

АЛГОРИТМ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ РАСКРЯЖЕВКИ И УЧЕТА ОБЪЕМОВ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

А. В. Никончук, И. А. Евстегнеев, А. А. Попов, М. Ю. Никончук

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский Рабочий», 31
E-mail: n_alex_krsk@mail.ru

Развитию лесного комплекса Российской Федерации препятствуют несколько групп проблем, среди которых низкая степень использования лесного сырья и низкий уровень технического обеспечения лесной промышленности. В связи с этим, считаем необходимым совершенствование и автоматизацию оборудования и технологий первичной деревопереработки.

Назрела необходимость разрабатывать автоматизированные поточные линии в совокупности с системами автоматизации и оптимизации раскряжевki. Такой подход позволит совместить высокую производительность за счет быстродействия автоматики и высокое качество выпиливаемых сортиментов благодаря учёту формы и пороков хлыста, а также в полной мере вести учет объемы входящих и выходящих лесоматериалов.

Целью данной работы является создание программной реализации алгоритма на основе разработанной методики максимизации цилиндрического объема при раскряжевki за счёт выявления оптимальной схемы раскроя хлыста методом последовательных приближений к оптимальному решению.

В данной статье представлены основные аспекты проектного и программного решения реализации алгоритма в виде информационной системы, предназначенной для автоматизации процесса раскряжевki и учета объемов лесоматериалов. Разработка прототипа велась в интегрированной среде разработки программного обеспечения IntelliJ IDEA на языке программирования Java.

Ключевые слова: программа, алгоритм, системы проектирования, схема раскроя хлыста, автоматизация, раскряжевka, лесоматериал.

Conifers of the boreal area. 2022, Vol. XL, No. 6, P. 558–564

CREATING A PROTOTYPE OF INFORMATION SYSTEM FOR AUTOMATED MANAGEMENT OF THE DISTRIBUTION PROCESS AND ACCOUNTING FOREST PRODUCTS

A. V. Nikonchuk, I. A. Evstegneev, A. A. Popov, M. Y. Nikonchuk

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology
31, Krasnoyarskii Rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation
E-mail: n_alex_krsk@mail.ru

The development of the forestry complex of the Russian Federation is hindered by several groups of problems, including a low degree of use of forest raw materials and a low level of technical support for the forest industry. In this regard, we consider it necessary to improve and automate equipment and technologies for primary wood processing. There is a need to develop automated production lines in conjunction with automation and crosscutting optimization systems. This approach will allow combining high productivity due to the speed of automation and high quality of cut assortments due to the shape and defects of the whip, as well as to fully keep track of the volumes of incoming and outgoing timber. The purpose of this work is to create a software implementation of the algorithm based on the developed technique for maximizing the cylindrical volume during crosscutting by identifying the optimal cutting pattern for the whip by the method of successive approximations to the optimal solution. This article presents the main aspects of the design and software solutions for the implementation of the algorithm in the form of an information system designed to automate the process of bucking and accounting for timber volumes. The prototype was developed in the IntelliJ IDEA integrated software development environment in the Java programming language.

Keywords: program, algorithm, design systems, log cutting scheme, automation, crosscutting, timber.

ВВЕДЕНИЕ

Современные компании и организации функционируют в условиях большого объема постоянно изменяющейся информации, которую необходимо оперативно анализировать и принимать правильные решения. Бурно развивается вычислительная техника и

информационные технологии. Сегодня не осталось ни одной отрасли хозяйства, в которой не занимались бы развитием информационных технологий.

Данная тенденция не обошла стороной и лесную промышленность. В настоящее время успешность и прибыльность компании в большой мере зависит от

уровня развития IT-технологий, скорости и качества обработки информации, обоснованности и взвешенности принимаемых решений при выборе или разработке программного обеспечения [2].

При использовании информационных технологий не так сложно получить технико-экономическое обоснование оптимального использования древесного сырья в реальном времени. Но разработка информационных систем трудоёмкий процесс и должен выполняться поэтапно.

