

АЛГОРИТМ ИМИТАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСОПИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Е.В. Каргина, Л.Н. Ридель, И.С. Матвеева, В.В. Огурцов

Сибирский государственный технологический университет
660049 Красноярск, пр. Мира, 82; e-mail: rector@sibstu.kts.ru

Определены параметры управления гармонизацией лесопильного производства и его эффективностью. Разработаны математические модели, связывающие характеристики брёвен и процессов их раскря с рентабельностью лесопильного предприятия. Предложены алгоритмы имитационных исследований экономической эффективности производства пиломатериалов.

Ключевые слова: рентабельность, математическая модель, распиловка, бревно, кривизна, сбежистость, эллиптичность, пиломатериал

Timber sawing harmonization and effectiveness management characteristics are defined in the article. Mathematical models connecting the logs characteristics and their sawing processes with the economic efficiency of the saw mill are elaborated. Imitation researches algorithms of economical efficiency of lumber production are offered.

Key words: economic efficiency, mathematical model, sawing, log, curvature, falloff, ellipticity, lumber

ВВЕДЕНИЕ

Россия является крупной лесной державой. По объёму лесозаготовок и производству пиломатериалов она входит в первую тройку стран мира. Традиционно высоко ценится отечественная отраслевая наука в области лесопиления. Общеизвестны имена теоретиков и практиков лесопиления: Х.Л. Фельдман, Д.Ф. Шапиро, Г.Д. Власов, А.Н. Песоцкий, П.П. Аксёнов, Н.А. Батин, А.В. Грачёв, Р.Е. Калитеевский, В.Ф. Ветшева, В.Г. Турушев, И.В. Соболев, А.М. Копейкин, С.Н. Рыкунин. Однако эффективность лесопильных предприятий повышается не адекватно усилиям и достижениям российских учёных лесопильщиков. Одной из причин этого, по мнению авторов, является то, что большинство экономических исследований ограничивается анализом действующих и перспективных лесопильных производств без установления общих закономерностей формирования экономических показателей лесопильных предприятий в зависимости от их основных технологических параметров. Учёные в области лесопиления исследуют влияние технологических параметров лесопильного производства на объёмный выход пиломатериалов. Поэтому авторами данной работы поставлена цель установить общие закономерности изменения экономической эффективности лесопильных предприятий при изменении их технологических параметров. Для реализации поставленной цели выбирается метод имитационного моделирования. Настоящая статья посвящается разработке алгоритма имитационных исследований функционирования лесопильного предприятия.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Рассмотрим типовую структуру современного лесопильного предприятия и определим параметры,

которыми целесообразно управлять для повышения его эффективности.

Под структурой предприятия (рис. 1) понимают состав его цехов (линий) и характер связей между ними. Лесопильный цех организован по принципу непрерывного потока с гибкими связями – брёвна, брусья и доски перемещаются поштучно со страховыми запасами между операциями.

Остальные цехи организованы по принципу дискретного потока – брёвна и доски перемещаются партиями.

Связи между цехами – гибкие с межцеховыми запасами.

В целом лесопильное производство соответствует классу серийных производств.

При новом строительстве, расширении, реконструкции и техническом перевооружении лесопильных предприятий учитывается производственная мощность предприятия, размерно-качественная характеристика сырья, назначение, размеры и качество пилопродукции, способы раскря и уровень автоматизации производственных процессов. Однако при любом выборе технологических схем и оборудования остаётся ряд неясных параметров, от которых зависит гармоничность и, как следствие, эффективность работы лесопильного предприятия.

Для цеха подготовки сырья к раскряю – это объём распиловочной партии брёвен и дробность сортировки брёвен по толщине.

Для лесопильного цеха – это количество одновременно вырабатываемых толщин досок из бревна и градация длин досок.

Для цеха окончательной обработки пиломатериалов после сушки – это градация длин досок и количество длин досок в пакете.

Для иллюстрации взаимосвязанности и противоречивости указанных параметров проанализируем в постановочном виде реальную технико-экономическую ситуацию.

