

Министерство образования и науки Российской Федерации
Правительство Вологодской области
Департамент лесного комплекса Вологодской области
Вологодский государственный технический университет

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА

7 - 9 декабря 2010 г.

Материалы международной научно-технической конференции

С 1433951

Вологда
2011

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ ЛЕСНЫХ СИСТЕМ ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ ЗОНДИРОВАНИИ И МАЛОМ ОБЪЕМЕ ОБУЧАЮЩЕЙ ВЫБОРКИ

А.С. ГОГОЛЕВСКИЙ, Л.В. УТКИН

Россия, Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия имени С.М.Кирова

В современном быстро развивающемся мире картографическая продукция играет всё большую роль в различных отраслях хозяйства. Карты используются повсеместно: для принятия решений при чрезвычайных ситуациях, для территориального планирования, для рационального лесопользования и т.д. В условиях интенсивного антропогенного воздействия на ландшафты поддержание актуальности картографического материала в различных масштабах становится одной из первоочередных задач. Информацию на картах можно обновлять различными способами. Одним из наиболее востребованных источников для получения и обновления информации о текущем состоянии объекта картографирования, в нашем случае объекта - лесной системе, являются данные дистанционного зондирования Земли (ДДЗ). Но даже самые современные космические снимки не позволят получить нужную информацию без быстрых и надёжных методов дешифрирования.

Одним из методов дешифрирования лесных объектов является использование программных комплексов с автоматизированными системами распознавания образов. В данной прикладной области повсеместно применяется задача классификации. Ниже в целях упрощения рассматривается задача разделения лесных объектов на два класса, например, лесные земли и нелесные земли, т.е. двоичная классификация. Задача двоичной классификации формулируется следующим образом. Имеется множество значений независимой переменной или вектора переменных x , каждому из которых можно поставить в соответствие одно из двух значений зависимой переменной y , определяющей различные классы объектов, например $y = -1$, под которым будем понимать класс объектов относящихся к нелесным землям, а $y = 1$, будем понимать класс объектов относящихся к лесным землям. В некоторых случаях используют значения $y = 0$ и $y = 1$. Значения зависимой переменной можно рассматривать как реализации биномиальной случайной величины Y с вероятностью $\eta = P\{Y = 1\}$. Вероятность η интерпретируется как функция переменных $x : \eta = \eta(x)$. Если значения независимых переменных, в свою очередь, являются реализациями случайного вектора X , то $\eta(x)$ есть условная вероятность класса 1 при заданном $x : \eta(x) = P[Y = 1 | X = x]$. Задача двоичной классификации сводится к оценке области значений независимой переменной, при которых наблюдается класс 1 с наибольшей частотой.

Предположим, что имеются эмпирические данные или обучающее множество

$$(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n) \in \mathfrak{R}^n \times \{-1, +1\}.$$

Здесь x_i - некоторое непустое множество признаков определённого лесного объекта, как пример, лесной объект – болото, имеет ряд признаков: форма, цвет в зависимости от освещённости земной поверхности, спектральная яркость и т.п.; y_1, \dots, y_n - значения классов соответствующих лесных объектов – лесные и нелесные земли, в данном примере, болото относится к нелесным землям с множеством признаков x_i . Разобьём обучающее множество данных на два подмножества. Первое подмножество, обозначаемое Ψ_{-1} , соответствует точкам с $y = -1$, т.е.

$$\Psi_{-1} = \{(x_i, y_i) : y_i = -1, i = 1, \dots, n\}.$$

Второе подмножество Ψ_1 соответствует точкам с $y = 1$, т.е.

$$\Psi_1 = \{(x_i, y_i) : y_i = 1, i = 1, \dots, n\}.$$

Задача классификации обычно характеризуется неизвестным распределением вероятностей или плотностью вероятностей $p(x, y)$, определенной на множестве $\mathfrak{R}^n \times \{-1, +1\}$ и зависящей от значений обучающей выборки x_i и их соответствующей принадлежности классам y_i .

Основная проблема классификации состоит в определении решающей функции $g(\mathbf{x})$, которая наиболее точным образом прогнозирует значения классов y для любого образца \mathbf{x} , который может принадлежать, а может и не принадлежать обучающей выборке.

Один из возможных подходов для решения проблемы основан на использовании дискриминантной функции $f(\mathbf{x})$ знак которой определяет соответствующий класс: $g(\mathbf{x}) = \text{sgn}(f(\mathbf{x}, \alpha))$. Дискриминантная функция $f(\mathbf{x})$ может иметь некоторые параметры $\alpha = (\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_n)$, $\alpha \in \Lambda$, которые определяются на основе обучающей выборки посредством некоторого алгоритма обучения. Поэтому в дальнейшем функция будет записываться с параметрами, т.е. $f(\mathbf{x}, \alpha)$.

Таким образом, задача классификации во многих случаях сводится к задаче определения параметров α дискриминантной функции. Одним из наиболее распространенных способов решения этой задачи является минимизация следующего функционала риска:

$$R(\alpha) = \int_{\mathbb{R}^n \times \{-1, 1\}} 1\{g(\mathbf{x}) \neq y\} p(\mathbf{x}, y) d\mathbf{x} dy.$$

Здесь функция потерь $L(\mathbf{x}, y) = 1\{g(\mathbf{x}) \neq y\}$ принимает значение 1, если знак дискриминантной функции (соответствующего прогнозируемого класса) не совпадает с классом y . Минимизация функционала риска осуществляется по классу функций $f(\mathbf{x}, \alpha)$, $\alpha \in \Lambda$, или просто по множеству параметров α . Другими словами, функция $f(\mathbf{x}, \alpha_{opt})$ обеспечивает минимум функционала $R(\alpha)$, т.е. $R(\alpha_{opt}) = \min_{\alpha \in \Lambda} R(\alpha)$.

Перепишем функционал риска, принимая во внимание два значения y ,

$$R(\alpha) = R_{-1}(\alpha) + R_{+1}(\alpha).$$

Здесь

$$R_{-1}(\alpha) = \int_{\mathbb{R}^n} 1\{g(\mathbf{x}) \neq -1\} p(\mathbf{x}, -1) d\mathbf{x},$$

$$R_{+1}(\alpha) = \int_{\mathbb{R}^n} 1\{g(\mathbf{x}) \neq +1\} p(\mathbf{x}, +1) d\mathbf{x}.$$

Предположим, что плотности вероятностей p не известны. Однако можно предположить, что известны некоторые границы для множества $F(y)$ всех функций распределения вероятностей $F(\mathbf{x}, y)$, согласованных с обучающей выборкой. Нижняя граница обозначена $\underline{F}(\mathbf{x}, y)$ и верхняя граница $\overline{F}(\mathbf{x}, y)$. Отсюда можно записать

$$F(y) = \{F(\mathbf{x}, y) \mid \forall \mathbf{x} \in \mathbb{R}^n, \underline{F}(\mathbf{x}, y) \leq F(\mathbf{x}, y) \leq \overline{F}(\mathbf{x}, y)\}.$$

Другими словами, имеется некоторое неизвестное "истинное" распределение вероятностей $F(\mathbf{x}, y) \in F(y)$ для каждого $y \in \{-1, +1\}$, но оно неизвестно, и вся информация о нем заключается в том, что оно принадлежит множеству $F(y)$. Малость обучающей выборки компенсируется заданием более широкого класса распределений вероятностей, чем обычный параметрический класс.

Таким образом, если вместо одной функции распределения $F(\mathbf{x}, y)$ известно только некоторое множество распределений, то поиск параметров дискриминантной функции, которые в конечном итоге и дадут автоматизированной системе распознавания лесных объектов принимать решение, зависит от того, каким образом определяются границы функций распределения множества, а также каким образом выбирается функция распределения из множества.

В работе предлагается использование минимаксной стратегии, в соответствии с которой из всех распределений вероятностей выбирается одно, максимизирующее функционал риска для каждого α , т.е. решается задача оптимизации

$$\overline{R}(\alpha) = \max_{F \in F_{(-1) \cup F_{(+1)}}} R(\alpha).$$

Этот подход определяет минимаксную стратегию принятия решений о разделении классов, которая является, с одной стороны, пессимистической, а с другой, гарантированной при имеющейся обучающей выборке.

