

УДК 676.023.1

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.3.135

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОКОРКИ ДЛИННОМЕРНЫХ СОРТИМЕНТОВ В БАРАБАНАХ

О.А. Куницкая¹, д-р техн. наук, доц.

А.Е. Лукин¹, асп.

Г.Н. Колесников², д-р техн. наук, проф.

Е.А. Тихонов², канд. техн. наук, доц.

Т.В. Тюрикова³, канд. техн. наук, ст. преп.

¹Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, Институтский пер, д. 5, Санкт-Петербург, Россия, 194021; e-mail: ola.ola07@mail.ru; lv-fashion@bk.ru

²Петрозаводский государственный университет, пр. Ленина, д. 33, г. Петрозаводск, Республика Карелия, 185910; e-mail: 79214519247@ya.ru

³Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия, 163002; e-mail: t.tyurikova@narfu.ru

Значительная часть технологической щепы для целлюлозно-бумажного производства, а также производства древесных плит производится в древесно-подготовительных цехах деревоперерабатывающих предприятий. Одной из основных операций технологического процесса является окорка балансов, которая выполняется в окорочных барабанах. Длина баланса, поступающего в окорочный барабан, обычно не превышает 1,2 м. Это обоснованно позволяет пренебречь его возможным поперечным изгибом во время обработки ввиду его большой жесткости. Однако в последнее время в практике зарубежных древесно-подготовительных участков стала практиковаться окорка длинномерных лесоматериалов. Это позволяет существенно повысить производительность древесно-подготовительных линий, уменьшить энергоемкость и снизить потери древесины на стадии окорки. При окорке длинномеров сбег и деформации изгиба оказывают существенное влияние на качество окорки. В развитие ранее выполненных исследований нами рассматривается окорка хлыстов и длинномеров в барабане, который значительно короче хлыстов. В этой связи появляется актуальная проблема исследования качества окорки длинномеров в укороченных барабанах. Цель работы – применение численного моделирования для оценки влияния изгиба длинномеров с учетом их сбega. В качестве инструмента исследования использован комплекс программ конечно-элементного анализа ANSYS. По результатам моделирования обоснована адекватность предлагаемой методики моделирования, применение которой позволило подтвердить ранее сформулированную гипотезу о том, что не только соударение, но и возникающие при изгибе деформации и напряжения могут вызвать разрушение материала, ослаблять силы сцепления коры с древесиной и силы сцепления слоев коры между собой.

Ключевые слова: окорка длинномерных лесоматериалов, сбег ствола, изгиб длинномеров, численное моделирование, качество окорки, окорочный барабан.

В последние годы в лесах России наблюдаются деструктивные процессы, заключающиеся в накоплении большого количества низкотоварной древесины, в которую входят деревья мягколиственных пород и хвойный тонкомер [12, 18]. Вовлечение этой древесины в переработку позволяет существенно

повысить эффективность лесозаготовительного производства [14, 16], а также создать новые рабочие места и улучшить социально-экономическую обстановку в поселках лесозаготовителей [13, 15].

В целях повышения производительности древесно-подготовительных линий, снижения энергоемкости и потерь древесины можно производить окорку низкотоварных хлыстов, длинномеров или среднелиннх сортиментов в окорочных барабанах [22, 24]. Однако в этом случае существенное влияние на показатели процесса окорки окажет влияние сбег ствола, т.е. уменьшение диаметра ствола дерева от комля к вершине, приходящееся на единицу длины ствола [19, 23]. С уменьшением диаметра ствола, по закону близкому к линейному, уменьшается толщина коры [4]. Соответственно, степень очистки от коры будет неодинакова по длине окариваемого лесоматериала. Если сравнивать два участка одного и того же сортимента при одной и той же продолжительности нахождения в окорочном барабане, то степень окорки будет выше на участках с меньшим диаметром [25]. На правомерность такой гипотезы указывают результаты исследований окорки круглых лесоматериалов диаметром от 10 до 26 см и длиной от 0,5 до 1,5 м [6]. Эти эксперименты подтверждают существование закономерности, которая проявляется в нелинейной зависимости качества окорки от диаметра окариваемого лесоматериала. Данная закономерность теоретически была обоснована в [11].

Таким образом, экспериментально и теоретически обоснована следующая закономерность: если в окорочном барабане соударяются бревна неодинакового диаметра, то степень очистки от коры зависит от их диаметра, причем она возрастает пропорционально квадрату уменьшения диаметра. И наоборот, степень очистки от коры уменьшается пропорционально квадрату увеличения диаметра.

С увеличением длины окариваемых бревен возрастает влияние их изгиба при соударениях друг с другом и с внутренней поверхностью барабана. Изгиб длинномеров наблюдался авторами при изучении процесса окорки длинномеров в окорочном барабане. В литературе и глобальной информационной сети Интернет не удалось найти публикаций с описанием методик оценки напряжений, возникающих не только при соударениях длинномеров, но и при их изгибе.

