

УДК 674.023; 674.093; 674.053

UDC 674.023; 674.093; 674.053

**ПОТЕНЦИАЛ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ  
В ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ КРУГЛЫХ  
ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ К ПЕРЕРАБОТКЕ  
НА ЩЕПУ**

**RESOURCE-CONSCIOUS TECHNOLOGY  
OPPORTUNITIES IN ROUND WOOD  
PREPARATION FOR CHIP PROCESSING**

Девятникова Людмила Анатольевна  
аспирант  
*Петрозаводский государственный университет,  
Республика Карелия, Россия*

Devyatnikova Lyudmila Anatolievna  
postgraduate student  
*Petrozavodsk State University, Republic of Karelia,  
Russia*

В статье рассмотрены возможности ресурсосбережения на отдельных стадиях древесно-подготовительного цикла целлюлозно-бумажного комбината и согласования технологических звеньев

The article presents the opportunities for wood resource saving at specific stages of round wood preparation cycle and for technological operations coordination at a pulp and paper mill

Ключевые слова: ДЛИНА БРЕВЕН, РАСКРОЙ, ОКОРКА, ТРАНСПОРТИРОВКА ДРЕВЕСИНЫ, КАЧЕСТВО ЩЕПЫ

Keywords: LENGTH OF LOGS, BREAKING DOWN LOG, BARKING, WOOD TRANSPORTATION, CHIP QUALITY

**Введение**

На долю Карелии, большая часть территории которой покрыто лесами, приходится примерно четверть объема общероссийского производства бумаги, более трети газетной бумаги. Лесопромышленный комплекс республики во многом влияет на общее состояние социально-экономического развития Карелии, а ситуация в отрасли определяется двумя мощными целлюлозно-бумажными комбинатами (ЦБК) в Кондопоге и Сегеже [18].

Проблемы приготовления щепы для производства целлюлозы, привлекают большое внимание производителей и исследователей, поскольку качество сырья оказывает основное влияние на: режим варки целлюлозы, ее выход, количество отходов сортирования, прочностные свойства полуфабриката и, в конечном итоге, на себестоимость продукции. Доля древесного сырья в себестоимости целлюлозы составляет не менее 50 %, поэтому проведение комплексного исследования влияния качества щепы на свойства полуфабрикатов является весьма актуальным [13, 14].

Необходимость совершенствования технологических операций и соответствующего оборудования обусловлена новыми, более высокими

требованиями к производительности оборудования, к уменьшению затрат энергии и других ресурсов, идущих на выпуск полуфабриката и конечной продукции более высокого качества. В этой связи появляется ряд многоплановых и достаточно сложных проблем, каждая из которых требует решения взаимосвязанных задач.

Качество продукции, затраты энергии и других ресурсов на её выпуск зависят от технико-экономических показателей, конструктивных характеристик оборудования и технологических параметров на всех стадиях. Поэтому необходимо совершенствовать как отдельные операции производства, так и рассматривать вариативную возможность совершенствования всего древесно-подготовительного цикла в целом. В большинстве известных публикаций исследуется, как правило, одна из операций древесно-подготовительного цикла [1, 16].

К числу немногочисленных работ, в которых рассматривается взаимосвязь отдельных технологических операций древесно-подготовительного цикла, относятся монографии [1, 2, 6].

Древесно-подготовительный цикл целлюлозно-бумажного комбината (ЦБК) представляет собой цепочку технологических операций, на входе которой – круглые неокоренные лесоматериалы, а на выходе – технологическая щепка, являющаяся, в свою очередь, сырьем для варки целлюлозы. Поступающее на комбинаты древесное сырье отличается разнообразием, а древесно-подготовительное производство предназначено для того, чтобы минимизировать отходы и вовлечь в основной процесс максимально возможный объем сырья [7, 15].

### **Существующая технология производства щепы**

Приемка и хранение круглых лесоматериалов на ЦБК.

Функциональное назначение этой технологической операции: количественная и качественная оценка поступивших на переработку

круглых лесоматериалов.

