

Потенциал совмещения операций очистки деревьев от сучьев и коры в рамках сквозных технологий лесопромышленных производств

И. Р. Шегельман, А. С. Васильев

Петрозаводский государственный университет

Обоснованный выбор сквозных технологических процессов заготовки биомассы дерева и ее переработки на технологическую щепу, увязывающих в одном функционально-технологическом комплексе лесовладельцев и потребителей древесины и совершенствование связей между ними необходимы для эффективного функционирования предприятий региональных лесопромышленных комплексов (ЛПК).

Постановка и решение этой научной проблемы базируется на следующих положениях [2], [3], [5], [6], [8]:

- отрасли необходимы научно обоснованные сквозные ресурсосберегающие процессы заготовки и переработки биомассы дерева на технологическую щепу;
- приоритетным направлением использования технологической щепы в региональных ЛПК Северо-Запада России являются целлюлозно-бумажная промышленность, плитное производство и биоэнергетика;
- лесная промышленность страны, обладающая колоссальным лесосырьевым потенциалом, и ее лесозаготовительные предприятия должны ориентироваться на отечественную технику, которая на основе возрастающей роли отечественного лесного машиностроения должна выйти на современный тактико-технический уровень за пять лет;
- за названный период необходимо усовершенствовать традиционные процессы с увеличением объемов заготовки сортиментов на лесосеке;

- при модернизации отечественных техники и технологии необходимо учесть зарубежный опыт, возможность трансфера знаний и технологий [9], [10];
- эффективным путем поиска новых технологических и технических решений для совершенствования известных и создания и освоения новых сквозных ресурсосберегающих технологий является функционально-технологический анализ [8].

С точки зрения функционально-технологического анализа сквозные технологические процессы целесообразно рассматривать с использованием блок-схемы, включающей элементы нескольких уровней: лесничества-арендодатели, лесопользователи–лесозаготовители, деревообрабатывающие (лесопильные и др.) и деревоперерабатывающие предприятия (целлюлозно-бумажные, гидролизные и др.) и функционально-технологические связи поставок-потребления между заготовителями и потребителями биомассы дерева.

Сырье для производства технологической щепы при этом образуется или используется: на лесосеках, на верхних и нижних лесоскладах, на деревообрабатывающих (лесопильных) предприятиях, на целлюлозно-бумажных предприятиях, на гидролизных заводах, на предприятиях по производству древесностружечных и древесноволокнистых плит.

Выбор места производства щепы может быть привязан к различным элементам блок-схемы, а операции сквозных процессов смещены в пространстве и во времени. При анализе учтено, что существующие технологические операции очистки деревьев от сучьев и окорки балансов, как правило, выполняются на различных технологических стадиях (обычно обрезка сучьев – на лесосеке или верхнем лесоскладе, окорка – в подготовительном цехе целлюлозно-бумажного предприятия) [1], [3], [4], [7], [8]. При этом используется два варианта сквозных технологий, оценка которых проведена совместно с А. Ф. Булатовым, В. И. Скрыпником, О. Н. Галактионовым, В. М. Лукашевичем, А. В. Кузнецовым и др. [2], [6].

При варианте 1 (заготовка балансов на лесосеке, прямая вывозка их потребителю, их окорка и производство окоренной щепы на ЦБК) на рубках главного пользования, проходных рубках и при прореживании, соответственно 59,0; 66,0 и 66,2 % затрат приходится на трелевку сортиментов. Достаточно высокая доля затрат приходится и на комплекс валка-обрезка сучьев-раскряжевка, если по всем другим вариантам на подготовку к трелевке затрачивается 2,9-3,6 % затрат, то по первому – 17,2 %. Причем по первому варианту 76,2 % приходится на операции, выполняемые на лесосеке (для сравнения: по второму – 28,8 %, по третьему – 44,2 %). Совершенствование форвардеров и снижение затрат на доставку биомассы дерева к месту погрузки (верхнему лесоскладу) является важнейшим резервом повышения эффективности производства сортиментов на лесосеке.

При варианте 2 (заготовка на лесосеке хлыстов, вывозка их на верхний лесосклад, производство окоренной щепы на нижнем лесоскладе и вывозка ее на ЦБК) на рубках главного пользования и проходных рубках соответственно 44,4 и 40,5 % затрат приходится на переработку древесного сырья на щепу. На рубках главного пользования этот показатель в 5,4 раза ниже, чем по первому варианту из-за того, что на нижнем лесоскладе значительно менее производительное оборудование, чем на бирже ЦБК.