Взаимное влияние на процесс окорки знакопеременных нагрузок и ударных нагрузок от других хлыстов и конструктивных элементов барабана – очень сложная задача, которую представляется возможным решить с использованием механики контактного разрушения [17]. Примеры успешного использования данного теоретического аппарата для решения прикладных задач лесозаготовительного производства представлены в работах [5, 10].

Цель данной работы – применение численного моделирования для оценки влияния изгиба длинномеров с учетом их сбег. Далее предполагается, что очистка от коры выполняется в установках барабанного типа.

В работе использована модель длинномера, которая с точки зрения геометрии представляет собой усеченный конус. Тем самым учитывается сбег по аналогии с [19].

Обращаясь к экспериментальным данным, заметим, что с точки зрения механики прочность, например, древесины пихты при сжатии равна 40 МПа, при изгибе – 58... 62 МПа, модуль упругости при изгибе 10...11 ГПа [26]. Примерно такие же значения прочности в зависимости от температуры, влажности, скорости изменения нагрузки и других факторов могут иметь место для древесины сосны и ели. Возникает вопрос: чему равны напряжения в материале древесного ствола при его изгибе в процессе окорки?

Измерить эти напряжения в условиях реального производства невозможно. Однако применение методов численного моделирования позволяет получить достаточно адекватные оценки напряжений, которые необходимы для обоснования рекомендаций по совершенствованию технологии окорки [7, 21]. Для ответа на сформулированный выше вопрос рассмотрим решение модельной задачи, отличительная особенность которой определяется необходимостью учета изгиба длинномерных сортиментов при их окорке. В качестве инструмента исследования использован комплекс программ конечно-элементного анализа ANSYS. Каждый длинномер моделировали системой конечных элементов в виде тетраэдров, число узлов сетки конечных элементов – 80 504, число элементов – 47 068. Расчеты выполнены на компьютере с двумя шестиядерными процессорами Xeon (оперативная память 96 Гб).

На рис. 1 схематично показаны два длинномера (длина 8,5 м) в коротком корообдирочном барабане (лотки на входе и выходе барабана не показаны), на рис. 2 – фрагмент сетки конечных элементов исследуемого длинномера без коры.

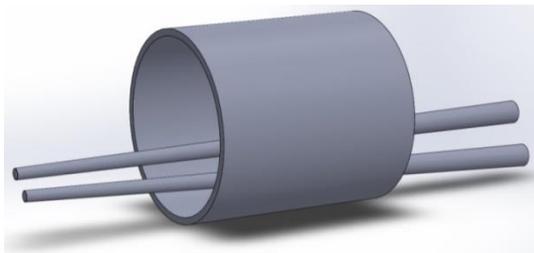


Рис. 1. Два длинномера в корпусе корообдирочного барабана

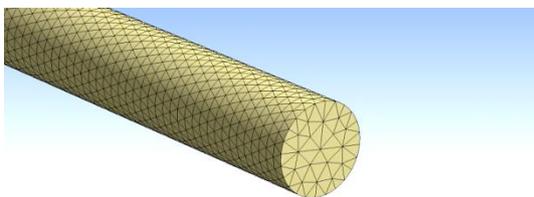


Рис. 2. Фрагмент сетки конечных элементов

В качестве критерия разрушения могут рассматриваться эквивалентные напряжения по Мизесу [1, с. 402, 403]. На рис. 3, 4 показано распределение эквивалентных напряжений в одном из бревен как результат соударения. В зоне соударения бревен напряжения достигают 60...70 МПа. В результате соударения бревно изгибается, что можно рассматривать как собственные колебания и формирование волны изгибных деформаций, распространяющихся по его длине. При этом в достаточно больших областях эквивалентные напряжения находятся в интервале 20...30 МПа (см. рис. 3, б).