Для того, чтобы разрабатываемое программное обеспечение (ПО) было удобным для пользователя и обладало наиболее полным функционалом, необходимо выполнить два важных этапа жизненного цикла программного обеспечения (ЖЦПО) – проектирование и кодирование – программная реализация.

Процесс проектирования ПО – это процесс принятия проектно-конструкторских решений, позволяющих получить проект системы, удовлетворяющей требованиям пользователей (заказчика), при этом проектом называют конструкторскую, технологическую, программную документацию, в которой представлено описание всех решений по созданию и эксплуатации системы в конкретно организационной и программно-аппаратной среде.

Согласно моделям ЖЦПО следующим этапом является кодирование. На данном этапе разработчики, согласно проектным решениям, разрабатывают алгоритм работы информационной системы, осуществляют программную реализацию интерфейсной части, проводят промежуточные тесты. Данный этап разработки программного обеспечения организован в соответствии с моделями эволюционного типа жизненного цикла ПО. При разработке применяются экспериментирование и анализ, строятся прототипы, как целой системы, так и ее частей. Прототипы дают возможность глубже вникнуть в проблему и принять все необходимые проектные решения еще на ранних этапах проектирования. Такие решения могут затрагивать разные части системы: внутреннюю организацию, пользовательский интерфейс, разграничение доступа. В результате этапа реализации появляется рабочая версия продукта.

В исследованиях [3–9] представлены примеры систем автоматизации и оптимизации процессов первичной обработки древесины. Предложенные алгоритмы решают выше описанную задачу способом требующих больших компьютерных мощностей, а также больших временных затрат. Так как при решении подобных задач авторы [3–9] производят перебор множества вариантов решения оптимального раскроя от нескольких тысяч до нескольких миллионов и находят единственно верное решение. В нашем случае задача решается более эффективным способом.

Сегодня учет объема круглых лесоматериалов в РФ чаще всего определяется табличным методом по ГОСТ 2708–75 «Лесоматериалы круглые». Современные технологические операции переработки древесины для достижения высокой точности определения объема лесоматериалов должны базироваться на показаниях автоматических измерительных средств, позволяющих моделировать форму хлыстов и опреде-

лять породу древесины [5; 6; 8]. Такой подход позволит рассчитать объёмный выход лесоматериалов перед раскряжёвкой и оптимизировать схему раскроя. Поиск оптимальной схемы раскроя последовательным перебором требует анализа сотен тысяч или даже миллионов вариантов, что не очень эффективно, поэтому нами используется более продуктивный метод на основе динамического программирования [9].

В данной работе стоит задача спроектировать и разработать программу для реализации алгоритма, по предложенной методике, максимизации цилиндрического объема при раскряжёвке за счёт выявления оптимальной схемы раскроя хлыста методом последовательных приближений к оптимальному решению.

МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ СХЕМЫ РАСКРОЯ

Для максимизации цилиндрического объема при раскряжёвке необходимо владеть данными о параметрах хлыста, сортиментов, а также определить критерий оптимизации. Набор геометрических параметров хлыста зависит от модели его формы. Нами используется математическая модель в виде уравнения образующей ствола [9; 10]. Исходными данными по данной модели являются порода, длина хлыста H , диаметр хлыста на середине длины $d_{0.5}$. Модель позволяет найти диаметр по его расстоянию от комля $d(l)$, а также решить обратную задачу – найти местоположение искомого диаметра $l(d)$.

Геометрические параметры сортиментов диктуются производственными условиями и требованиями стандартов. Нами выделены следующие параметры: минимальным диаметром в верхнем торце $d_{\min}$; максимальным диаметром в верхнем торце $d_{\max}$; предельный диаметр $d_{\text{пред}}$, в том числе в нижнем торце; ряд номинальных длин $a_0, a_1, \dots, a_m, \dots, a_N$; припуск по длине b [11]. При расчетах используется ряд номинальных длин с учетом припуска $h = a + b$.

