

Леса России и хозяйство в них. 2026. № 2 (97). С. 154–161.

Forests of Russia and economy in them. 2026. № 2 (97). P. 154–161.

Научная статья

УДК 674.09

DOI: 10.51318/FRET.2026.97.2.016

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИК ОПТИМИЗАЦИИ РАСКРЯЖЕВКИ: ДИНАМИЧЕСКОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ И УЧЕТ ЗАКАЗА НА ГОТОВУЮ ПРОДУКЦИЮ

Михаил Станиславович Асташевский¹, Алина Александровна Асташевская²,
Сергей Николаевич Долматов³

^{1,2} Мытищинский филиал Московского государственного университета им. Н. Э. Баумана,
Москва, Россия

³ Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М. Ф. Решетнева,
Красноярск, Россия

¹ spsecret@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5325-6996>

¹ byra7666@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-1175-6746>

³ pipinaskus@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9297-3699>

Аннотация. Статья посвящена актуальной проблеме повышения экономической эффективности лесозаготовительных процессов. Основное внимание уделено оптимизации схем раскроя хлыстов, которые не всегда учитывают индивидуальные особенности стволов. Это приводит к потерям ценной древесины и снижению рентабельности. Основная задача – разработать и протестировать методику оптимизации схем раскроя, которая позволит увеличить полезный выход качественных сортиментов. Созданная методика учитывает индивидуальные характеристики стволов, такие как диаметр и длина, что позволяет минимизировать потери и увеличить выход сортиментов, а также требования заказчика на готовую продукцию за счет применения таблиц значимости сортиментов различных типов продукции. Разработана математическая модель, описывающая процесс раскроя хлыстов с учетом всех значимых факторов. На основе этой модели создана методика, включающая алгоритмы и программные инструменты для автоматического расчета оптимальных схем раскроя. Сравнение классического метода динамического программирования А. С. Ледяевой с разработанной методикой показало значительное повышение эффективности: средний прирост объема продукции – 19,3 %, прирост коэффициента использования длины хлыста – 9,4 %. Результаты исследования могут быть полезны для специалистов лесной промышленности, инженеров, проектировщиков лесозаготовительного оборудования и исследователей в области математического моделирования и оптимизации. Внедрение предложенной методики позволит повысить конкурентоспособность предприятий лесной отрасли, улучшить экологическую ситуацию и рационально использовать природные ресурсы.

Ключевые слова: метод, раскряжевка, объем, длина, оптимизация

Для цитирования: Асташевский М. С., Асташевская А. А., Долматов С. Н. Сравнительный анализ методик оптимизации раскряжевки: динамическое программирование и учет заказа на готовую продукцию // Леса России и хозяйство в них. 2026. № 2 (97). С. 154–161.

Original article

A COMPARATIVE ANALYSIS OF CROSS-CUTTING OPTIMIZATION METHODS: DYNAMIC PROGRAMMING AND FINISHED PRODUCT ORDER ACCOUNTING

Mikhail S. Astashevsky¹, Alina A. Astashevskaya², Sergey N. Dolmatov³

^{1,2} Mytischki Branch of Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

³ Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia

¹ specret@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5325-6996>

¹ byra7666@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-1175-6746>

³ pipinaskus@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9297-3699>

Abstract. The article is devoted to the current problem of increasing the economic efficiency of logging processes. The focus is on optimizing tree-length cutting patterns, which do not always take into account the individual characteristics of trunks. This leads to the loss of valuable woods and a decrease in profitability. The primary objective of this research is to develop and test a cutting pattern optimization methodology that will increase the yield of high-quality wood assortment. The developed methodology takes into account individual trunk characteristics, such as diameter and length, thereby minimizing losses and increasing the yield of wood assortment. It also considers customer requirements for finished products through the use of assortment significance tables for various product types. A mathematical model has been developed that describes the tree-length cutting process, taking into account all significant factors. Based on this model, a methodology has been created that includes algorithms and software tools for the automatic calculation of optimal cutting patterns. A comparison of A. S. Ledyeva's classical dynamic programming method with the developed methodology revealed a significant increase in efficiency: an average increase in production volume of 19,3 %. The increase in tree-length utilization rate was 9,4 %. The research results may be useful for forestry industry specialists, engineers, logging equipment designers, and researchers in the field of mathematical modeling and optimization. Implementation of the proposed methodology will increase the competitiveness of forestry enterprises, improve the environmental situation, and rationally use natural resources.