При приемке древесины, поступившей на целлюлозно-бумажное предприятие от лесозаготовителей, оценка ее качества имеет исключительно важное значение, так как качество балансов является существенным фактором в производстве целлюлозы и древесной массы. Эта оценка балансов производится по внешним признакам – диаметру, длине, степени механических и биологических повреждений. Также Большое значение также имеют способ складирования и условия хранения необработанных лесоматериалов (рис. 1). В работе [11] эта проблема описана достаточно подробно.



Рисунок 1. Приёмная площадка круглых лесоматериалов  
древесно-подготовительного цеха

С приёмной площадки принятая древесина пачками поступает на раскатной стол, а затем – в разобщик бревен (рис. 2). Далее поперечным цепным конвейером транспортируется таким образом, чтобы был образован однослойный поток бревен, подаваемых на слешерную установку для раскря на балансы (рис. 3).



Рисунок 2. Раскатной стол и разобщик бревен



Рисунок 3. Круглые лесоматериалы на разобщике бревен перед подачей на слешерную установку

Выделим факторы [7, 15], которые определяются на операции подготовки круглых лесоматериалов к раскрою и влияют на качество технологической щепы:

- породный состав;

- плотность древесины;
- пороки и дефекты;
- однородность партии;
- размерные характеристики.

Если длина поступивших балансов не будет кратна шагу пил при раскросе, то неизбежно образуются короткие отрезки бревен, негативное влияние которых в дальнейшем на производство технологической щепы описано в работах [3, 9, 10]. Балансы различного диаметра, а также имеющие явную кривизну, видимые и невидимые повреждения ухудшают процесс отделения коры [1, 6, 19].

На операции приемки, наряду с количественным учетом, возможно производить и сортировку нераспиленной древесины до поступления ее на слешерную установку. Сортировка, несомненно, приведет к уменьшению отходов на стадии древесно-подготовительного цикла и к улучшению качества технологической щепы.

### **Раскрой круглых лесоматериалов на слешерной установке**

Слешерная установка (слешер) предназначена для раскроса поступившей на переработку круглой древесины на балансы нужной длины.

Слешер – это станок непрерывного действия для распиливания хлыстов и других лесоматериалов на несколько частей за одно надвигание без чередования его с обратным ходом. Он относится к многопильным станкам, необходимым для распиловки лесоматериалов на части определенных размеров (рис. 4). Надвигание распиливаемых лесоматериалов на пилу является одновременно и движением подачи. Диаметр диска определяется толщиной бревна и обычно колеблется от 1000 до 1500 мм. Окружную скорость круглых пил принимают равной 50–70 м/с [11].

Расстояние между пилами выбирают так, чтобы избежать одновременного пиления всеми пилами. Для этого их располагают в определенном порядке, и расстояние между ними принимают в зависимости от расстояния между рабочими органами механизма надвигания (см. рис. 4). Преимущество этих многопильных станков с круглыми пилами заключается в том, что они позволяют обрабатывать большое количество древесных балансов. Количество пил слешера и расстояния между пилами выбираются в зависимости от длины распиливаемых стволов и заданной длины отрезков.



Рисунок 4. Слешерная установка с четырьмя пилами

Рассмотрим работу слешерной установки на примере конкретного ЦБК, специализирующегося на производстве газетной бумаги. Длина подаваемых на распил круглых лесоматериалов составляет от 3,0 до 6,5 м. Слешер оборудован 4 пилами с расстоянием между ними 1,25 м (см. рис. 4). Расстановка пил с таким шагом позволяет получать балансы требуемой длины – 1,2 м. Такая длина балансов обусловлена конструктивными

характеристиками загрузочной шахты дефибрера на ЦБК.

При существующей на предприятии расстановке пил на слешерной установке, процесс образования короткомеров неизбежен, т.к. длина распиливаемых бревен не всегда кратна расстоянию между пилами.