Так как модель хлыста не учитывает качественные характеристики древесины (пороки) мы ограничились количественными критериями оптимальности [7]:

- максимизация цилиндрического объема брёвен $V_{\text{ц}} \rightarrow \max$;
- максимальное использование длины оптимизируемой зоны $L_{\text{пр}} \rightarrow \max$;
- максимизация цилиндрического объема брёвен при максимальном использовании длины оптимизируемой зоны $VL \rightarrow \max$.

Перед началом процесса оптимизации необходимо найти все используемые константы. Определяется длина оптимизируемой зоны хлыста L , в пределах которой может быть получен целевой сортимент, и координата её начала $L_{\text{н}}$, при этом учитывается величина откомлёвки $L_{\text{отк}}$ [12]. Далее подбирается число брёвен n так, чтобы длина выпиленных сортиментов стремилась к средне-плановой $a_{\text{ср}}$, это позволит избежать повышенный выход укороченных или удлиненных брёвен [9]. При этом учитываются некоторые ограничения: не должно превышать некоторое предельное число брёвен $n_{\text{пред}}$, а также брёвна не должны выходить за пределы оптимизируемой зоны хотя бы при минимальной их длине $h_{\min}$.

Поиск оптимальной схемы предполагает четыре цикла: 1) Цикл по k с постуловием $Z_k > Z_{k-1}$, где Z целевая функция – если решение улучшилось, то лучшая пробная схема принимается за базовую и выполняется следующий цикл улучшения. Если решение перестало улучшаться (условие не выполняется), то процесс оптимизации завершается. 2) Цикл по i от 0 до $p-1$ – номер пробной схемы; 3) Цикл по j от 0 до $n-1$ – номер бревна в схеме раскря по счету от комля; 4) Цикл по m от 0 до $N-1$ – номер номинальной длины в ряде h .

В первом цикле $k = 1$ улучшается базовая схема раскря – B_{ij} , каждое бревно в которой равняется минимальной длине сортимента с учетом припуска $h_{\min}$. j -му бревну в i -й базовой схеме присваивается следующая анализируемая длина h_x . Индекс x изменяется согласно матрице плана изменения схемы M , которая предусматривает следующие варианты: длина брёвен не изменяется (при $i = 0$); уменьшается длина j -го бревна; увеличивается длина j -го бревна; уменьшается длина одного j -го бревна и увеличивается длина другого j -го бревна. Таким образом, формируется массив пробных схем раскря T_{ij} . При этом часть пробных схем не учитывается, если их программная длина (сумма длин брёвен в схеме) $L_{\text{пр}}$ превышает длину сортиментной зоны L .

Когда i -я пробная сформирована и проверена рассчитывается цилиндрический объем $V_{\text{ци}}$ и программная длина $L_{\text{пр}i}$. Далее на каждом шаге решения целевая функция Z_k принимает значение в соответствии с критерием оптимальности, по которому определяется лучшая пробная схема раскря и её номер I . В последнем цикле k данная пробная схема является оптимальной. В результате получаем длины брёвен $L_1, L_2 \dots L_n$ и их суммарный цилиндрический объём $V_{\text{ц}}$.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Проектирование любой информационной системы подчиняется базовым принципам программной инженерии, которую целесообразно учитывать, чтобы повысить качество разработки.

При создании прототипа информационной системы, решается задача оптимизировать алгоритм по разработанной методике максимизации цилиндрического объема при раскряжке за счёт выявления оптимальной схемы раскря хлыста методом последовательных приближений к оптимальному решению. Проектирование и разработка базы данных (БД) для создаваемой ИС не рассматривается, на данный момент не определена её структура и объекты, это задача следующего этапа.

Ключевой задачей в данной работе является оптимальным образом учесть все параметры, сформировать схемы раскря, рассчитать целевую функцию и объемы.

