

Научная статья
УДК 630.323.4:004
<https://doi.org/10.25686/2306-2827.2024.1.76>
EDN: YGQEPА

Программа по оптимизации схем раскроя древесного хлыста породы сосна на пиловочные брёвна

М. С. Асташевский✉, А. А. Асташевская, М. А. Быковский

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Мытищинский филиал,
Российская Федерация, 141005, Мытищи, ул. 1-я Институтская, 1
specret@yandex.ru ✉

Введение. Процесс раскряжёвки древесного хлыста на сортименты является одной из основных технологических операций на лесозаготовках, определяющей объём и качество получаемой продукции из имеющегося древесного сырья на разрабатываемой лесосеке. Раскряжёвка хлыста на сортименты может выполняться как на лесосеке (сортиментная технология), так и на лесном складе (хлыстовая технология). Раскрой хлыста по первой технологии предполагает одноразовое получение ограниченного числа сортиментов из-за трудностей в их сборе, сортировке и транспортировке на лесосеке. Для хлыстовой технологии, при раскряжёвке хлыста в стационарных условиях, постоянное количество типоразмеров сортиментов приводит к изменению круглых сортиментов в сортиментном плане предприятия. **Цель** – разработать метод оптимизации раскряжёвки стволов сосны на сортименты, реализовать метод на языке программирования MATLAB для создания интерфейса программы, а также произвести имитационное моделирование процесса раскряжёвки для проверки адекватности модели. **Объект и методы.** Для исследования работы программы и анализа результатов было проведено имитационное моделирование раскроя 20 хлыстов с заранее обозначенным количеством выпиленных сортиментов. **Результаты.** Разработан метод оптимизации раскряжёвки древесного хлыста, основанный на критериях значимости сортимента в зависимости от диаметра в верхнем отрубе и длины сортимента, приведён интерфейс программы и рассмотрен порядок работы с программой. Обозначены необходимые исходные данные и режимы работы при взаимодействии с программой. **Выводы.** Оптимизация раскряжёвки хлыстов по определённым оценочным критериям, как показало данное исследование и опыт применения подобных программ на лесозаготовительных машинах, позволяет значительно повысить выход готовой продукции по ценностным и объёмным показателям. В то же время, для результативного использования программ оптимизации раскряжёвки необходимо получение подробной информации о форме и качестве отдельных деревьев древостоя и взаимодействие в работе с другими программными комплексами по управлению работой отдельных машин и технологического процесса лесозаготовок в целом. Эффективное использование отечественного оборудования лесной отрасли неразрывно связано с разработкой соответствующего программного обеспечения автоматического управления.

Ключевые слова: сортимент; лесные ресурсы; рационализация; имитационное моделирование

Введение. Процесс раскряжёвки древесного хлыста на сортименты является основной операцией на лесозаготовках, определяющей объём и качество получаемой продукции из имеющегося древесного сырья разрабатываемой лесосеки. Раскряжёвка хлыста на сортименты может вы-

полняться как на лесосеке (сортиментная технология), так и на лесном складе (хлыстовая технология). Раскрой хлыста по первой технологии предполагает одноразовое получение ограниченного числа сортиментов из-за трудностей в их сборе, сортировке и транспортировке на лесосеке.

© Асташевский М. С., Асташевская А. А., Быковский М. А., 2024

Для цитирования: Асташевский М. С., Асташевская А. А., Быковский М. А. Программа по оптимизации схем раскроя древесного хлыста породы сосна на пиловочные брёвна // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2024. № 1 (61). С. 76–84. <https://doi.org/10.25686/2306-2827.2024.1.76>; EDN: YGQEPА

Для хлыстовой технологии, при раскряжёвке хлыста в стационарных условиях, постоянное количество типоразмеров сортиментов, задаваемых оператором в зависимости от поставляемого сырья, приводит к изменению плана круглых сортиментов в сортиментном плане предприятия.

В настоящее время на территории Российской Федерации широко используется сортиментная технология заготовки древесины. Раскряжёвка древесного хлыста при такой технологии производится многооперационными лесозаготовительными машинами (харвестерами и процессорами) или вальщиком леса бензиномоторной пилой. Распространение сортиментной технологии обусловлено коротким производственным циклом, возможностью совмещать различные технологические операции и их элементы, достаточно быстрой реакцией на изменения потребностей рынка [1].