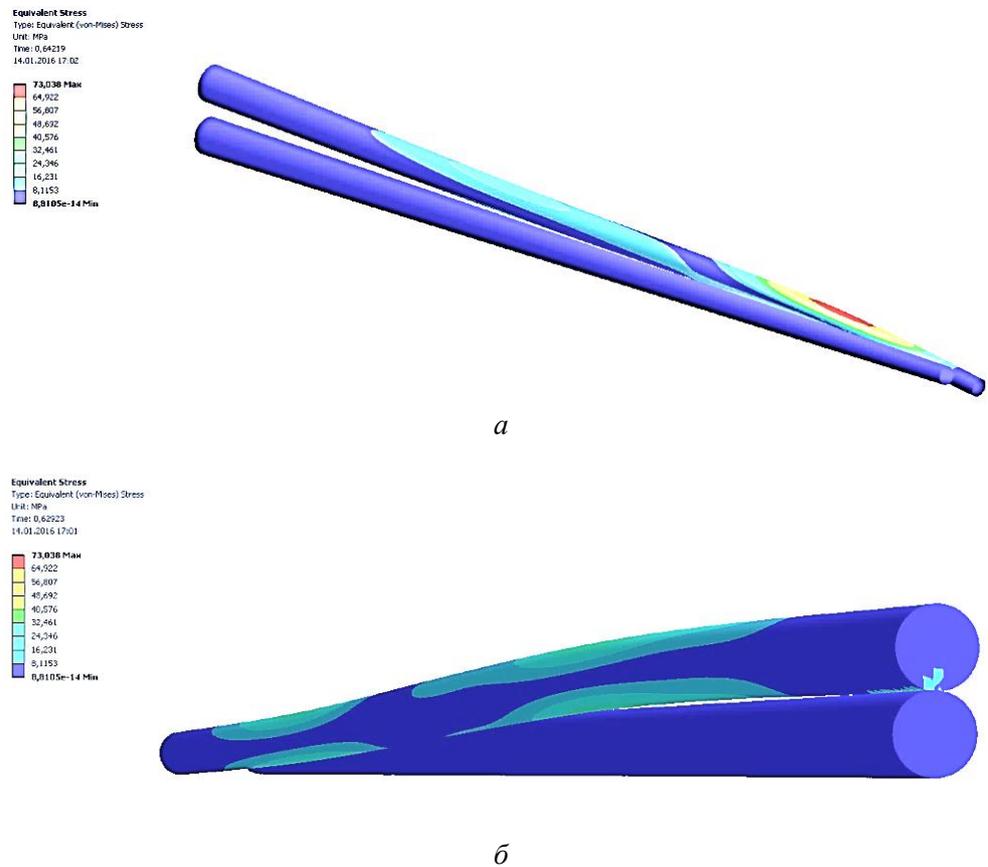


Рис. 3. Распределение эквивалентных напряжений при соударении (а) и после него (б)

Детализация распределения эквивалентных (по Мизесу) напряжений, а также наибольших растягивающих и сжимающих напряжений (рис. 4, 5) подтверждает адекватность результатов конечно-элементного моделирования соударений длинномеров в корообдирочном барабане.

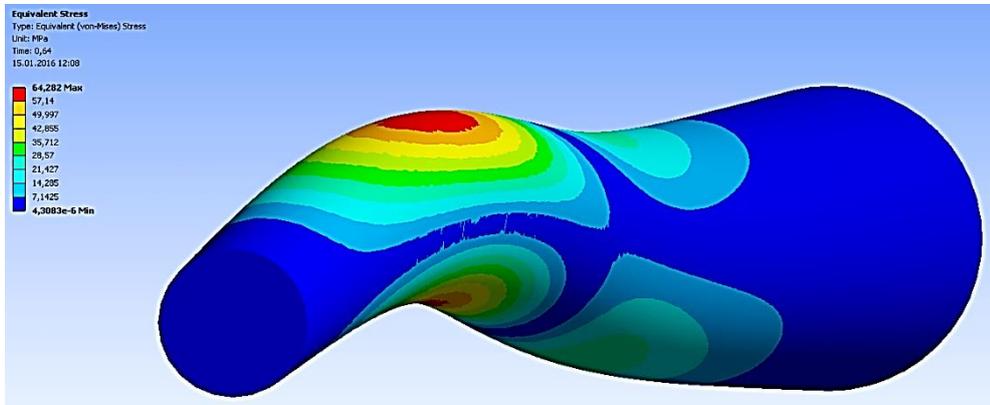
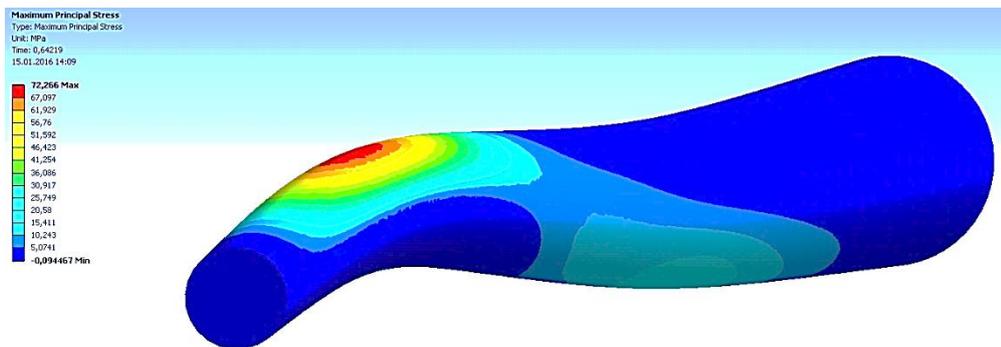
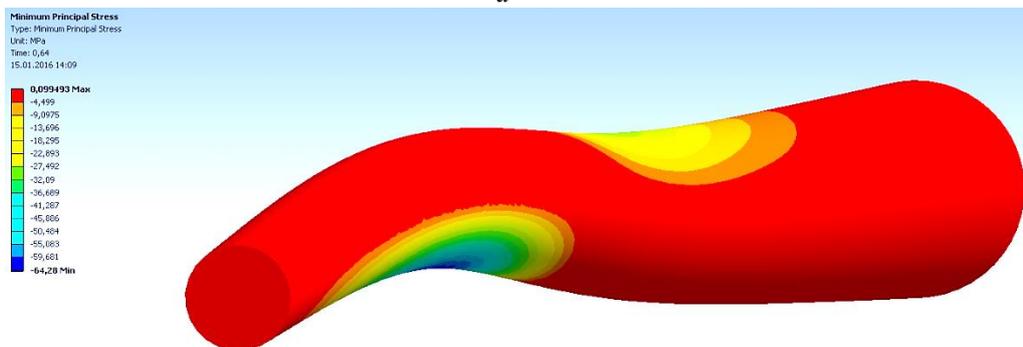


