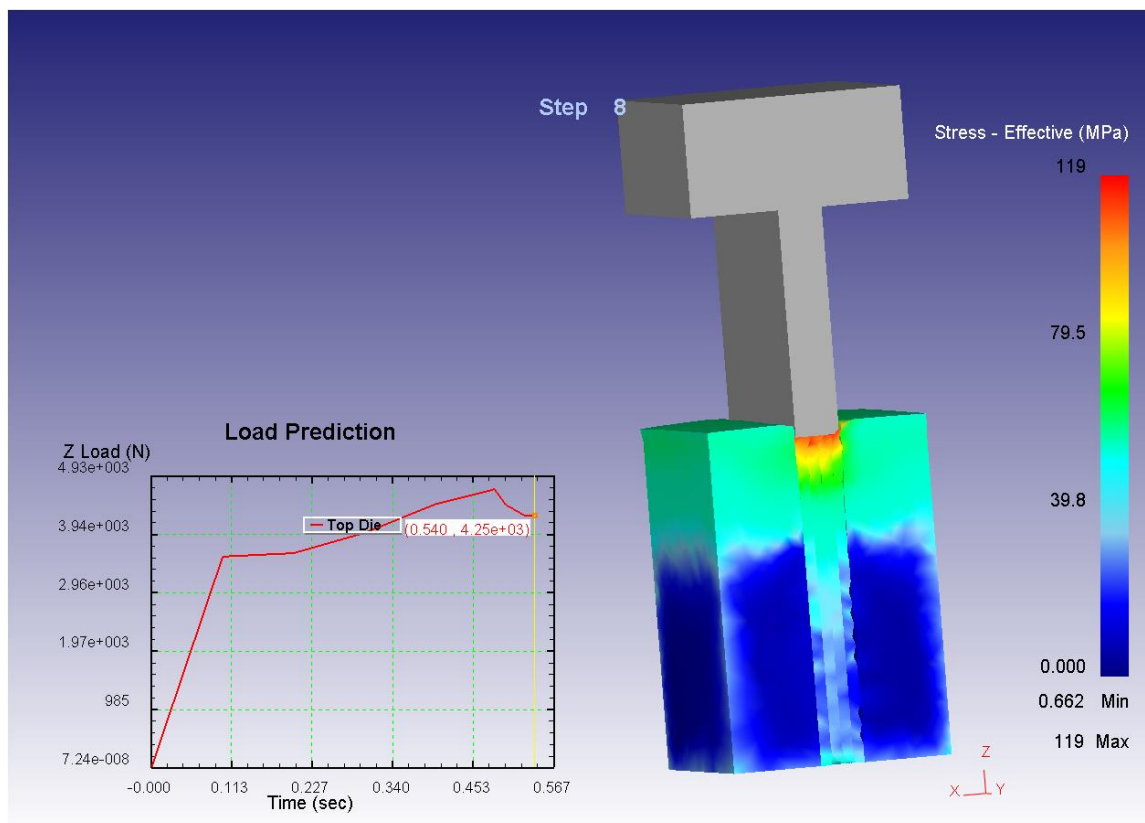


Рис. 4. График нагрузки на инструмент и картина распределения напряжений в заготовке

На рис. 5, *а* также виден изгиб слоев материала, идентичный изгибу слоев древесины на дне проушины (рис. 5, *б*), полученному в экспериментах исследования [1].

Полученные модели позволяют сделать прогностические выводы о картине распределения напряжений в заготовке и по нагрузке на инструмент. Для моделирования распределения напряжений в материале инструмента необходимо создавать отдельную задачу с указанием необходимых характеристик инструмента.

Модель требует доработки в части выбора характеристик материала, количества и толщины слоев. При этом следует остановиться на оптимальной степени детализации модели, поскольку так можно получить только частный результат (по причине неизбежного использования эмпирически установленных характеристик древесины). Модель

необходимо доработать путем верификации полученных при численном моделировании результатов экспериментальных исследований.

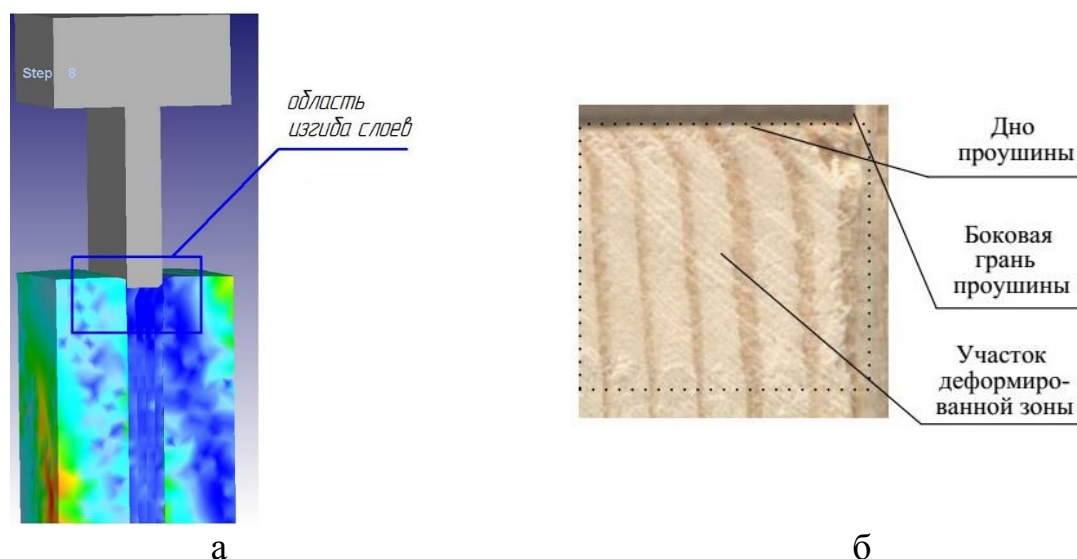


Рис. 5. Изгиб слоев древесины:
а – в имитационной модели; *б* – в экспериментальном образце [1]

Данная модель может быть взята за основу при моделировании в других программных продуктах. «Слоистая» конструкция деформируемого участка позволит также моделировать поведение древесины при наличии наклона волокон или сучков в зоне прессования.

Список источников

1. Рублева, О. А. Формирование шиповых соединений деталей из древесины на основе технологии торцового прессования : дис. ... д-ра техн. наук / Рублева Ольга Анатольевна. – Екатеринбург, 2020. – 346 с.
2. Лукинских, С. В. Компьютерное моделирование и инженерный анализ в конструкторско-технологической подготовке производства : учебное пособие / С. В. Лукинских. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2020. – 168 с.
3. Демидов, Н. Н. Моделирование процесса прессования проушины в заготовках из древесины сосны / Н. Н. Демидов, О. А. Рублева // Научное творчество молодежи-лесному комплексу России. – 2020. – С. 16–19.
4. Лучинина, Е. К. Моделирование процесса торцового прессования древесины в программе Solid Edge / Е. К. Лучинина, О. А. Рублева // Общество. Наука. Инновации (НПК-2018) : материалы XVIII Всероссийской научно-практической конференции: в 3 томах (Киров, 02–28 апреля 2018 года). – Киров: Вятский государственный университет, 2018. – С. 537–541. – EDN XSPBXV.

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

6. 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.