Важное значение программа по оптимизации раскряжёвки древесных хлыстов имеет для многооперационных машин, выполняющих комплекс операций по валке, обрезке сучьев и раскряжёвке, – харвестеров, которые должны оперативно выбирать схему раскряжёвки в зависимости от породы и размера хлыста и поступающего заказа. Широкое применение системы машин харвестер и форвардер объясняется рядом положительных особенностей этой системы: сравнительно низкая энергоёмкость по сравнению с хлыстовой технологией, включающей не только лесозаготовительные машины, но и стационарное оборудование лесного склада, высокая экологичность по ряду параметров (сохранение подраста, относительно низкая повреждаемость почвы), высокая удельная производительность на человека. Технологическое оборудование харвестера (харвестерная головка) при современном развитии технологий и программного обеспечения позволяет выполнить качественную раскряжёвку хлыстов, точное соблюдение размеров (длину и диаметр) заказанных сортиментов, учёт заготовленных лесоматериалов. Программа оптимизации раскряжёвки для харвестера должна предусматривать выбор

схемы раскряжёвки не только на основании размеров текущего хлыста, но и с учётом всей совокупности деревьев лесосеки и даже всех лесосек, назначенных в рубку в текущем году для данного предприятия. Это позволит обеспечить рациональный подход к использованию древесных ресурсов лесного фонда.

Вопросами по оптимизации раскряжёвки древесных хлыстов занимались многие учёные, среди них: А. К. Редькин, Б. Г. Залегаллер, В. И. Алябьев, В. А. Дорошенко, В. А. Лозовой, И. И. Гуслицер, В. С. Петровский, А. В. Никончук, А. С. Ледяева.

Программы по выбору рациональных схем раскряжёвки хлыстов используются на харвестерах многих фирм-производителей лесозаготовительных машин: Ponsse (программный комплекс Opti4G), John Deere (программа TimberMatic), Kamatsu (программа MaxiXT) и др. Применение компьютерных программ и цифровых технологий позволяет в целом автоматизировать управление лесозаготовительной машиной и непосредственное выполнение технологических операций. Цифровизация древесных ресурсов эксплуатируемого лесного фонда при возможности оперативного доступа к массивам данных о разрабатываемой лесосеке делает возможным надёжный учёт заготавливаемого леса и эффективное управление лесозаготовками [2, 3].

В связи с этим, актуальность работы заключается в разработке компьютерной программы для лесозаготовительных машин по оптимизации раскряжёвки древесного хлыста с целью обеспечения рационального использования древесины. Критериями оптимизации в работе выбраны максимизация суммы коэффициентов значимости выпиленных сортиментов, которые устанавливаются на основании предпочтений заказчика к размерам сортиментов и в виде дополнительных параметров и ограничений, максимизация объёма сортиментов и длины пиловочной зоны. Кроме того, важным показателем рациональной схемы раскряжёвки хлыста является минимизация кусковых отходов и вершинной части ствола.

Цель работы – разработать метод оптимизации раскряжёвки древесного хлыста на сортименты, реализовать метод на языке программирования MATLAB для создания интерфейса программы, а также произвести имитационное моделирование процесса раскряжёвки для проверки адекватности модели.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования в представленной работе являются схемы раскряжёвки древесных хлыстов и выбор оптимального варианта на основании указанных критериев: максимизации суммы коэффициентов значимости, объёмного выхода сортиментов и длины пиловочной зоны. Поиск оптимального варианта раскряжки хлыста основывается на составляемой матрице коэффициентов значимости по видам, размерам и породе сортиментов. К данной матрице предъявляется ряд требований. Комбинация и значения коэффициентов матрицы должны обеспечивать выпилровку требуемых видов сортиментов, должны учитываться размерные и качественные характеристики массива древесных хлыстов лесосеки, значения коэффициентов должны оперативно изменяться в процессе накопления выпиленных сортиментов.