На данный момент разработан базовый алгоритм, блок-схема которого представлена на рис. 1. Также представлено проектное решение вариантов использования (Use-case) для работы пользователя с приложением (рис. 2). Этот аспект дает возможность понять, каким образом действуют участники процесса и

за счет этого определить их взаимодействие и влияние на процесс. Для построения моделей процесса в рамках данного аспекта применяются Use-case диаграммы, диаграммы последовательностей, диаграммы совместной работы и диаграммы действий.

Из диаграммы представленной на рис.2 видно, что в данный момент система не предусматривает разграничений по ролям пользователей. Наглядно видно функционал, который доступен пользователю.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Для программной реализации необходима среда разработки. Наиболее удачной для создания подобных прототипов информационных систем является IntelliJ IDEA. Эта интегрированная среда компании JetBrains предназначена для разработки программного обеспечения на многих языках программирования, в частности Java, JavaScript, Python. Она признана как самая умная и удобная среда разработки для Java, включающая поддержку всех последних технологий и фреймворков. IntelliJ IDEA предоставляет инструменты для продуктивной работы и идеально подходит для создания коммерческих, в том числе мобильных, приложений.

В данной среде на основе разработанного алгоритма и диаграммы вариантов использования был разработан прототип информационной системы для автоматизированного управления процессом раскряжки и учета объемов лесоматериалов. Код прототипа написан на языке программирования Java.

Программа включает три окна: главное окно программы, окно сводной ведомости расчетов и окно демонстрации схемы раскря хлыста.

В главном окне программы (рис. 3) расположено 3 блока для ввода числовых значений: параметры хлыста, параметры сортиментов, номинальные длины брёвен с таблицей. Кроме ввода числовых параметров в блоке параметров хлыста можно выбрать одну из трёх пород древесины: сосна, лиственница или ель, для которых в программу заложены коэффициенты уравнивания образующей [7–9; 12].

Значения номинальных длин сортимента возможно задать тремя способами: автоматически, вручную или выбрать готовые значения. Для применения первого способа необходимо ввести только диапазон значений от минимальной до максимальной длины через равную градацию длины, и таблица номинальных длин заполнится автоматически. По второму способу данные вводятся с клавиатуры непосредственно в таблицу номинальных длин. По третьему способу в выпадающем списке достаточно выбрать интересующий сортимент (пиловочник, балансы, строительное бревно и т.д.), программа заполнит таблицу номинальных длин, а также поля минимального и максимального диаметра согласно ГОСТу на круглые лесоматериалы хвойных пород [11].

Также в главном окне расположен блок выбора критерия оптимальности с тремя вариантами: 1) максимизировать цилиндрический объем; 2) максимизировать использование длины оптимизируемой зоны; 3) максимизировать цилиндрический объем при максимальном использовании длины оптимизируемой зоны.

