

# ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ПЕРЕРАБОТКИ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

\* Работа выполнена в рамках реализации научных мероприятий Программы стратегического развития ПетрГУ на 2012-2016 гг.

## APPLICATION OF NUMERICAL SIMULATION FOR SOLUTIONS OF TECHNOLOGICAL PROBLEMS OF PROCESSING ROUNDWOOD

*G. Kolesnikov*

### Annotation

The article provides an overview by three areas of the application of numerical methods for solving technological problems in the processing of pulpwood. Three issues is discussed: on the impact of the length of the pulpwood at the size of the particles of wood chips; the pattern of debarking of pulpwood in drum; fractionation of poly-disperse bulk material by sieving on installations with tiered disposition of screens.

**Keywords:** numerical modeling, debarking drum, pulpwood, wood chips, disk chipper, poly-disperse bulk material, fractionation, screening.

**Колесников Геннадий Николаевич**  
Д.т.н., профессор,  
Петрозаводский государственный  
университет

### Аннотация

В статье приведен обзор трех направлений в применении методов численного моделирования при решении технологических задач переработки круглых лесоматериалов на щепу. Рассмотрены задачи: о влиянии длины баланса, измельчаемого в дисковой рубительной машине, на размеры частиц древесной щепы; о закономерностях очистки круглых лесоматериалов от коры в установках барабанного типа; о фракционировании полидисперсного сыпучего материала методом отсева на установках с ярусной компоновкой сит.

### Ключевые слова:

Численное моделирование, корообдирочный барабан, круглые лесоматериалы, щепка, дисковая рубительная машина, полидисперсный сыпучий материал, фракционирование, метод отсева.

В данной статье представлен краткий обзор работ, посвященных применению методов численного моделирования к решению технологических задач переработки круглых лесоматериалов на щепу [1]. Как известно, физико-механические характеристики лесоматериалов зависят от породы, возраста, влажности, от строения и свойств древесины и древесной коры как материалов, сезона заготовки, особенностей хранения, транспортировки и других факторов [2]. Точный учет влияния этих факторов в математических моделях, используемых при решении технологических задач, не представляется возможным. Тем не менее, использование численных методов [3] и упрощенных моделей, адекватных в рамках реалистичных ограничений, позволяет получить новые, важные для практики, данные о закономерностях исследуемых технологических процессов.

Примером может быть выполненная в 2012–2015 гг. разработка модели влияния длины баланса, измельчаемого в дисковой рубительной машине, на размеры частиц древесной щепы [4, 5]. Данная работа выполнена в

целях анализа причин появления частиц щепы, некондиционных по критериям размеров и формы. Знание этих причин необходимо для обоснования рекомендаций по совершенствованию технологии производства щепы [1]. В работах [4, 5] показано, что основная причина появления некондиционной щепы заключается в существенном изменении условий измельчения баланса на финишной стадии его переработки в рубительной машине, когда длина баланса становится соизмеримой с поперечным размером внутреннего пространства загрузочного патрона. По этой причине поступательное движение баланса (на начальной стадии его измельчения) трансформируется в хаотическое движение (на конечной стадии измельчения того же баланса). Модель [4, 5] адекватна до начала стадии хаотизации движения измельчаемого баланса. Измельчение баланса при хаотичном его движении в патроне рубительной машины приводит к существенному увеличению доли частиц, некондиционных по критериям формы и крупности.

Применение данной модели позволило установить (с

получением количественных оценок), что стадия хаотизации движения наступает (при прочих равных условиях) тем раньше, чем меньше диаметр баланса. Таким образом, с уменьшением диаметра балансов закономерно возрастает доля некондиционной щепы. Адекватность этих данных подтверждена их согласованностью с результатами производственных и лабораторных экспериментов [1, 5, 7], а также с известными по литературе данными [6]. В тоже время, анализ результатов моделирования указывает на необходимость продолжения исследований в целях уменьшения или исключения влияния хаотизации движения баланса на качество щепы.

Применение численного моделирования при решении другой технологической задачи, решение которой необходимо для обоснования рекомендаций по совершенствованию очистки круглых лесоматериалов от коры в установках барабанного типа, рассмотрено в работах [8, 9, 11].

Особенность работы [8] заключается в том, что проблема численного моделирования соударений балансов в корообдирочном барабане рассматривается как источник хорошо известной в механике контактной задачи. Решение данной задачи необходимо для прогнозирования силы соударений балансов друг с другом и с корпусом корообдирочного барабана. С применением конечно-элементной модели контактная задача сведена к поиску решения линейной задачи дополненности с положительно определенной матрицей коэффициентов.

Динамика объекта исследования моделируется как множество его статических состояний, упорядоченных во времени с помощью метода конечных разностей [3, 9, 10]. Предложен алгоритм решения линейной задачи дополненности с положительно определенной матрицей коэффициентов. На каждом шаге по времени чис-

ленная реализация алгоритма сводится к исключениям Гаусса–Жордана с выбором разрешающего элемента поэнергетическому критерию. С точки зрения механики энергетический критерий используется как критерий перехода односторонних связей из возможного состояния в действительное состояние [12].