Рис. 4. Детализация распределения эквивалентных напряжений при соударении



a



б

Рис. 5. Распределение растягивающих (*a*) и сжимающих (*б*) напряжений

С увеличением степени очистки возрастают потери древесины. Согласно исследованиям [20, 27], потери древесины при очистке в окорочных барабанах могут составлять 1...4 %. С этими данными о потерях древесины согласуются представленные выше результаты конечно-элементного моделирова-

ния распределения напряжений в материале окариваемого длинномера при его соударении и изгибе, которые указывают на то, что эти напряжения, достигая значений 20...65 МПа, могут служить причиной разрушения не только коры, но и некоторой части древесины. Как известно, предел прочности коры при сжатии составляет приблизительно 5 МПа, модуль упругости при изгибе поперек волокон – 1000 МПа.

Конкретные значения разрушающих напряжений, как отмечено выше, зависят от температуры, влажности и др. факторов. Представленная работа подтверждает целесообразность применения методов численного моделирования для анализа распределения напряжений в окариваемых длинномерах с учетом их соударений и изгиба.

По результатам моделирования обоснована адекватность предлагаемой методики, отличительная особенность которой заключается в том, что не только непосредственное соударение, но и возникающие при изгибе деформации и напряжения могут вызвать разрушение материала в зонах, не совпадающих с областью контакта соударяющихся длинномеров.

Еще одним не выясненным вопросом является взаимное влияние влажности и отрицательной температуры массива коры на его сопротивление разрушению. Как показано в статьях [8, 9], до сих пор теоретически не учитывается именно взаимное влияние влажности и отрицательной температуры массива пористого тела (кора, древесина) его сопротивлению механическому разрушению.

С учетом вышеизложенного назрела необходимость внедрения новых технических решений конструктивной модернизации оборудования для групповой окорки лесоматериалов в целях снижения потерь древесины и энергоемкости [2, 3].

Вклад в решение проблем совершенствования технологий окорки может помочь внедрению укороченных барабанов нового типа. В этом случае достигается существенное уменьшение массы и стоимости корообдирочного барабана. Другие преимущества данного подхода к окорке рассмотрены в работах [19, 23]. Однако для реализации этих преимуществ необходимо продолжение исследований с учетом влияния коры, температуры, влажности древесины, степени заполнения барабана и других технологических и конструктивных факторов. Ряд появляющихся в этой связи актуальных задач может быть решен с применением методов численного моделирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биргер И.А., Мавлютов Р.Р. Сопротивление материалов. М.: Изд-во МАИ, 1994. 512 с.
2. Васильев А.С. Технические решения, защищенные правоохранными документами Российской Федерации в отношении оборудования для окорки лесоматериалов// Инж. вестн. Дона. 2012. № 2. Режим доступа: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/831.

3. Васильев А.С. Функционально-технологический анализ оборудования для групповой окорки древесины// Инж. вестн. Дона. 2012. № 3. Режим доступа: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/909.

4. Газизов А.М., Григорьев И.В., Кацадзе В.А., Шапиро В.Я., Мурашкин Н.В. Повышение эффективности механической окорки лесоматериалов. СПб.: СПбГЛТА, 2009. 240 с.

5. Газизов А.М., Шапиро В.Я., Григорьев И.В. Вариационный метод расчета и стабилизации параметров роторной окорки// Инж. журн. (с приложением). 2009. № 7. С. 47–51.

