

На правах рукописи



Беляев Иван Николаевич

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО ВЫХОДА ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ В
ЗОНЕ УСЫХАЮЩИХ ЕЛОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ АРХАНГЕЛЬСКОЙ
ОБЛАСТИ**

05.21.01 – Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Архангельск – 2011

Работа выполнена в Северном (Арктическом) федеральном университете имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор

Морозов Владимир Станиславович

Научный консультант:

кандидат технических наук, доцент

Коновалов Анатолий Юрьевич

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор

Минаев Александр Николаевич

кандидат технических наук, доцент

Дербин Василий Михайлович

Ведущая организация:

ООО «Лесозавод-2» 163016,

г. Архангельск, ул. Октябрьская, 3, к.1

Защита диссертации состоится «21» декабря 2011 г. в 13 часов на заседании диссертационного совета Д 212.008.01 при Северном (Арктическом) федеральном университете имени М.В. Ломоносова (163002, г.Архангельск, наб. Северной Двины, д. 17. ауд.1220.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке С(А)ФУ

Автореферат разослан «18» ноября 2011 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета,

кандидат технических наук,

доцент



Земцовский А.Е

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В середине 2000-х годов лесная промышленность Архангельской области столкнулась с интенсивным усыханием еловых древостоев почти повсеместно по территории лесничеств области. Поврежденную усыханием древесину не берут на переработку ни лесозаводы, ни целлюлозно-бумажные комбинаты области, что автоматически переводит такие хлысты в разряд дровяных, минуя категории «пиловочник» и «баланс». Такой подход в ста процентах случаев приводит к резкому снижению эффективности проведения работ, вплоть до нулевого значения. Тем не менее, анализ исследований, посвященных проблеме использования сухостойной древесины, позволяет предположить, что некоторая доля поврежденных хлыстов, пройдя сортировку, могла бы быть отнесена в более высокие сорта и использоваться, в частности, при изготовлении конструкций строительного назначения. Такой подход, при определенных условиях, может повысить эффективность проведения работ в усыхающих древостоях и придать целесообразность разработке пораженных участков леса.

Помимо очевидного вреда лесной экономике, массовое усыхание ельников влечет за собой и другие проблемы для области – лесопожарную, экологическую, социальную. Решение задачи по повышению качественного выхода лесоматериалов в усыхающих древостоях Архангельской области позволит вовлечь в переработку дополнительные объемы древесины, повысить привлекательность лесной промышленности региона для сторонних инвесторов а, следовательно, снизить негативное влияние усыхания на экономическое, социальное и экологическое состояние области, что определяет актуальность этой задачи. Кроме того, заготовка древесины в зоне усыхающих лесов несет на

себе функциональную нагрузку по защите и охране лесов от пожаров, а в перспективе – по их воспроизводству.

Цель и задачи исследования. Целью настоящей диссертационной работы является повышение качественного выхода лесоматериалов в зоне усыхающих еловых древостоев Архангельской области.

В соответствии со сформулированной целью, установлены следующие задачи исследования:

1. Обзор исследований, посвященных проблемам усыхания древостоев и технологического использования поврежденных стволов;

2. Анализ возможных путей технологического применения сухостойной древесины;

3. Определение сортовых характеристик древесины, полученной из поврежденных усыханием стволов, дифференцированных по некоторым основным признакам;

4. Разработка рекомендаций по заготовке и работе с сухостойной древесиной;

5. Экспериментальная оценка выхода качественного сырья из древостоев различной давности усыхания.

Предмет, объект и методы исследования. Предметом исследования, проведенного в настоящей диссертационной работе, является качественный выход лесоматериалов в зоне усыхающих еловых древостоев Архангельской области.

Объектом исследования является сухостойный хлыст ели обыкновенной различной давности усыхания, произрастающей на территории Архангельской области.

Методологическая, теоретическая и эмпирическая база исследования.

Методами исследования в ходе написания работы послужили натурное обследование древостоев и отдельных хлыстов, натурные эксперименты, в ходе которых определялись механические свойства сухостойной древесины, математическое моделирование при использовании основных положений теории вероятностей и математической статистики, а также программирования. Обоснованность и достоверность исследований обеспечивалась сопоставлением результатов математических и производственных экспериментов.

Научная новизна:

1. Впервые для сухостойной ели обыкновенной, произрастающей на территории Архангельской области, определены основные механические характеристики древесины, дифференцированные по давности усыхания ствола;

2. Впервые для сухостойной ели обыкновенной, произрастающей на территории Архангельской области, разработана математическая модель, описывающая основные сортовые характеристики хлыста при помощи эмпирически полученных вероятностных закономерностей. Осуществлена практическая реализация модели в виде программы для ПК.

3. Разработаны рекомендации по технологии сортировки и раскряжевки сухостойных хлыстов. Предложены бесконтактный фотометрический метод оценки сухостойных хлыстов и адаптированная методика их раскряжевки.

Теоретическая и практическая значимость работы.