Базой для формирования комплекса новых сквозных технологий послужил морфологический анализ и положения, сформулированные для приложений функционально-технологического анализа в лесной промышленности [3], [8]. С учетом изложенного построена морфологическая матрица области формирования вариантов сквозных технологических процессов.

«Морфологический ящик» построен для совокупности базовых морфологических признаков: 1 – предмет труда (вход в процесс); 2 – назначение продукции, выход из процесса; 3 – место производства щепы; 4 – место отделения (обрезки) сучьев от ствола дерева; 5 – основные базовые

операции; 6 – совмещение операций, выполняемых одной машиной; 7 – место сортировки хлыстов (деревьев, сортиментов); 8 – место окорки древесины; 9 – место сортировки (облагораживания) щепы. 10 – отходы, образующиеся при производстве щепы.

Как показал функционально-технологический анализ, имеется реальная возможность эффективного совмещения двух названных операций в одной установке для групповой обработки древесного сырья. Благодаря совмещению двух операций на очистке деревьев от сучьев и окорке используется одна техническая система, у которой расширение функциональных возможностей опережает рост ее сложности [7], [8].

Новое направление, основанное на групповой очистке деревьев от сучьев и их окорке в одной установке, особенно актуально в связи с имеющейся тенденцией роста объемов древесного сырья, заготовленного при выборочных рубках леса. При этом возрастает объем тонкомерных деревьев, древесина которых пригодна преимущественно для производства технологической щепы.

Реализация нового направления требует решения вопросов транспортировки деревьев или их частей к месту групповой обработки, отработки процесса групповой очистки от сучьев и окорки древесного сырья, обеспечения промышленного использования получаемых при обработке в барабанах отходов в качестве топлива.

На основе выполненного анализа была сформулирована гипотеза о целесообразности создания технологических процессов и оборудования для одновременной групповой очистки древесного сырья от сучьев и коры [7], [8].

С учетом специфики процесса групповой очистки для подтверждения высказанной гипотезы возникла необходимость проведения широкомасштабных экспериментальных исследований. Процесс групповой очистки отрезков деревьев от сучьев и коры исследован в барабанах КБ-3, КБ-6. Исследования в барабане КБ-6 проведены при отрицательной

температуре ($-8...10^{\circ}\text{C}$); в барабанах КБ-3 в Суоярвском (при температуре $+18...22^{\circ}\text{C}$) и в Ладвинском КЛПХ при температуре $+8...10^{\circ}\text{C}$.

Анализ качества обработки отрезков деревьев с сучьями и без сучьев в барабане КБ-6 при отрицательной температуре свидетельствует о том, что для сосны и ели в этих условиях обеспечивается полное (до 100 %) отделение сучьев.

Продолжительность обработки сосновых отрезков с сучьями колебалась от 60 до 111 мин, в среднем – 90 мин; без сучьев – от 64 до 125 мин, в среднем – 91 мин. Продолжительность обработки еловых отрезков с сучьями 65...118 мин; без сучьев – 61...108 мин, в среднем соответственно 90 и 81 мин.

Продолжительность пребывания еловых отрезков с сучьями в барабане по сравнению с отрезками без сучьев была больше на 11 %. Показатели качества очистки отрезков деревьев от сучьев и коры в барабане КБ-6 при отрицательной температуре приведены в таблице № 1.

Таблица № 1

Качество очистки отрезков деревьев от сучьев и коры в барабане КБ-6 при отрицательной температуре

<i>Порода древесины</i>	<i>Средняя длина, м</i>	<i>Средний диаметр, см</i>	<i>Качество отделения сучьев, %</i>	<i>Качество окорки, % отрезков</i>	
				<i>с сучьями</i>	<i>без сучьев</i>
<i>Ель</i>	1,48	8,4	100	72	65
<i>Сосна</i>	1,58	8,2	100	95	92

Из таблицы № 1 видно, что качество окорки еловых отрезков с сучьями в среднем составило 72 %, сосновых – 95 %. Зимой у отрезков, загруженных с сучьями, качество окорки не хуже, чем у отрезков, загружаемых в барабан

без сучьев (качество окорки таких отрезков для сосны соответственно 95 и 91, для ели – 72 и 65 %). Этот фактор может быть объяснен тем, что зимой сучья обламывались в первые минуты обработки, а образовавшиеся на боковой поверхности отрезков участки излома являются концентраторами напряжений, интенсифицирующих окорку.