Keywords: method, cross-cutting, volume, length, optimization

For citation: Astashevsky M. S., Astashevskaya A. A., Dolmatov S. N. A comparative analysis of cross-cutting optimization methods: dynamic programming and finished product order accounting // Forests of Russia and economy in them. 2026. № 2 (97). P. 154–161.

Введение

Повышение экономической эффективности лесозаготовительных процессов является одной из ключевых задач лесной промышленности. Раскряжевка – это поперечная распиловка круглых лесоматериалов, в результате которой получают бревна или сортименты, являющиеся основной сырьевой единицей, подлежащей дальнейшей переработке. На сегодняшний момент ЛПК РФ заготавливает сортименты стандартизированной длины и диаметра, установленных размерно-качественных

параметров. Обычно при лесозаготовке по сортиментной технологии оператор лесозаготовительной машины визуально контролирует параметры предмета труда в интересах повышения выхода качественных сортиментов. При этом удаляются отрезки сортиментов, имеющие гнили, кривизну и т. п. Качество получаемых лесоматериалов при работе на лесосеках, имеющих достаточные таксационные показатели, соответствует требованиям и запросам потребителя (Мохирев, Зырянов, 2015). Длительное время многооперационные машины – харвестеры –

совершенствовались с помощью современных цифровых устройств для обеспечения измерения параметров лесоматериалов для оптимизации процесса раскряжевки. Санкционные ограничения сократили или сделали недоступными большинство колесных харвестеров ведущих мировых производителей. Для выхода из кризисной ситуации был налажен выпуск адаптированных гусеничных харвестеров на экскаваторной базе с навеской вместо ковша харвестерных головок. При этом такие машины не оснащаются современным программным комплексом для оптимизации раскряжевки. То есть эти машины обладают ограниченным аппаратным инструментарием (Методика..., 2021).

Повышение экономической эффективности лесозаготовительных процессов является одной из ключевых задач лесной промышленности. Традиционные методы оценки и раскряжки хлыстов, основанные на визуальном осмотре и эмпирических подходах, не позволяют в полной мере учитывать индивидуальные характеристики каждого ствола, что ведет к потерям ценной древесины и снижению рентабельности (Влияние..., 2023). Благодаря оптимизации раскряжки можно сократить количество отходов лесопильного производства, что приведет к более рациональному использованию лесных ресурсов в нашей стране. Эта задача является одним из важных направлений в стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 г. (Стратегия развития..., 2021).

В основу настоящего исследования положена постановка задачи обоснования оптимальных схем раскряжки (Алгоритм..., 2022; Евстегнеев, Никончук, 2018). Для сравнения разработанной методики был выбран модифицированный метод динамического программирования (Ледяева, 2006а). Данный выбор обусловлен его высокой эффективностью при решении многоэтапных задач оптимизации, где требуется соблюдение принципа оптимальности (Bellman, 1957).

Актуальность работы по оптимизации схемы раскряжки древесного хлыста на сортименты с учетом заказа на готовую продукцию обусловлена рядом факторов.

1. Оптимизация раскряжки, что позволяет более рационально использовать древесное сырье, ми-

нимизируя отходы и тем самым снижая себестоимость продукции. Это особенно важно в условиях конкуренции на рынке лесоматериалов.

2. Соответствие рыночному спросу. Работа с учетом конкретного заказа на готовую продукцию обеспечивает производство сортиментов, наиболее востребованных на рынке. Это помогает производителям оперативно реагировать на изменения спроса и оптимизировать ассортимент.

3. Снижение негативного воздействия на окружающую среду. Более эффективное использование древесного сырья способствует сохранению лесных ресурсов и снижению объемов отходов, подлежащих утилизации.

4. Оптимизация логистических процессов. Эффективная схема раскряжки может упростить транспортировку и хранение готовой продукции, снижая затраты на логистику.