6. Григорьев И.В., Гулько А.Е. Математическая модель процесса окорки лесоматериалов острым индентором// Деревянные конструкции-2011: образование, практика, инновации в странах Баренцева Евро-Арктического региона: сб. науч. тр. Междунар. науч.-образоват. семинара. Архангельск: Изд-во «Агентство рекламы “РАД”», 2012. С. 62–70.

7. Григорьев И.В., Куницкая Д.Е. Уменьшение количества отходов основного производства древесно-подготовительных цехов за счет автоматизации основных операций // Актуальные направления научных исследований XXI в.: теория и практика. 2015. Т. 3, № 2-2 (13-2). С. 409–412.

8. Григорьев И.В., Хитров Е.Г., Власов Ю.Н., Иванов В.А., Жданович В.И. О необходимости дополнительных исследований энергоемкости процесса поперечного пиления древесины// Системы. Методы. Технологии. 2013. № 4 (20). С. 143–147.

9. Григорьев И.В., Хитров Е.Г., Иванов В.А., Жданович В.И., Дербин М.В. Совместное влияние температуры и влажности древесины сосны на энергоемкость процесса поперечного пиления// Системы. Методы. Технологии. 2014. № 2 (22). С. 157–162.

10. Григорьев И.В., Шапиро В.Я., Гулько А.Е. Математическая модель групповой окорки лесоматериалов в окорочных барабанах// Науч. обозрение. 2012. № 4. С. 154–171.

11. Колесников Г.Н., Доспехова Н.А. Закономерности соударений и качество очистки балансов неодинакового диаметра в корообдирочном барабане// Фундамент. исслед. 2013. № 10–15. С. 3328–3331.

12. Кравченко Т.С., Григорьева О.И., Абдулова М.А. Тенденции роста древостоев в Ленинградской области// Теорет. и прикладн. аспекты соврем. науки. 2014. № 6–1. С. 165–167.

13. Куницкая О.А. Актуальные проблемы лесозаготовительного производства в России на рубеже 2015 г.// Актуальные направления научных исследований XXI в.: теория и практика. 2014. Т. 2, № 5-4 (10-4). С. 183–186.

14. Куницкая О.А. Повышение экологической безопасности лесозаготовительного производства за счет эффективной переработки низкотоварной древесины// Актуальные направления научных исследований XXI в.: теория и практика. 2015. Т. 3, № 2-1 (13-1). С. 247–250.

15. Куницкая О.А. Перспективы развития нижних лесопромышленных складов// Актуальные направления научных исследований XXI в.: теория и практика. 2015. Т. 3, № 2-2 (13-2). С. 246–249.

16. Куницкая О.А., Григорьев И.В. Перспективы увеличения объемов лесозаготовки за счет низкотоварной древесины// Актуальные направления научных исследований XXI в.: теория и практика. 2014. Т. 2, № 3-2 (8-2). С. 104–107.

17. Куницкая О.А., Григорьев И.В. Расчет деформационных свойств древесины// Воронеж. науч.-техн. вестн. 2014. № 4 (10). С. 84–88.
18. Куницкая О.А., Григорьев И.В. Переработка низкотоварной древесины: проблемы и перспективы// Энергия: экономика, техника, экология. 2015. № 9. С. 70–75.
19. Куницкая О.А., Колесников Г.Н., Куницкая Д.Е., Лукин А.Е. Особенности окорки длинномерных сортиментов с учетом сбega в окорочных барабанах// Инж. вестн. Дона. 2015. Т. 36, № 3. Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2015/3184> (дата обращения 15.01.2016).
20. Куницкая О.А., Локистанов Б.М., Григорьев И.В. Изготовление технологической щепы из низкокачественной древесины// Актуальные направления научных исследований XXI в.: теория и практика. 2014. Т. 2, № 3-4 (8-4). С. 156–60.
21. Куницкая О.А., Локистанов Б.М., Григорьев И.В. Переработка низкотоварной древесины на технологическую щепу// Актуальные направления научных исследований XXI в.: теория и практика. 2014. Т. 2, № 3-2 (8-2). С. 379–382.
22. Куницкая О.А., Локистанов Б.М., Григорьев И.В., Куницкая Д.Е., Лукин А.Е. Поиск новых технических решений для повышения эффективности производства технологической щепы// Интенсификация формирования и охраны интеллектуальной собственности: материалы республик. науч.-практ. конф., посвященной 75-летию ПетрГУ. Петрозаводск: ПетрГУ, 2015. С. 14–15.
23. Куницкая О.А., Лукин А.Е. Обоснование направления уточнения математической модели групповой окорки лесоматериалов для условий окорки длинномеров// Актуальные направления научных исследований XXI в.: теория и практика. 2015. Т. 3, № 2-2 (13-2). С. 430–433.
24. Локистанов Б.М., Гулько А.Е., Григорьев И.В. Повышение эффективности подготовки низкокачественной древесины к производству технологической щепы// Природные ресурсы и экология Дальневосточного региона: материалы Междунар. науч.-практ. форума. 2013. С. 117–121.
25. Шапиро В.Я., Григорьев И.В., Гулько А.Е. Анализ методов расчета параметров и обоснование математической модели разрушения коры при групповой окорке древесины// Ученые записки ПетрГУ. Серия «Естествен. и техн. науки». 2011. № 8. С. 92–96.
26. Čufar K., Zupančič M. Les jelke (*Abies alba*) kot material in tkivo dreves// Zbornik gozdarstva in lesarstva. 2009. N 89. P. 55–66. URL: <http://eprints.gozdis.si/165/1/zbgl-89-6.pdf> (Date of access: 15.01.2016).
27. Isokangas Ari. Analysis and management of wood room // University of Oulu/ Oulu, 2010. 115 pp. URL: jultika.oulu.fi/Record/isbn978-951-42-6261-6 (15.12.2014).