Адаптация предлагаемого подхода к конкретным задачам классификации объектов лесных систем является чрезвычайно актуальной и требует детального исследования.

ОРГАНИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ ЛЕСНОГО ФОНДА АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

И.В. Мильченко

Россия, Северный (Арктический) федеральный университет, г. Архангельск

Организация использования земель всего лесного фонда (общая площадь 1046,3 млн. га или 61,2 % от земель фонда России) в научно-технической концепции разрабатывалась исходя из общегосударственных задач развития и целевого прогноза использования земельных ресурсов по каждой отрасли и территории. При этом сочетались территориальное и отраслевое прогнозирование с обязательным применением ряда математических подходов.

Сопоставление результатов нормативного и поискового подходов и преодоление возникших различий и несоответствий достигается на основе итеративных расчетов. Это происходит на базе комплексных целевых программ, включающих оптимизационные и имитационные модели.

Оптимизационный принцип разработки концепции на стадии аналитических обоснований различных вариантов, увязка целей (задач) и наличия ресурсов является основным и наиболее приемлемым в нынешних условиях разработки.

Различают три этапа научно-технического прогнозирования: исследовательский, программный и организационный.

Конечным результатом организационного прогноза является определение возможных вариантов распределения ресурсов и комплекса мероприятий, необходимых для достижения намеченных целей.

Объективизация разработки основных положений концепции в части организации использования земель лесного фонда основывается на стремлении к достижению рационального землепользования при соблюдении и учете общих методологических принципов научной организации использования и охраны всех земельных ресурсов.

Основными вопросами организации использования земель этой категории, подлежащими разработке в составе Основных положений и развернутой Генпланом землеустройстве территории РФ, являются: анализ и оценка современного состояния и использования земель по категориям, землепользователям и земельным угодьям; хозяйственно-экономическое районирование территории по приоритетам и условиям развития землепользований отраслей экономики и объектов на территории страны и ее регионов; определение потребностей в земельных ресурсах с учетом перспектив их развития; выявление резервов земель для освоения и очередности вовлечения их в оборот; моделирование территориального развития, размещение землепользований и организации использования их земель, исходя из региональных условий и особенностей землеустройства, при помощи оптимизационных, имитационных и иных моделей; комплексная охрана и улучшение земельных ресурсов, защита земель от различных форм деградации и загрязнения, сохранности плодородия почв, рекультивации нарушенных земель; реализация и эффективность намеченных мероприятий.

Разработка и обоснование основных показателей Генеральной схемы, в том числе относимых к организации землепользований земель лесного фонда, осуществляется во взаимной увязке и согласованиями с важнейшими направлениями экономического и социального развития страны и ее регионов, перспективами развития и размещения производительных сил и ресурсов по территории, геополитическими задачами, регулированием системы расселения и миграции населения, специфическими подходами к развитию каждой отрасли экономики и сфер хозяйства и их территориальному сочетанию.

Во всех случаях при разработке мероприятий по организации землепользований в схеме землеустройства административного района необходимо руководствоваться основными требованиями: комплексность мероприятий, с взаимосвязанностью интересов и одинаковые возможности удовлетворения потребностей в земельных ресурсах на территории района; внесение наименьших изменений в сложившуюся организацию производства; учет природных, социальных и экономических условий; соответствие создаваемых форм и элементов организации характеру и условиям ведения производства; целевое использование земель, заключающееся в определении для развития и размещения землепользований таких участков, которые по свойствам и хозяйственной ценности

выгодны для представления в соответствующих целях; создание территориальных условий для стимулирования технико-технологического развития производства предприятий и объектов; постоянное совершенствование форм устройства территории; эффективное и полное использование природного и экономического потенциала района: охрана земли и окружающей среды; научная обоснованность, экономическая и социальная эффективность намечаемых мероприятий.

Так, несмотря на тяжелейший переход в лесной экономике министр природных ресурсов и АПК Архангельской области Трубин Ю.Г. делает робкий вывод, что лесопромышленный комплекс работает «в плюсе», что отмечается рост показателей и в заготовке и в переработке [1].

Прогнозируемый производственный рост в отрасли намечается с завершением крупных инвестиционных проектов, предоставлением лесных участков в аренду. Разрабатывается на региональной основе поддержка малого предпринимательства. Много внимания и надежд возлагается на научный потенциал области.

Наметился иностранный инвестор по строительству в районе крупного лесоперерабатывающего предприятия, что создаст новые рабочие места, увеличит отчисления в бюджеты всех уровней, повысит культуру производства с вводом самого современного оборудования.

По данным Архангельскстата за январь – август 2010 г. – лесозаготовки – убыток 38 млн. руб. (за январь – август 2009 г. убыток 274 млн. руб.); обработка древесины и производство изделий из дерева – прибыль 360 млн. руб. (за январь – август 2009 г. убыток 298 млн. руб.); целлюлозно-бумажное производство – прибыль 5316 млн. руб. (за январь – август 2009 г. прибыль 323 млн. руб.).

Основная проблема – нехватка лесфонда. Нет пока согласия между поставщиком и переработчиком сырья в ЛПК. Слабый диалог и недостаточное взаимопонимание между бизнесом и властью. Жизнь многих лесных поселков к сожалению напрямую зависит от существования лесных предприятий. Еще слабо занимаются переработкой отходов.

Н.Б. Пинягина (директор ОАО «Архангельский ЦБК» по взаимодействию с государственными органами власти) точно подметила [2], что несмотря на многовековой рынок, управление и стратегическое планирование развития национальных лесных секторов развитых лесопромышленных стран хорошо организованы, так как базируются на научной прочной основе. Рассматривая анализ основных разработок в этих странах, она отмечает, что они имеют ряд общих черт и особенностей. Это: разработки утверждаются, как правило, правительством страны и ориентированы на государственную поддержку лесного сектора; разработки ведутся на основе оптимизационных расчетов и современного экономико-математического инструментария, носят долговременный характер – от 10 до 50 лет; одной из главных целей является повышение эффективности всего лесного сектора, то есть имеют кросс-секторальный характер; учитывают международные требования устойчивого управления лесами, включая добросовестное лесопользование и законность происхождения древесины; учитывают интересы всех участников лесных отношений и государства в целом.

Доктор с.-х. наук Чибисов Г.А. [3] отмечает, что проблемы накопленные за последние 20 лет (распада СССР) возникают в лесопользовании, включая лесостроительство; лесопользовании и лесной науке. Все они приобрели усиливающийся деструктивный характер. В регионе леса более, чем на 50 % площади пройдены рубками, изменив породную и возрастную структуру лесов. Только в Архангельской области ежегодно выносилось около 60 млн. тонн органической массы, что привело к «утрате естественной компенсации изъятой массы органики», к нарушению динамики углеродного баланса. Сплошные концентрированные рубки, вызвавшие широкомасштабную смену хвойных лесов малоценными лиственными вызвали изменения экологических условий, как на локальном, так и на биосферном уровне. Лесоводственные устои Г.Ф. Морозова (90-летней давности) забыты и в настоящее время приобретают особую значимость, то есть прежде всего – постоянство пользования лесом и его восстановление. Фундаментальные работы Н.А. Моисеева и А.В. Побединского, основанные на накопленном потенциале отечественного лесоводства не получили реализации из-за постоянного реформирования лесного хозяйства (более 25 раз с 1917 г.).

Как показывает зарубежный опыт, эффективность функционирования лесного сектора может быть обеспечена [3] только единым консолидированным управлением и планированием в лесном хозяйстве и ЛПК, необходимо восстановить систему научно обоснованного стратегического планирования, о чем и говорится в начале этой статьи, на что потребуются масштабные организа-

ционные меры и существенное финансирование этой крайне важной работы. Следует не жалеть денег на НИОКР для целей научно обоснованного прогнозирования, а также для научных исследований в сфере инновационных технологий и продукции из древесины; ориентировать бизнес. На основе аналитических исследований и расчетов в организации использования земель лесного фонда предоставлять преференции компаниям, которые намерены следовать государственной политике включая модернизацию и инновационное развитие.