В разработанной компьютерной программе по моделированию и оптимизации раскряжки хлыста набор возможных размеров выпиленных сортиментов основан на значениях длин и толщин, указанных в действующих стандартах на круглые лесоматериалы хвойных и лиственных пород. На основании стандартов длина сортиментов варьирует в диапазоне от 3 до 6,5 м с шагом 0,25 м. При наличии в раскряжываемом хлысте пороков и попадании их для конкретной схемы раскряжки в соответствующий сортимент сортность сортимента устанавливается также на основании действующего стандарта. Математическое описание формы хлыста, необходимое для расчёта размеров сортиментов, выполняется при помощи формулы проф. В. С. Петровского, которая содержит набор коэффициентов регрессии в зависимости

от породы древесины и условий произрастания древостоя. Расчёт коэффициентов регрессии выполнен с использованием данных замеров 150 хлыстов породы сосна. В таблице представлены вводные данные для проведения расчётов: диаметр ствола на высоте 1,3 метра « $d_{1,3}$ » в сантиметрах; диаметр ствола на половине длины ствола « d_2 » в сантиметрах; а также длина хлыстов « H » в метрах [5–7].

Вводные данные для имитационного моделирования

Input data for simulation modeling

$d_{1,3}$, см	d_2 , см	H , м
53,2	42,00	19,00
57,1	41,12	20,75
58,1	42,12	20,75
42,9	34,54	24,25
52,0	41,56	18,50
30,9	24,00	20,75
55,0	47,38	18,25
35,9	29,00	20,25
58,3	44,70	22,00
39,2	30,30	19,25
53,9	46,38	18,25
39,9	28,88	21,50
44,6	30,92	21,75
37,1	30,00	19,50
31,8	23,42	18,25
33,1	21,90	22,25
28,4	21,50	20,75
31,1	26,40	17,25
28,0	22,50	18,25
35,6	26,20	25,00

Программа для оптимизации раскряжёвки древесных хлыстов выполнена на языке программирования MATLAB, в которую подгружаются файлы Excel, содержащие экспериментальные данные размеров хлыстов, матрица коэффициентов значимости и другая исходная информация. Первый лист интерфейса программы, где делаются исходные установки и выполняется запуск расчёта, представлен на рис. 1.

Возможные схемы раскряжки хлыста, предлагаемые программой, представлены на рис. 2.