Оптимизация схемы раскряжки хлыста является актуальной задачей для предприятий лесопромышленного комплекса, стремящихся к повышению эффективности производства, снижению издержек и укреплению своих позиций на рынке (Асташевский и др., 2024).

Цель и объекты исследования

Цель исследования – сравнение эффективности методик оптимизации процесса раскряжевки хлыстов в интересах повышения суммарной значимости готовых сортиментов. Объект исследования – это метод оптимизации раскряжевки А. С. Ледяевой (Ледяева, 2006б) и предлагаемый метод на основе разработанной авторами программы (Свидетельство..., 2022). В качестве методов исследования применены средства имитационного моделирования, а также методы статистической обработки данных.

Результаты и их обсуждение

В качестве целевой функции оптимизации была разработана система критериев значимости сортимента, учитывающая требования заказчика, что соответствует подходу стоимостно-ориентированной оптимизации (Оптимизация..., 2014; Бельский, Куницкая, 2013).

Целевая функция является аддитивной (сумма значимостей отдельных сортиментов) и дискретной (по табличным данным значимости). Аддитивная целевая функция (1) имеет вид

$$F(x) = \sum S(d_i, l_i) \rightarrow \max, \quad (1)$$

где $\sum S(d_i, l_i)$ – значимость i -го сортимента с диаметром d_i и длиной l_i .

Ограничения целевой функции:

суммарная длина всех сортиментов в схеме раскроя не должна превышать общую длину хлыста с допуском 2 %;

диаметр сортимента d_i должен быть не менее минимально допустимого диаметра для его длины l_i .

Матрица значимости (рис. 1), разработанная с учетом требований заказчика, назначает каждому типоразмеру бревна (определяемому диаметром в верхнем отрубе бревна и длиной) коэффициент, отражающий его экономическую ценность.

Для генерации и оценки возможных схем раскроя применяется комбинаторный алгоритм с элементами динамического программирования, состоящий из следующих шагов.

1. Генерация комбинаций: с помощью метода полного факторного эксперимента генерируются все возможные комбинации длин сортиментов в заданном диапазоне. Для хлыста длиной 19 м количество таких комбинаций достигает ~65 000, что обеспечивает исчерпывающий поиск в пространстве решений.

2. Фильтрация по длине: сгенерированные комбинации фильтруются по условию соответствия общей длине хлыста (с установленным допуском).

3. Оценка значимости: для каждой допустимой комбинации рассчитывается суммарная значимость на основе матрицы значимости.

4. Выбор оптимальной схемы: осуществляется выбор комбинации с максимальной суммарной значимостью, которая и является решением задачи.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	0	3	3,25	3,5	3,75	4	4,25	4,5	4,75	5	5,25	5,5	5,75	6	6,25	6,5
2	5,999	15	17	15	12	3	4	2	5	7	8	9	1	45	23	30
3	6	15	17	15	12	3	4	2	5	7	8	9	1	45	23	30
4	7	15	17	15	12	3	4	2	5	7	8	9	1	45	23	30
5	8	15	17	15	12	3	4	2	5	7	8	9	1	45	23	30
6	9	15	17	15	12	3	4	2	5	7	8	9	1	45	23	30
7	10	15	17	15	12	3	4	2	5	7	8	9	1	45	23	30
8	11	15	17	15	12	3	4	2	5	7	8	9	1	45	23	30
9	12	15	17	15	12	3	4	2	5	7	8	9	1	45	23	30
10	13	15	17	15	12	3	4	2	5	7	8	9	1	45	23	30
11	14	15	17	15	12	3	4	2	5	7	8	9	1	45	23	30
12	15	15	17	15	12	3	4	2	5	7	8	9	1	45	23	30
13	16	15	17	15	12	3	4	2	5	7	8	9	1	45	23	30
14	17	15	17	15	12	3	4	2	5	7	8	9	1	45	23	30
15	18	15	17	15	12	3	4	2	5	7	8	9	1	45	23	30
16	19	15	17	15	12	3	4	2	5	7	8	9	1	45	23	30
17	20	15	17	15	12	3	4	2	5	7	8	9	1	45	23	30
18	21	15	17	15	12	3	4	2	5	7	8	9	1	45	23	30
19	22	15	17	15	12	3	4	2	5	7	8	9	1	45	23	30
20	23	15	17	15	12	3	4	2	5	7	8	9	1	45	23	30
21	24	15	17	15	12	3	4	2	5	7	8	9	1	45	23	30
22	25	15	17	15	12	3	4	2	5	7	8	9	1	45	23	30
23	26	15	17	15	12	3	4	2	5	7	8	9	1	45	23	30
24	27	15	17	15	12	3	4	2	5	7	8	9	1	45	23	30

