

УДК 674.093.6-412.85:62-529

Р.Е. КАЛИТЕЕВСКИЙ, В.Н. ПЛЮСНИН, И.Е. СУХОВ

С.-Петербургская лесотехническая академия



Калитеевский Ростислав Евгеньевич родился в 1924 г., окончил Всесоюзный заочный лесотехнический институт (при Ленинградской лесотехнической академии), доктор технических наук, профессор кафедры лесопильного производства и гидротермической обработки древесины С.-Петербургской лесотехнической академии, член-корреспондент РАЕН, заслуженный деятель науки РФ. Имеет более 120 печатных работ в области технологии, оборудования и систем управления лесопильного производства.



Плюснин Василий Николаевич родился в 1937 г., окончил в 1967 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, заведующий кафедрой лесопильного производства и гидротермической обработки древесины С.-Петербургской лесотехнической академии. Имеет более 60 научных трудов в области комплексного рационального использования древесины, совершенствования технологии и оборудования лесопильно-деревообрабатывающих производств.



Сухов Игорь Евгеньевич родился в 1955 г., окончил в 1980 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры лесопильного производства и гидротермической обработки древесины С.-Петербургской лесотехнической академии. Имеет более 20 научных трудов в области технологии лесопильно-деревообрабатывающих производств.

МОДУЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ РАСКРОЯ ХЛЫСТОВ

Раскрываются преимущества создания отечественного оборудования для раскроя хлыстов из модульных унифицированных механизмов, позволяющие снизить себестоимость их изготовления, увеличить их серийность при сокращении цикла оснащения производства в несколько раз. Приводятся алгоритм имитационной модели раскроя хлыстов и схема модульной линии для окорки, раскроя хлыстов и сортировки бревен, позволяющие увеличить выход пилопродукции до 8 % при раскрое хлыстов по критерию максимального выхода пиломатериалов.

The advantages of making modular unified mechanisms into the national machinery for cutting logs permitting to reduce their manufacturing cost price, increase their serial production while decreasing the production equipment cycle several times are revealed. The algorithm of logs cutting simulation and the diagram of the modular line for debarking logs cutting and sorting, making it possible to increase lumber yield by 8 % when cutting logs due to the criterion of maximum lumber yield are presented.

Техническое перевооружение лесопильной промышленности на основе оборудования, спроектированного по модульному принципу с использованием оптимизационных систем управления, отвечает современным экономическим и технологическим требованиям. Решение этого вопроса возможно на базе информационных технологий лесопиления, в частности раскроя хлыстов.

В нашей стране существует большое разнообразие размерно-качественных параметров хлыстов в различных регионах. Так, средний диаметр хлыстов Северо-Западного региона значительно, почти в два раза, отличается от аналогичного показателя для Восточной Сибири. Тогда при равном объеме переработки цикловая производительность линий должна быть в первом случае примерно вдвое выше. Приобретение и монтаж нескольких линий может оказаться нецелесообразным.

Опыт развитых стран показывает, что наиболее эффективно создание унифицированных агрегатированных линий из функциональных механизмов – модулей. Применение их позволяет выполнять большое число одних и тех же операций автономными функциональными механизмами с законченным технологическим циклом (питатели, пильные механизмы, отсекатели, сбрасыватели, секции поперечных и продольных конвейеров, механизмы уборки отходов и т. д.) и высокой степенью повторяемости как в компоновках разных типов, так и внутри определенной компоновки.

Система модульных линий обеспечивает оптимизацию раскроя хлыстов и сортировку сортиментов на лесозаготовительных и лесопильных предприятиях, поставляющих пиловочник конкретному потребителю. Некоторое различие будет лишь в математическом обеспе-

чении системы управления. Оптимизация раскроя хлыстов по критерию максимального выхода пиломатериалов позволяет увеличить выход пилопродукции на 5...6 %, а при учете неправильной формы хлыстов – на 8 % и более. Без автоматизации процесса выдачи информации о размерных параметрах хлыстов невозможна высокая производительность оборудования для их раскроя. Следует учитывать, что при раскрое хлыстов традиционным константным методом (по критерию максимального выхода пиловочных бревен или минимальных потерь пиловочной зоны хлыста) сортировка полученных бревен даже с учетом их текущих диаметров, сбега и длины в зависимости от заданных систем поставок увеличивает выход пиломатериалов только на 2,5...3,0 %, т. е. в два раза меньше, чем при осуществлении оптимального раскроя хлыстов по критерию максимального выхода пиломатериалов.