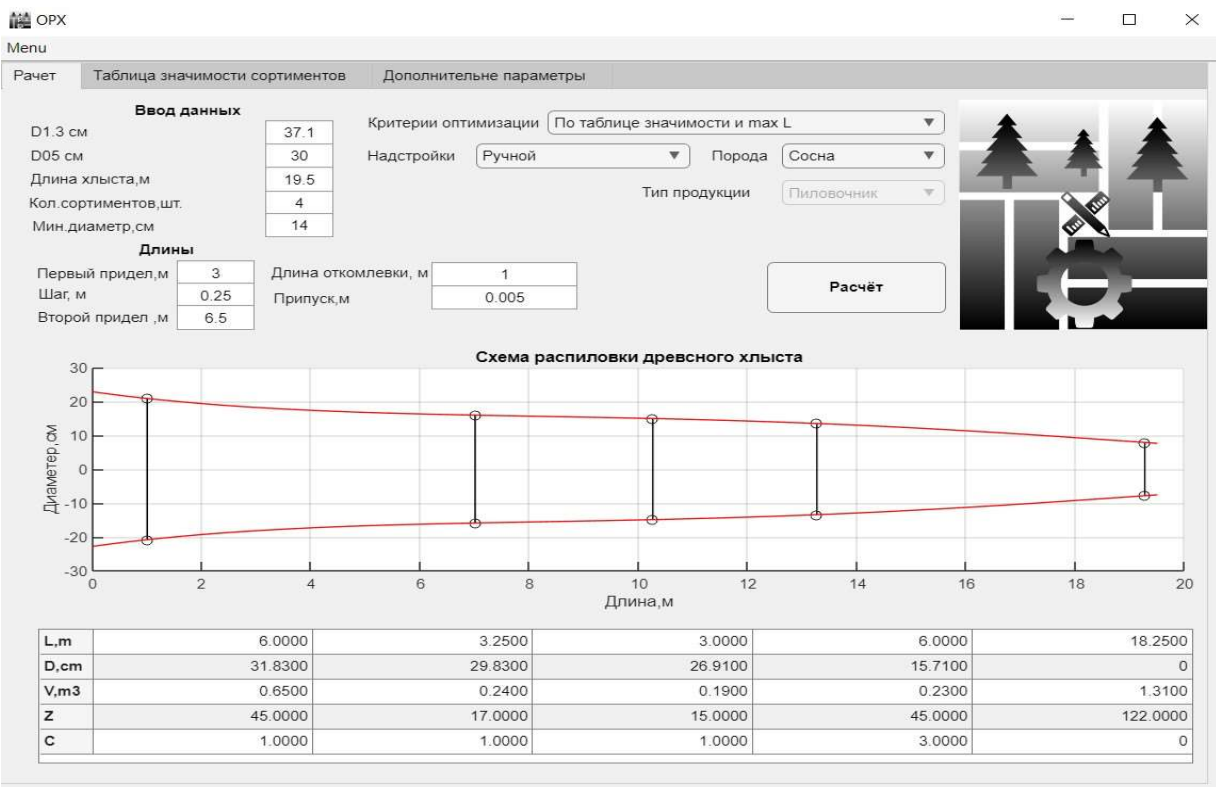


Рис. 1. Первый лист интерфейса программы
Fig. 1. The first sheet of the program interface

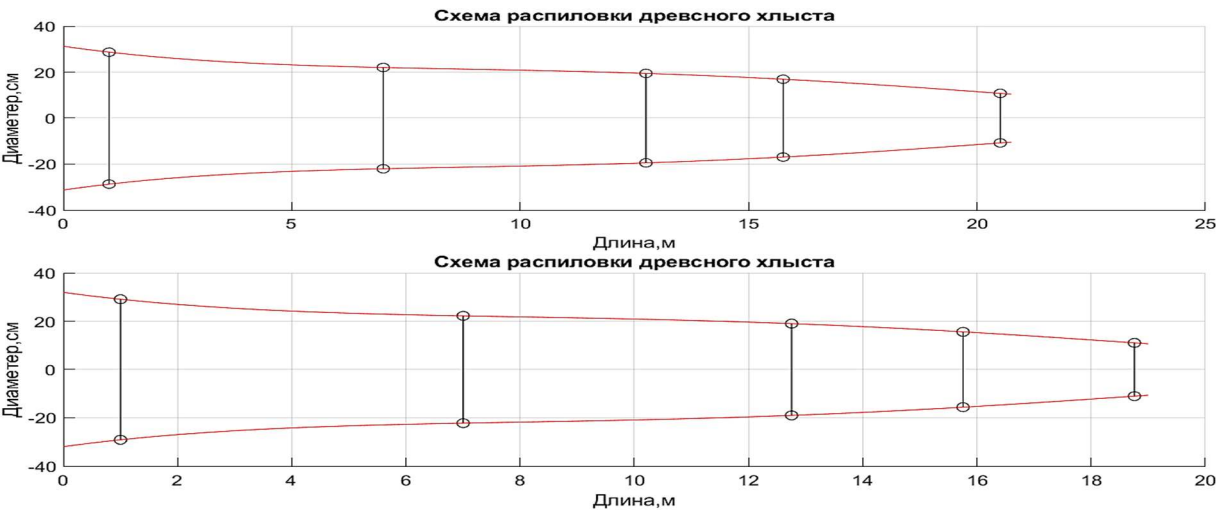


Рис. 2. Варианты предлагаемых схем раскря древесного хлыста
Fig. 2. Variants of the proposed patterns of cutting a tree length stem

Алгоритм работы программы включает несколько последовательных шагов.

Шаг 1 – ввод исходных данных и выбор режима (первая вкладка интерфейса). На этом шаге выбирается режим расчёта – ручной или автоматический, указывается порода, диаметр ствола дерева d на высоте 1,3 м, длина ствола H , диа-

метр на половине длины ствола $d_{1/2}$, минимальный диаметр ствола в сантиметрах, припуск по длине сортиментов, размер откомлёвки, минимальная и максимальная длины сортиментов и шаг варьирования сортиментов по длине. При выборе ручного режима дополнительно указывается количество выпиливаемых сортиментов.

Также на первой вкладке задаётся дополнительный критерий оптимизации – максимизация длины пиловочной зоны ствола или максимизация объёмного выхода сортиментов. На первом шаге выполняется загрузка исходной матрицы коэффициентов значимости сортиментов по длине и диаметрам, которая сформирована в электронных таблицах Excel.