На операции раскроя древесины фактором, влияющим на дальнейшее качество щепы, является соотношение балансов стандартного размера, длина которых составляет 1,2 м, и короткомеров, длина которых меньше стандартного размера, т.е. менее 1,2 м. Наличие короткомеров в потоке балансов, подаваемых на измельчение в рубительную машину, оказывает отрицательное влияние на фракционный состав щепы [3, 8].

Потенциалом ресурсосбережения на данной технологической операции будет являться один из рассмотренных вариантов:

1) изменение расстояния между пилами для минимизации образования короткомеров с учетом длины подаваемых на распил бревен;

2) удаление крайней пилы на слешере для исключения образования короткомеров (в этом случае возможно появление балансов, длина которых превышает стандартную, что является допустимым именно для производства щепы, т.к. рубительная машина позволяет обрабатывать балансы длиной до 3 м. Однако при принятии этого варианта необходимо рассмотреть возможность организации отдельного конвейера для подачи балансов в рубительную машину, если существующий не рассчитан на транспортировку балансов такой длины);

3) предварительная сортировка круглых лесоматериалов с учетом расстояния между пилами, позволяющая получать балансы стандартной длины;

4) организация отдельной линии для удаления и утилизации короткомеров при сохраненной технологии распила.

### **Транспортировка балансов на окорку**

Назначение этой технологической операции – доставка распиленных балансов от слешерной установки к загрузочному устройству корообдирочного барабана посредством ленточного транспортера и роликового конвейера – рольганга.

На этапе транспортировки пиленой древесины в корообдирочный барабан для отбраковки короткомеров на конвейерах предусмотрены провалочные окна (рис. 5). Однако при наблюдении за этим процессом выяснилось, что в провалочные окна попадают не все короткомеры. Часть их попадает в корообдирочный барабан, что приводит к нерациональным затратам времени, энергии и других ресурсов на их обработку, при том, что окорка является дорогостоящей и трудоемкой операцией в подготовке древесного сырья [11]. На рисунке 6 показан короткомер в общем потоке балансов, миновавший провалочные окна. Одной из причин того, что короткомер миновал провалочные окна является сцепление балансов разной длины в один массив, чему способствуют большие силы трения по боковой поверхности контактирующих балансов, а также наличие сучков и неровностей. Для преодоления этих сил и разобращения балансов необходимо определенное динамическое воздействие, что, однако, не предусмотрено существующей конструкцией рольганга.

В качестве потенциала ресурсосбережения на стадии транспортировки можно предусмотреть изменение конструкции роликов конвейера с целью создания циклически повторяющихся вертикальных перемещений транспортируемых лесоматериалов. Это, предположительно, даст технический эффект, выражающийся в повышении эффективности автоматической сортировки по длине перемещаемых с помощью рольганга лесоматериалов, т.е. к более качественной отбраковке короткомеров для предотвращения попадания их на дальнейшую обработку. Техническая реализация такой модернизации рольганга вполне осуществима и не

требует больших затрат на ее реализацию [20].



Рисунок 5. Провалочные окна на транспортере для удаления короткомеров



Рисунок 6. Балансы на поворотном участке конвейера, прошедшие провалочные окна

### Окорка

Окорке (очистке от коры) подлежат все лесоматериалы либо по условиям применения их в готовом виде, либо по условиям их дальнейшей переработки [1]. Балансы, используемые в целлюлозно-бумажном производстве, должны быть подвержены чистой окорке, т.к. продукция высокого качества требует высокой степени очистки древесины от коры.

Окорка древесины относится к одной из наиболее дорогих и трудоемких операций, технология которой зависит от физико-механических свойств и состояния коры на древесине. Вследствие этого процесс окорки древесины всегда организуется с неременным учетом

особенностей структуры, механической прочности коры, сил ее сцепления с древесиной. Для облегчения удаления коры с древесины весьма часто процессу окорки предшествует предварительная подготовка древесины, направленная на повышение влажности и в холодное время года – температуры. Еловый баланс, заготовленный из свежесрубленной древесины, хорошо окоряется при влажности коры не ниже 50 %. С понижением влажности качество окорки постепенно ухудшается и при влажности ниже 40 % прекращается полностью [11].