Литература

1. Вишневская, О. Лесной министр: «Переходим в зону прибыльности» / О. Вишневская // Правда Севера. – 2010. – 21 сентября. – С. 3;
2. Пинягина, Н.Б. Остановить деградацию ЛПК / Н.Б. Пинягина // Лесной регион. – 2010. – 8 ноября. – № 17 (84). – С. 1;
3. Чибисов, Г.А. К проблемам лесного хозяйства / Г.А. Чибисов // Лесной регион. – 2010. – 11 октября. – № 15 (82). – С. 8.

ДОБРОВОЛЬНАЯ ЛЕСНАЯ СЕРТИФИКАЦИЯ В УСЛОВИЯХ ООО «УПРАВЛЯЮЩАЯ КОМПАНИЯ «СОЛОМБАЛАЕС»

В.М. ДЕРБИН

Россия, Северный (Арктический) федеральный университет, г. Архангельск

Стремление к устойчивому и стабильному развитию бизнеса является необходимым требованием к менеджменту современного предприятия. Устойчивое развитие в современных условиях предполагает достижение и поддержание баланса экономических, экологических и социальных аспектов деятельности предприятия. Прозрачность деятельности и подтверждение третьей независимой стороной выполнения экологической политики обеспечивает ей позитивное признание у покупателей, правительственных и неправительственных организаций. Привлечение в лесопромышленный бизнес международных инвестиций, выход на международные финансовые рынки сейчас уже невозможен без достижения прозрачности, безконфликтного развития бизнеса и формирования внутри компании соответствующей экологической политики.

Существуют обязательная и добровольная системы лесной сертификации. Обязательная лесная сертификация была продекларирована в Лесном Кодексе Российской Федерации, действовавшем до 2007 года. Некоторые лесозаготовительные предприятия Архангельской области, например, ОАО «Концгорский ЛПХ», прошли сертификацию по этой схеме. Однако, этот сертификат не был востребован, так как принципы и критерии этой системы сертификации не удовлетворяли требованиям потребителей.

Наибольшее распространение из систем добровольной лесной сертификации получили Пан-Европейская система и система Лесного попечительского Совета (FSC). Есть опыт использования лесопромышленными компаниями одновременно обеих систем сертификации. Все зависит от требований потребителей к сертифицированной продукции.

В последние годы в лесопромышленных холдингах, имеющих в своих составах лесозаготовительные предприятия, ведется интенсивная работа по лесной сертификации лесопромышленных предприятий и цепочки поставок. Леспромхозы проводят сертификацию лесопромышленных предприятий, чтобы поставлять сертифицированное сырье (пиловочник и балансы) для лесоперерабатывающих предприятий, а перерабатывающие предприятия проводят сертификацию цепочки поставок, чтобы продавать сертифицированную продукцию (пиломатериалы, целлюлозу) за рубеж.

Лесозаготовительные и лесоперерабатывающие предприятия Архангельской области более активно занимаются лесной сертификацией по сравнению с другими регионами России, поскольку эти предприятия большей частью экспортируют продукцию на Европейский экологически чувствительный рынок.

Основными причинами, которые оказали влияние на сертификационный процесс лесозаготовительных и лесоперерабатывающих предприятий, являются следующие:

- В последнее время переработчикам древесины все чаще приходится иметь дело с экологически чувствительным рынкам сбыта лесной продукции. Для того, чтобы удержать позиции на рынке, предприятия лесопромышленного комплекса вынуждены заниматься добровольной сертификацией лесопромышленного комплекса и цепочки поставок от лесозаготовителя до потребителя.
- Возможно повышение цены сертифицированной продукции. Например, 5...6 лет назад премия за 1 кубометр сертифицированных пиломатериалов (премия – это разница между ценой сертифицированных и несертифицированных пиломатериалов) составляла 5...6 Евро, 1...2 года назад – 2...3 Евро. В настоящее время этот момент теряет актуальность, так как некоторые компании уже отказываются от приобретения несертифицированных пиломатериалов.
- Предприятия разрабатывают и принимают экологическую политику. Им безразлично, каким в будущем будет окружающий нас мир. Они стремимся к устойчивому лесопользованию. А устойчивость – это баланс экономических, социальных и экологических функций леса.

Чаще всего начало сертификации лесопромышленных компаний все-таки связано с удержанием и упрочнением позиций на рынках сбыта. Когда, например, на ОАО «Соломбальский ЛДК» ставился вопрос о сертификации лесопромышленного комплекса ряда лесозаготовительных предприятий по системе FSC, мотивацией руководства комбината была не экономическая выгода, а сохранение рынка сбыта пиломатериалов.

Начало процесса лесной сертификации для предприятий лесопромышленного комплекса можно характеризовать неожиданным, внезапным. Предприятия были не готовы к этому процессу. Возникла необходимость в подготовке специалистов по лесной сертификации, которые получали необходимые знания в основном на конференциях и семинарах при обсуждении сертификационных стандартов, опыта сертификации на отдельных предприятиях. Трудно было оценить экономическую эффективность проведения лесной сертификации, так как при проведении сертификации кроме затрат на услуги по подготовке к сертификации, на проведение сертификационных аудитов предприятия несут расходы на выделение лесов высокой природоохранной ценности, изучение флоры и фауны, мониторинг сохранения редких и исчезающих видов растений и животных и другие расходы. Без опыта работы оценить хотя бы приблизительно все эти расходы практически невозможно, тем более, что каждое предприятие имеет свои особенности на арендуемых участках лесфонда. На некоторых лесных площадях сложнее выделить леса высокой природоохранной ценности, на других возникают вопросы с сохранением элементов биоразнообразия и т.д.

В управляющей компании «Соломбалалес» в 2002 году приступили к сертификационному процессу лесопромышленного комплекса два лесозаготовительных предприятия: ОАО «Светлозерсклес» и филиал «Тойма-лес», входивший в то время в ОАО «Соломбальский ЛДК». В 2004 году был получен сертификат в ОАО «Светлозерсклес» и в 2005 году в филиале «Тойма-лес». Эти предприятия уже прошли ресертификационные аудиты. Параллельно с сертификацией лесопромышленного комплекса проводилась работа по сертификации цепочки поставок и в 2006 году получило соответствующий сертификат ОАО «Соломбальский ЛДК». После реорганизации предприятий ОАО «Соломбальский ЛДК», ОАО «Соломбальский ЦБК» и создания управляющей компании «Соломбалалес» к сертификационному процессу интерес возрос. Проведены необходимые сертификационные процедуры в ООО «УК»Соломбалалес» и в 2009 году получен сертификат цепочки поставок. В 2010 году проведен основной аудит лесопромышленного комплекса в Групповом объединении «Соломбалалес», включающем три лесозаготовительных предприятия.

Задачей ООО «УК»Соломбалалес» является добровольная лесная сертификация по системе FSC всех арендованных лесных участков, входящих в холдинг.

Литература

1. Паутов Ю.А. и др. FSC сертификация в России: практические решения. Пособие для работников лесной отрасли / Ю.А.Паутов, Д.П.Засухин, А.Н.Клочихин, С.Ю.Паутов, Е.А.Порошин. – Сыктывкар: Коми региональный некоммерческий фонд «Серебряная тайга», 2007. – 151 с.
2. Климов А.Ю., Пластинин А.В. Лесная сертификация: сущность и экономическая эффективность: монография. – Архангельск: Арханг. гос. тех. ун-т, 2008. – 138 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИЙ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА В ЛЕСНЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

В.Н. ЯКОВЛЕВ, Н.А. ЯКОВЛЕВА

Россия, Северный (Арктический) федеральный университет, г. Архангельск

Географические информационные системы (ГИС) широко применяются в лесном хозяйстве и охватывают многие вопросы управления и планирования лесозаготовительных работ. ГИС позволяют объединить данные об объектах и технологических процессах с их географическим положением. Важной стороной эффективной работы с ГИС является анализ информации, в том числе с применением функций пространственного (географического) анализа. Практически все современные ГИС содержат набор функций, которые можно отнести к функциям пространственного анализа. К основным из них можно отнести: использование пространственных запросов, в том числе SQL-запроса, буферные зоны, тематические карты, районирование, использование трехмерных карт, оверлей.

Использование функций пространственного анализа рассматривается на примере геоинформационных систем MapInfo Professional и ArcView.

Создаваемые запросы можно подразделить на атрибутивные (семантические) или непространственные и пространственные. Так как атрибутивная и пространственная информация связаны, то результатом запросов в конечном результате будет выборка, включающая и данные и объекты.