Шаг 2 – функциональная работа программы. Непосредственная работа программы по расчёту вариантов раскроя хлыста и их оценки по критериям оптимизации начинается после нажатия клавиши «расчёт» на первой вкладке (рис. 1). Расчёт начинается с определения дополнительных параметров качества хлыста заданного размера: длины сучковой и бессучковой зон, среднего диаметра сучка и распределения значений диаметров сучков. На основании данных и места выпилки сортимента присваивается сортность данному сортименту. Далее происходит расчёт и формирование матрицы возможных вариантов раскроя хлыстов на сортименты, определяются размеры сортиментов по модели формы ствола, делается оценка возможной сортности по действующим стандартам и рассчитываются итоговые значения критериев оптимизации схем раскроя.

Шаг 3 – обработка и вывод результатов. Вывод схемы раскроя хлыста, полученного в результате работы программы оптимизации, производится в соответствии с выбранным дополнительным критерием (максимизация по суммарному объёму сортиментов или по длине пиловочной зоны). На основании данных выбранной схемы раскроя производится построение графиков и вывод параметров сортиментов: диаметров в верхнем и нижнем отрезе, длины, сорта, объёма, значимости в заказе. В программе существует возможность сохранения полученных данных по сортиментам и расчётных параметров раскраиваемого хлыста (объём, коэффициент формы, сбег по длине) в таблице Excel.

Результаты и их обсуждение. На приведённой программе оптимизации раскроя было выполнено имитационное моделирование раскряжёвки 20 хлыстов с параметрами, представленными в таблице в ручном режиме. Моделирование выполнено двумя способами в соответствии с выбранным дополнительным критерием оптимизации. Припуск по ширине пропила был принят 2 см, а вид готовой продукции – пиловочные брёвна. Результаты имитационного моделирования по дополнительным критериям максимизации суммарного объёма сортиментов (первый способ) и максимизации по длине пиловочной зоны (второй способ) представлены на рис. 3.

По результатам имитационного моделирования для одной сформированной матрицы коэффициентов значимости отмечено предпочтение выбора более длинных сортиментов при раскряжёвке с дополнительным критерием максимизации длины пиловочной зоны и более коротких сортиментов при использовании критерия максимизации суммарного объёма сортиментов. Кроме того, при сравнении обычной раскряжёвкой на сортименты длиной 6 и 4 метра использование длины пиловочной зоны больше у схем, предложенных программой по сравнению с применяемыми схемами: 91 и 89 % соответственно. Использование объёма ствола дерева по предлагаемым программой схемам составляет 90 %, а для традиционно применяемых – 88 %.

Результаты моделирования по предложенной программе показывают, что внедрение автоматизированной системы управления технологическим процессом позволяет повысить выход готовой продукции на 2–3 % по цилиндрическому объёму древесины брёвен и на 3–15 % по ценностным показателям товарной продукции (по круглым лесоматериалам). Что также подтверждается научными трудами других авторов, таких как В. С. Петровский [8] и А. В. Никончук с соавт. [9].