При исследованиях в барабан КБ-3 загружали смесь отрезков с кроной и без кроны, количество отрезков с кроной соответственно 20 и 50 % от общего объема. Коэффициент загрузки барабана составил 0,5. Через каждые 10-15 мин барабан останавливали и замеряли модельные отрезки. Была выявлена тесная взаимосвязь качества очистки отрезков деревьев от сучьев и коры от продолжительности их обработки в барабане. Процессы очистки от сучьев и коры отрезков ели и сосны отличаются друг от друга.

У сосны отделение сучьев и коры начинается, протекает и заканчивается практически одновременно, у ели начало отделения коры запаздывает по отношению к процессу отделения сучьев. По мере увеличения количества отделившихся сучьев интенсивность процессов отделения у ели сучьев и коры выравнивается и заканчивается примерно одновременно, приближаясь к 95...100 % через 20...45 мин соответственно у сосновых и еловых отрезков.

Различие процессов очистки отрезков ели и сосны объясняется физическим строением их кроны. У сосны крупные сучья, обломившись в барабане, интенсифицируют окорку, а мелкие сучья ели, находясь на стволе, препятствуют его соприкосновению с ножами окорочного барабана.

Полученные зависимости свидетельствуют о том, что в первые 15...20 мин обработки в барабане отрезки ели очищаются от 64...73 % сучьев, через 40-45 мин – от 85...94 %. Оставшиеся сучья за этот период времени ломаются, но не теряют окончательной связи с отрезком. При содержании в общем объеме сырья 20 % отрезков ели с сучьями качество их окорки через 20 мин составило 52, через 40 мин – 90 % (без сучьев – соответственно 70 и 87 %). При содержании в сырье 50 % отрезков ели с сучьями, качество

околки составило: через 15 мин – 32, через 30 мин – 66, через 45 мин – 94 % (без сучьев - соответственно 30, 54 и 81 %).

В Ладвинском леспромхозе исследована очистка отрезков сосны месячной давности рубки. Средняя длина отрезка – 1,6 м. Доля отрезков с кроной в общем количестве образцов составила 20 %, степень загрузки барабана – 0,5. Полученные при исследованиях данные свидетельствуют, что за 10 мин отделилось 86 % сучьев и 83 % коры, за 20 мин отрезки свежесрубленной сосны полностью очищаются от сучьев и коры. По времени процессы отделения сучьев от отрезков деревьев и их околки совпадают.

Результаты исследований подтвердили выдвинутую гипотезу и доказали перспективность создания технологии и многофункционального оборудования, совмещающего функции очистки древесного сырья от сучьев и коры.

С использованием ФТА разработаны технические решения, реализованные КарНИИЛПом при создании бункерной сучкорезно-окорочной машины [7], [8]. Процесс очистки отрезков деревьев от сучьев и коры исследован на экспериментальных образцах сучкорезно-окорочных машин, включающих бункер (внутренние размеры: длина – 4,3; ширина сверху – 2,6, внизу – 1,7, высота – 1,75 м) на колесном шасси с перемешивающим механизмом. Перемешивающий механизм (одного образца – в виде поперечных цепей, второго – в виде кулачковых валов) выполнен реверсивным, а отбойная стенка в нижней части снабжена выгрузочным люком с приемным столом.

В сучкорезно-окорочной машине обрабатывали пачки отрезков деревьев объемом 1,5...3,0 м³. 70 % сучьев отделялось от отрезков тонкомерных деревьев при скорости 0,8...1,2 м/с за 0,8 мин, длина остающихся на отрезках сучьев не превышала 4 см. С увеличением скорости с 0,3...0,5 до 0,8...1,2 м/с качество очистки изменяется незначительно (на 2,0...2,5 %). Зимой сучья интенсивно обламываются (70 % у сосны за 0,7 мин, у ели за 1,2 мин). При положительной температуре отрезки ели

окашиваются в сучкорезно-окорочной машине на 70 % за 4, сосны – за 5, осины – за 7 и березы – за 10 мин. При отрицательной – продолжительность окорки отрезков деревьев резко возрастает и для достижения 70-процентного качества окорки (для получения щепы марки Ц-3) составляет для осины – 13, сосны – 19, березы – 31, ели – 60 мин.

Таким образом, процессы групповой очистки тонкомерного древесного сырья от сучьев и коры могут быть успешно осуществлены одной технической системой барабанного или бункерного типа. Получены зависимости для определения: профиля днища бункера, профиля поперечного сечения переходного участка бункера и упорной стенки, угла функционирования кулачка, угла наклона отбойной стенки, взаимного положения кулачка и внутренней поверхности бункера, параметров кулачка, взаимного положения осей кулачков и их минимальной высоты, а также максимальной скорости вращения кулачковых валов, предельного угла динамической устойчивости.