С помощью пространственных запросов можно вести поиск объектов, делать выборки на основе заданных критериев, пространственных взаимоотношений. Для этих целей могут использоваться географические операторы.

Выбор объектов с помощью географических операторов в MapInfo производится на основании их взаимного расположения в пространстве. С географическими операторами в MapInfo используется специальное ключевое слово «obj», указывающее, что MapInfo должна вычислить значение на основании графических объектов, а не соответствующих им в таблице числовых полей. В MapInfo возможна выборка объектов с использованием следующих географических операторов: Contains (содержит) – центроид объекта *B* находится в границах объекта *A*; Contains Entire (полностью содержит) – объект *B* находится полностью в объекте *A*; Contains Part (содержит часть) – объект *B* частично попадает в объект *A*; Within (лежит внутри) – центроид объекта *A* попадает в объект *B*; Entirely Within (полностью лежит внутри) – объект *A* полностью попадает в объект *B*; Partly Within (частично лежит внутри) – объект *B* частично попадает в объект *A*; Intersects (пересекает) – объект *A* пересекается с объектом *B*, если они имеют хотя бы одну общую точку. При этом операторы Contains и Within работают с центроидами объекта, а Contains Entire и Entirely Within с целыми объектами.

SQL-запрос с использованием оператора Intersects: `Select * from Выдела, Водоохранная_зона where Выдела.Obj Intersects Водоохранная_зона.Obj order by Выдела.Номер into Selection`. При использовании этого запроса будут выбраны все выдела, пересекаемые водоохранной зоной, будет произведена сортировка по номерам выделов.

В ArcView также могут быть использованы запросы, которые позволяют выбрать объекты в темах.

Полученная в результате запроса выборка может быть далее сохранена в новой таблице (слое), отредактирована.

Буферные зоны являются инструментом анализа соседних объектов. В лесных картах буферные зоны можно применять для построения водоохранных и защитных полос, поиска объектов в них попадающих и т.д. Инструмент буферных зон использовался при построении водоохранных зон в картографических материалах, относящихся к лесному регламенту в MapInfo Professional. Совместное использование инструмента буферных зон, как инструмента построения водоохранных зон вдоль рек и ручьев и географических операторов в SQL-запросе позволило определить площади лесных выделов или их частей, попавших в водоохранные зоны.

Для более наглядного отображения данных на карте и их анализа применяется тематическое картографирование. В MapInfo применяются следующие типы тематических карт: диапазонов значений, столбчатых и круговых диаграмм, размерных символов, плотности точек, отдельных значений, растровых поверхностей. Возможны различные варианты использования и сочетания этих типов. В каждом типе тематических карт имеются шаблоны, которые упрощают создание и оформление карт. Имеющиеся шаблоны можно настраивать и сохранять под новыми именами. Можно создать и сохранить шаблоны для тематических лесных карт. Выбор типа тематической карты и шаблона, задающего оформление, зависит от характера и размещения отображаемых явлений. Например, для окрашивания лесных выделов по преобладающим породам и группам возраста хорошо подходит способ отдельных значений. Для автоматизации составления тематической карты написана утилита на языке MapBasic. Использование таких утилит позволяет снизить время на оформление карты, облегчить ее составление.

В MapInfo на основе тематической карты Поверхность может быть построена трехмерная карта. Трехмерная карта позволяет наглядно оценить рельеф местности. Трехмерная карта строится по точечным объектам, для которых в поле таблицы внесены высотные отметки.

В MapInfo можно создать, так называемую, карту-призму – объемное изображение площадных объектов заданного слоя по значению выбранного атрибута. Карты-призмы можно совмещать с другими тематическими картами и таким образом сравнивать различные параметры объектов карты.

Инструмент Районирование позволяет объединять объекты по каким либо признакам в районы. При районировании в MapInfo создается окно Районов, имеющее вид списка. В этом окне производится управление распределения объектов по районам, задается графическое оформление районов. В дальнейшем можно перераспределять объекты по районам. Районирование можно проводить на основе данных, уже внесенных в таблицу или на основе пустого поля. Во втором случае названия районов, к которым присоединяется объект, записываются в это поле.

При районировании используются функции обобщения Count, Sum и Pct. Функция Count подсчитывает количество объектов в районе. Функция Sum вычисляет сумму всех значений в заданном поле в записях, соответствующих объектам одного района. С помощью функции Pct вычисляется процент всех значений в заданном поле в записях, соответствующих объектам одного района. Функция Pct может использоваться для выравнивания объектов по какому-либо признаку, например, распределение лесосечного фонда по лесозаготовителям.

Объединение в одном окне карты разных тематических слоев, растровых изображений (оверлей), является также эффективным способом пространственного анализа и мониторинга.

Топология применяется для обеспечения и выделения пространственной связи между объектами в векторном представлении данных. Например, наличие узлов в местах пересечения дорог. Правильное построение топологии помогает в решении транспортных и технологических задач, построении пространственных запросов.

Приведенные методы создания и работы с лесными картографическими материалами используются в учебном процессе, дипломном проектировании.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ В СФЕРЕ ВОСПРОИЗВОДСТВА ЛЕСОВ

А.В. МИРОНОВ

Россия. Учреждение Российской академии наук

Институт социально-экономического развития территорий РАН, г. Вологда

Лес является ценным возобновляемым ресурсом, выполняет незаменимые планетарные функции, такие как регулирование климата и стока вод, значение которых постоянно возрастает. Особую роль играют таёжные леса на северо-западе России, где устойчивая работа многих промышленных предприятий зависит от обеспеченности лесными ресурсами, среди которых наиболее востребована была и остаётся древесина хвойных пород.

В силу своего географического положения и наличия больших запасов высококачественной древесины леса Вологодской области подвергались интенсивной эксплуатации. Так, до начала 90-х годов XX века сплошнолесосечные рубки в области ежегодно велись на площади 65–70 тыс. га¹. В результате применения концентрированных рубок были вырублены самые продуктивные хвойные древостои – носители ценного генофонда, на больших площадях произошла смена хвойных пород на лиственные.

Вместе с этим естественное возобновление на площадях сплошных рубок, как правило, не обеспечивает в приемлемые сроки восстановление лесов хозяйственно ценными породами. Существующая практика ведения лесного хозяйства обостряет проблему «смены пород». Динамика площади хвойных пород имеет тенденцию снижения. Её доля от покрытой лесом площади в 1927 г. составляла 91%, в 1949 г. – 70%, в 1993 г. – 53%, в 1998 г. – 55%, в 2003 г. – 54,4%, в 2006 г. – 50,5% (табл. 1).

Одновременно растет показатель лесистости. В Вологодской области динамика покрытой лесом площади в составе земель лесного фонда имела тенденцию роста: с 1927 года площадь лесов увеличилась и в 2008 г. составила 85%².

Таблица 1

Динамика состояния лесов Вологодской области

Показатели	Годы учета лесного фонда					
	1927	1993	1998	2003	2006	2008
Покрытая лесом площадь, % от общей лесной площади	76,6	83,0	82,9	81,5	86,6	85,1
Площадь хвойных пород, % от покрытой лесом	91	53	55	54,4	51,5	50,3
Распределение покрытой лесом площади по преобладающим породам, %						
Сосна	34,5	24,9	24,2	23,6	23,3	23,0
Ель	49,0	29,5	30,7	29,6	28,0	27,7
Лиственница	0,3	Нет данных	Нет данных	Нет данных	0,02	Нет данных
береза	Нет данных	36,9	36,1	37,5	38,7	39,1
осина	Нет данных	8,1	8,2	8,5	9,2	9,7
другие	Нет данных	0,6	0,8	0,8	0,8	0,5

Вытеснение хвойных пород из лесфонда ставит под угрозу устойчивое развитие лесопромышленных предприятий. Во-первых, в деревоперерабатывающих отраслях нарастает проблема дефицита хвойного сырья. Во-вторых, в лесозаготовительных предприятиях возникает проблема сбыта лиственной древесины. В Вологодской области мощностей по её переработке недостаточно,

¹Леса земли Вологодской. – Вологда: «Легия».1999

²Культуры сосны Вологодской области. Соломбальская типография. 2008.