На ЦБК для окорки используют корообдирочные барабаны, рассчитанные на групповую окорку древесины при непрерывном вращении. Широкое распространение корообдирочных барабанов в целлюлозно-бумажном производстве объясняется их сравнительно высокой производительностью и способностью хорошо вписываться в технологические потоки древесно-подготовительных цехов [11]. Оптимальные условия окорки древесины создаются при заполнении сечения барабана примерно на 60 %, при котором работа трения соответствует максимуму. Необходимо учитывать внешние и внутренние повреждения волокон при очистке балансов от коры в корообдирочных барабанах. В работах [1, 5, 6, 19, 21, 23] обращено внимание на необходимость подбора таких конструктивных и технологических параметров корообдирочных барабанов, которые позволят уменьшить избыточно большие силы при взаимодействиях балансов друг с другом и с корпусом барабана, так как это приводит к «размочаливанию» торцов (рис. 7) [19].



Рисунок 7. Повреждения древесины после очистки в корообдирочном барабане

В работе [9] отмечено, что в корообдирочном барабане древесина сортиментов длиной 0,8 м и менее повреждается в существенно большей степени, чем древесина балансов, длина которых равна 1,2 м и более. Таким образом, на этой технологической стадии выявляется негативное влияние короткомеров, выражающееся в нерациональных затратах ресурсов на сырьё, заведомо малоприспособленное для производства кондиционной технологической щепы. В работах [3, 8, 10] представлены данные о негативном влиянии короткомеров, прошедших все стадии древесно-подготовительного цикла на качество технологической щепы. Согласно экспериментальным данным, наибольший выход технологической щепы получается из балансов длиной от 1,2 до 2,5 м. При добавлении к ним короткомеров уменьшается выход технологической щепы, но и увеличивается выход крупной некондиционной щепы и отсева.

В качестве потенциала ресурсосбережения на стадии удаления коры можно предложить:

1) подбор конструктивных и технологических параметров корообдирочных барабанов, которые позволят если не полностью

исключить, то уменьшить возможность появления как избыточно больших сил при соударениях балансов друг с другом и с корпусом барабана, так и сил, недостаточных для разрушения коры и, следовательно, для очистки баланса;

2) исключение (ограничение) поступления короткомеров в корообдирочный барабан для уменьшения непроизводительных затрат времени, труда и других ресурсов, направленных на окорку массива балансов.

### **Измельчение балансов на щепу**

Щепа представляет собой измельчённую древесину в виде частиц установленных размеров и формы. Получение щепы происходит в результате переработки древесного сырья рубительными машинами и специальными устройствами. Требования к технологической щепе для целлюлозно-бумажного производства регламентируются условиями технологического процесса варки целлюлозы.

При производстве технологической щепы наибольшее распространение получили дисковые рубительные машины (ДРМ), так как они обладают целым рядом очевидных преимуществ. Среди них можно упомянуть относительную простоту эксплуатации и обслуживания, надёжность в работе и возможность получения технологической щепы при переработке практически любых видов сырья [4].

При проведении исследования, описанного в работе [3] измельчение древесины в щепу производилось дисковой рубительной машиной со следующими техническими характеристиками: диаметр ножевого диска – 2500 мм; количество радиально расположенных на диске ножей – 15 штук; частота вращения диска – 365 мин<sup>-1</sup>. Конструкция машины рассчитана на переработку древесины длиной от 800 до 3000 мм, диаметром от 60 до 625 мм. Режущий аппарат в период исследований был настроен на

производство щепы длиной 20 мм. Сырьем для производства щепы служили еловые балансы, причем встречались различные части ствола диаметром от 5 до 50 см. На рубительную машину балансы поступали непосредственно после корообдирочного барабана длиной от 10 см до 2,5 м. Визуально оценивалось содержание короткомеров в потоке сырья на конвейере между корообдирочным барабаном и рубительной машиной. Доля короткомеров в общем массиве балансов составляла от 38 до 68 %.