Рис. 1. Таблица значимости сортиментов
Fig. 1. Table of importance of wood assortment

Временная сложность:

- генерация вариантов: $O(n^k)$, где n – количество возможных длин, k – число максимальных сегментов;
- оценка варианта: $O(m)$, где m – количество сегментов в варианте;
- общая: $O(NM)$, где N – количество вариантов, M – среднее количество сегментов.

Практические ограничения:

- 1) принято максимум пять сегментов (исходя из эвристических установок для ограничения комбинаторного взрыва);
- 2) линейная интерполяция диаметров (упрощение реальной формы);
- 3) дискретные таблицы значимости (линейная интерполяция между точками);
- 4) допуск 2 % по длине (компенсация погрешностей).

Ключевые моменты алгоритма:

- 1) комбинаторный поиск – генерация всех возможных вариантов с последующим отбором;
- 2) поэтапная фильтрация – последовательная проверка ограничений:
 - ограничение по общей длине;
 - корректность диаметра;
 - наличие данных в таблице значимости;
- 3) аддитивная целевая функция – сумма значимостей отдельных сортиментов;
- 4) табличный подход – использование предварительно рассчитанных таблиц значимости;
- 5) многокритериальность – сравнение разных типов продукции по единой метрике.

Сравниваем разработанную методику с методикой А.С. Ледяевой. Целевая функция метода Ледяевой имеет вид

$$F(i) = \max \{x \in X_i\} [V(x) + F(j)], \quad (2)$$

где $F(i)$ – максимальная ценность от комля до позиции i ;

x – вариант раскроя на текущем этапе;

$V(x)$ – объем сортимента x ;

$F(j)$ – максимальная ценность от комля до позиции j (предыдущий этап);

X_i – множество допустимых вариантов раскроя на позиции i .

Суть метода А. С. Ледяевой: многоэтапная оптимизация подходит для последовательного раскроя модификации динамического программирования для снижения вычислительной сложности. Что это означает для раскряжевки? Вместо полного перебора всех комбинаций метод строит оптимальное решение поэтапно, сокращая число рассматриваемых вариантов. В таблице представлены ключевые отличия для сравнения.

Ключевые отличия методик для сравнения
Key differences between the methods for comparison

Параметр Parameter	Предложенная методика The proposed methodology	Метод Ледяевой Ledyeva's method
Ядро алгоритма The core of the algorithm	Перебор комбинаций + таблицы значимости Enumeration of combinations + significance tables	Динамическое программирование с модификациями Dynamic programming with modifications
Критерий оптимизации Optimization criterion	Суммарная значимость (гибкий критерий) Total significance (flexible criterion)	Вероятность, объем или стоимость (фиксированный критерий) Probability, volume or cost (fixed criterion)
Учет специфики Taking into account specifics	Порода, ГОСТ, тип продукции через таблицы Breed, GOST, product type via tables	Общие ограничения по размерам General size restrictions

Минусы предложенного метода – перебор всех комбинаций. Плюсы – поддержка разных типов продукции.

План сравнительного имитационного моделирования. Критериями сравнения являются:

– эффективный выход по объему: $\frac{V_{\text{оцх}}}{V_{\text{лед}}} 100\%$,

– использование полезной длины сыря:

$\frac{L_{\text{исп}}}{L_{\text{всего}}} 100\%$.

Тестовыми данными для имитационного моделирования является 200 хлыстов пород: сосна ель, береза, с разными вариациями диаметра на высоте 1,3 м (от 14 до 40 см) и длины (от 10 до 30 м).