а поставки круглого леса за рубеж запрещены законодательством. Для удовлетворения деревообработки в хвойном сырье приходится производить увеличение объемов заготовки. Это требует значительных инвестиций в строительство лесовозных дорог и приобретение высокопроизводительной техники. Рост объемов вырубki повлечет за собой увеличение объемов лесовосстановления и отвлечение финансов из основной деятельности.

В ситуации ограниченного финансирования, возникает объективная необходимость принятия мер по повышению эффективности воспроизводства лесов при сохранении нынешнего уровня затрат. Эта задача может быть решена при достаточном внимании к восстановлению на вырубках хозяйственно-ценных пород на селекционной основе и инновационных технологиях.

В настоящее время существует несколько направлений инновационных методов восстановления лесов (табл. 2).

Таблица 2

Инновационные методы лесовосстановления

Методы выращивания	Плюсы	Минусы
Генная модификация	Получение материала с заданными свойствами, устойчивого к болезням, короткий срок созревания.	Неопределённые последствия для окружающей среды, невозможность размножения растений естественным путём, запрещена законодательством
Метод прививки	Ускоренный рост материала	Трудоёмкость, низкая приживаемость
Метод ЗКС	Высокая приживаемость. подходит для любых климатических условий, ускоренный рост саженцев, возможность выращивания лесов согласно требованиям промышленности.	Требует квалифицированного персонала, высокие начальные вложения

Метод генной модификации и метод прививки из-за своих недостатков не получили широкого распространения. Опыт Финляндии и Карелии, схожих с нашим регионом по климатическим условиям, показал, что для целей лесовосстановления наиболее подходит метод выращивания саженцев с закрытой корневой системы в теплицах на специальном субстрате в контейнерах различного типа. Отличительная особенность этой технологии состоит в том, что она позволяет формировать корневой ком различных объемов, который применим для посадки на различных по степени уплотнённости и влажности почвах.

В результате внедрения данного метода ожидается снижение затрат на лесовосстановление, а так же возрастает так называемый отложенный эффект в будущем при их изъятии и переработке на различные виды древесной продукции.

Следует сказать, что себестоимость выращивания саженцев с закрытой корневой системой, по расчетам разработчиков Лесного плана определена на 2009 год в сумме 2,5 рубля за штуку³. Это выше в 3 раза себестоимости выращивания саженцев по обычной технологии. Однако, увеличение затрат на выращивание саженцев компенсируется снижением операционных расходов по посадке саженцев в грунт, обработке почвы, уходу за культурами. Цена реализации такого посадочного материала в несколько раз выше цены реализации саженцев с открытой корневой системой и составляет ориентировочно 5 рублей за штуку⁴ (табл. 3.).

³Лесной план Вологодской области. Вологда. 2007

⁴Прайс-лист ЛК Карелии. Выставка Российский лес. Вологда. 2009

Таблица 3

**Эффективность применения финской технологии выращивания саженцев
в условиях и ценах 2009 г.**

Показатели	Технология производства посадочного материала		Изменение к традиционной технологии, %
	Традиционная (ПМОКС)	Финская (ПМЗКС)	
Затраты на лесовосстановление в расчете на 1 га площади посадки леса, руб.	12360	12026	97,3
Приживаемость саженцев, %	80	100	125
Возраст биологической спелости хвойных лесов, лет	100	80	80
Возраст рубки, лет	100	80	80
Запас на 1 га в спелых насаждениях, куб. м.	200	300-400	1,5-2 раза
Себестоимость выращивания 1 саженца, руб.	0,9	2,5	2,8 раза
Цена реализации 1 саженца, руб	0,7-1,5	4-5	3 раза

Согласно Лесному кодексу с 1 января 2007 года все лесохозяйственные работы на землях лесного фонда должны производиться на коммерческой основе, а на арендованных лесных участках – лесопользователями (арендаторами)⁵. В настоящее время почти половина лесохозяйственных работ выполняется арендаторами или за их счет по аутсорсингу. К 2017 году их долю в воспроизводстве лесов планируется увеличить до 86%. Спрос со стороны арендаторов на посадочный материал, применение которого позволит им снизить расходы собственных финансовых средств на восстановление лесов на вырубленных ими лесных участках, будет возрастать пропорционально объемам рубок. К 2017 году спрос может увеличиться в 1,8 раза и составить 62 млн. штук (согласно Лесному плану области).

Переход на воспроизводство лесов, основанное на применении посадочного материала с закрытой корневой системой, потребует значительных инвестиций. Так, только на обустройство тепличного комплекса, производственной мощностью 3 млн. шт., необходимо затратить 60 млн. руб. Здесь требуются меры государственной поддержки и расширение внедрения инновационных технологий направленных на сохранение и воспроизводство лесов. Вместе с тем введение данной технологии не принесёт желаемых результатов, без организованной должным образом системы контроля над выполнением и результатами лесовосстановительных работ.

Литература

1. Воробьев, Г.А. Леса земли Вологодской / В.И. Антонов, Л.Н. Беляев, Г.А. Воробьев. – Вологда: Легия, 1999.
2. Бабич Н.А. Культура сосны Вологодской области / Н.А. Бабич, И.В. Евдокимов, Н.Н. Неволин. – Вологда: Соломбальская тип, 2008.
3. Лесной план Вологодской области. – Вологда: Департамент лесного комплекса Вологодской области, 2007.
4. Прайс-лист ЛК Карелии. Выставка Российский лес. – Вологда, 2009.
5. Лесной кодекс Российской Федерации. – М.: Проспект, 2007.
6. Редько Г.И., Бабич Н.А. Лесовосстановление на Европейском Севере. – Архангельск: Северо-западное книжное издательство, 1994.

⁵ Лесной кодекс Российской Федерации. Проспект. М. 2007

К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДРЕВЕСИНЫ УСЫХАЮЩИХ ЛЕСОВ МЕЖДУРЕЧЬЯ

Ю.Г. ТРУБИН

*Россия, Министерство природных ресурсов и лесопромышленного
комплекса Архангельской области*

Е.Г. ЦАРЕВ

Россия, Северный (Арктический) федеральный университет, г. Архангельск

А.Н. ГАЛАШЕВ

Россия, Поморский государственный университет, г. Архангельск

В течении прошедшего десятилетия на территории между реками Северная Двина и Пинега происходит и развивается процесс усыхания лесов. Усыханию подвержена основная в породном составе – ель. Явление усыхания ельников уже получило статус экологической проблемы и оказывает негативное влияние на состояние окружающей среды, экономики и социальной сферы региона.

Несмотря на многочисленные исследования, проводимые ФГУ «Рослесозащита» и экологическими организациями, причины и размеры усыхания окончательно не установлены и находятся на уровне гипотез. Изменения лесосырьевой базы за прошедший период привели к снижению выхода деловых сортиментов в среднем на 30%, ежегодное уменьшение выхода пиловочника составляет от 3 до 6 % [1]. Это вызывает серьезную обеспокоенность лесозаготовителей и деревообработчиков о состоянии лесопромышленного комплекса в ближайшем будущем.

Представителей промышленности на сегодняшний день интересуют не столько причины усыхания ельников и способы ликвидации, сколько поиск решений, позволяющих сохранить доходность производства, обеспеченность сырьем, производственные мощности и кадры. Меры, предпринимаемые органами государственной власти по снижению оплаты за древесину, охране лесов от пожаров, локализации усыхающих массивов и другие позволяют частично решить проблему, но этого не достаточно. Создававшаяся ситуация обуславливает необходимость проведения дополнительных мероприятий, которые бы способствовали минимизации происходящих потерь.

Реальная действительность такова, что повлиять на усыхание лесов невозможно, и вместе с тем заготовить и утилизировать весь объем усыхающей древесины также нереально из-за производственных, финансовых и транспортных ограничений. При этом очевидно, что часть потенциала отрасли, ранее использованного на переработку качественного сырья, придется переориентировать на производство продукции из низкокачественной древесины с целью компенсации изменяющейся структуры древесного сырья. Эффективность предстоящих изменений зависит от комплексного решения целого ряда задач, каждая из которых соответствует определенному направлению. В качестве направлений следует рассматривать: изменение свойств древесины усыхающей ели; изменения в технологиях заготовки и первичной переработки; изменения и дополнения нормативной документации по технологическому проектированию и использованию; создание продукции лесохимии, биоэнергетики, строительных материалов; развитие транспортной логистики. Все направления должны быть объединены одной целью – повышение степени комплексного использования древесины с учетом экономических и природных факторов. Разрешение поставленной многогранной проблемы возможно при сотрудничестве трех заинтересованных сторон: государственной власти, лесопромышленного комплекса и лесной науки. Интересы второй и третьей сторон не всегда совпадают, но должны совпадать с основными интересами первой стороны. Для достижения взаимопонимания между работниками науки и производства, предлагается рассмотреть замечания по некоторым существующим, без уточнения причин возникновения, обстоятельствам.