Немаловажным является то, что удельные затраты на оптимизацию раскроя хлыстов значительно меньше, чем на утилизацию определенной части древесины, попадающей в так называемые отходы лесопиления.

В настоящее время раскрой хлыстов производят не только в леспромпхозах, но и на лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях. Поставляемые хлысты раскраивают с учетом назначения вырабатываемой продукции. При этом концентрация получаемых отходов позволяет довести коэффициент комплексного использования сырья до 95...98 %. Переход к рыночной экономике во многом изменил структуру леспромпхозов. Они быстрыми темпами начали развивать промышленное лесопиление, так как выпускать пиломатериалы, не говоря уже о пилозаготовках, выгоднее, чем, например, пиловочные бревна.

Имеется достаточное количество леспромпхозов, где можно использовать линии для раскроя хлыстов большой единичной мощности. Пиловочник, рассортированный на этих линиях под заказанные системы поставок, можно продавать по увеличенным расценкам определенным лесопильным предприятиям (с повышением на несколько процентов выхода, уменьшением числа операций и рядом других преимуществ), а также в собственные лесопильные цеха.

Использование в этих условиях традиционного выпускаемого у нас раскряжевочного оборудования (установка типа ЛО-15С с продольной подачей хлыстов и позиционным методом раскроя, многопильная установка ЛО-10У (сплешер) и установка групповой раскряжевки ЛО-62) приводит к увеличению потерь древесины, которые по сравнению с раскром хлыстов по критерию максимального выхода пиломатериалов составляют соответственно 5, 10 и 15 % и более.

Автоматизированные линии с оптимизацией раскроя хлыстов по критерию максимального выхода пиломатериалов отечественная промышленность не выпускает. Попытки создания на наших заводах высокопроизводительных линий этого назначения, даже с оптимизацией раскроя хлыстов по критерию максимального выхода пиловочных бревен, не увенчались успехом в основном из-за слабости нашей машиностроительной базы. Наиболее целесообразна в настоящее время органи-

зация совместного производства предприятий ВПК и ведущих зарубежных фирм с использованием в ряде случаев части их комплектующих изделий. Имеющийся опыт показывает, что такие решения наиболее эффективны.

Проведенный нами анализ [1] показывает, что могут иметь место четыре основные компоновки модульных линий для раскроя хлыстов со следующими значениями цикловой производительности и скорости подачи продольного конвейера на участке сортировки бревен: 1–2 хлыста в минуту (40...50 м/мин); 3–4 хлыста в минуту (70...100 м/мин); 6–8 хлыстов в минуту (140...160 м/мин); 9–10 хлыстов в минуту (180...240 м/мин). В состав всех типов модульных линий входит участок сортировки бревен. Наличие участка окорки, на котором устанавливаются окорочные станки, например типа 20К-63Х, позволяет получить наиболее точную размерную информацию от системы датчиков, способных измерять каждый хлыст при его продольном перемещении с шагом 10...20 мм и точностью $\pm 1...2$ мм. Оптимальная схема раскроя каждого хлыста выбирается по критерию максимального выхода пиломатериалов в результате имитации распиловки бревен, которые могут быть получены из хлыста в соответствии с принятой системой поставок лесопильного предприятия (или предприятий) и номенклатуры длин бревен, разрешенных к выпилке с определенными припусками по длине. При этом учитываются вершинный диаметр, сбеги, длина и особенности формы получаемых из хлыста бревен.

Как у нас, так и за рубежом, датчики качества, выпускаемые серийно, отсутствуют. В связи с этим учет качества производит оператор, который может корректировать схему раскроя в зависимости от наличия комлевой гнили, большой концентрации сучков и пр. Оператор работает с управляющим вычислительным комплексом (УВК) в режиме советчика.

Все операции по перемещению хлыстов на линии, подъем и опускание пил триммера, подачи команды на сброс бревен в карманы сортировочного устройства выполняются автоматически. Кроме того, УВК может накапливать информацию о размерах раскраиваемых хлыстов, их объеме, размерах и количестве бревен и пиломатериалов по сечениям. Эти данные можно использовать для достоверного прогнозирования при планировании раскроя сырья на автоматизированных рабочих местах (АРМ) инженеров-технологов, оснащенных ЭВМ и работающих по программам, которые аналогичны программе, заложенной в УВК линии.

Таким образом, исходными данными, вводимыми в УВК линии, являются система поставок предприятия (предприятий); номенклатура длин бревен, разрешенных к выпилке с припусками по длине; размерная спецификация выпиливаемых сечений пиломатериалов.