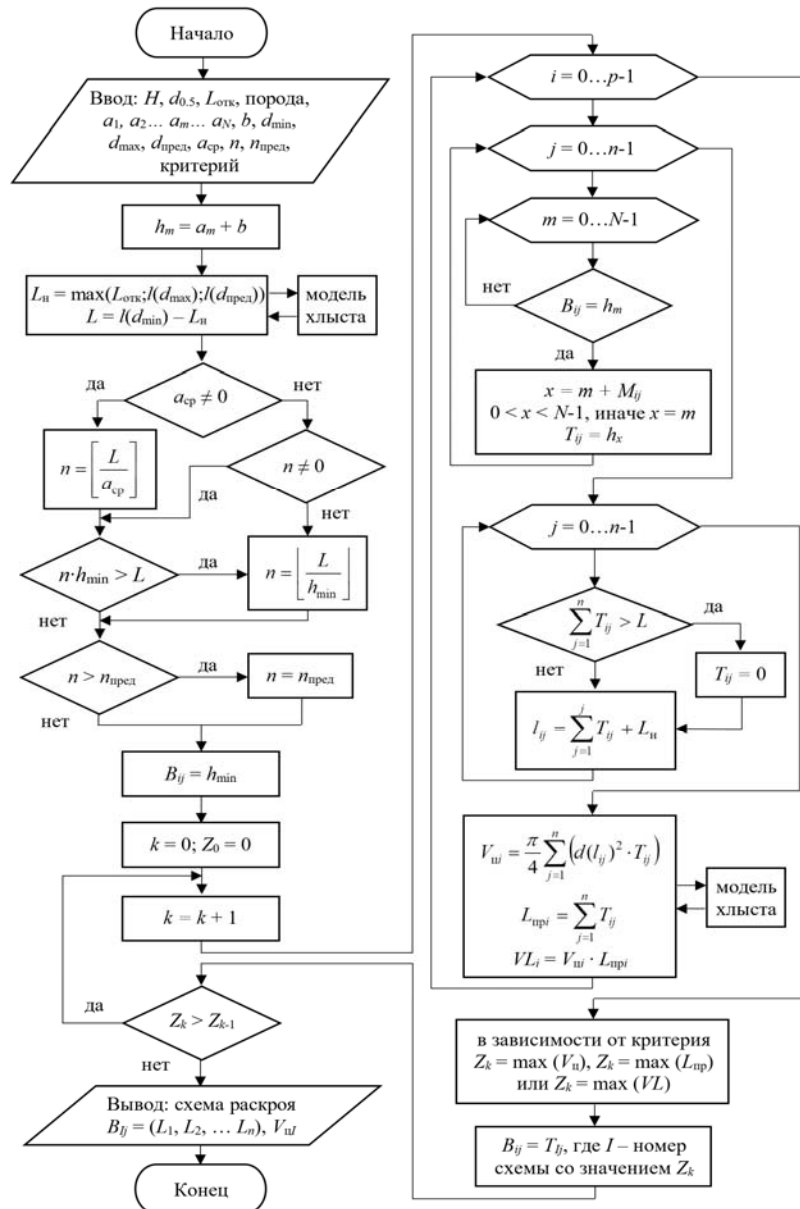


Рис. 1. Блок-схема алгоритма максимизации цилиндрического объема

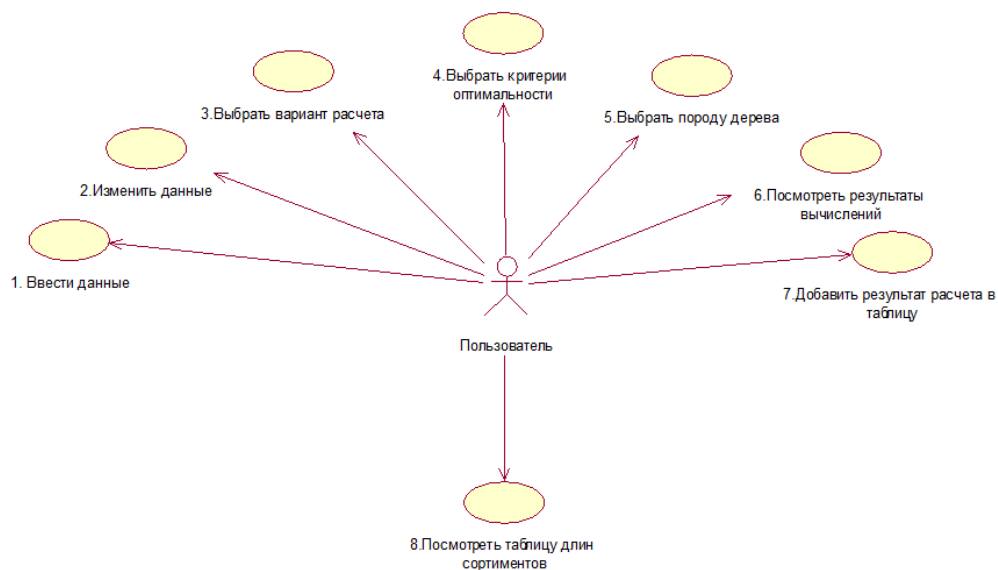


Рис. 2. Диаграмма вариантов использования

После расчета полученные данные вносятся в таблицу результатов расчетов, которая выводится по нажатию на кнопку «показать таблицу» в отдельном окне (рис. 4). Каждая строка таблицы отображает результат раскроя одного хлыста – длины брёвен L_1 ,