1. Разработаны рекомендации по повышению качественного выхода лесоматериалов в зоне усыхающих еловых древостоев Архангельской области.

2. Разработанная модель сухостойного хлыста, учитывающая изменения его сортовых характеристик в зависимости от различных факторов, а также ее

реализация в виде программы для ПК могут использоваться для предварительной оценки эффективности проведения работ в конкретном усыхающем древостое, при анализе наиболее рациональных схем раскряжевки и раскряса сухостойного хлыста, при проведении его бесконтактной оценки.

3. Внедрение в технологическую цепь проведения лесозаготовительных работ сформулированных рекомендаций позволит повысить эффективность разработки усыхающего древостоя, что подтверждено экспериментально.

4. Практическое внедрение результатов выполненных исследований способствует решению проблемы по повышению качественного выхода лесоматериалов в усыхающих еловых древостоях.

Апробация и реализация результатов диссертации. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на ежегодных международных научно-технических конференциях «Актуальные проблемы лесного комплекса» в г. Вологде 2009-2010 гг., а также на заседаниях кафедры строительной механики и сопротивления материалов Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова.

Публикации. Основные научные разработки по теме диссертации опубликованы в 4 научных печатных работах, в том числе 1-м издании центральной печати, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ, программа опубликована по лицензии GNU GPL 3.0.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, шести разделов, основных выводов и рекомендаций, библиографического списка и приложений. Общий объем работы изложен на 118 страницах машинописного текста и содержит 28 рисунков, 32 таблицы, 7 приложений на 14 страницах. Библиографический список включает 84 наименования.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, определены цель и задачи исследования, его предметы, объекты и методы, научная, теоретическая и практическая значимость работы.

В первом разделе проведен обзор исследований, посвященных проблемам усыхания древостоев и технологического использования поврежденных стволов.

Исследованием масштабов усыхания лесов в Архангельской области и ареалом распространения очага усыхания занимались специалисты Российского центра защиты леса, Комитета по экологии Архангельской области, сотрудники Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, ВНИИ лесоводства и механизации лесного хозяйства. Оценка производилась как в ходе лесопатологических обследований, так и на основе анализа спутниковых фотографий.

На рисунке 1 представлена динамика увеличения объемов сухостойной и усыхающей древесины на территории Архангельской области.

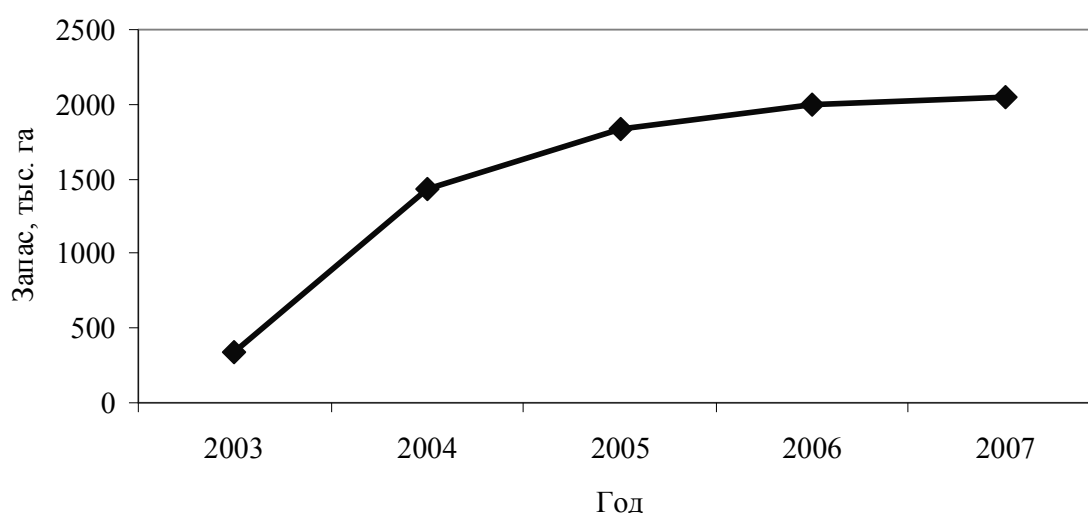


Рисунок 1 - Динамика увеличения объемов сухостойной и усыхающей древесины на территории Архангельской области.

Проблема усыхания древостоев не является уникальной для Архангельской области и Европейского Севера в целом. Наибольший объем исследований данного вопроса был осуществлен учеными Дальневосточного научно-исследовательского института лесного хозяйства (ДальНИИЛХ) в отношении темнохвойных лесов дальневосточного региона. Обширное усыхание ельников отмечено также на территории Ленинградской и Новгородской областей, Карелии, Псковской области, Московской, Брянской и Калужской областей. Помимо ельников, усыхают также сосновые леса (Ленинградская, Псковская, Костромская, Тверская обл.), ясенники и дубравы (Калининградская обл.). Из других стран следует отметить усыхание ельников в Белоруссии, Польше, Чехии, Венгрии, Словакии, США.