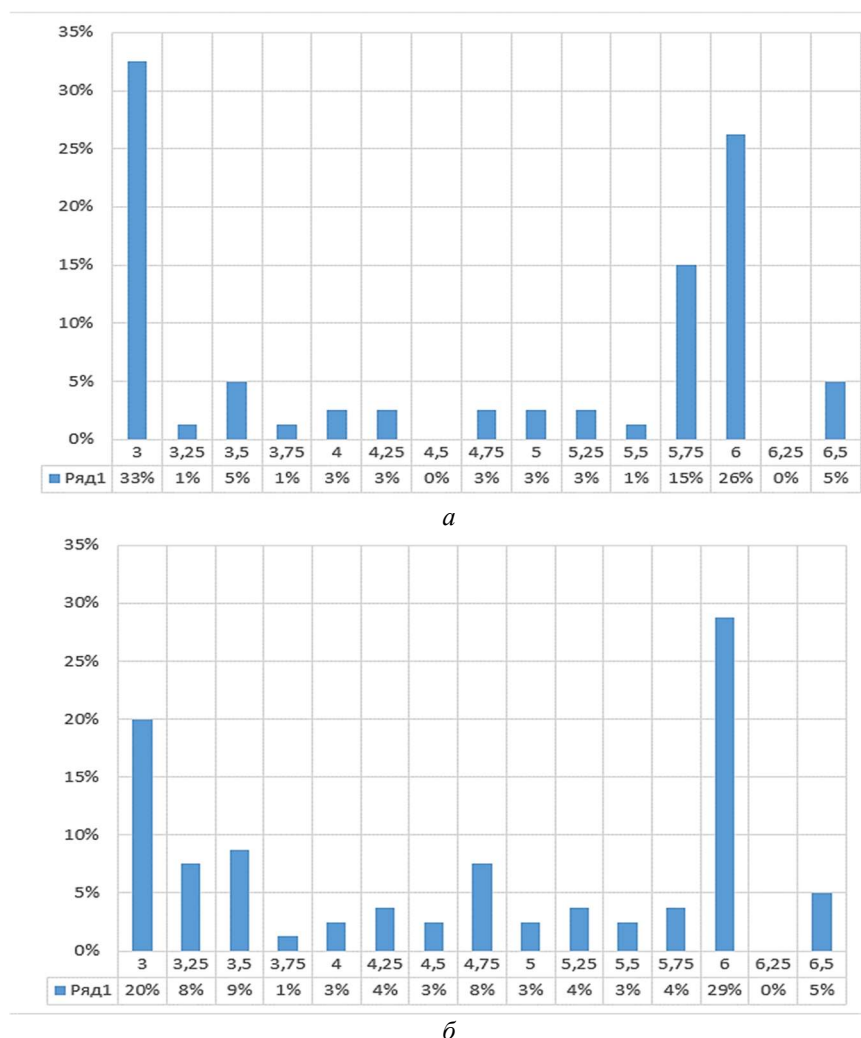


Рис. 3. Результаты моделирования раскряжёвки хлыста для ручного режима при максимизации суммарного объёма сортиментов (а) и максимизации по длине пиловочной зоны (б)
 Fig. 3. The results of modeling the tree length bucking for manual mode while maximizing the total volume of assortments (a) and maximizing the length of the sawing zone (b)

Вывод. Оптимизация раскряжёвки хлыстов по определённым оценочным критериям, как показало данное исследование и опыт применения подобных программ на лесозаготовительных машинах, позволяет значительно повысить выход готовой продукции по ценностным и объёмным показателям. В то же время, для результативного использования программ оптимизации раскряжёвки необходимо получение подробной ин-

формации о форме и качестве отдельных деревьев в древостое и взаимодействии в работе с другими программными комплексами по управлению работой отдельных машин и технологического процесса лесозаготовок в целом. Эффективное использование отечественного оборудования лесной отрасли неразрывно связано с разработкой соответствующего программного обеспечения автоматического управления.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Анучин А. С., Суханов Ю. В. К вопросу об оценке выхода деловой и дровяной древесины при механизированной сортиментной заготовке леса //

Инженерный вестник Дона. 2017. № 2 (45). Ст. 30. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2-y2017/4094> (дата обращения: 20.03.2023).

2. Асташевский М. С., Асташевская А. А. Цифровизация в лесном комплексе. Применение искусственного и машинного интеллекта в лесном комплексе // Материалы конференции «Машиностроение: новые концепции и технологии» (Красноярск, 28 октября 2022 г.). Красноярск: Сибирский государственный университет науки и технологий им. акад. М. Ф. Решетнёва, 2022. С. 17–19. EDN: MWPQJT

3. Stem-Level Bucking Pattern Optimization in Chainsaw Bucking Based on Terrestrial Laser Scanning Data / G. Erber, Ch. Gollob, R. Krassnitzer et al. // Croatian Journal of Forest Engineering. 2022. Vol. 43. Iss. 2. Pp. 287–301. DOI: 10.5552/crojfe.2022.1596

4. Асташевский М. С., Асташевская А. А. Программа оптимизации схем раскряжки древесного хлыста // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023611635. Патентообладатель Асташевский М. С. Российская Федерация. Номер заявки № 2022686744; Заявл. 31.12.2022; Оpubл. 23.01.2023. EDN: KAMZDQ

5. Дорошенко В. А., Друк Л. В., Усачёв М. С. Выбор рациональных вариантов раскряжки древесного сырья в условиях технологических линий // Ак-

туальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2017. Т. 5, № 9 (35). С. 108–120. EDN: YLCKFA

6. Оптимизация процесса раскряжки хлыстов на лесоперевалочных базах лесных холдингов при выпиловке сырья для мачтопропиточных заводов / О. А. Куницкая, И. И. Тихонов, Д. Е. Куницкая и др. // Известия вузов. Лесной журнал. 2014. № 3 (339). С. 86–93. EDN: SEEOJZ

7. Тихонов И. И., Брагин Н. А. Автоматизированные системы оперативного управления процессом деления и раскряжки-раскряжки стволов деревьев // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2014. № 209. С. 198–211. EDN: TNABGP

8. Петровский В. С. Оптимальная раскряжка лесоматериалов. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Лесная промышленность, 1989. 288 с.