Поступила 01.02.15

UDC 676.023.1

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.3.135

Numerical Modeling of Long Logs Barking in the Barking Drums*O.A. Kunitskaya¹, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor**A.E. Lukin¹, Postgraduate Student**G.N. Kolesnikov², Doctor of Engineering Sciences, Professor**E.A. Tikhonov², Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor**T.V. Tyurikova³, Candidate of Engineering Sciences, Senior Lecturer*

¹Saint Petersburg State Forest Technical University under name of S.M. Kirov, Institutskiy per., 5, Saint Petersburg, 194021, Russian Federation; e-mail: ola.ola07@mail.ru; lv-fashion@bk.ru

²Petrozavodsk State University, Lenin ave., 33, Petrozavodsk, Republic of Karelia, 185910, Russian Federation; e-mail: 79214519247@ya.ru

³Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; e-mail: t.tyurikova@narfu.ru

A significant part of wood chips for pulp and paper and wood-based panels production is produced in the Wood Yards of the wood processing enterprises. One of the main operations of the technological process is the pulpwood debarking in the barking drums. The pulpwood length entering a barking drum typically does not exceed 1.2 m. This fact reasonably allows us to neglect its possible lateral bending at processing because of its stiffness. However, recently the foreign Wood Yards began to practice long timber barking. This can significantly improve the performance of the Wood Yards, reduce energy consumption and the wood losses at the stage of wood debarking. Tapering and bending strain have a significant impact on the quality when debarking of long logs. As the development of the earlier studies we consider barking of long logs and stems in a barking drum, which is significantly shorter than stems. In this context, there is an actual problem of the quality research of debarking of long logs in the shortened drums. The objective of the paper is the application of numerical modeling to assess the impact of long logs bending in accordance with their tapering. A software complex of the finite element analysis ANSYS is used as an instrument of the research. As a result of the simulation the adequacy of the proposed modeling techniques is proved. Its use confirms the previously formulated hypothesis that not only the collision, but also the resulting flexural strain and stresses can cause destruction of structures, weaken the adhesive power of bark and wood and laminas.

Keywords: long timber barking, stem taper, long timber bending, numerical modeling, quality of barking, barking drum.

REFERENCES

1. Birger I.A., Mavlyutov R.R. *Soprotivlenie materialov* [Structural Resistance]. Moscow, 1994. 512 p.
2. Vasil'ev A.S. Tekhnicheskie resheniya, zashchishchennye pravookhrannymi dokumentami Rossiyskoy Federatsii v otnoshenii oborudovaniya dlya okorki lesomaterialov [Technical Solutions Protected by the Law Enforcement Documents of the Russian Federation in Respect of the Equipment for Wood Barking]. *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Journal of Don], 2012, no. 2. Available at: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/831.
3. Vasil'ev A.S. Funktsional'no-tekhnologicheskii analiz oborudovaniya dlya gruppovoy okorki drevesiny [Functional and Technological Analysis of the Equipment for a Group Barking of Wood]. *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Journal of Don], 2012, no. 3. Available at: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/909.
4. Gazizov A.M., Grigor'ev I.V., Katsadze V.A., Shapiro V.Ya., Murashkin N.V. *Povyshenie effektivnosti mekhanicheskoy okorki lesomaterialov* [Improving the Efficiency of the Mechanical Debarking of Wood]. Saint Petersburg, 2009. 240 p.

5. Gazizov A.M., Shapiro V.Ya., Grigor'ev I.V. Variatsionnyy metod rascheta i stabilizatsii parametrov rotornoy okorki [Variational Method of Calculation and Stabilization of Rotary Debarking Parameters]. *Inzhenernyy zhurnal (s prilozheniem)* [An Engineering Journal with Appendix], 2009, no. 7, pp. 47–51.