Программа для оптимизации раскряжевки древесных хлыстов нами выполнена в среде MATLAB на java, в которую подгружаются файлы Excel,

содержащие экспериментальные данные размеров хлыстов, матрица коэффициентов значимости и другая исходная информация. По результатам имитационного моделирования раскряжевки

200 хлыстов были построены графики (рис. 2) среднего объема продукции и среднего коэффициента использования хлыста.

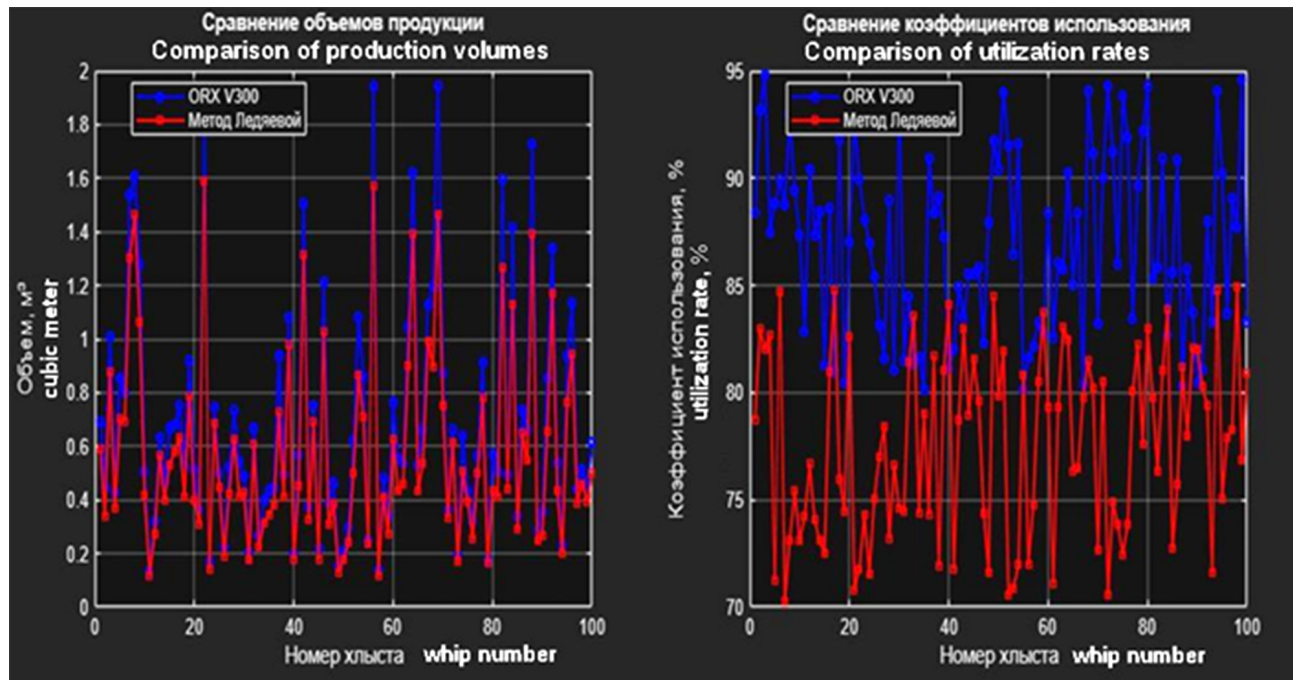


Рис. 2. Результаты имитационного моделирования
Fig. 2. Results of simulation modeling

Выводы

1. Статистический анализ результатов показал, что средний объем продукции, получаемой по разработанной модели, равен $0,6869 \pm 0,4307 \text{ м}^3$ и по методике А. С. Ледяевой: $0,5758 \pm 0,3599 \text{ м}^3$. Разница составила: $0,1110 \text{ м}^3 (+19,3 \%)$.

2. Эффективность разработанной методики обусловлена учетом добавления в схему раскряжки типов готовой продукции. Средний коэффициент использования длины хлыста: по разработанной модели равен 87,0 %, по методу А. С. Ледяевой: 77,6 %, разница: +9,4 %, поскольку разработанная модель более гибко подбирает длины готовых сортиментов под форму исходного ствола.