Анализом причин усыхания в разное время занимались Л.В. Любарский, К.П. Соловьев, В.А. Розенберг, Б.П. Колесников, А.И. Куренцов, Ю.И. Манько, Г.А. Гладкова и др. Причины усыхания древостоев конкретно на территории Архангельской области рассматривали в своих работах Ю.А. Варфоломеев, О.А. Неволин, С.В. Торхов, С.В. Третьяков, Н.С. Кротов, В.Ф. Цветков, Н.П. Чупров, Н.Н. Лямцев, А.Д. Маслов, Б.С. Денисов, А.Ю. Ярошенко, Т.В. Хакимулина, В.К. Тузов. В качестве возможных причин авторами называется ряд факторов (климатические - чередование сезонов с экстремальными температурами, снеголомы, ветровалы; антропогенные - существующие технологии ведения рубок, неблагоприятный экологический фон; биотические - заселение здоровых деревьев вредителями, естественный цикл обновления древостоя, смерть деревьев от старости и др.), однако часто отмечается, что в большинстве случаев к эскалации процесса усыхания приводит совокупность всех или почти всех вышеуказанных факторов с преобладанием того или иного в большей или меньшей степени.

По свидетельству лесопромышленников, на лесосеках, попавших в очаг усыхания, выход пиловочника снижается на 30-40%. По данным ООО «Управляющая компания «Соломбалалес», ведущего работы в очаге усыхания, выход пиловочника, выпускаемого предприятием, за период 2002 — 2007 гг. снизился с 53% до 34%. Кроме того, качество получаемого пиломатериала, в большинстве случаев, позволяет продавать его лишь по цене балансов. В 2006 Ю.А. Варфоломеевым была произведена опытная оценка выхода пиловочника и балансов из биопораженных сухостойных стволов ели обыкновенной на основе партии сырья, полученной из Верхнетоемского и Выйского лесхозов. Выход пиловочника из опытной партии составил 31,7%. Выход балансов из сухостойных стволов составил 81,7 – 86%, выход пиловочника I-III сортов согласно ГОСТ 9463-88 оказался нулевым. Исследованием выхода деловой древесины из усыхающих еловых древостоев также занимались Л.В. Любарский, К.П. Соловьев, Розенберг, С.А. Громыко, Kent A. McDonald и другие. Было выяснено, что величина этого показателя варьируется в интервале 36-85 % от общего объема хлыстов. В качестве путей повышения эффективности лесозаготовок в усыхающих древостоях исследователи и лесозаготовители сходятся во мнении и предлагают снижение попенной ставки для пораженных древостоев или полный отказ от нее; перенос производственных мощностей как можно ближе к делянкам; строительство лесовозных дорог; развитие отраслей промышленности, направленных на работу со щепой и другими побочными продуктами лесозаготовок; развитие технологий переработки низкокачественной древесины, совершенствование и адаптацию технологии ведения рубок в усыхающих древостоях.

Технологическую пригодность сухостойной древесины различных пород в разные годы изучали Ю.А. Варфоломеев, А.Ф. Булатов, Н.С. Кротов, Н.П. Чупров, А.А. Молчанов, И.Ф. Преображенский, С.А. Громыко, И.Д. Пахомов,

Richard L. Lemaster, Harry E. Troxel, George R. Sampson и другие. Исследования показали, что свойства древесины стволов, усыхающих непродолжительный период, не ограничивают или незначительно ограничивают возможность ее технологической переработки как традиционного сырья. Со временем после смерти дерева технологическая пригодность снижается и в определенный момент становится равной нулю.

Все вышесказанное позволяет заключить, что сухостойная древесина в определенной мере является нетрадиционным сырьем со многими неизвестными параметрами (дифференцированность сортовых характеристик деревьев в зависимости от давности усыхания, диаметра и других параметров; размерно-количественные характеристики сортообразующих пороков, их встречаемость и т.д.), которая, тем не менее, может использоваться в тех же целях, что и здоровая древесина, однако, с меньшей эффективностью. Учитывая сложившуюся в области практику отказа от реализации сухостойной древесины в качестве сырья для производства целлюлозы и композитных материалов, наиболее благоприятным представляется использование ее для изготовления деревянных строительных конструкций. Для повышения эффективности работы с сухостойными деревьями, а также обоснования целесообразности их использования в строительных целях, требуется разработка рекомендаций по работе с сухостоем, учитывающих особенности такого сырья, наличие четких данных о сортовых характеристиках сухостойных стволов, а также математический аппарат, описывающий сухостой как сырье для технологической обработки.

Во втором разделе определены механические прочностные характеристики древесины сухостойной ели обыкновенной различной давности усыхания, произрастающей на территории Архангельской области, наиболее часто используемые при проектировании деревянных конструкций в

строительстве - пределы прочности при сжатии вдоль волокон и при статическом изгибе. Проведенные в лабораторных условиях опыты показали, что эти параметры по своим значениям не только не уступают показателям здоровой древесины, но и превосходят ее, причем значительно (до 18 %). Также было отмечено, что эти показатели растут в течение срока усыхания дерева.