$L_2 \dots L_n$, м, и их суммарный цилиндрический объём $V_{ц}$, m^3 . При выделении строки в отдельном окне можно вывести наглядную демонстрацию схемы раскроя хлыста (рис. 5).

Калькулятор раскряжки

Параметры хлыста

Длина Н, м: 25

Диаметр на 0.5Н, см: 18

Откомлевка, м: 0.15

Порода: Сосна

Параметры сортиментов

Мин. диаметр, см: 14

Макс. диаметр, см: 24

Предел. диаметр, см:

Средняя длина, м: 4.5

Припуск, м: 0.06

Число сортиментов n: 0

Предельное n: 5

Длина

От: 3

До: 6.5

Через: 0.5

☐ Автоматически

☐ Вручную

☒ По ГОСТ 9463-2016

Строительное бревно

Максимизировать

☐ Цилиндрический объём $V_{ц}$

☐ Использование длины L

☒ $V_{ц}$ при макс. исп. L

№	L, м
1	3.0
2	3.5
3	4.0
4	4.5
5	5.0
6	5.5
7	6.0
8	6.5

Рассчитать

Показать таблицу

Рис. 3. Главное окно программы

L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	$V_{ц}$
3.06	5.56	4.56	3.56						0.4111359...
3.06	5.81	5.56	4.31						0.4866564...
3.06	4.81	5.31	4.56						0.4952434...
4.06	3.81	4.06	4.31						0.5292012...

Рис. 4. Окно сводной ведомости расчетов

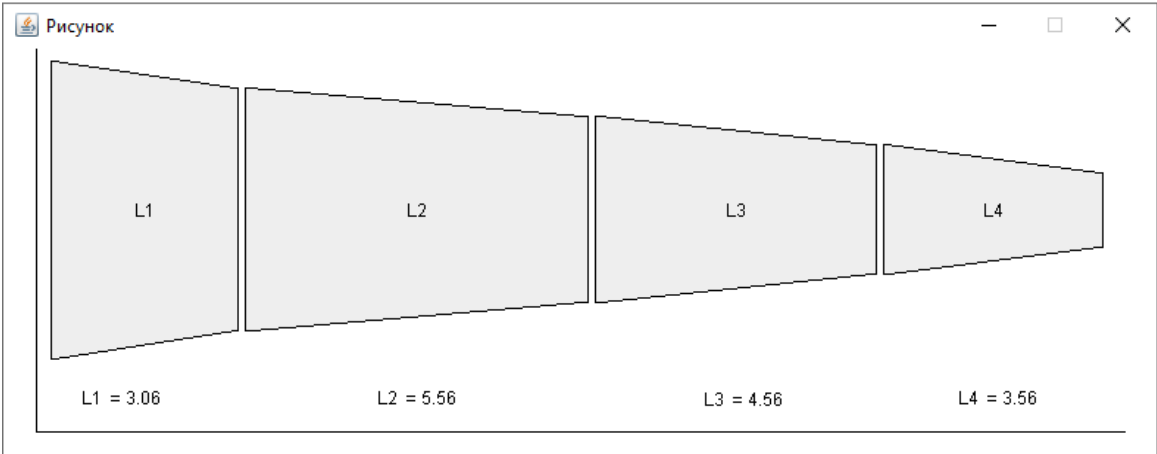


Рис. 5. Окно демонстрации схемы раскроя хлыста

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы была предложена программная реализация алгоритма для автоматизированного управления процессом раскряжевки и учета объемов лесоматериалов.