3. На разработанную программу получено свидетельство государственной регистрации (Свидетельство..., 2022).

4. Разработанная методика обеспечивает научно обоснованный и экономически эффективный подход к раскряжке хлыстов на сортименты на основе анализа их параметров, характеристик, показателей качества и ценности. Модель позволяет оптимизировать раскрой стволов, выбирая наиболее рациональные способы разделения хлыста на сортименты. Методика совершенствует научно-методологическую базу систем управления лесозаготовками, повышая эффективность, снижая затраты и минимизируя отходы при обработке древесины.

Список источников

- Алгоритм для автоматизированного управления процессом раскряжки и учета объемов лесоматериалов / А. В. Никончук, И. А. Евстегнеев, А. А. Попов, М. Ю. Никончук // Хвойные бореальной зоны. 2022. Т. 40, № 6. С. 558–564. DOI: 10.53374/1993-0135-2022-6-558-564
- Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023611635, Российская Федерация. Программа оптимизации схем раскряжки древесного хлыста : № 2022686744 : заявл. 31.12.2022 :

опубл. 23.01.2023 / М. С. Асташевский, А. А. Асташевская // Научная электронная библиотека elibrary.ru : [сайт]. URL : https://www.elibrary.ru/ip_restricted.asp?rpage=https%3A%2F%2Fwww%2Eelibrary%2Eru%2Fitem%2Easp%3Fid%3D50274668%26ysclid%3Dmlhwnh3k4q176475175 (дата обращения: 02.02.2026).

Беленький Ю. И., Куницкая О. А. Методика оптимизации раскроя хлыстов для получения целевых сортиментов // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. 2013. № 1 (93). С. 10–12.

Влияние способов раскроя соснового пиловочника на параметры пиломатериалов / А. А. Побединский, В. В. Побединский, С. Н. Кокошин, Д. С. Чеснова // Системы. Методы. Технологии. 2023. № 3 (59). С. 72–77. DOI: 10.18324/2077-5415-2023-3-72-77

Евстегнеев И. А., Никончук А. В. Универсальная постановка задачи для программы по поиску оптимальных схем раскроя хлыстов // Эпоха науки. 2018. № 16. С. 167–170. DOI: 10.24411/2409-3203-2018-11646

Ледяева А. С. Моделирование профиля хлыстов и оптимальная раскряжевка // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2006б. Вып. 178. С. 70–78.

Ледяева А. С. Оптимальный раскрой хлыстов методом линейного программирования // Труды Братского государственного университета. Сер. : Естественные и инженерные науки – развитию регионов. Братск : БрГУ, 2006а. С. 123–125.

Методика и оценка размерных параметров лесоматериалов путем анализа stm-файлов многооперационных лесных машин на гусеничном ходу / К. Д. Жук, Ф. В. Свойкин, С. А. Угрюмов, В. Ф. Свойкин // Системы. Методы. Технологии. 2021. № 2 (50). С. 111–117. DOI: 10.18324/2077-5415-2021-2-111-117

Мохирев А. П., Зырянов М. А. Технология лесосечных работ с сортировкой порубочных остатков древесины // Системы. Методы. Технологии. 2015. № 3 (27). С. 118–122.

Оптимизация процесса раскряжевки хлыстов на лесоперевалочных базах лесных холдингов при выпилке сырья для мачтопропиточных заводов / О. А. Куницкая, И. И. Тихонов, Д. Е. Куницкая [и др.] // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2014. № 3 (339). С. 86–93.

Асташевский М. С., Асташевская А. А., Быковский М. А. Программа по оптимизации схем раскроя древесного хлыста породы сосна на пиловочные бревна // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер. : Лес. Экология. Природопользование. 2024. № 1 (61). С. 76–84.

Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года в новой редакции : распоряжение от 11 февр. 2021 г. № 312-р // Правительство России : [сайт]. URL: <http://government.ru/news/41539/> (дата обращения: 18.01.2026).

Bellman R. E. Dynamic programming. NJ : Princeton Univ. Press, 1957. 392 p.