Результаты опытов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Механические характеристики древесины сухостойной ели обыкновенной.

Показатель	Здоровая древесина	Группа образцов А (сухостой текущего года)	Группа образцов В (сухостой прошлых лет)
Предел прочности при сжатии вдоль волокон, МПа	49	47,46	57,71
Предел прочности при статическом изгибе, МПа	70,3	68,7	71,1

В третьем разделе разработана математическая модель, описывающая основные сортовые характеристики хлыста сухостойной ели обыкновенной различной давности усыхания, произрастающей на территории Архангельской области, при помощи эмпирически полученных вероятностных закономерностей, и осуществлена практическая реализация модели в виде программы для ПК. Отличие разработанной в работе модели от существующих заключается в описании не только геометрических характеристик хлыста, но

также и основных сортообразующих пороков (наличие\отсутствие порока в хлысте, размерно-количественные характеристики).

Для сбора необходимой для моделирования информации было проведено обследование усыхающего елового древостоя, находящегося на территории Карпогорского лесничества Архангельской области (координаты 64°1'49 СШ 44°24'36 ВД) на трех пробных участках общей площадью около 1 га. Критерием для выбора участка леса послужило значительное преобладание на его территории количества усыхающих и сухостойных деревьев над количеством здоровых. В качестве методики обследования был избран сплошной поштучный контроль каждого экземпляра древостоя с составлением на него индивидуальной учетной карточки. В карточку заносились: давность усыхания дерева, диаметр ствола на высоте 1,3 м от комля, информация по наличию или отсутствию основных сортообразующих пороков, их размерно-количественные характеристики. Давность усыхания дерева определялась посредством визуального обследования ствола и кроны. Все обследованные экземпляры были разбиты на 3 группы – здоровые деревья, сухостой текущего года, сухостой прошлых лет. Наличие пороков в стволах обследованных деревьев определялось путем выявления характерных внешних признаков согласно ГОСТ 2140-81. Учитывались только те пороки, интенсивное развитие которых в стволе дерева характерно для процесса усыхания (гнили, червоточины, трещины). Дополнительно измерялись диаметры каждого обследованного ствола через каждые 10 см его длины.

По результатам обследования были получены данные о доле стволов различной давности усыхания в усыхающем древостое, определены коэффициенты полинома В.С. Петровского для описания образующей формы ствола. Установлены зависимости частоты встречаемости основных сортообразующих пороков от диаметра ствола и давности его усыхания,

В четвертом разделе предложены рекомендации по сортировке и раскряжевке сухостойных хлыстов (см. рисунок 3).