Такие исходные данные, как размеры хлыстов, вводятся в УВК автоматически от датчика или системы датчиков.

Проектирование, изготовление и применение модульных линий для раскроя хлыстов позволяет не только значительно повысить эффек-

тивное использование заготавливаемой лесопродукции и резко увеличить серийность механизмов, но и решить следующие вопросы.

1. Значительное повышение технического уровня лесопильного производства, качества, надежности и долговечности оборудования.

2. Заметное ускорение оснащения лесопильного производства новой техникой и снижение сроков компоновки оборудования.

3. Постоянное совершенствование оборудования благодаря сквозному использованию единых габаритных и присоединительных размеров механизмов по всей системе, обладающих высокой степенью обратимости, и др.

Номенклатура модулей линий для раскроя хлыстов включает следующие функциональные механизмы:

1) питатель, состоящий из трех поперечных конвейеров: загрузочного, рассчитанного на прием пачки хлыстов различных длин и диаметров от автопогрузчика или крана; распределительного, обеспечивающего раскатку хлыстов «в ковер», с возможностью выравнивания комлеи и без нее; наклонного с упорами (поперечные конвейеры должны состоять из секции, позволяющих компоновать питатели для различных длин загружаемых хлыстов с возможностью их использования в модульных линиях для сортировки бревен);

2) гидроманипулятор, устанавливаемый сбоку питателя, для устранения завалов и перекосов бревен на этом участке;

3) отсекающий, работающий синхронно с питателем и гарантирующий поштучную подачу хлыстов на продольный транспортер;

4) система продольных транспортеров: транспортер, подающий хлыст через металлоискатель в окорочный станок; установленный после окорочного станка транспортер, на котором измеряются размеры хлыста; транспортер, подающий хлыст к участку его раскроя; транспортер с двумя выдвижными и одним неподвижным упорами, который предназначен для осуществления стартовой позиции хлыста перед его подачей на пильные узлы триммера; транспортер на участке разделки вершинок хлыста;

5) карманы для некондиционных хлыстов, которые по своей конструкции, габаритным и присоединительным размерам практически не отличаются от карманов-накопителей на участке сортировки получаемых из хлыстов бревен;

6) поперечный транспортер с упорами, который не только подает хлысты к пильным механизмам, но и одновременно выполняет роль промежуточного запаса между предыдущими и последующими участками;

7) пильные узлы триммера, которые могут быть выполнены, например, в виде цепных пил. Для уменьшения их количества в состав линии входит упомянутый выше продольный транспортер с двумя выдвижными и одним неподвижным упором;

8) распределительный транспортер, предназначенный для перемещения бревен к месту их сброса;

9) сбрасыватели бревен;

- 10) каркас и лесонакопители (карманы);
- 11) система измерения, оптимизации и управления;
- 12) устройство уборки отходов, получаемых при раскросе хлыстов, откомлевке и др.

Раскрой хлыстов производят двумя основными методами:

1. Константный метод, при котором хлысты раскраивают по критерию максимального объема сортиментов, пиловочных бревен или минимальных потерь пиловочной зоны хлыста.

2. Вариационный метод, при котором хлысты раскраивают на пиловочные бревна нескольких заданных длин с такими вершинными диаметрами, сбегом, особенностями формы и качеством, которые могут обеспечивать максимальный объем спецификационной пилопродукции при заданных поставках. (В отдельных случаях при этом методе целесообразно применение экономического критерия.)

При применении вариационного метода процесс лесопиления начинается с раскроса хлыстов. Как по нашим исследованиям, так и по данным немецкой фирмы «Вурстер и Дитц», раскрой хлыстов вариационным методом позволяет увеличить выход пилопродукции на 8 %.