1. В ГОСТ 17462-84 «Продукция лесозаготовительной промышленности» среди стандартизованных терминов даются: деловая древесина, отходы и дрова. Вместе с тем, существует обобщающий термин «низкокачественная древесина». Термин охватывает хлысты, листовые и хвойные круглые лесоматериалы, которые по своим качественным и размерным характеристикам не соответствуют требованиям стандартов и технических условий на деловую древесину, но могут использоваться для получения деловых сортиментов путем дополнительной обработки и переработки для производства короткомерных пиломатериалов, черновых заготовок, технологической щепы и т.д. До последнего времени к низкокачественной древесине относились лесоматериалы,

подверженные внутренней гнили (85%) и имеющие пороки формы ствола (15%) [2]. Таким образом, часть отходов и дров попадает под определение термина, строгого разграничения нет. Изменение качества древесины усыхающего дерева происходит иначе, чем при поражении внутренней гнилью и образовании пороков ствола. Оба эти обстоятельства затрудняют формализацию задачи начального этапа и требуют отдельного изучения.

2. Состояние отечественной науки в области лесозаготовок и деревообработки таково, что оказались потерянными передовые позиции 70 – 80х годов прошлого столетия. При переходе на рыночную экономику основные научные центры лесной и деревообрабатывающей промышленности (ЦНИИМОД, СевНИИП и др.) перестали существовать. Ликвидированы экспериментальные и исследовательские базы, сокращен исследовательский персонал. Действующие научные объединения различных форм в отдельных городах России являются скорее очагами науки, нежели системой. Деятельность научных коллективов и отдельных ученых недостаточно скоординирована, основывается на энтузиазме и минимальном финансировании, а полученный научный вклад не всегда можно считать весомым.

3. Сотрудничество науки и промышленности должно строиться не на форме хоздоговорных тем, итогами которых являются только текстовые материалы (многочисленные выводы и рекомендации, графики и таблицы), а на конкретно достигнутом и внедренном результате с определенным социально-экономическим эффектом. Для выполнения больших проектов необходима интеграция науки, образования и производства на принципах равноправия и ответственности [3].

4. Частичное решение проблемы переработки древесины усыхающих лесов может быть достигнуто за счет покупки зарубежной техники и технологии, так как степень переработки низкокачественной древесины за рубежом в 2 – 2,5 раза выше, чем в нашей стране. Но следует учитывать, что покупке должен предшествовать всесторонний анализ, затем следовать адаптация приобретенного объекта к конкретным природно-территориальным условиям применения. Для этого также необходима совместная работа научных специалистов и практиков от производства.

Сотрудничество лесной науки и производства неизбежно для скорейшего решения проблемы освоения усыхающих лесов. Наступило время создания межведомственной организационной структуры – ассоциации, в функции которой должны войти: определение приоритетности направлений, координация действий между рабочими группами направлений, установление сроков и размеров финансирования и т.п.

Литература

1. Беляев, И.Н. Проблема усыхания еловых древостоев в Архангельской области / И.Н. Беляев // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы международной научно-технической конференции. – Вологда: ВоГТУ, 2009. – С.6-7.
2. Коробов, В.В. Переработка низкокачественного древесного сырья (проблемы безотходной технологии) / В.В. Коробов, Н.П. Рушнов. – М.: Экология, 1991. – 288 с.
3. Селиховкин, А.В. Проблемы развития лесной науки, образования и инноваций / А.В. Селиховкин, Л.В. Уткин // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы международной научно-технической конференции. – Вологда: ВоГТУ, 2009. – С.211-213.

ВЛИЯНИЕ РУБОК УХОДА РАЗНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ НА ВЕЛИЧИНУ ОТПАДА В ЕЛОВЫХ И СМЕШАННЫХ ДРЕВОСТОЯХ

Н.В. БЕЛЯЕВА, О.И. ГРИГОРЬЕВА, Т.А. ИЩУК

Россия, Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия им. С.М. Кирова

Судить о характере и напряженности конкурентных отношений в древостое, его устойчивости и, соответственно, успешности того или иного лесохозяйственного мероприятия (в данном случае рубок ухода за лесом) позволяет анализ величины и структуры отпада в древостоях (Беляева Н.В., 2006).

Целью данной работы было оценить влияние рубок ухода разной интенсивности на величину отпада в еловых и смешанных древостоях.

Объектами исследования являлись постоянные пробные площади (ПП), заложенные в 1929 г. научным сотрудником А.В. Давыдовым и лесничим З.Я. Солнцевым по методике, подготовленной проф. В.В. Гуманном, на территории опытного лесного хозяйства «Сиверский лес» в Карташевском лесничестве Ленинградской области (серия ПП 1).

Были исследованы контрольный участок (ПП 1А) и объекты с рубками ухода (ПП 1В, 1С, 1D, 1Е) площадью по 0,25 га.

На пробной площади 1А рубки не проводились. Здесь регулярно удалялся только сухостой.

На остальных объектах проводились рубки ухода разной интенсивности в несколько приемов.

По интенсивности первого приема рубки ухода делили на слабые (с интенсивностью 15-24%, индекс В), средние (25-34%, индекс С), сильные (35-44%, индекс D) и очень сильные (45% и больше, индекс E) (табл. 1).

На опытных участках с рубками ухода периодически удалялся сухостой, осина была полностью вырублена в год закладки, а береза позже.

Таблица 1

Интенсивности рубок ухода на объектах исследования

Интенсивность рубок ухода на объектах исследования				
ПП 1А (контроль)	ПП 1В (слабая)	ПП 1С (средняя)	ПП 1D (сильная)	ПП 1Е (очень сильная)
Рубки ухода не проводились. Здесь регулярно только удалялся сухостой.	1929 г. – 14,6%, 1934 г. – 15,8%, 1939 г. – 7,4%, 1960 г. – 4,9%, 1970 г. – 26,8%, 1975 г. – 5,0%, 1979 г. – 27,9%	1929 г. – 27,7%, 1939 г. – 14,8%, 1950 г. – 11,4%, 1960 г. – 10,5%, 1970 г. – 33,4%, 1979 г. – 42%	1929 г. – 38,3%, 1939 г. – 9,6%, 1950 г. – 8,8%, 1954 г. – 8,8%, 1960 г. – 19,3%, 1970 г. – 25,2%, 1979 г. – 35%	1929 г. – 53,5%, 1950 г. – 11,8%, 1960 г. – 26,5%, 1970 г. – 26,0%, 1975 г. – 1,5%, 1979 г. – 2,0%, 1984 г. – 1,4%

Почва на всех опытных участках – модермуллевая слабосреднеподзолистая супесчаная и легкосуглинистая на моренном валунном суглинке.

Характеристики объектов исследования на момент закладки пробных площадей и по данным последней таксации (2009 г.) показаны в табл. 2, 3.

Таблица 2

Исходная характеристика объектов исследования (1929 г.)

Серия ПП	Число ПП	Состав древостоя по ярусам	Возраст	Класс бонитета	Тип леса
1	5	I ярус: 10Б+Ос+С II ярус: 10Е	43	Ia III	Б.КС

Как видно из данных рис. 1-5, во всех 40-летних древостоях, пройденных рубкой ухода в 1929 г., через 5 лет наблюдается снижение величины отпада по сравнению с контрольным вариантом в 12-60 раз в зависимости от интенсивности рубки. Наибольший отпад был зафиксирован на ПП 1В со слабой рубкой и составил 4,5 м³/га, что более чем в 12 раз ниже отпада на контроле (60,7

м³/га). Наименьший отпад был отмечен на объектах, пройденных очень сильной (ПП 1Е) и сильной (ПП 1D) рубками и составил 0,1 и 0,2 м³/га соответственно, что почти в 60 раз ниже данных, зафиксированных на контроле. Промежуточное положение занимает пробная площадь 1С со средней интенсивностью рубки. Здесь отпад составляет 0,5 м³/га.