Решение указанной выше линейной задачи дополненности по предложенному алгоритму определяется за меньшее число шагов, чем при использовании других известных по литературе алгоритмов. Результаты численного моделирования, полученные с применением данного алгоритма, использованы при решении задачи о закономерностях соударений и качестве очистки балансов неодинакового диаметра в корообдирочном барабане [13]. Адекватность моделирования подтверждена согласованностью с известными по литературе экспериментальными данными [14].

Третья затрагиваемая в данной статье задача связана с применением несложной математической модели технологического процесса фракционирования полидисперсного сыпучего материала методом рассева на установках с ярусной компоновкой сит [15, 16]. Отличительная особенность данной модели заключается в том, что задача сведена к решению уравнения Ферхюльста. При этом методика оценки эффективности рассева учитывает относительное изменение концентрации проходных частиц в надрешетном продукте и изменение толщины его слоя вдоль сита. Адекватность результатов моделирования подтверждена их согласованностью с результатами экспериментов [15] и с известными по литературе данными [17].

Рассмотренные модели могут быть использованы при решении как реальных задач [1], так и в учебном процессе [18].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев С.Б., Девятникова Л.А., Колесников Г.Н., Симонова И.В. Технологические решения для реализации потенциала ресурсосбережения при переработке круглых лесоматериалов на щепу // Петрозаводск, 2013. 92 с.
2. Уголев Б.Н. Древесиноведение и лесное товароведение // М.: Издательский центр "Академия". 2011. 272с.
3. Васильев С.Б., Колесников Г.Н., Никонова Ю.В., Раковская М.И. Влияние локальной жесткости корпуса корообдирочного барабана на изменение силы соударений и величину потерь древесины // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки. 2008. № 96. С. 84–91.
4. Васильев С.Б., Девятникова Л.А., Колесников Г.Н. Влияние изменения длины баланса, измельчаемого в дисковой рубительной машине, на размеры частиц древесной щепы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 81. С. 270–279.
5. Колесников Г.Н., Девятникова Л.А., Доспехова Н.А., Васильев С.Б. Уточненная модель влияния длины баланса, измельчаемого в дисковой рубительной машине, на размеры частиц древесной щепы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 105. С. 413–425.
6. Фетяев А.Н., Фокин С.В. Об имитационной модели процесса измельчения порубочных остатков // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. № 2. С. 291–294.

7. Девятникова Л.А., Васильев С.Б., Колесников Г.Н. Влияние технологии раскроя балансов на фракционный состав щепы //Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2012. № 3 (86). С. 120–124.
8. Колесников Г.Н. Алгоритм декомпозиции линейной задачи дополнителности и его применение для моделирования соударений балансов в корообдирочном барабане //ResourcesandTechnology. 2013. Т. 10. № 2. С. 111–138.
9. Васильев С.Б., Дослехова Н.А., Колесников Г.Н. Численное моделирование взаимодействия еловых балансов неодинакового диаметра в корообдирочном барабане //ResourcesandTechnology. 2013. Т. 10. № 1. С. 024–038.
10. Колесников Г.Н. Дискретные модели механических и биомеханических систем с односторонними связями//Петрозаводский государственный университет. Петрозаводск, 2004. (<http://elibrary.ru/item.asp?id=19489337>)
11. 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 Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки. 2011. № 8. С. 92–96.
12. Колесников Г.Н., Раковская М.И. К обоснованию энергетического критерия очередности перехода односторонних связей механических систем из возможного состояния в действительное состояние // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки. 2015. № 4. С. 80–81.
13. Колесников Г.Н., Дослехова Н.А. Закономерности соударений и качество очистки балансов неодинакового диаметра в корообдирочном барабане//Фундаментальные исследования. 2013. № 10–15. С.3328–3331.
14. Григорьев И., Локштанов Б, Куницкая О., Гулько А. Повышение эффективности групповой механической окорки лесоматериалов. Часть 5. Размеры окориваемых лесоматериалов//ЛесПромИнформ. –2013. –№ 7 (97). –С. 80–82. <http://www.lesprominform.ru>.
15. Колесников Г.Н., Васильев С.Б. Математическая модель технологического процесса фракционирования полидисперсного сыпучего материала методом рассева на установках с ярусной компоновкой сит //Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2012. № 3. С. 42–49.
16. Васильев С.Б., Колесников Г.Н. Логистический подход к моделированию фракционирования сыпучих материалов // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки. 2010. № 4. С. 61–65.
17. Ravshanov N., Palvanov B., Shermatova G. Mathematic model of technical process of heavy mixtures classifying on the basis of dispersion of particles flight path // European researcher. 2014. № 5–1 (74). С. 824–830.
18. Зайцева М.И., Девятникова Л.А., Никонова Ю.В., Колесников Г.Н. Информационные технологии в научно-исследовательской работе студентов технических факультетов //В сборнике: Информационная среда вуза XXI века. Материалы VII Международной научно-практической конференции. Петрозаводск, 2013. С. 86–89.

© Г.Н. Колесников, ([kgn@petsu.ru](mailto:kgn@petsu.ru)), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,