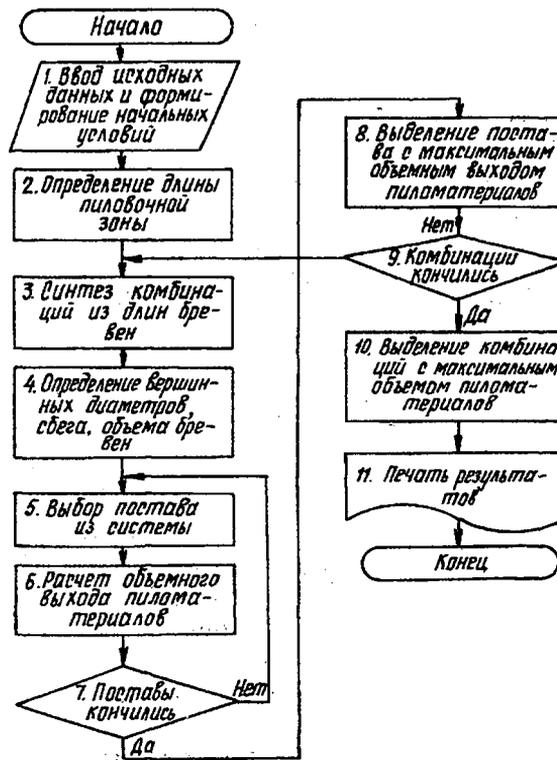


Рис. 1. Алгоритм имитационной модели раскроса хлыстов

Блок-схема укрупненного алгоритма имитационной модели раскроя хлыстов вариационным методом представлена на рис. 1. Пиловочная зона начинается с комля. В вершинной части она ограничивается сечением, в котором диаметр хлыста принимает значение, примерно равное минимальному вершинному диаметру бревен, на котором действует заданная система поставов. Определяет границу и, как следствие, длину расчетной пиловочной зоны блок 2.

Имитация процесса раскроя хлыста начинается с синтеза комбинаций из заданных длин бревен, на которые раскраиваются хлысты (блок 3). Для каждого бревна из текущей комбинации блок 4 определяет вершинный диаметр, сбег, объем. Далее имитируется распиловка бревен с учетом их сортировки по критерию максимального выхода пиломатериалов. Для этого рассчитывают объемный выход и выделяют поставки с максимальным объемным выходом пиломатериалов (блок 8). Блок 7 анализирует окончание перебора поставов.

Блок 9 анализирует окончание всех возможных комбинаций из длин бревен. При несооблюдении анализа управление передается блоку 3, где синтезируется очередная комбинация, затем цикл повторяется. После окончания синтеза возможных вариантов раскроя блок 10 выделяет схему с максимальным объемом пиломатериалов. Блок 11 печатает результаты.

При включении ЭВМ в контур системы управления оборудованием для оптимизации раскроя хлыстов информация об их размерах (диаметрах с шагом 5...10 мм, измеренных, например, в двух плоскостях по длине) поступает в программу от системы датчиков. При соответствующем программном обеспечении [1] по этому алгоритму имитируют раскрой хлыстов с полным перебором всех возможных вариантов раскроя, поставов для распиловки получаемых бревен и их ориентации. Выбрать максимальный постав из системы (блок 5) можно также с учетом размера кривизны бревен и ее вида (односторонняя, двойная).

Выбор базовой модели комплексной модульной линии, предназначенной для раскроя и предварительной окорки хлыстов и сортировки получаемых пиловочных бревен, объясняется следующим.

1. В настоящее время все предприятия промышленного лесопиления, как отдельные лесопильные заводы, получающие хлысты, так и лесопильные цеха в составе леспромхозов, вырабатывают не только пиломатериалы, но и технологическую щепу. При этом наиболее целесообразно окоривать именно хлысты, так как это позволяет производить их измерение с высокой степенью точности системами датчиков в наиболее благоприятных условиях и использовать получаемую информацию не только для оптимального раскроя хлыстов, но и для сортировки бревен по критерию наибольшего выхода пиломатериалов.

2. В случае отсутствия продольного перемещения хлыста на всю его длину (в линии без окорки хлыстов) необходимо иметь специальный участок, смещенный относительно участка загрузки на некоторое расстояние, зависящее от длины хлыста и требуемой цикловой производительности. Исследования [2] показали, что при максимальной длине

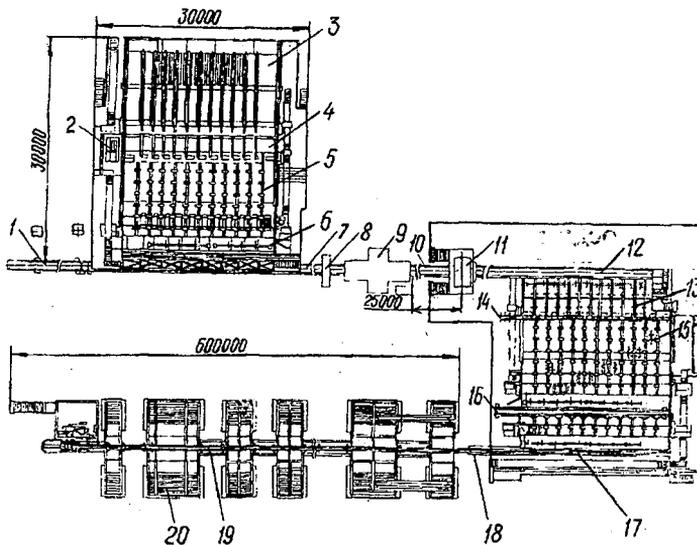


Рис. 2. Схема модульной линии для окорки, раскря хлыстов и сортировки бревен

хлыста 21 м и цикловой производительности линии 10 хлыстов в минуту это расстояние составляет 3 м. Необходимое в этом случае число датчиков, позволяющих производить замеры хлыста по всей его длине, равно семи.