Таблица 3

Характеристика объектов исследования по данным последней таксации (2009 г.)

Пробная площадь	Ярус	Состав древостоя	Возраст	Класс бонитета	Тип леса	Полнота	Запас, м ³ /га
1А (контроль)	I	10Б+Ос+С	123	Ia	Б.КС	0,9	384
	II	10Е		III		0,3	148
1В	I	9Е1С	123	II	Е.КС	0,5	301
1С	I	9Е1С	123	II	Е.КС	0,5	331
1D	I	8Е2С	123	II	Е.КС	0,6	321
1Е	I	10Е+С	123	II	Е.КС	0,7	432

Примечание. Б.КС – березняк кисличный, Е.КС – ельник кисличный.

Для определения отпада применялся метод сплошных пересчетов на постоянных пробных площадях, традиционный для исследовательских работ на данных объектах (Давыдов А.В., 1971; Сеннов С.Н., 1977). Период повторности таксации – 5 лет. Замер диаметров деревьев осуществлялся с точностью до 1 мм металлической мерной вилкой в двух взаимоперпендикулярных направлениях на высоте 1,3 м от шейки корня. В каждой ступени толщины (по породам) с помощью высотомера измеряли высоту не менее 5 деревьев. Полученные данные выравнивались графически и использовались для определения разрядов высот по ступеням толщины. Запасы вычисляли по таблицам высот и объемов стволов (в коре) для древостоев Ленинградской, Архангельской и Вологодской областей (Третьяков Н.В., Горский П.В., Самойлович Г.Г., 1952). Полученные результаты представлены в табл. 3, 4.

Таблица 4

Распределение отпада в древостоях по породам, годам и вариантам опыта

Год	Порода	Отпад, м ³ /год				
		степень интенсивности рубки				
		ПП 1А (контроль)	ПП 1В (слабая)	ПП 1С (средняя)	ПП 1D (сильная)	ПП 1Е (очень сильная)
1934	Е	27	3,1	0,4	0,2	0,1
	С	0,5	1	-	-	-
	Б	32,4	0,4	0,1	-	-
	Ос	0,8	-	-	-	-
	Итого	60,7	4,5	0,5	0,2	0,1
1939	Е	12	1,4	2,3	0,4	0,2
	С	-	-	-	-	-
	Б	19	1,6	2,8	1,4	0,4
	Ос	0,8	-	-	-	-
	Итого	31,8	3	5,1	1,8	0,6
1946	Е	15,2	2,6	3	1,5	0,1
	С	0,5	-	-	-	-
	Б	14,4	-	0,1	3,4	-
	Ос	0,8	-	-	-	-
	Итого	31,7	2,6	3,1	4,9	0,1
1950	Е	8	5,9	2,5	2,2	1,3
	С	0,3	-	0,7	0,7	-
	Б	10	1,6	0,9	-	0,4
	Ос	0,1	-	-	-	-
	Итого	18,4	7,5	4,1	2,9	1,7

Год	Порода	Отпад, м ³ /год				
		ПП 1А (контроль)	степень интенсивности рубки			
	ПП 1В (слабая)		ПП 1С (средняя)	ПП 1D (сильная)	ПП 1E (очень сильная)	
1954	Е	-	17,3	14,1	7,7	7,3
	С	-	-	-	-	-
	Б	-	3,6	1,4	-	-
	Итого	-	20,9	15,5	7,7	7,3
1960	Е	35,4	24,0	26,4	32,2	15,1
	С	1,9	1,4	-	-	-
	Б	19,1	1,4	2	-	-
	Ос	0,4	-	-	-	-
	Итого	56,8	26,8	28,4	32,2	15,1
1970	Е	19,7	32	34	21	19
	С	-	55	-	-	-
	Б	7,1	15	6	2	3
	Ос	8,5	-	-	-	-
	Итого	35,3	52	40	23	22
1975	Е	1	12	9	11	4
	С	-	-	-	-	-
	Б	11,4	3	3	2	-
	Итого	11,5	15	12	13	4
1979	Е	17,9	10	-	6	10
	С	-	-	-	-	-
	Б	8,4	3	-	-	-
	Ос	2,2	-	-	-	-
	Итого	28,5	13	-	6	10
1984	Е	12,6	6	6	2	6
	С	2,3	-	-	-	-
	Б	22,5	-	-	-	-
	Ос	15,9	-	-	-	-
	Итого	53,3	6	6	2	6
1989	Е	6	24	10	26	-
	С	-	8	-	-	-
	Б	14,4	-	-	-	-
	Итого	20,4	32	10	26	-
1994	Е	7,2	-	7	32	3,4
	С	-	-	-	-	-
	Б	23,6	-	-	-	-
	Ос	3,4	-	-	-	-
	Итого	34,2	-	7	32	3,4
1999	Е	10	10	1	7	5
	С	-	-	-	-	-
	Б	13	-	-	-	-
	Итого	23	10	1	7	5
2004	Е	10	22	27	24	2
	С	-	-	-	-	-
	Б	17	-	-	-	-
	Итого	27	22	27	24	2
2009	Е	3,9	2	-	-	-
	С	-	-	-	-	-
	Б	16,4	-	-	-	-
	Итого	20,3	2	-	-	-

Таблица 5

Распределение отпада в древостоях по годам и вариантам опыта

Год	Отпад, м ³ /га				
	степень интенсивности рубки				
	ПП 1А (контроль)	ПП 1В (слабая)	ПП 1С (средняя)	ПП 1D (сильная)	ПП 1Е (очень сильная)
1934	60,7	4,5	0,5	0,2	0,1
1939	31,8	3,0	5,1	1,8	0,6
1946	31,7	2,6	3,1	4,9	0,1
1950	18,4	7,5	4,1	2,9	1,7
1954	0	20,9	15,5	7,7	7,3
1960	56,8	26,8	28,4	32,2	15,1
1970	35,3	52,0	40,0	23,0	22,0
1975	11,5	15,0	12,0	13,0	4,0
1979	28,5	13,0	0	6,0	10,0
1984	53,3	6,0	6,0	2,0	6,0
1989	20,4	32,0	10,0	26,0	0
1994	34,2	0	7,0	32,0	3,4
1999	23,0	10,0	1,0	7,0	5,0
2004	27,0	22,0	27,0	24,0	2,0
2009	20,3	2,0	0	0	0

Анализ данных табл. 1, 4, 5 и рис. 1-5 позволяет оценить, как изменяется величина отпада после каждого приема рубок ухода.