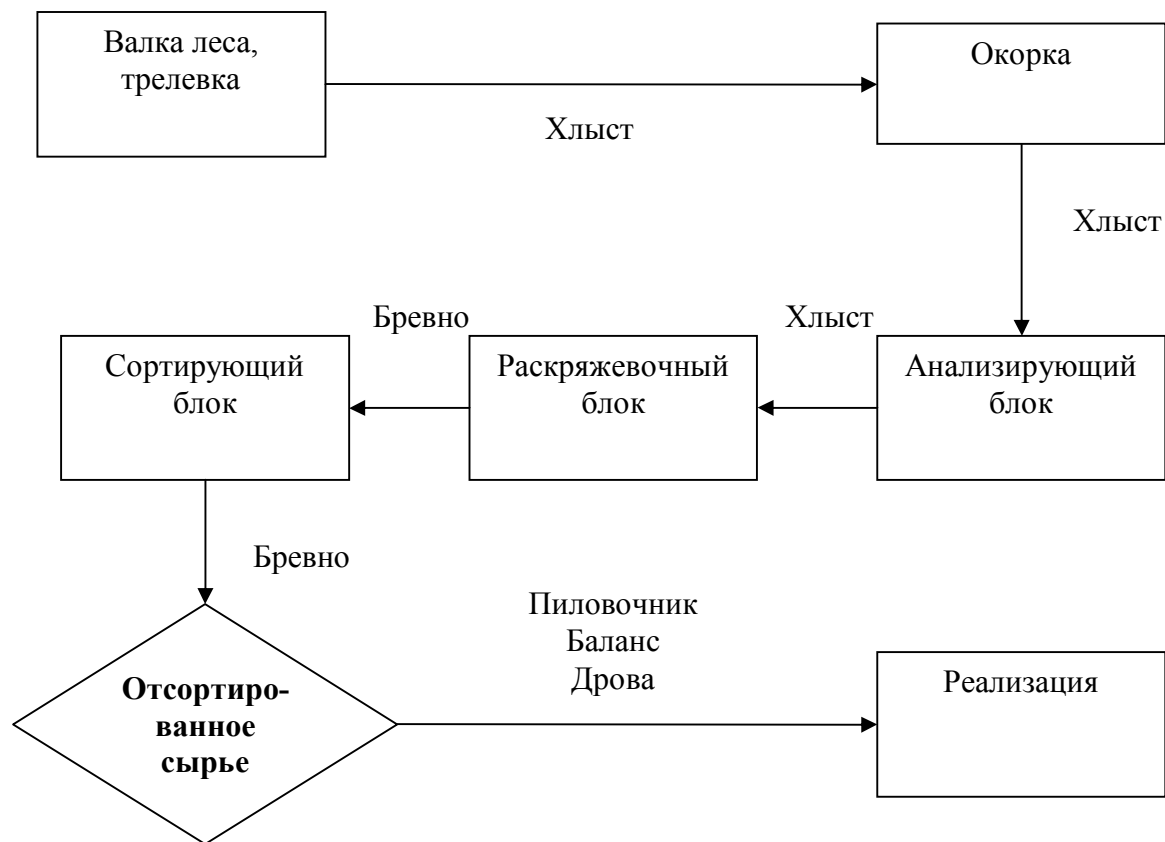


Рисунок 3 – Предлагаемая технологическая последовательность лесозаготовки в усыхающих древостоях

В стандартную для области схему работы, предполагающую отсутствие сортировки и реализацию всего сырья в качестве дров, предлагается включить три дополнительных блока – анализирующий, раскряжевочный и сортирующий.

В качестве анализирующего блока, в который хлыст попадает после срубки, трелевки и окорки, в настоящей диссертационной работе предлагается автоматизированный фотометрический метод бесконтактной оценки сортовых качеств хлыста на основе обработки цифрового изображения объекта в

соответствующих алгоритмах, адаптированный для оценки окоренных хлыстов, поврежденных усыханием. Принципиальная схема анализирующего блока представлена на рисунке 4.