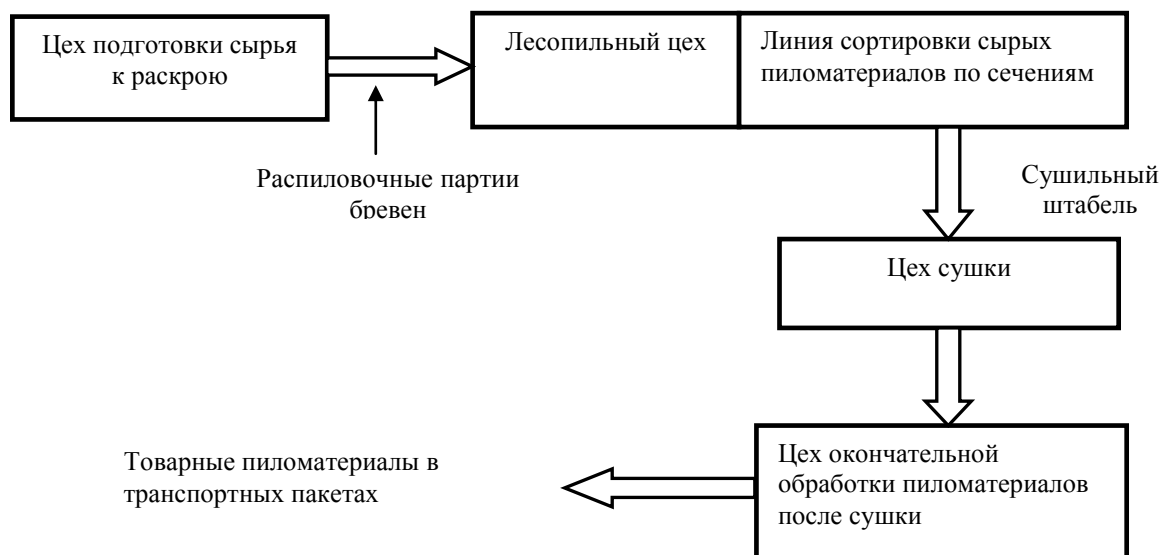


Рисунок 1 – Структура современного лесопильного предприятия

Если, например, для снижения затрат в цехе подготовки сырья к раскрою уменьшается дробность сортировки брёвен по толщине и в распиловочную партию поступают брёвна, например, трёх чётных диаметров: 20, 22 и 24 см, то при их распиловке одним поставом пил будет снижаться объёмный выход пиломатериалов и увеличиваться количество одновременно вырабатывающих ширин досок. Для сортировки сырых пиломатериалов по сечениям требуется значительно большее количество карманов-накопителей, а значит более длинные, металлоёмкие и дорогостоящие сортировочные линии. Количество сушильных штабелей из пиломатериалов одного сечения многократно возрастает. Синхронно возрастают площади крытых складов и их стоимость. При большом количестве сечений трудно накопить достаточно большую партию штабелей одного сечения, поскольку параллельно копятся штабеля сухих пиломатериалов других сечений. Достаточно большая партия штабелей одного сечения необходима для того, чтобы после её рассортировки по сортам и длинам в каждом кармане-накопителе оказывалось достаточное количество досок одного сорта и одной длины для формирования из них пакета стандартных размеров. В противном случае в один пакет приходится укладывать доски двух и более длин, либо повторно направлять эти доски на сортировку по сортам и длинам с другой партией того же сечения после ожидания на складе накопления и запуска в сортировочную линию этой партии. В первом случае предприятие теряет до 30 % выручки, во втором – резко возрастают затраты на обработку пиломатериалов после сушки. Ситуация существенно усложняется, если в лесопильном цехе увеличивается количество одновременно вырабатываемых толщин досок, так как количество карманов-накопителей определяется произведением количества толщин, ширин, длин и сортов качества. Чтобы в какой-то мере снизить описанный негативный эффект учёные лесопильщики предлагают для уменьшения количества длин

увеличивать градацию длин досок, что, может привести к уменьшению объёмного выхода пиломатериалов.

Таким образом, снижение затрат на участке подготовки сырья к раскрою путём уменьшения дробности сортировки приводит к лавинообразному повышению затрат на участке обработки пиломатериалов после сушки. А уменьшение количества толщин досок в поставе и увеличение градации длин досок, проводимые для снижения затрат на сортировку пиломатериалов и увеличения количества пакетов из досок одной длины, а значит и увеличения стоимости пакетов, приводит к уменьшению общего количества пакетов из-за снижения объёмного выхода пиломатериалов. Результирующую экономическую составляющую описанных процессов в общем виде оценить пока не удастся.

Существующие рекомендации по определению дробности сортировки брёвен по толщине, количеству толщин досок в поставе, градации длин досок ориентированы на повышение объёмного выхода пиломатериалов и не увязаны с показателями эффективности лесопильного предприятия.