В различное время суток проводился фракционный анализ щепы, вырабатываемой рубительной машиной. Для анализа отбиралась щепа, поступающая на сортировку после рубительной машины.

Согласно результатам проведенного исследования, уменьшение доли короткомеров в технологическом потоке сырья, направляемом в дисковую рубительную машину для переработки на щепу с 68 % до 38 %, позволяет получить положительный технико-экономический эффект. Он выражается в том, что массовая доля кондиционной щепы повышается на 3 %. При этом доли крупной некондиционной щепы и мелких фракций уменьшаются, соответственно, на 0,7 % и 2,3 %.

Увеличение количества крупной некондиционной щепы объясняется тем, что загрузочный патрон, рассчитанный на подачу к ножевому диску балансов длиной не менее 0,8 м, не в состоянии правильно расположить короткомеры при подаче. Они разворачиваются и вместо поперечно-торцевого резания происходит продольное и (или) поперечное. Это и вызывает рост доли крупной фракции в щепе при возрастании доли короткомеров в сырье, подаваемом в рубительную машину. Появление в щепе мелкой некондиционной фракции объясняется тем, что при групповой очистке от коры в корообдирочном барабане короткомеры подвергаются более сильным механическим повреждениям, тем самым провоцируя при производстве щепы повышение массовой доли мелкой фракции и отсева.

### Выводы

Таким образом, можно констатировать, что фракционный состав щепы определяется качеством подготовки древесного сырья для рубительной машины на всех предыдущих операциях древесно-подготовительного цикла. Появление короткомеров в общем массиве балансов приводит к ухудшению качества технологической щепы. В данной работе рассмотрены пути ресурсосбережения на каждой из вышерассмотренных операций древесно-подготовительного цикла ЦБК, которые необходимо организовать так, чтобы минимизировать или вообще исключить образование короткомеров. Согласование каждой технологической операции с предыдущей и последующей, несомненно, приведет к экономии ресурсов в целом и к увеличению качества технологической щепы, как конечного продукта.

Заметим, что вопросы согласования за счет совмещения технологических операций рассмотрены в отдельных работах, к числу которых относятся работы [12, 17].

В работе [17] исследовано совмещение в рубительной машине операций рубки и окорки древесины после предварительной гидротермической обработки. Однако остаточное содержание коры в щепе при таком способе обработке древесины составляет 3,5–4,0 %, что, согласно ГОСТ 15815-83 «Щепа технологическая. Технические условия», соответствует только маркам щепы ГП-1, ПВ, ПС, т.е. имеет ограниченную область применения.

В работе [12] описан метод производства технологической щепы с помощью сучкорезно-окорочно-дробильных установок, с успехом используемый в США, Канаде и Австралии. Опыт применения таких установок в России, рассмотренный в работе [22], показал, что ни на одном из российских предприятий преимущества данной технологии не

использовались в полной мере. Это объясняется недостаточным развитием лесотранспортной инфраструктуры и особенностями лесозаготовок в российских условиях. Кроме того, необходимо принимать во внимание, что переход на новые технологии переработки круглых лесоматериалов в короткие сроки неприемлем по условиям технической возможности и экономической целесообразности.

Поэтому особую актуальность приобретает проблема обоснования технологических решений, повышающих эффективность использования круглых лесоматериалов при переработке на щепу с использованием уже функционирующего оборудования. В этой связи появляется комплекс задач, в которых предметом исследований является согласованность технологических звеньев.

Рассмотрев все операции древесно-подготовительного производства, можно выделить следующие потенциальные пути ресурсосбережения:

1. На стадии приемки древесины от лесозаготовителей рациональной будет сортировка по диаметру, длине, степени механических и биологических повреждений и др. пороков древесины, которые могут приводить к появлению некондиционных фракций в технологической щепе, а также предварительная сортировка круглых лесоматериалов с учетом расстояния между пилами, позволяющая получать балансы стандартной длины.