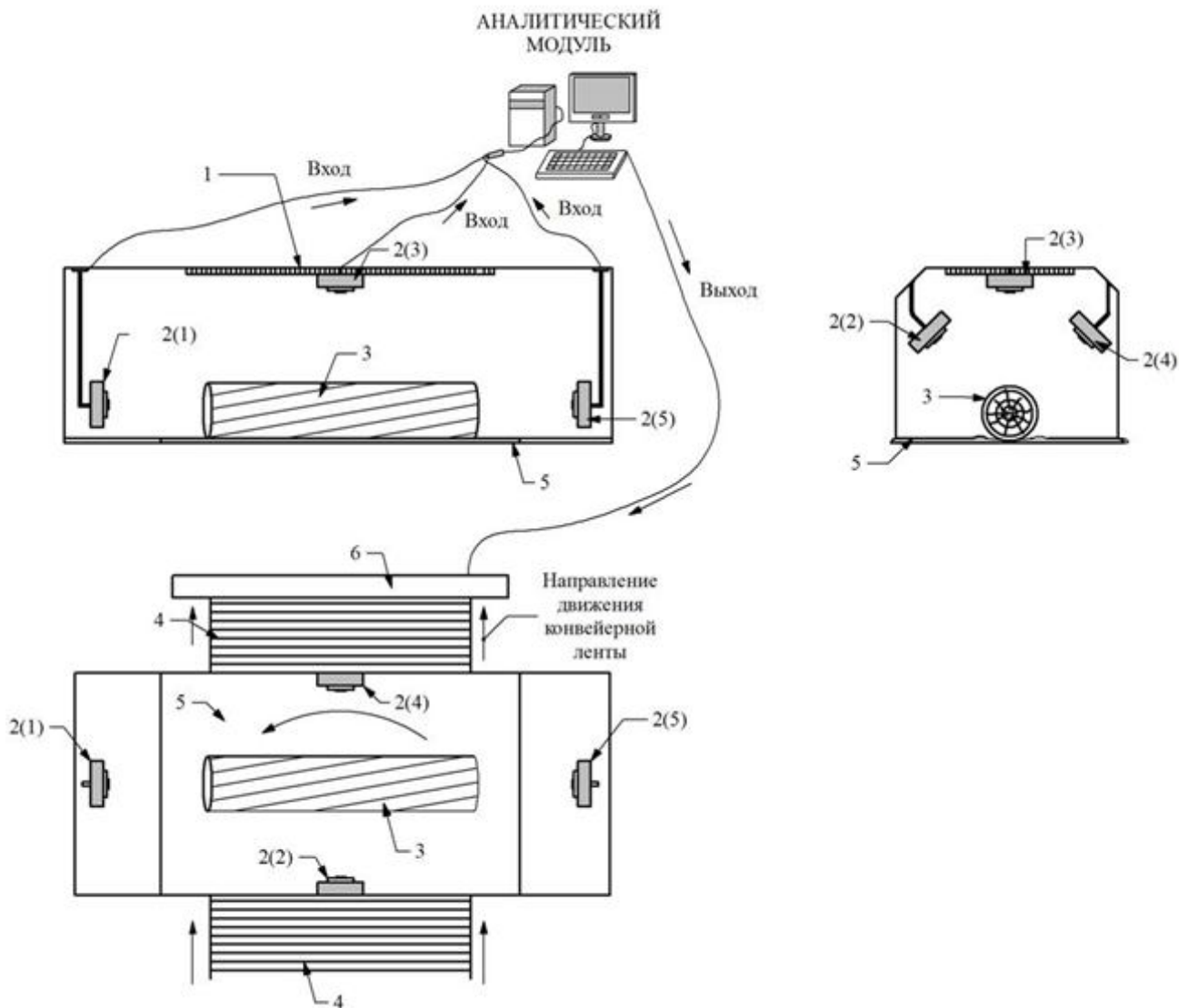


Рисунок 4 - Принципиальная схема установки

1 – источник рассеянного освещения; 2(1-5) – точки съемки с 1-ой по 5-ю, 3 – контролируемый объект (хлыст); 4 – лента конвейера; 5 – поворотный стол.

Алгоритмическая обработка изображения подразумевает под собой выделение на поверхности объекта областей, соответствующих одному из состояний древесины (здоровый участок/порок), определение размерно-количественных характеристик этих областей. Для формирования отчетной

документации по партии хлыстов определяются их габариты – длина, диаметры и объем.

Основным недостатком предложенного метода является невозможность оценки размерно-количественных характеристик скрытых пороков. Например, при оценке внутренней гнили визуально можно определить лишь сам факт ее наличия/отсутствия в объекте, а также ее радиус на торце хлыста. О характере распространения гнили по длине ствола нельзя судить по изображению его поверхности. То же самое можно сказать о продольных трещинах – фотометрическим методом можно оценить количество трещин, их расположение и протяженность по длине ствола, но нельзя – глубину и ширину каждой из них. Для компенсации этого недостатка в предлагаемый анализирующий блок включается статистическая модель хлыста, описанная в разделе 3 настоящей диссертационной работы. Ее использование позволяет аналитически получить данные, недоступные для фотометрической оценки.

Выход деловой древесины при лесозаготовках значительно зависит от схемы продольной распиловки хлыста. При работе с поврежденными хлыстами этот вопрос встает наиболее остро, прежде всего, из-за наличия комлевых гнилей, которые наиболее характерны для поврежденных усыханием хлыстов, и являются наиболее частой причиной их откомлевки. Протяженность комлевой гнили может варьироваться в достаточно широком диапазоне (1,6 м – 6,7 м), что в сочетании с вариативностью других сортовых характеристик бревен позволяет прийти к выводу о целесообразности применения индивидуальной схемы раскряжевки для каждого бревна. Для этой цели в технологическую цепь лесозаготовительных работ, приведенную на рисунке 3 предлагается включить блок, который на основании данных, полученных из анализирующего блока, будет рассчитывать оптимальную схему раскряжевки каждого из хлыстов (на рисунке 3 – «раскряжевочный блок»).

В общем виде, работу раскряжевочного блока можно описать следующим линейным алгоритмом:

1. Из анализирующего блока поступает модель хлыста, построенная на основании как эмпирических, так и аналитических данных;

2. Первый отрез от комля осуществляется длиной, равной протяженности гнили по длине ствола (при отсутствии гнили в хлысте - переход к следующему пункту);

3. Оставшаяся часть хлыста раскряжевывается, основываясь на положении теории максимального объемного выхода. В настоящей диссертационной работе этот алгоритм не описывается, ввиду его достаточной освещенности в соответствующей научной литературе.

Подобный метод раскряжевки позволит максимизировать выход древесины, пригодной для применения в строительных целях, из поврежденного усыханием хлыста за счет точной откомлевки заведомо некачественной части хлыста и работы с оставшейся частью стандартными методами.

После прохождения раскряжевочного блока бревна, полученные из хлыста, попадают в сортировочный блок, где производится их автоматическая сортировка на основе данных, полученных на этапе «анализирующий блок».

В пятом разделе был проведен ряд математических экспериментов для определения сортового и объемного выхода лесоматериалов, пригодных для применения в строительных целях, из еловых древостоев в зависимости от давности их усыхания и некоторых других факторов, при вводе в последовательность лесозаготовительных работ анализирующего, раскряжевочного и сортировочного блоков, предложенных в разделе 4.

1. Определение сортового состава партии хлыстов, полученных из усыхающего елового древостоя. Определен выход лесоматериалов различных

сортов из модельной партии хлыстов, дифференцированный по давности усыхания. Определены основные сортообразующие пороки партии хлыстов.

2. Установление зависимости между объемным выходом лесоматериалов различных сортов и давностью усыхания древостоя.

3. Определение сортового и объемного выхода пиломатериала при распиловке хлыстов, полученных из усыхающих древостоев различной степени усыхания. Определение характера изменения этого показателя в зависимости от вида распиловки.

Математический эксперимент производился для 4 групп хлыстов:

1 – здоровый древостой (для оценки адекватности математической модели);

2 – древостой, усыхающий в пределах одного года;

3 – древостой, усыхающий в пределах нескольких лет;

4 – модельный древостой, встречаемость стволов различных категорий в котором определена при натурном обследовании усыхающего древостоя (раздел 2).