Поэтому для установления общих закономерностей эффективности лесопильных предприятий выбираем в качестве управляемых параметров основные из перечисленных выше, а именно: дробность сортировки брёвен по толщине; количество одновременно вырабатываемых поставом толщин досок; градацию длин досок.

Основным критерием технологического и технического уровня лесопильного предприятия традиционно считается объёмный выход пиломатериалов (отношение объёма пиломатериалов к объёму сырья). Затраты, ценой которых достигается объёмный выход пиломатериалов, в общей теории лесопиления не учитываются. Это объясняется двумя основными причинами.

Во-первых, объёмный выход пиломатериалов можно математически описать как функцию характеристик пиловочного сырья, дробности его

сортировки по толщине и длине, структуры и параметров поставов (схем раскроя брёвен на пиломатериалы), а также градации длин досок. Затраты на реализацию производственных процессов лесопиления описать математически в обобщённом виде без привязки к конкретному оборудованию и к конкретным условиям пока не удаётся.

Во-вторых, в себестоимости пиломатериалов на сырьё приходится около 80 %, поэтому аксиоматично принимается, что практически любая экономия сырья перекрывает увеличение затрат, за счёт которых она достигается.

Авторами работы выдвигается гипотеза о том, что именно вторым допущением, возведённым в ранг методологического принципа, объясняется то, что эффективность некоторых весьма принципиальных рекомендаций учёных лесопильщиков, не подтверждается на практике. Например, в справочнике по лесопилению указывается, что брёвна перед раскроем следует подбирать в распиловочные группы с точностью 1 см (один чётный диаметр). На практике сортируют брёвна через 2...3 чётных диаметра, считая сортировку через один чётный диаметр экономически нецелесообразной. Достоверность и ценность многих предложений и рекомендаций существенно снижается ещё и тем, что используемые математические модели и алгоритмы не учитывают вероятностную природу как предмета обработки (форма и размеры бревна и пиломатериала), так и процесса их раскроя (например, самопроизвольное смещение бревна относительно центра постава пил). Для проверки выдвинутой гипотезы и разработки методики оценки экономической эффективности лесопильного предприятия предлагается воспользоваться методом имитационного моделирования. В качестве критерия экономической эффективности целесообразно использовать уровень рентабельности. В качестве конкурирующего критерия эффективности выбирается объёмный выход пиломатериалов.

Поскольку пока не удаётся разработать математические модели себестоимости пилопродукции и рентабельности производства без «привязки» к конкретному предприятию воспользуемся следующим методическим приёмом.

1 Критерием эффективности исследуемой технологической операции является рентабельность всего производства.

2 Себестоимость пилопродукции состоит из сырьевых затрат (СЗ), учитывающих только стоимость брёвен, и несырьевых затрат (НСЗ), объединяющих все остальные её статьи.

3 НСЗ на каждом участке технологического процесса прямо пропорционально количеству сортировочных групп (например, переход от сортировки брёвен через два чётных диаметра к сортировке через один чётный диаметр увеличивает количество карманов-накопителей в два раза, в результате

стоимость линии сортировки и помещения, а также затраты на их эксплуатацию и содержание увеличиваются примерно в два раза.

4 НСЗ между участками производственного процесса распределяются следующим образом: подготовка сырья к раскрою – 0,186; обработка сырых пиломатериалов – 0,214; пакетирование, сушка, окончательная обработка пиломатериалов – 0,330; прочие операции – 0,270.

5 Уровень рентабельности лесопильного производства (базовый вариант) при дробности сортировки пиловочника через 2 чётных диаметра, при двухтолщинных рациональных поставках, при градации длин досок – 0,3 м составляет 0,13.

6 Товарная продукция численно равняется объёму полученных пиломатериалов (цена 1 куб.м. пиломатериалов условно принимается равной 1 рублю).

Применяя описанные положения, предлагается следующая процедура установления общих закономерностей изменения рентабельности производства в зависимости от параметров его отдельных операций.

1 Имитируется работа лесопильного производства с базовыми характеристиками: сортировка брёвен по толщине через 2 чётных диаметра без сортировки по длинам; раскрой брёвен с использованием двухтолщинных рациональных поставов; сортировка пиломатериалов по толщине и ширине; сушка пиломатериалов до транспортной влажности; окончательная торцовка пиломатериалов с градацией 0.3 м и сортировка их по качеству и длинам; пакетирование товарных пиломатериалов.