2. Изменение расстояния между пилами для минимизации образования короткомеров с учетом длины подаваемых на распил бревен;

3. Удаление крайней пилы на слешере для исключения образования короткомеров.

4. Организация отдельной линии для удаления и утилизации короткомеров при сохраненной технологии распила.

5. На стадии транспортировки – изменение конструкции роликов конвейера для более качественной отбраковки короткомеров с целью

предотвращения попадания их на дальнейшую обработку.

6. Подбор конструктивных и технологических параметров корообдирочных барабанов, которые позволят если не полностью исключить, то уменьшить возможность появления как избыточно больших сил при соударениях балансов друг с другом и с корпусом барабана, так и сил, недостаточных для разрушения коры и, следовательно, для очистки баланса.

7. Исключение (ограничение) поступления короткомеров в корообдирочный барабан для уменьшения непроизводительных затрат времени, труда и других ресурсов, направленных на окорку массива балансов.

Комплексное решение этих задач позволит сократить количество древесных отходов, уменьшить затраты энергоресурсов, поскольку в современных условиях приоритетным является направление ресурсосбережения на всех стадиях производства.

#### Список литературы

1. Бойков С.П. Теория процессов очистки древесины от коры. – Л.: ЛГУ, 1980. – 152 с.
2. Вальщикова Н.М., Лицман Э.П. Рубительные машины: монография – М.: Лесная промышленность, 1980. – 96 с.
3. Васильев С.Б., Девятникова Л.А., Колесников Г.Н. Влияние технологии раскря балансовой древесины на фракционный состав щепы // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Вып. 195. СПб.: Изд-во СПбГЛТА, 2011. – С. 125–133.
4. Васильев С.Б., Симонова И.В. Влияние параметров дисковой рубительной машины // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2007. – № 6. – С. 78–82.
5. Влияние локальной жесткости корпуса корообдирочного барабана на изменение силы соударений и величину потерь древесины / С.Б. Васильев, Г.Н. Колесников, Ю.В. Никонова, М.И. Раковская // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки. № 96 – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2008. – С. 84–91.
6. Газизов А.М., Шапиро В.Я., Григорьев И.В. Влияние влажности на развитие процесса разрушения коры при роторной окорке // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2008. – № 6. С. 129 – 133.
7. ГОСТ 2140-81. Видимые пороки древесины. Классификация, термины и определения, способы измерения. – Взамен ГОСТ 1240-71; Введ. 01.01.82. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 121 с.
8. Девятникова Л.А., Васильев С.Б., Колесников Г.Н. Влияние технологии раскря балансов на фракционный состав щепы // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. М.: Изд-во