Данная программная реализация алгоритма оптимизации позволяет эффективно, без перебора всех возможных вариантов раскряжевки хлыста, определять схему раскроя с максимально возможным выходом цилиндрического объема и/или максимальным использованием длины зоны раскроя. При этом возможна оптимизация раскряжевки на лесоматериалы любого назначения.

Большой ошибкой является позиция, при которой руководители компаний внедряют информационную систему, но перестают уделять ей должное внимание. Для поддержания конкурентоспособности необходимо постоянное совершенствование алгоритма, а также программного продукта его использующего.

В дальнейшем планируется учитывать качественные (сучки, гнили и т.д.) и ценовые критерии оптимальности получения товарной древесины. Планируется расширение функционала для автоматизированного управления процессом раскряжевки и учета объемов лесоматериалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года. М. : Минпромторг, 2017. 91 с.
2. Коцюба И.Ю., Чунаев А.В., Шиков А.Н. Основы проектирования информационных систем : учебное пособие. СПб. : Университет ИТМО, 2015. 206 с.
3. Оптимизация процесса раскряжевки хлыстов на лесоперевалочных базах лесных холдингов при выпилке сырья для мачтопропиточных заводов [Электронный ресурс] / О. А. Куницкая [и др.] // Известия вузов. Лесной журнал. 2014. № 3 (339). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-protsesta-raskryazhevki-hlystov-na-lesoperevalochnyh-bazah-lesnyh-holdingov-pri-vypilovke-syrya-dlya-machtopropitochnyh> (дата обращения: 26.02.2019).
4. Филиппов, М. В. Разработка математического, алгоритмического и технического обеспечения технологического процесса автоматизированного учёта лесоматериалов / М. В. Филиппов // Вестник ВГТУ, 2010. № 10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-matematicheskogo-algoritmicheskogo-i-tehnicheskogo-obespecheniya-tehnologicheskogo-protsesta-avtomatizirovannogo> (дата обращения: 25.02.2019).
5. Перспективы использования автоматизированной системы измерения объема хлыста [Текст] / А. Н. Мильцин, А. Д. Платонов, А. О. Сафонов, Н. В. Мозговой // Лесотехнический журнал. 2013. № 4. С. 77–82.
6. Anttilainen, M. (2012). Katkontaohjeiden kehittäminen simuloinnin avulla kuusitukkijakauman parantamiseksi (Thesis). Theseus. Retrieved from <http://www.theseus.fi/handle/10024/42537> (дата обращения: 03.04.2019).
7. Имитационное моделирование раскряжевки хлыстов сосны с максимизацией выпуска плановых

круглых лесоматериалов / А.В. Никончук, А.В. Никончук, К.М. Гришин // Вестник КрасГАУ. 2014. № 7. С. 130–135.

8. Оптимальная раскряжевка хлыстов на линиях триммерного типа или переход к линиям нового поколения [Электронный ресурс] / А.В. Никончук [и др.] // Хвойные бореальной зоны. Красноярск, 2018. Т. 36, № 5. С. 443–450.

9. Петровский В.С. Оптимальная раскряжевка лесоматериалов. 2-е изд. перераб. и доп. М. : Лесн. пром-сть, 1989. 288 с.

10. Батулин К. В., Малинников П. В. Метод раскряжевки хлыстов и учета объемов полученных сортиментов круглого леса // Лесотехнический журнал. 2014. № 3. С. 175–183.

11. ГОСТ 9463–2016. Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия. М. : Стандартинформ, 2016. 10 с.

12. Евстегнеев И.А., Никончук А.В. Определение длин сортиментных зон хлыста при оптимизации раскряжевки [Электронный ресурс] // Международный научно-практический журнал «Эпоха науки» : Краснояр. гос. аграр. ун-т. Ачинский ф-л. Ачинск, 2018. № 16. С. 170–174. Режим доступа: http://eraofscience.com/index/16_december_2018/0-103 (дата обращения: 04.04.2019).