2 Определяется объём товарной продукции как общий объём пиломатериалов

$$Q_b = \sum_{i=1}^n V_{ib} , \quad (1)$$

где V_{ib} - объём пиломатериалов i -го сортразмера по базовому варианту;

n - количество сортразмеров пиломатериалов.

3 Определяется себестоимость всего объёма пиломатериалов для базового варианта

$$S_b = \frac{Q_b}{1 + RE_b} , \quad (2)$$

где RE - уровень рентабельности базового варианта.

4 Находятся базовые сырьевые затраты СЗ и несырьевые затраты НСЗ

$$CЗ_b = D_{cз} S_b , \quad (3)$$

$$НСЗ_b = (1 - D_{cз}) S_b , \quad (4)$$

где $D_{cз}$ доля сырьевых затрат (изменяется от 0,4 до 0,8).

5 Имитируется работа лесопильного производства по исследуемому j-му варианту, который отличается от базового: количеством чётных диаметров брёвен в распиловочной партии (0,5; 1; 2; 3); количеством толщин досок в поставе (1, 2, 3); градацией длин досок (0,3; 0,6; 0,9 м); долей несырьевых затрат (0,4; 0,6; 0,8).

6 Определяется объём товарной продукции для j-го варианта

$$Q_j = \sum_{i=1}^n V_{ij}, \quad (5)$$

7 Корректируются НСЗ для j-го варианта

$$НСЗ_j = НСЗ_b \left(\gamma \frac{DR_b}{DR_j} + \gamma_2 \frac{KT_j}{KT_b} + \gamma_3 \frac{GB_b}{GR_j} + \gamma_4 \right), \quad (6)$$

$$\gamma + \gamma_2 + \gamma_3 + \gamma_4 = 1, \quad (7)$$

где γ_1 - доля затрат на участке подготовки сырья к распиловке (0,186); DR_b - базовая дробность сортировки брёвен по толщине (по двум чётным диаметрам); DR_j - дробность сортировки брёвен по толщине по j-му варианту; γ_2 - доля затрат на участке обработке сырых пиломатериалов (0,214); KT_b - количество толщин досок в поставе по базовому варианту (2); KT_j - количество толщин досок по j-му варианту; γ_3 - доля трудозатрат на участке окончательной обработки пиломатериалов после сушки (0,330); GR_b - базовая градация длин досок (0,3 м); GR_j - градация длин досок по j-му варианту; γ_4 - доля затрат на остальных участках (0,270).

8 Находится себестоимость всей продукции для j-го варианта

$$S_j = CЗ_b + НСЗ_j, \quad (8)$$

($CЗ_j = CЗ_b$, поскольку объём распиливаемого сырья постоянен)

9 Определяется уровень рентабельности для j-го варианта.

$$RE_j = \frac{Q_j}{S_j} - 1, \quad (9)$$

10 Устанавливаются общие закономерности изменения уровня рентабельности при изменении

параметров технологических операций лесопильного производства (доли несырьевых затрат на участках производственного процесса для установления чувствительности рентабельности к ним варьируются относительно средних значений по отрасли).

Алгоритм имитационных исследований эффективности процесса производства пиломатериалов с воспроизведением случайной изменчивости размеров и формы распиливаемых брёвен.

Для установления общих закономерностей изменения эффективности лесопильных предприятий в зависимости от основных технологических управляемых параметров - дробности сортировки брёвен по толщине; количества одновременно вырабатываемых поставом толщин досок; градации длин досок разработан алгоритм имитационных исследований функционирования лесопильного предприятия с воспроизведением реальной (случайной) изменчивости размеров и формы распиливаемых брёвен.