6. Grigor'ev I.V., Gul'ko A.E. Matematicheskaya model' protsessa okorki lesomaterialov ostrym indentorom [Mathematical Model of the Wood Debarking Process by a Sharp Indenter]. *Derevyannye konstruksii–2011: obrazovanie, praktika, innovatsii v stranakh Barentseva Evro-Arkticheskogo regiona: sb. nauch. tr. Mezhdunar. nauch.-obrazovat. seminara* [Wooden Constructions–2011: Education, Practice and Innovations in the Countries of the Barents Euro-Arctic Region: Proc. Int. Sci. and Educational Seminar]. Arkhangel'sk, 2012, pp. 62–70.

7. Grigor'ev I.V., Kunitskaya D.E. Umen'shenie kolichestva otkhodov osnovnogo proizvodstva drevsesno-podgotovitel'nykh tsekhov za schet avtomatizatsii osnovnykh operatsiy [Reducing the Amount of Waste of the Primary Production of the Wood Yards Due to the Basic Operations Automation]. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI v.: teoriya i praktika* [Actual Directions of Scientific Researches of the XXI Century: Theory and Practice], 2015, vol. 3, no. 2–2(13–2), pp. 409–412.

8. Grigor'ev I.V., Khitrov E.G., Vlasov Yu.N., Ivanov V.A., Zhdanovich V.I. O neobkhodimosti dopolnitel'nykh issledovaniy energoemkosti protsessa poperechnogo pileniya drevsesiny [On the Need for More Research in Energy Intensity Process of Wood Cross Cutting]. *Sistemy. Metody. Tekhnologii* [Systems. Methods. Technologies], 2013, no. 4(20), pp. 143–147.

9. Grigor'ev I.V., Khitrov E.G., Ivanov V.A., Zhdanovich V.I., Derbin M.V. Sovmestnoe vliyanie temperatury i vlazhnosti drevsesiny sosny na energoemkost' protsessa poperechnogo pileniya [Joint Influence of Temperature and Moisture Content of Pine Wood on the Energy Consumption of the Cross Cutting Process]. *Sistemy. Metody. Tekhnologii* [Systems. Methods. Technologies], 2014, no. 2(22), pp. 157–162.

10. Grigor'ev I.V., Shapiro V.Ya., Gul'ko A.E. Matematicheskaya model' gruppovoy okorki lesomaterialov v okorochnykh barabanakh [Mathematical Model of Group Debarking of Wood in the Barking Drums]. *Nauchnoe obozrenie* [Scientific Review], 2012, no. 4, pp. 154–171.

11. Kolesnikov G.N., Dospekhova N.A. Zakonomernosti soudareniy i kachestvo ochistki balansov neodinakovogo diametra v koroobdirochnom barabane [Collision Common Factors and the Quality of Pulpwood Treatment of an Unequal Diameter in a Barking Drum]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental Research], 2013, no. 10–15, pp. 3328–3331.

12. Kravchenko T.S., Grigor'eva O.I., Abdulova M.A. Tendentsii rosta drevostoev v Leningradskoy oblasti [The Growth Trends of the Forest Stands in Leningrad Region]. *Teoreticheskie i prikladnye aspekty sovremennoy nauki* [Theoretical and Applied Aspects of the Modern Science], 2014, no. 6–1, pp. 165–167.

13. Kunitskaya O.A. Aktual'nye problemy lesozagotovitel'nogo proizvodstva v Rossii na rubezhe 2015 g. [Actual Problems of Timber Production in Russia at the Turn of 2015]. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI v.: teoriya i praktika* [Actual Directions of Scientific Researches of the XXI Century: Theory and Practice], 2014, vol. 2, no. 5–4(10–4), pp. 183–186.

14. Kunitskaya O.A. Povyshenie ekologicheskoy bezopasnosti lesozagotovitel'nogo proizvodstva za schet effektivnoy pererabotki nizkotovarnoy drevsesiny [Increasing of Environmental Safety of Timber Production by the Efficient Processing of Low-Merchantable

Wood]. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI v.: teoriya i praktika* [Actual Directions of Scientific Researches of the XXI Century: Theory and Practice], 2015, vol. 3, no. 2–1(13–1), pp. 247–250.

15. Kunitskaya O.A. Perspektivy razvitiya nizhnikh lesopromyshlennykh skladov [Prospects of Development of the Lower Lumber Warehouses]. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI v.: teoriya i praktika* [Actual Directions of Scientific Researches of the XXI Century: Theory and Practice], 2015, vol. 3, no. 2–2(13–2), pp. 246–249.

16. Kunitskaya O.A., Grigor'ev I.V. Perspektivy uvelicheniya ob'emov lesoksplyatatsii za schet nizkotovarnoy drevesiny [Prospects for Increasing the Volume of Forest Exploitation by Low-Merchantable Wood]. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI v.: teoriya i praktika* [Actual Directions of Scientific Researches of the XXI Century: Theory and Practice], 2014, vol. 2, no. 3–2(8–2), pp. 104–107.