В каждой из групп было смоделировано и проанализировано по 1 000 хлыстов. Определение сорта бревна осуществлялось путем анализа размерных и количественных характеристик пороков и сравнения их с требованиями ГОСТ 9463-88 для лесоматериалов, применяемых в строительстве в круглом и распиленном виде.

Выход пиловочника 1-3 сортов по результатам эксперимента для 4 группы составил в среднем 46,37%, выход балансов – 29,18%. Процент отходов – 24,45%. В 89% случаев причиной отбраковки сырья в отходы являлась напенная гниль. Установлено, что объемный выход деловой древесины снижается с давностью усыхания, а также нелинейно связан со средним

диаметром хлыстов в партии (максимальное значение достигается при значении диаметра 18 см, при больших диаметрах наблюдается снижение выхода).

При оценке сортового выхода пиломатериалов из сухостойных хлыстов было установлено, что при использовании индивидуальной схемы раскроя для каждого бревна этот показатель повышается в среднем на 6 %.

Результаты математического эксперимента были подтверждены в производственных условиях.

В шестом разделе проведена оценка экономической рентабельности проведения лесозаготовительных работ в усыхающих древостоях при учете предложенных в разделе 4 рекомендаций.

Экономическую рентабельность заготовки 1 кубометра древесины можно представить в виде функции (1):

$$\mathcal{E} = f(d, KAT, P_m) \quad (1)$$

где d – диаметр стволов в древостое;

P_m – разряд таксы;

KAT – категория древостоя – сухостой текущего года, сухостой прошлых лет, модельный древостой.

Рентабельность оценивалась путем анализа сгенерированной партии из 1 000 хлыстов (для каждой комбинации вариантов) с варьированием параметров, указанных в (1).

На рисунке 5 представлен график, иллюстрирующий рентабельность проведения лесозаготовок в усыхающем древостое.

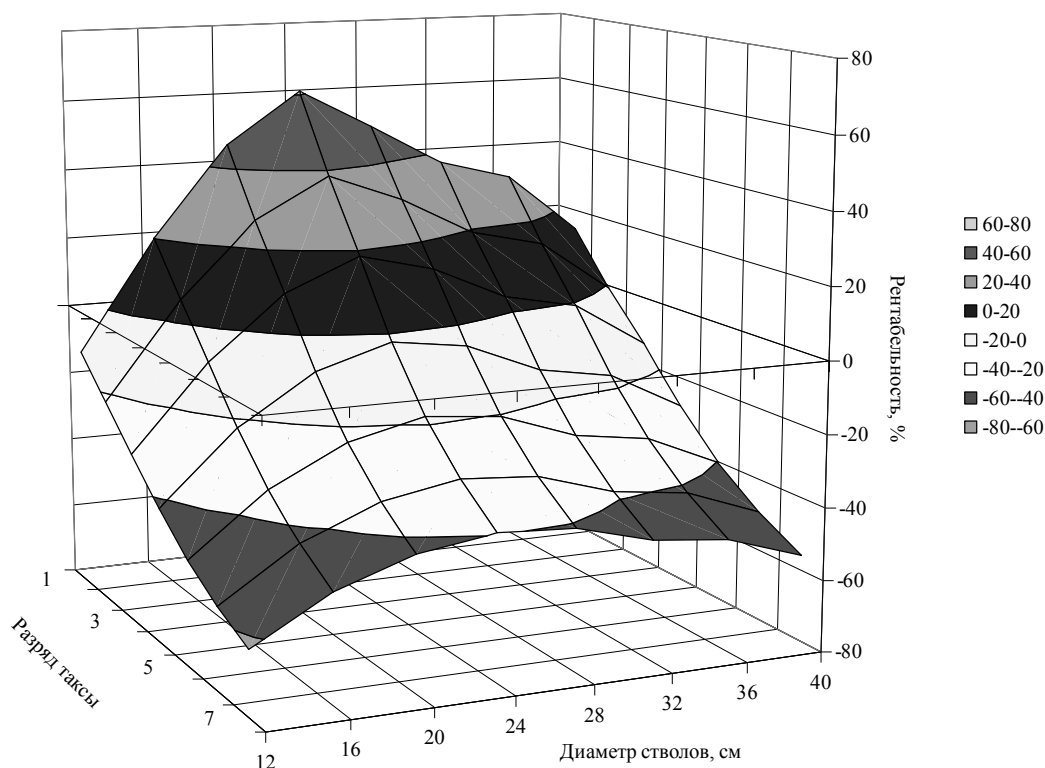


Рисунок 5 - Рентабельность проведения лесозаготовок в древостое, усыхающем первый год.