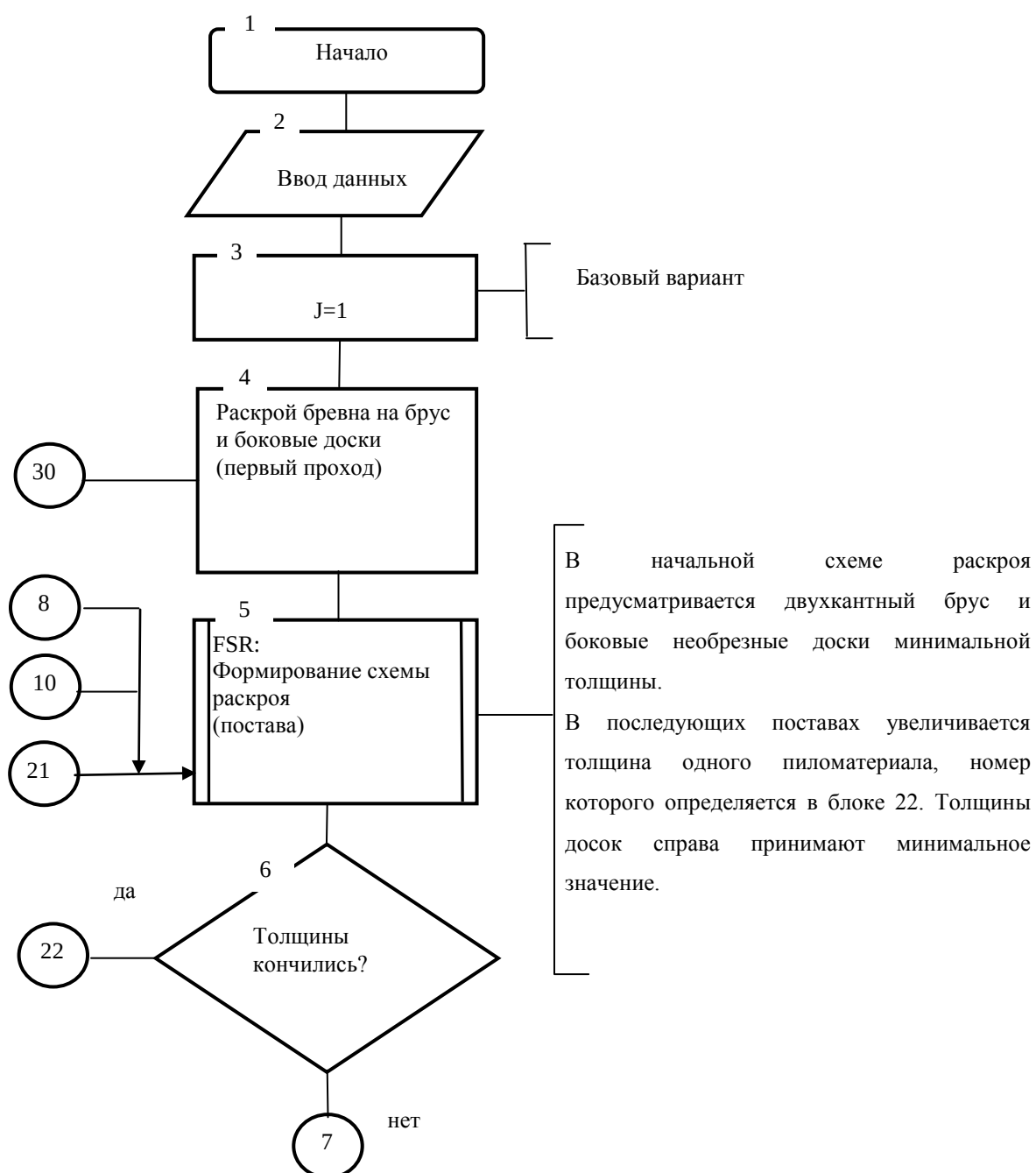
Поскольку алгоритм имитационных исследований работы лесопильного предприятия базируется на имитации процесса раскроя брёвен на пиломатериалы, а сам раскрой во многом зависит от применяемых поставов, основным блоком алгоритма является блок автоматического проектирования оптимальных и рациональных поставов.