Вышеизложенное обуславливает и специфика рынка потребителей древесной биомассы в Северо-Западном федеральном округе предопределяет потенциал совмещения операций обработки древесины в рамках следующих сквозных технологий:

При варианте 3 (заготовка и вывозка отрезков деревьев на ЦБК и производство из них окоренной щепы целлюлозно-бумажного назначения) на долю транспортно-переместительных операций (трелевки и вывозки) на рубках главного пользования при $K_p = 0,24$ приходится 80,1 % от общих затрат, что связано с низкой полндревесностью перевозимого сырья – отрезков деревьев с сучьями. По этому варианту на лесосеке выполняется 44,2 % затрат. Основной резерв повышения эффективности такой сквозной технологии кроется в совершенствовании транспортно-переместительных операций и повышении полндревесности транспортируемых отрезков деревьев с кроной. Важным достоинством такой технологии является резкое уменьшение затрат на лесосечных работах и концентрация кроны деревьев

для их использования после групповой очистки деревьев от сучьев и окорки в качестве биотоплива на бирже ЦБК.

При варианте 4 (производство окоренной щепы целлюлозно-бумажного назначения на лесосеке и вывозка ее на ЦБК) на транспортно-переместительные операции приходится 54,3 % затрат, из них 26,8 % приходится на вывозку щепы автомобилями-щеповозами и 27,5 на трелевку отрезков деревьев. Наиболее затратная операция по этому процессу – производство окоренной технологической щепы на лесосеке. Всего на лесосечные операции по четвертому варианту приходится 73,2 % затрат. Важнейшей задачей при внедрении такой технологии является создание эффективной сучкорезно-окорочной машины для работы на лесосеке, при создании которой могут быть использованы результаты наших исследований [1], [7], [8].

При варианте 5 (производство «коричневой» щепы на лесосеке и вывозка ее потребителю для использования в плитном производстве) 34,6 % затрат приходится на трелевку отрезков деревьев, 32,2 % – на производство щепы на лесосеке и 29,6 – на вывозку щепы (необходимо учесть, что это единственный из рассмотренных вариантов, предусматривающий получение щепы для плитных производств). Всего на лесосечные операции по пятому варианту приходится 70,4 % затрат. Перспективность такой сквозной технологии подтверждена исследованиями [6].

Работа выполняется при финансовой поддержке Программы стратегического развития ПетрГУ в рамках реализации комплекса мероприятий по развитию научно-исследовательской деятельности.

Литература:

1. Васильев, А.С. Проблемно-ориентированные исследования процессов групповой окорки древесины [Текст]: Монография / А.С. Васильев. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2012. – 84 с.

2. Шегельман, И.Р. Малозатратные и ресурсосберегающие технологии на лесозаготовках [Текст]: Учебное пособие / И.Р. Шегельман, В.И. Скрыпник, О.Н. Галактионов, В.М. Лукашевич – Петрозаводск: ПетрГУ, 2012. – 196 с.

3. Шегельман, И. Р. Исследование направлений модернизации техники и технологии лесозаготовок [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №1. – Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/866> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

4. Шегельман, И.Р. К построению методологии анализа и синтеза патентоспособных объектов техники [Электронный журнал] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №3. – Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/908> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

5. Шегельман, И.Р., Будник П.В. Классификация сквозных технологий заготовки биомассы дерева [Текст] // Перспективы науки, 2012. – № 4(31). – С. 90-92.

6. Шегельман, И.Р. Научная школа: Научные основы формирования сквозных технологий лесопромышленных производств [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.famous-scientists.ru/school/948> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

7. Шегельман, И.Р. Обоснование технологических и технических решений для перспективных технологических процессов подготовки биомассы дерева к переработке на щепу [Текст]: дис. ... докт. техн. наук: 05.21.01 / Шегельман Илья Романович. – СПб., 1997. – 261 с.

8. Шегельман, И.Р. Функционально-технологический анализ: метод формирования инновационных технических решений для лесной промышленности [Текст]: Монография / И.Р. Шегельман. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2012. – 96 с.

9. Gerasimov Y. Estimation of machinery market size for industrial and energy wood harvesting in Leningrad Region / Gerasimov Y., Karjalainen T. // Croatian Journal of Forest Engineering, 2012. – № 33(1). – Pp. 49-60.

10. Gerasimov Y. Development Program for Improving Wood Procurement in Northwest Russia Based on SWOT Analysis / Y. Gerasimov, T. Karjalainen T. // Baltic Forestry, 2008. – № 14 (1). – Pp. 87-92