9. Эффективность харвестерной технологии заготовки древесного сырья / А. В. Никончук, В. А. Лозовой, А. С. Крисько и др. // Хвойные бореальной зоны. 2018. Т. 36. № 1. С. 12–17. EDN: ХОКВРН

Статья поступила в редакцию 21.01.2024; одобрена после рецензирования 01.02.2024; принята к публикации 10.03.2024

Информация об авторах

АСТАШЕВСКИЙ Михаил Станиславович – аспирант кафедры ЛТ4 технологии и оборудование лесопромышленного производства, МГТУ им. Н. Э. Баумана, Мытищинский филиал. Область научных интересов – технология лесосечных работ. Автор 21 научной публикации. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5325-6996>; SPIN-код: 4801-9045

АСТАШЕВСКАЯ Алина Александровна – инженер-конструктор, МГТУ им. Н. Э. Баумана, Мытищинский филиал. Область научных интересов – технология лесосечных работ. Автор 23 научных публикаций. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1175-6746>; SPIN-код: 4091-3113

БЫКОВСКИЙ Максим Анатольевич – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой ЛТ4 технологии и оборудование лесопромышленного производства, МГТУ им. Н. Э. Баумана, Мытищинский филиал. Область научных интересов – технология лесосечных работ. Автор 80 научных публикаций. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2539-7983>; SPIN-код: 9939-5039

Доступность данных и материалов: наборы данных, проанализированные в ходе исследования, являются общедоступными.

Вклад авторов:

Асташевский М. С. – разработка программы, разработка методики, выполнение экспериментальных работ, проверка данных, валидация, формальный анализ, полевые данные.

Асташевская А. А. – написание и подготовка статьи, визуализация.

Быковский М. А. – постановка цели, задач, руководство, редактирование.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Scientific article

UDC 630.323.4:004

<https://doi.org/10.25686/2306-2827.2024.1.76>

EDN: YGQEP A

A Program for Optimizing the Patterns of Cutting Pine Tree Length Stems into Sawlogs

M. C. Astashevsky[✉], A. A. Astashevskaya, M. A. Bykovsky

Mytischki Branch of Bauman Moscow State Technical University,
1, 1st Institutskaya St., Mytischki, Moscow region, 141005, Russian Federation
specret@yandex.ru[✉]

ABSTRACT

Introduction. In logging, the process of bucking tree length stems into assortments is one of the main technological operations that determines the volume and quality of the products obtained from the wood raw materials available. Bucking tree stems into assortments can be performed both at the logging site (cut-to-length technology) and at the landing (long-length technology). In compliance with the cut-to-length technology, tree length cutting involves one-time production of a limited number of assortments due to difficulties in their collection, sorting and transportation at the logging site. In the case of the long-length technology, the bucking a tree length stem occurs under stationary conditions, and a fixed number of assortment standard sizes leads to a change in round assortments in the assortment plan of the enterprise. **The purpose of the study** is to develop a method of optimizing the bucking of pine tree length stems into assortments, implement the method in the MATLAB programming language in order to create a program interface, and carry out simulation modeling of the bucking process to check the adequacy of the model. **Object and methods.** To study the software operations and analyze the results, the cutting of 20 tree length stems was simulated, the number of sawn logs being predefined. **Results.** A method of tree length bucking optimization has been developed based on the criteria of the assortment value depending on the assortment diameter in the upper cut and length; the program interface has been provided, and the procedure for working with the program has been considered. The input data and operating modes necessary for interacting with the software have been specified. **Conclusion.** The present study and the experience of using similar software on forest machines show that the optimization of tree length bucking according to certain evaluation criteria can significantly increase the yield of finished products in terms of value and volume indicators. At the same time, for effective application of the bucking optimization software, it is necessary to obtain detailed information on the shape and quality of individual trees in a forest stand, and to interact with other software systems designed to control the operation of individual machines and the technological process of logging as a whole. The effective use of domestic forestry equipment is inextricably linked with the development of appropriate automatic control software.