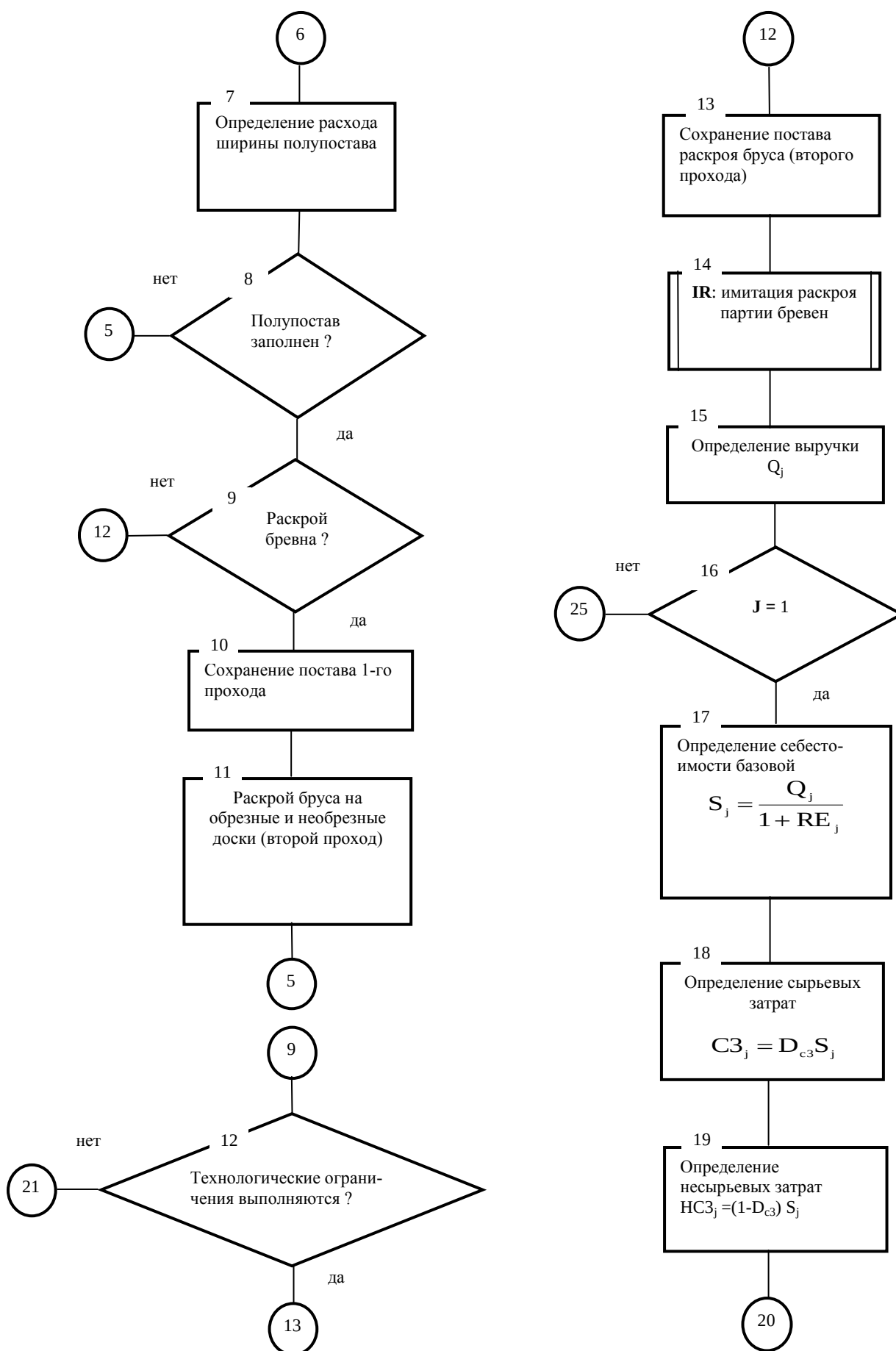
В основу автоматизированного проектирования оптимальных поставов положен метод полного перебора. Алгоритм в своём составе имеет блок оптимизации размеров боковой доски по критерию максимальной площади её пласти.