- МГУЛ, 2012. – № 3 – С. 120–124.
9. Девятникова Л.А. Комплекс задач по совершенствованию технологии и оборудования древесно-подготовительного цикла для производства целлюлозы // Материалы пятой международной научно-практической Интернет-конференции «Леса России в XXI веке». – СПб.: ЛТА, 2010. – С. 151–158.
  10. Девятникова Л.А., Никонова Ю.В., Городничина М.Ю. Влияние раскроя балансовой древесины на качество щепы // Материалы шестой международной научно-практической Интернет-конференции «Леса России в XXI веке». – СПб.: ЛТА, 2011. – С. 213–217.
  11. Житков А.В., Мазарский С.М. Хранение и подготовка древесного сырья в целлюлозно-бумажной промышленности. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 224 с.
  12. ЗАО «ЭКСПО-Трейд» Технологическая щепка высокого качества с минимальными затратами? Гарантируем! // «ЛесПромИнформ». – 2009. № 4 (62). – С. 74–76. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://lesprominform.ru/jarchive/articles/itemshow/694>
  13. Иванов К.А. Влияние качества щепы на величину и вариацию характеристик сульфатной целлюлозы: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.21.03/ Архангельск, 2009. 141 с.
  14. Иванов К.А. Пути повышения качества крафт-целлюлозы / К.А. Иванов, Ю.В. Севастьянова, Л.А. Миловидова, В.И. Комаров // Целлюлоза. Бумага. Картон. – 2008. – № 10. – С. 50–53.
  15. Качественные аспекты при заготовке и последующей переработке круглых лесоматериалов / Р. Стёд, А.В. Барбашин, П.М. Мелетеев, Э. Вяльккю, А.А.Селиверстов, С. Карвинен. – Йозенсуу: НИИ леса Финляндии, 2010. – 32 с.
  16. Козин Л.Ф. Оборудование для производства технологической щепы // Целлюлоза, бумага, картон. – 2005. – № 1. – С. 68–69.
  17. Левин В.Л. Снижение отходов древесины при производстве технологической щепы за счет совмещения операций окорки и рубки: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.06.03 / Ленинград, 1984. 133 с.
  18. Лесной комплекс Республики Карелия: состояние и пути развития / Под общ. ред. Е.Г. Немковича, А.Ф. Козлова. – Петрозаводск, Карельский научный центр Российской академии наук. Институт экономики, 2006. – 169 с.
  19. Никонова Ю.В. Обоснование конструктивно-технологических параметров корообдирочных барабанов с применением численного моделирования динамического взаимодействия балансов: Автореф. дис. канд. техн. наук. 05.21.01, 05.13.18. Петрозаводск, 2009. 147 с.
  20. Патент на полезную модель 117411 РФ, МПК В65G 13/11. Секция рольганга для сортировки транспортируемых лесоматериалов по длине / Г.Н. Колесников, С.Б. Васильев, Л.А. Девятникова, Н.А. Доспехова.
  21. Применение метода дискретных элементов в целях совершенствования технологического процесса очистки древесины в корообдирочном барабане / И.Р. Шегельман, А.С. Васильев, Г.Н. Колесников, Ю.В. Никонова // Известия СПбГЛТА. – Вып. 184. – 2008. С. 171–178.
  22. Суханов В.С. О повышении эффективности работы ЦБК за счет снижения затрат на производство сырья // Журнал «ЛесПромИнформ». – 2005. – № 3 (25). – С. 60–64.
  23. Шапиро В.Я., Григорьев И.В., Гулько А.Е. Анализ методов расчета параметров и обоснование математической модели разрушения коры при групповой окорке древесины // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки. – Петрозаводск, 2011. № 8. – С. 92–96.