Keywords: assortment; forest resources; rationalization; simulation modeling

REFERENCES

1. Anuchin A. S., Suhanov Yu. V. To a question of an assessment of an exit of wood at the mechanized assortment harvesting. *Engineering Journal of Don*. 2017. No 2 (45). Art. 30. URL: <http://www.iv-don.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4094> (reference date: 20.03.2023). (In Russ.).
2. Astashevsky M. S., Astashevskaya A. A. Digitalization in the forest complex. Application of artificial and machine intelligence in the forest complex. *Mechanical Engineering: New Concepts and Technologies: conference proceedings (Krasnoyarsk, October 28, 2022)*. Krasnoyarsk: Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, 2022. Pp. 17–19. EDN: MWPQJT (In Russ.).
3. Erber G., Gollob C., Krassnitzer R. et al. Stem-Level Bucking Pattern Optimization in Chainsaw Bucking Based on Terrestrial Laser Scanning Data. *Croatian Journal of Forest Engineering*. 2022. Vol. 43. Iss. 2. Pp. 287–301. DOI: 10.5552/crojfe.2022.1596
4. Astashevsky M. S., Astashevskaya A. A. Program for optimization of wood whip cutting schemes. *Certificate of state registration of a computer program, No. 2023611635*. Patent holder: Astashevsky M. S. Russian Federation. 2023. (In Russ.). EDN: KAMZDQ
5. Doroshenko V. A., Druk L. V., Usachev M. S. Choice of rational variants of cutting out of arboreal raw material in the conditions of technological lines. *Current Directions of Scientific Research of the XXI*

Century: Theory and Practice. 2017. Vol. 5. Iss. 9 (35). Pp. 108–120. EDN: YLCKFA (In Russ.).

6. Kunitskaya O. A., Tikhonov I. I., Kunitskaya D. E. et al. Optimization of tree length cross-cutting at timber-handling bases of forest holding companies when sawing out raw material for mast-impregnation plants. *Russian Forestry Journal*. 2014. No 3 (339). Pp. 86–93. EDN: SEEOJZ (In Russ.).

7. Tikhonov I. I., Bragin N. A. Automated process control system division and cutting bucking the

trunks of trees. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*. 2014. No 209. Pp. 198–211. EDN: TNABGP (In Russ.).

8. Petrovsky V. S. Optimal bucking of timber. 2nd edition, revised and enlarged. Moscow: Lesnaya promyshlennost' Publ., 1989. 288 p. (In Russ.).

9. Nikonchuk A. V., Lozovoi V. A., Crisco A. S. et al. The efficiency of harvesting processing technology of wood raw materials. *Conifers of the Boreal Area*. 2018. Vol. 36. Iss. 1. Pp. 12–17. EDN: XOKBPN (In Russ.).

The article was submitted 21.01.2024; approved after reviewing 01.02.2024; accepted for publication 10.03.2024

For citation: Astashevsky M. C., Astashevskaya A. A., Bykovsky M. A. A Program for Optimizing the Patterns of Cutting Pine Tree Length Stems into Sawlogs. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management*. 2024. № 1 (61). Pp. 76–84. (In Russ.). <https://doi.org/10.25686/2306-2827.2024.1.76>; EDN: YGQEP A

Information about the authors

Mikhail S. Astashevsky – Postgraduate student, Department LT4 – Technologies and Equipment of Timber Production, Mytischki Branch of Bauman Moscow State Technical University. Research interests – technology of logging operations. Author of 21 scientific publications. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5325-6996>; SPIN: 4801-9045

Alina A. Astashevskaya – Design Engineer, Mytischki Branch of Bauman Moscow State Technical University Bauman Moscow State Technical University. Research interests – technology of logging operations. Author of 23 scientific publications. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1175-6746>; SPIN: 4091-3113

Maxim A. Bykovsky – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, head of Department LT4 – Technologies and Equipment of Timber Production, Mytischki Branch of Bauman Moscow State Technical University Bauman Moscow State Technical University. Research interests – logging technology. Author of 80 scientific publications. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2539-7983>; SPIN: 9939-5039

Availability of data and materials: The datasets analyzed during the study are publicly available.

Contribution of the authors:

Astashevsky M.S. – software development, methodology development, experimental work, data verification, validation, formal analysis, field data.

Astashevskaya A.A. – writing and preparation of the article, visualization.

Bykovsky M. A. – setting research goals, objectives, supervision, reviewing and editing.

The authors declare that they have no conflict of interest.

All authors read and approved the final manuscript.