17. Kunitskaya O.A., Grigor'ev I.V. Raschet deformatsionnykh svoystv drevesiny [Calculation of the Deformation Properties of Wood]. *Voronezhskiy nauchno-tehnicheskii vestnik*, 2014, no. 4(10), pp. 84–88.

18. Kunitskaya O.A., Grigor'ev I.V. Pererabotka nizkotovarnoy drevesiny: problemy i perspektivy [Processing of Low-Merchantable Wood: Problems and Prospects]. *Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya*, 2015, no. 9, pp. 70–75.

19. Kunitskaya O.A., Kolesnikov G.N., Kunitskaya D.E., Lukin A.E. Osobennosti okorki dlinnomernykh sortimentov s uchedom sbega v okorochnykh barabanakh [Debarking Features of Long Logs with Account of Tapering in the Barking Drums]. *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Journal of Don], 2015, vol. 36, no. 3. Available at: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3184> (accessed 15.01.2016).

20. Kunitskaya O.A., Lokshtanov B.M., Grigor'ev I.V. Izgotovlenie tekhnologicheskoy shchepy iz nizkokachestvennoy drevesiny [Industrial Chips Production from Low-Quality Wood]. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI v.: teoriya i praktika* [Actual Directions of Scientific Researches of the XXI Century: Theory and Practice], 2014, vol. 2, no. 3–4(8–4), pp. 156–160.

21. Kunitskaya O.A., Lokshtanov B.M., Grigor'ev I.V. Pererabotka niz-kotovarnoy drevesiny na tekhnologicheskuyu shchepu [Processing of Low-Merchantable Wood to Industrial Chips]. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI v.: teoriya i praktika* [Actual Directions of Scientific Researches of the XXI Century: Theory and Practice], 2014, vol. 2, no. 3–2(8–2), pp. 379–382.

22. Kunitskaya O.A., Lokshtanov B.M., Grigor'ev I.V., Kunitskaya D.E., Lukin A.E. Poisk novykh tekhnicheskikh resheniy dlya povysheniya effektivnosti proizvodstva tekhnologicheskoy shchepy [Finding New Technical Solutions to Improve the Efficiency of the Industrial Chips Production]. *Intensifikatsiya formirovaniya i okhrany intellektual'noy sobstvennosti: materialy respublik. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoy 75-letiyu PetrGU* [Intensification of the Formation and Protection of the Intellectual Property: Proc. Republic Sci. and Practical Conf., Dedicated to the 75th Anniversary of Petrozavodsk State University]. Petrozavodsk, 2015, pp. 14–15.

23. Kunitskaya O.A., Lukin A.E. Obosnovanie napravleniya utochneniya matematicheskoy modeli gruppovoy okorki lesomaterialov dlya usloviy okorki dlinномеров [Justification of the Specification Direction of the Mathematical Model of the Wood Group Debarking for Lofty Timber]. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI v.: teoriya i praktika* [Actual Directions of Scientific Researches of the XXI Century: Theory and Practice], 2015, vol. 3, no. 2–2(13–2), pp. 430–433.

24. Lokshtanov B.M., Gul'ko A.E., Grigor'ev I.V. Povyshenie effektivnosti podgotovki nizkokachestvennoy drevesiny k proizvodstvu tekhnologicheskoy shchepy [Improving the Effectiveness of the Low-Quality Wood Preparing for the Industrial Chips Production]. *Prirodnye resursy i ekologiya Dal'nevostochnogo regiona: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. foruma* [Natural Resources and Ecology of the Far East Region: Proc. Intern. Sci. and Practical Forum], 2013, pp. 117–121.

25. Shapiro V.Ya., Grigor'ev I.V., Gul'ko A.E. Analiz metodov rascheta parametrov i obosnovanie matematicheskoy modeli razrusheniya kory pri gruppovoy okorke drevesiny [Analysis of Methods of Parameters Calculation and Justification of the Mathematical Model of the Cortex Destruction at the Group Debarking of Wood]. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. "Estestvennye i tekhnicheskie nauki"* [Proceedings of Petrozavodsk State University. Natural and Engineering Sciences], 2011, no. 8, pp. 92–96.

26. Čufar K., Zupančič M. Les jelke (*Abies alba*) kot material in tkivo dreves. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 2009, no. 89, pp. 55–66. Available at: <http://eprints.gozdis.si/165/1/zbgl-89-6.pdf> (accessed 15.01.2016).

27. Isokangas A. *Analysis and Management of Wood Room*. Oulu, 2010. 115 p. Available at: jultika.oulu.fi/Record/isbn978-951-42-6261-6 (accessed 15.12.2014).

Received on February 01, 2015