## References

1. Boikov S.P.. The theory of the processes of cleaning wood from the cerebral cortex. - L.: Leningrad state University, 1980. - 152 p.
2. Loggers N.M., Litsman E.D.. Cutting machine: the monography - Moscow.: The forest industry, 1980. - 96 p.
3. Vasiliev S.B., Devyatnikova L.A., Kolesnikov G.N. The impact of technology of cutting pulpwood on the fractional composition of chips // Izvestiya-Saint-Petersburg forestry Academy. Vol. 195. SPb.: Publishing house of SPb FTA, 2011. - pp. 125-133.
4. Vasiliev S.B., Simonov I. Influence of the parameters of the disk of cutting machine // Izvestia of higher educational institutions. Lesnoi Zhurnal. - 2007. - № 6. - pp. 78-82.
5. Influence of local rigidity of the housing unit on changing the strength of the impacts and loss of timber / S.B.. Vasiliev, G.. Kolesnikov, YU.V. Nikonov, M.. Rakovskaya // scientific notes of Petrozavodsk state University. Series: Natural and technical Sciences. № 96 - Petrozavodsk: Izd-vo PetrSU, 2008. pp 84-91.
6. Gazizov A.M., Shapiro V.YA. Influence of humidity on the development of the process of destruction of the crust in the rotor // Bulletin of Moscow state forest University - the Forest Bulletin. - 2008. - № 6. pp. 129 - 133.
7. GOST 2140-81. Visible defects of the wood. Classification, terms and definitions, measurement methods. - Instead of GOST 1240-71; M.: Publishing house of the standards, 1997. - 121.
8. Devyatnikova L.A., Vasiliev S.B., Kolesnikov G.N. The impact of technology of cutting-out of balances on the fractional composition of chips // Forest Bulletin. M.: Izd-vo 2012. - no. 3 - P. 120-124.
9. Devyatnikova L.A. A complex of tasks on improvement of technologies and equipment wood-preparatory cycle for the production of pulp // proceedings of the fifth international scientific-practical Internet-conference «Forests of Russia in the XXI century». - SPb.: SW, 2010. - pp. 151-158.
10. Devyatnikova L.A., Nikonov V., Gorodichina M.YU. The influence of the cutting pulpwood on the quality of the chips // Materials of the sixth international scientific-practical Internet-conference «Forests of Russia in the XXI century». - SPb.: "TA, 2011. - pp. 213-217.
11. Zhitkov A.V., Mazarskiy S.M.. Storage and preparation of wood raw material in the pulp and paper industry. - M.:, 1980. - 224 p.
12. ZAO «EXPO-trade» Technological wood chips of the highest quality with minimal costs? Guarantee! // «LesPromInform». - 2009. № 4 (62). - pp. 74-76. [Electronic resource]. Mode of access: <http://lesprominform.ru/jarchive/articles/itemshow/694>
13. Ivanov, K.A. Influence of the quality of the chips on the magnitude and variation of the characteristics of sulphate pulp: Sciences: 05.21.03/ Arkhangelsk, 2009. 141 pp.
14. Ivanov, K.A. Ways of increasing the quality of Kraft pulp / K.A. Ivanov, Y.U. Sevastyanov, L.A. Milovidov, V.I. Komarov // Cellulose. Paper. Cardboard. - 2008. - № 10. - pp. 50-53.
15. Qualitative aspects of the preparation and the subsequent processing of round timber / - Joensuu: Finnish forest research Institute, 2010. - 32 p.
16. L. F. Kozin. Equipment for the production of pulp chips // Pulp, paper, and cardboard. - 2005. - № 1. - pp. 68-69.
17. V. L. Levin. Reduction of waste wood in the production of pulp chips due to combination of operations debarking and logging: Sciences: 05.06.03 / Leningrad, 1984. p133.
18. The forest complex of the Republic of Karelia: state and ways of development / Ed.. E.G.. Edit, A.F. Kozlova. - Petrozavodsk, Karelian scientific centre of the Russian

Academy of Sciences. Institute of Economics, 2006. - p169.

19. Nikonov V. Substantiation of constructive-technological parameters корообдирочных the drums with the use of numerical modelling of dynamic interaction between the balance sheets: Sciences. 05.21.01, 05.13.18. Petrozavodsk, 2009. p147.

20. The patent for useful model 117411 of the Russian Federation, the IPC B65G 13/11. Section of the table to sort transported timber length / G.N. Kolesnikov, S. B.. Vasil'ev, L.. Devyatnikova, N.A.. Dospekhova.

21. Application of the method of discrete elements in order to improve technological process of cleaning wood / I.R. Shegelman, A.S. Vasiliev, G.. Kolesnikov, Y.V. Nikonov // Izvestiya SPb FTA. - Vol. 184. - 2008. pp. 171-178.

22. Sukhanov V.. About increasing the efficiency of the mill due to decrease in expenses on the production of raw materials // Journal of «LesPromInform». - 2005. - № 3 (25). - pp. 60-64.

23. Shapiro V.Y., Grigoryev I.V., Gulko A.E. Analysis of methods of calculation of parameters and justification of the mathematical model of destruction of the crust in a group окорке timber // scientific notes of Petrozavodsk state University. Series: Natural and technical Sciences. - Petrozavodsk, 2011. № 8. - pp. 92-96.