References

Algorithm for automated control of the bucking-milling process and accounting of timber volumes / A. V. Nikonchuk, I. A. Evstegneev, A. A. Popov, M. Yu. Nikonchuk // Conifers of the boreal zone. 2022. Vol. 40, № 6. P. 558–564. DOI: 10.53374/1993-0135-2022-6-558-564 (In Russ.)

Astashevsky M. S., Astashevskaya A. A., Bykovsky M. A. Program for optimization of cutting patterns of pine tree trunks into sawlogs // Bulletin of the Volga Region State Technological University. Series : Forest. Ecology. Nature Management. 2024. № 1 (61). P. 76–84. (In Russ.)

Belennyi Yu. I., Kunitskaya O. A. Methodology for optimizing log cutting to obtain target assortments // Bulletin of the Moscow State Forest University. Forest Bulletin. 2013. № 1 (93). P. 10–12. (In Russ.)

Bellman R. E. Dynamic programming. NJ : Princeton Univ. Press, 1957. 392 p.

Certificate of state registration of computer program № 2023611635 Russian Federation. Program for optimizing tree trunk cutting patterns : № 2022686744: declared 31.12.2022 : published 23.01.2023 / M. S. Astashevsky,

- A. A. Astashevskaya* // Scientific Electronic Library elibrary.ru : [website]. URL: https://www.elibrary.ru/ip_restricted.asp?rpage=https%3A%2F%2Fwww%2Eelibrary%2Eru%2Fitem%2Easp%3Fid%3D50274668%26ysclid%3Dmlhwnh3k4q176475175 (accessed 02.02.2026).
- Evstegneev I. A., Nikonchuk A. V.* Universal statement of the problem for the program for searching for optimal log cutting patterns // *Epoch of Science*. 2018. № 16. P. 167–170. DOI: 10.24411/2409-3203-2018-11646 (In Russ.)
- Influence of pine sawlog cutting methods on lumber parameters / *A. A. Pobedinsky, V. V. Pobedinsky, S. N. Kokoshin, D. S. Chesnova* // *Systems. Methods. Technologies*. 2023. № 3 (59). P. 72–77. DOI: 10.18324/2077-5415-2023-3-72-77 (In Russ.)
- Ledyeva A. S.* Modeling of tree-length profile and optimal bucking // *Bulletin of the St. Petersburg Forest Engineering Academy*. 2006b. Issue. 178. P. 70–78. (In Russ.)
- Ledyeva A. S.* Optimal log cutting by the linear programming method // *Transactions of Bratsk State University. Series Natural and Engineering Sciences – for the Development of Regions*. Bratsk : BrSU, 2006a. P. 123–125. (In Russ.)
- Methodology and assessment of dimensional parameters of timber by analyzing STM files of multi-functional forestry machines on tracks / *K. D. Zhuk, F. V. Svoikin, S. A. Ugryumov, V. F. Svoikin* // *Systems. Methods. Technologies*. 2021. № 2 (50). P. 111–117. DOI: 10.18324/2077-5415-2021-2-111-117 (In Russ.)
- Mokhirev A. P., Zyryanov M. A.* Technology of logging operations with sorting of felling wood residues // *Systems. Methods. Technologies*. 2015. № 3 (27). P. 118–122. (In Russ.)
- Optimization of the process of tree-length bucking at timber handling bases of forest holdings when sawing raw materials for mast impregnation plants / *O. A. Kunitskaya, I. I. Tikhonov, D. E. Kunitskaya* [et al.] // *News of higher educational institutions. Forestry journal* 2014. № 3 (339). P. 86–93. (In Russ.)
- Strategy for the development of the forestry complex of the Russian Federation until 2030, as amended : order of 11 February 2021 № 312-р. // *The Russia Government* : [website]. URL: <http://government.ru/news/41539/> (accessed 18.01.2026).

Информация об авторах

М. С. Асташевский – аспирант;

А. А. Асташевская – аспирант;

С. Н. Долматов – кандидат технических наук, доцент.

Information about the authors

M. S. Astashevsky – postgraduate student;

A. A. Astashevsky – postgraduate student;

S. N. Dolmatov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Статья поступила в редакцию 10.02.2026; принята к публикации 27.03.2026.

The article was submitted 10.02.2026; accepted for publication 27.03.2026.