3. На рис. 2 представлена структурная схема автоматизированной комплексной линии для окорки, раскря хлыстов и сортировки бревен. Процесс начинается с загрузки хлыстов колесным погрузчиком или краном на питатель, состоящий из трех поперечных конвейеров: загрузочного 3; распределительного 4, обеспечивающего раскатку хлыстов в «ковер», и наклонного 5 с упорами. Перекос хлыстов может быть локализован гидроманипулятором 2. Далее хлысты механизмом 6 перекадывают на продольный транспортер 7, который имеет возможность по команде оператора перемещать кондиционные хлысты к металлоискателю 8, а некондиционные – в карманы-накопители 1. Хлысты окоривают с помощью станка 9 типа 20К63Х. Окоренные хлысты поступают на продольном транспортере 10 к продольному транспортеру 12, оснащенному измерительным устройством 11. После измерения и определения оптимальной схемы раскря хлысты укладывают в упоры поперечного транспортера 13. Продольный транспортер 14 с двумя выдвижными и одним неподвижным упорами предназначен для определения стартовой позиции хлыста перед его подачей на пильные узлы триммера 15. Пильные узлы триммера могут быть выполнены в виде цепных пил. Для уменьшения их количества в состав линии и входит транспортер 14 с двумя выдвижными и одним неподвижным упором. Продольный транспортер 16 предназначен для транспортировки вершинок хлыстов на участок их разделки. Полученные в результате раскря хлыста пило-

вочные бревна попадают на продольный транспортер 17, обеспечивающий загрузку бревен на разделительный транспортер 18, перемещающий их к карманам 20, в которые они сбрасываются сбрасывателями 19.

4. Пропускная способность линии – 6–8 хлыстов в минуту (уточняется при конкретном заказе).

5. Все функциональные механизмы – модули должны иметь габаритные и присоединительные размеры, позволяющие их использовать не только в данной компоновке, но и во всех основных компоновках, с цикловой производительностью 1–2; 3–4 и 9–10 хлыстов в минуту, а также в компоновках модульных линий сортировки бревен. Для обеспечения модульного принципа компоновок необходимо предусмотреть максимальную повторяемость узлов и деталей, минимальное число наименований проката, сортамента сталей, стандартных изделий и комплектующих.

6. Система измерения, оптимизации и управления, включенная в контур управления линии, должна обеспечивать оптимальный раскрой хлыстов и сортировку бревен по критерию максимального выхода пилопродукции (см. рис. 1) или прибыли.

7. Уровень надежности линии, характеризуемый коэффициентом готовности $K_{\text{гот}}$, должен быть не менее $K_{\text{гот}} = 0,9$.

Кроме перечисленных выше исследований и разработок по раскрою хлыстов, авторами разработаны методики определения рациональной расстановки и числа пил триммера; выбора оптимальных значений длин бревен; припусков по длине бревен; исследования уровня надежности автоматизированного оборудования, его производительности в зависимости от различных технологических факторов и конструкций линий.

Выводы

Создание отечественного модульного оборудования для раскроя хлыстов с привлечением предприятий ВПК позволяет в короткие сроки обеспечить увеличение выхода пилопродукции на 5...8 % и более при сокращении цикла оснащения производства в несколько раз.

Копирование зарубежных конструкций этих линий не рационально, так как существенные различия в типоразмерах стального проката, стандартов на выпускаемые изделия электрооборудования, гидравлики, пневматики, электронных систем и т.д. приведут к непроизводительным затратам, повышению металлоемкости и, в конечном итоге, значительному удорожанию линий. В настоящее время наиболее целесообразно организовать совместные производства машиностроительных предприятий ВПК с ведущими фирмами мира.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Калитеевский Р.Е. Теория и организация лесопиления. - М.: Экология, 1995. - 352 с. [2]. Сухов И.Е. Раскрой хлыстов и сортировка пиловочника на лесопильных предприятиях с целью увеличения выхода пиломатериалов: Дис. ... канд. техн. наук. - Л., 1986. - 230 с.