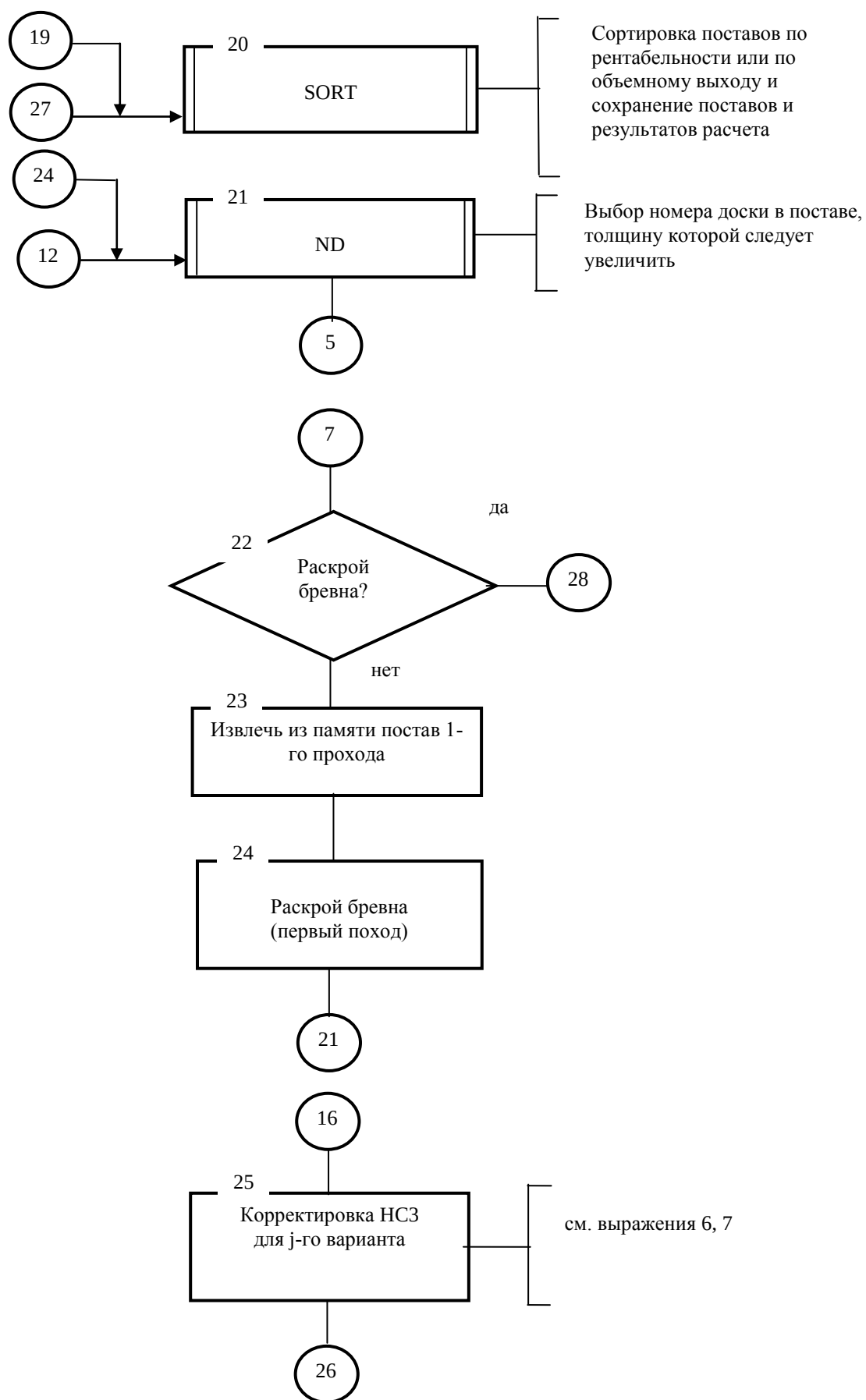
Для воспроизводства реальной природной изменчивости формы и размеров брёвен, а также случайного смещения брёвен относительно центра постава пил предусмотрен блок генерирования партии брёвен заданного объёма и требуемых геометрических характеристик и блок ориентации бревен относительно центра постава пил.

Для определения рентабельности лесопильного предприятия используется блок имитации сырьевых и не сырьевых затрат при производстве пиломатериалов в зависимости от управляемых технологических параметров.

Схема алгоритма имитационных исследований эффективности лесопильного производства представлена на рисунке 2.