По результатам исследования был сделан вывод о том, что положительная экономическая рентабельность при проведении лесозаготовительных работ в усыхающих древостоях, достижима при условии выполнения предложенных в разделе 4 рекомендаций (поштучная сортировка хлыстов, индивидуальная схема раскряжевки для каждого хлыста). Рентабельность проведения работ максимальна для древостоев, усыхающих в пределах одного года. Максимальная рентабельность работ в таком древостое достигается при среднем значении диаметра стволов, лежащем в диапазоне 16 – 24 см. Рентабельность при проведении работ в древостое, усыхающем несколько лет, отрицательна в подавляющем большинстве возможных комбинаций вариантов.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Анализ исследований, посвященных проблеме использования сухостойной древесины, позволяет предположить, что некоторая доля поврежденных хлыстов, пройдя сортировку, могла бы быть отнесена в более высокие сорта и использоваться, в частности, при изготовлении конструкций строительного назначения
2. Исследования в лабораторных условиях показали, что значения основных механических характеристик сухостойной древесины не ниже своих естественных значений для здоровой древесины и не ограничивают возможность ее технологического использования в элементах конструкций строительного назначения.
3. Выполнены исследования по определению запасов сухостойного древостоя в Карпогорском лесничестве на территории около 1 га по степени усыхания. Составлена карта распределения древостоя в этом районе. По результатам обследования были получены данные об удельном объеме стволов различной давности усыхания в усыхающем древостое.
4. На основании опытных данных, полученных при обследовании усыхающего елового древостоя, разработана статистическая модель сухостойного хлыста, описывающая его основные характеристики. Описание геометрических характеристик хлыста в модели основано на применении полинома В.С. Петровского.
5. Определены коэффициенты полинома В.С. Петровского для описания образующей формы ствола, установлены зависимости частоты встречаемости основных сортообразующих пороков от диаметра ствола и давности его усыхания, получены математические выражения, описывающие размерно-количественные характеристики основных

сортообразующих пороков.

6. Составлена программа для ПК, позволяющая генерировать модели с заданными параметрами (давность усыхания, средний диаметр деревьев) для дальнейшего анализа выхода деловой древесины из усыхающего древостоя.
7. Путем математического эксперимента установлено, что выход пиловочника 1-3 сортов из усыхающего древостоя может достигнуть в среднем 46,37%, выход балансов – 29,18%. Процент отходов – 24,45%.
8. Установлено, что в 89% случаев причиной отбраковки сырья в отходы является напенная гниль.
9. Установлено, что объемный выход деловой древесины снижается с давностью усыхания и нелинейно связан со средним диаметром хлыстов в партии (максимальное значение достигается при значении диаметра 18 см, при больших диаметрах наблюдается снижение выхода).
10. При работе на нижнем складе рекомендуется производить поштучную сортировку с индивидуальной схемой раскряжевки на бревна в зависимости от распространения напенной гнили по его длине. Предложена статистическая модель, позволяющая назначать наиболее эффективную для каждого хлыста индивидуальную схему раскряжевки.
11. Разработаны и обоснованы предложения по совершенствованию технологии сортировки и раскряжевки сухостойных хлыстов. Предложена принципиальная схема установки, основанная на использовании фотометрического метода бесконтактной оценки хлыстов.
12. Усыхающие древостои необходимо использовать в кратчайшие сроки после начала процесса усыхания. Выход пиловочника из древостоев, усыхающих первый год, незначительно (около 16%) отличается от аналогичного показателя для здорового древостоя. При усыхании

продолжительностью в несколько лет выход пиловочника снижается до 20%.

13. Оценена экономическая рентабельность ведения лесозаготовительных работ в усыхающем древостое с варьированием среднего диаметра деревьев в древостое и разряда таксы. Рентабельность при отказе от сортировки древесины с автоматическим переводом хлыстов в разряд дровяных отрицательна при всех возможных комбинациях вариантов, а при проведении работ в древостое, усыхающем несколько лет, отрицательна в подавляющем большинстве возможных комбинаций вариантов.
14. Внедрение результатов проведенного в работе исследования в производственный цикл лесозаготовительных работ позволит повысить эффективность использования усыхающих еловых древостоев.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В РАБОТАХ:

1. Морозов, В.С. Автоматизированный фотометрический метод сортировки древесины / В.С. Морозов, И.Н. Беляев // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал – 2011. – №3. – С. 69-73.
2. Беляев, И.Н. Проблема усыхания еловых древостоев в Архангельской области / И.Н. Беляев // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: Материалы междунар. науч.-техн. конф. Вологда: Изд-во ВоГТУ, 2008. – С. 6-8.
3. Беляев, И.Н. Встречаемость основных пороков в стволах сухостойной ели обыкновенной, произрастающей на территории Архангельской области / И.Н. Беляев, В.С. Морозов // Актуальные проблемы развития лесного

комплекса: Материалы междунар. науч.-техн. конф. Вологда: Изд-во ВоГТУ, 2010. – С. 23-25.

4. Беляев, И.Н. Объемный выход лесоматериалов при разработке усыхающих еловых древостоев Архангельской области [Электронный ресурс] / И.Н. Беляев // Электронный журнал «Исследовано в России» - 2011. – С. 622-625. – Режим доступа: <http://zhurnal.gpi.ru/articles/2011/049.pdf>