REFERENCES

1. Strategiya razvitiya lesnogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda. M. : Minpromtorg, 2017. 91 s.
2. Kotsyuba I.Yu., Chunayev A.V., Shikov A.N. Osnovy proyektirovaniya informatsionnykh sistem : uchebnoye posobiye. SPb. : Universitet ITMO, 2015. 206 s.
3. Optimizatsiya protsesta raskryazhevki khlystov na lesoperevalochnykh bazakh lesnykh kholdingov pri vypilovke syr'ya dlya machtopropitochnykh zavodov [Elektronnyy resurs] / O. A. Kunitskaya [i dr.] // Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal. 2014. № 3 (339). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-protsesta-raskryazhevki-hlystov-na-lesoperevalochnyh-bazah-lesnyh-holdingov-pri-vypilovke-syrya-dlya-machtopropitochnyh> (data obrashcheniya: 26.02.2019).
4. Filiptsov, M. V. Razrabotka matematicheskogo, algoritmicheskogo i tekhnicheskogo obespecheniya tekhnologicheskogo protsesta avtomatizirovannogo ucheta lesomaterialov / M. V. Filiptsov // Vestnik VGUTU, 2010. № 10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-matematicheskogo-algoritmicheskogo-i-tehnicheskogo-obespecheniya-tehnologicheskogo-protsesta-avtomatizirovannogo> (data obrashcheniya: 25.02.2019).
5. Perspektivy ispol'zovaniya avtomatizirovannoy sistemy izmereniya ob'yema khlysta [Tekst] / A. N. Mil'tsin, A. D. Platonov, A. O. Safonov, N. V. Mozgovoy // Lesotekhnicheskiy zhurnal. 2013. № 4. S. 77–82.
6. Anttilainen, M. (2012). Katkontaohjeiden kehittäminen simuloinnin avulla kuusitukkijakauman parantamiseksi (Thesis). Theseus. Retrieved from <http://www.theseus.fi/handle/10024/42537> (data obrashcheniya: 03.04.2019).

7. Imitatsionnoye modelirovaniye raskryazhevki khlystov sosny s maksimizatsiyey vypuska planovykh kruglykh lesomaterialov / A.V. Nikonchuk, A.V. Nikonchuk, K.M. Grishin // Vestnik KrasGAU. 2014. № 7. S. 130–135.

8. Optimal'naya raskryazhevka khlystov na liniyakh trimmernogo tipa ili perekhod k liniyam novogo pokoleniya [Elektronnyy resurs] / A.V. Nikonchuk [i dr.] // Khvoynyye boreal'noy zony. Krasnoyarsk, 2018. T. 36, № 5. S. 443–450.

9. Petrovskiy V.S. Optimal'naya raskryazhevka lesomaterialov. 2-e izd. pererab. i dop. M. : Lesn. prom-st', 1989. 288 s.

10. Baturin K. V., Malinnikov P. V. Metod raskryazhevki khlystov i ucheta ob'yemov poluchennykh

sortimentov kruglogo lesa // Lesotekhnicheskiy zhurnal. 2014. № 3. S. 175–183.

11. GOST 9463–2016. Lesomaterialy kruglyye khvoynykh porod. Tekhnicheskiye usloviya. M. : Standartinform, 2016. 10 s.

12. Evstegneyev I.A., Nikonchuk A.V. Opredeleniye dlin sortimentnykh zon khlysta pri optimizatsii raskryazhevki [Elektronnyy resurs] // Mezhdunarodnyy nauchno-prakticheskiy zhurnal «Epokha nauki» : Krasnoyar. gos. agrar. un-t. Achinskiy f-l. Achinsk, 2018. № 16. S. 170–174. Rezhim dostupa: http://eraofscience.com/index/16_december_2018/0-103 (data obrashcheniya: 04.04.2019).

© Никончук А. В., Евстегнеев И. А.,
Попов А. А., Никончук М. Ю., 2022

Поступила в редакцию 15.12.2021
Принята к печати 10.11.2022