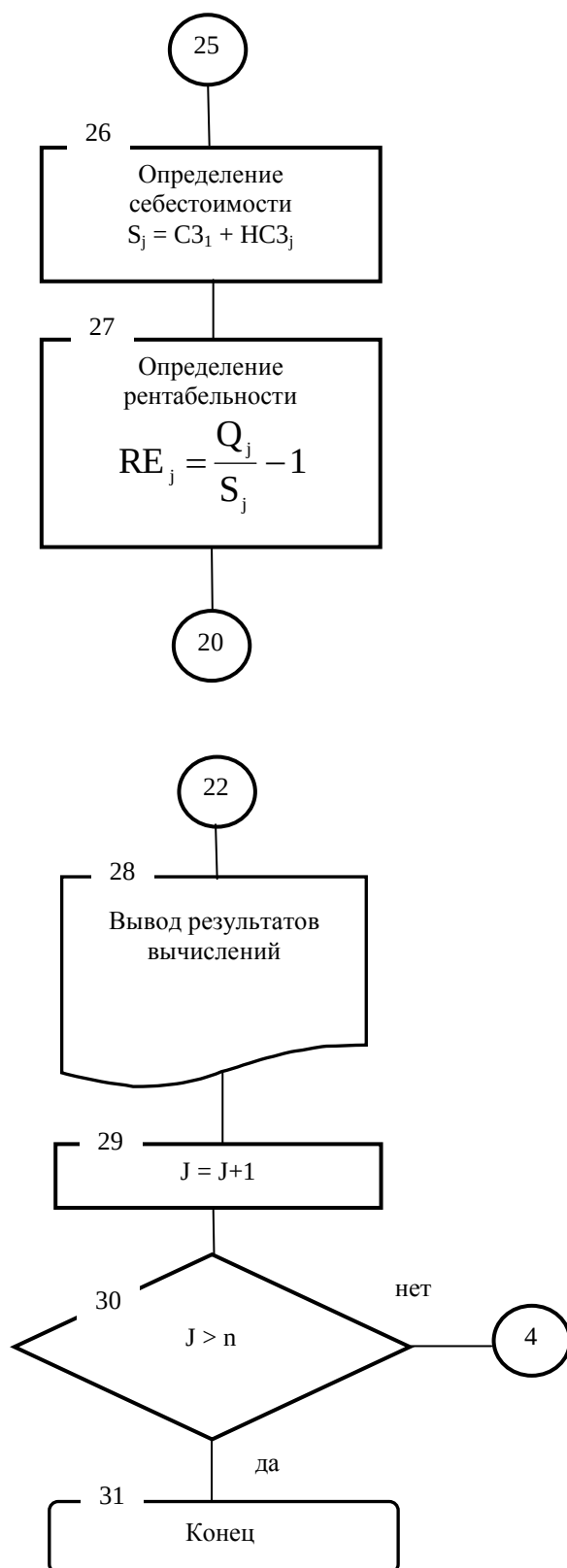


Рисунок 2 – Схема алгоритма имитационных исследований эффективности лесопильного производства

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в данной работе предлагается алгоритм имитационных исследований эффективности лесопильных предприятий при различных комбинациях их технологических характеристик. В качестве критерия оптимальности используются два конкурирующих параметра: рентабельность лесопильного производства и объемный выход пиломатериалов. В качестве управляемых величин принимаются: дробность сортировки брёвен по толщине; количество одновременно вырабатываемых поставом толщин досок; градация длин досок. Алгоритм учитывает вероятностную природу как предмета обработки (форма и размеры бревна и пиломатериала), так и процесса их раскроя (самопроизвольное смещение бревна относительно центра постава пил).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Барашиков, В. И. Некоторые аспекты рационального использования сухих пиломатериалов и совершенствования технологического процесса их окончательной обработки / В. И. Барашиков. Труды ЦНИИМОД, 1985. С. 119 – 123.
- Калитеевский, Р. Е. Теория и организация лесопиления / Р. Е. Калитеевский – М.: «Экология», 1995. – 352 с.
- Калитеевский, Р. Е. Информационные технологии производства пиломатериалов с использованием ЭВМ / Р. Е. Калитеевский – СПб. 1990. – 94 с.
- Калитеевский, Р. Е. Автоматизация производственных процессов в лесопилении / Р. Е. Калитеевский. – М: Лесная промышленность, 1979. – 339 с.
- Калитеевский, Р. Е. Лесопиление в XXI веке. Технология, оборудование, менеджмент / Р. Е. Калитеевский. – СПб.: ПРОФИ-ИНФОРМ. 2005. – 480 с.
- Калитеевский, Р. Е. Проектирование лесопильных потоков / Р. Е. Калитеевский. – М.: Лесная промышленность, 1972. – 182 с.
- Калитеевский, Р. Е. Расчет процессов сортировки пиловочника с применением ЭВМ: Лекции. / Р. Е. Калитеевский. – Л.: ЛТА, 1987. – 40 с.
- Калитеевский, Р. Е. Система компьютерных программ для оперативного управления процессами подготовки и раскроя пиловочного сырья / Р. Е. Калитеевский, А. С. Гудков // Деревообрабатывающая промышленность. Науч. – технич., экономич. и производств. журн. – 1995. – № 2 – С. 68–74.
- Калитеевский, Р. Е. Технология лесопиления / Р. Е. Калитеевский – М.: Лесная промышленность, 1986. – 264 с.
- Турушев, В. Г. Технологические основы автоматизированного производства пиломатериалов / А. Г. Турушев. – М.: Лесная промышленность, 1975. – 208 с.

Поступила в редакцию 17 февраля 2011 г.
Принята к печати 27 апреля 2011 г.