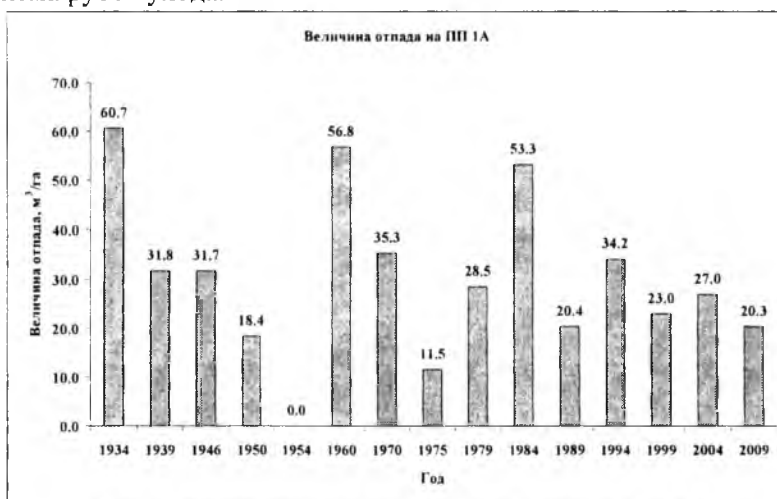


Рис. 1. Распределение величины отпада на ПП 1А

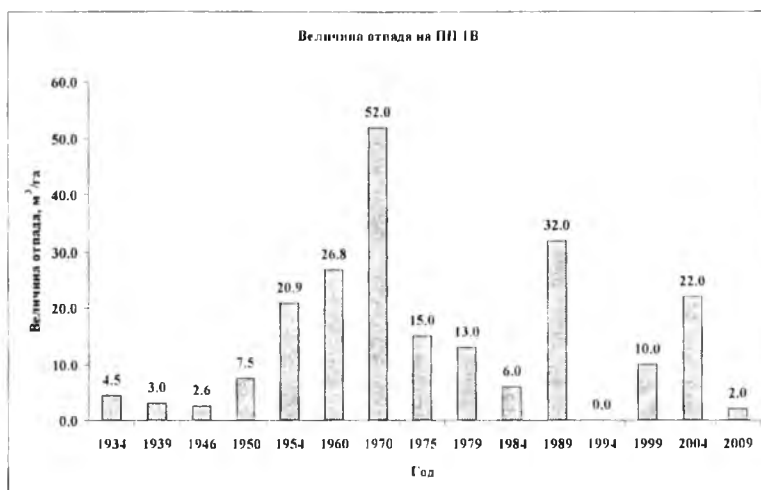


Рис. 2. Распределение величины отпада на ПП 1В

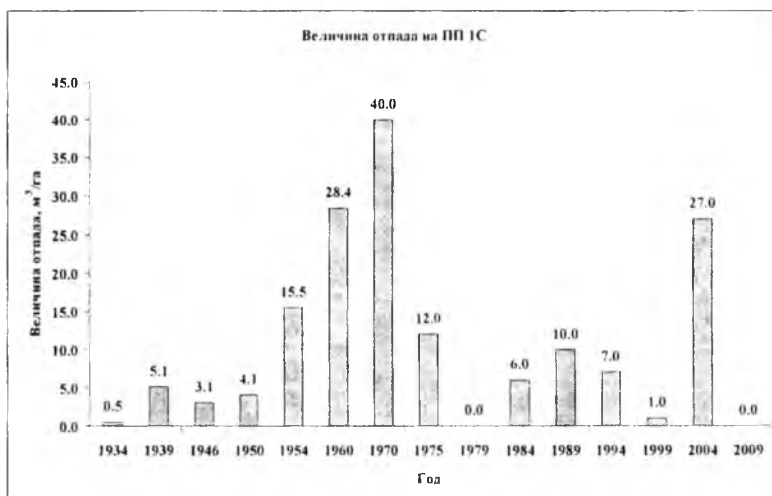


Рис. 3. Распределение величины отпада на ПП 1С

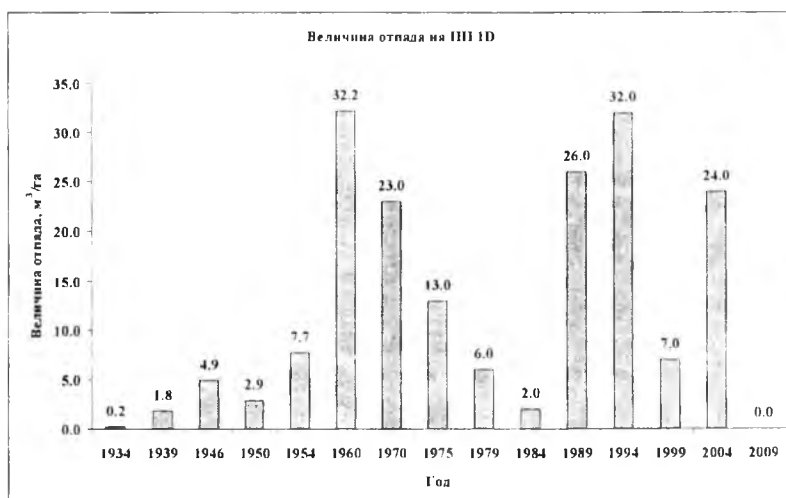


Рис. 4. Распределение величины отпада на ПП 1Д

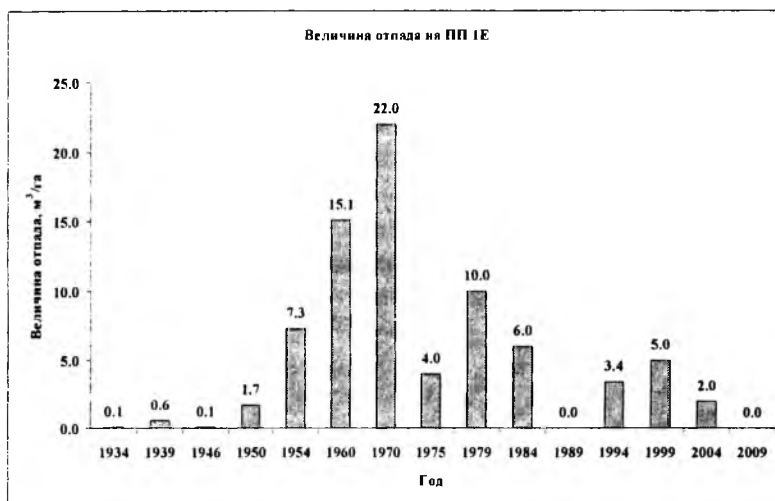


Рис. 5. Распределение величины отпада на ПП 1Е

Следующий уход был проведен через 5 лет только на объекте 1В (была повторена рубка ухода слабой интенсивности). На объектах 1С, 1D и 1Е рубка ухода в этот год не проводилась. Как показали результаты исследований (рис. 1-5), рубка указанной интенсивности привела к снижению отпада по сравнению с контрольным вариантом в среднем в 10 раз, а по сравнению с участком, на котором была проведена рубка средней интенсивности, в 1,5 раза. По сравнению с объектами 1D и 1Е (сильная и очень сильная интенсивность рубки ухода) отпад оказался в среднем в 1,5-2 раза выше. Это позволяет нам предположить, что не имеет смысла проводить рубки ухода слабой интенсивности каждые пять лет. Целесообразнее и с экономической, и с лесоводственной точки зрения, проводить рубки сильной или очень сильной интенсивности, но с повторяемостью в 10-20 лет.

Это предположение подтверждают и рубки ухода, проведенные на объектах 1В, 1С и 1D в 1939 г., после которых величина отпада по-прежнему оказалась в 2-4 раза выше по сравнению с отпадом на пробной площади 1Е, где рубки ухода не проводились вплоть до 1950 г. (рис. 1-5).

Дальнейший анализ рис. 1-5 показывает, что максимальный отпад независимо от варианта опыта наблюдается в возрасте древостоя 70-75 лет (1960-1970 гг.), что связано, на наш взгляд, с обострением в древостое конкуренции за свет, воду и элементы питания. Рубки ухода за лесом, проведенные в этот период, приводят к уменьшению величины отпада. При этом максимальное снижение отпада отмечается на объекте 1Е с очень сильной интенсивностью рубки.

Следует также отметить, что последствие рубок ухода на объектах со слабой и сильной интенсивностью рубок продолжается до 15 лет, а на участках со средней и очень сильной интенсивностью – по настоящее время (2009 г.). Таким образом, проведение рубок средней или очень сильной интенсивности предпочтительнее по сравнению с остальными вариантами опыта.

Подводя итоги вышесказанному, проанализируем итоговый отпад в древостоях за 80 лет наблюдений (табл. 6, рис. 2).

Таблица 6

Отпад по вариантам опыта в древостоях за 80 лет

Отпад								
ПП 1А (контроль)	степень интенсивности рубки							
	ПП 1В (слабая)		ПП 1С (средняя)		ПП 1D (сильная)		ПП 1Е (очень сильная)	
м³/га	м³/га	% по отношению к конт-ролю	м³/га	% по отношению к конт-ролю	м³/га	% по отношению к конт-ролю	м³/га	% по отношению к конт-ролю
452,9	216,7	47,8	159,7	35,3	182,7	40,3	77,3	17,1

Данные табл. 6 и рис. 2 показывают, что в целом отпад за 80 лет в древостоях, пройденных рубками ухода за лесом (ПП 1В, 1С, 1D и 1Е), в 2-6 раз ниже, чем на контроле. Это еще раз подтверждает необходимость регулярного ухода за лесом, о которой неоднократно говорили и говорят многие исследователи (Давыдов А.В., 1971; Сеннов С.Н., 1977; Сеннов С.Н., 1984; Клинов М.А., 1985; Мартынов А.Н. и др., 1991; Мельников Е.С., 1999; Григорьева О.И., 2005; Беляева Н.В., 2006).

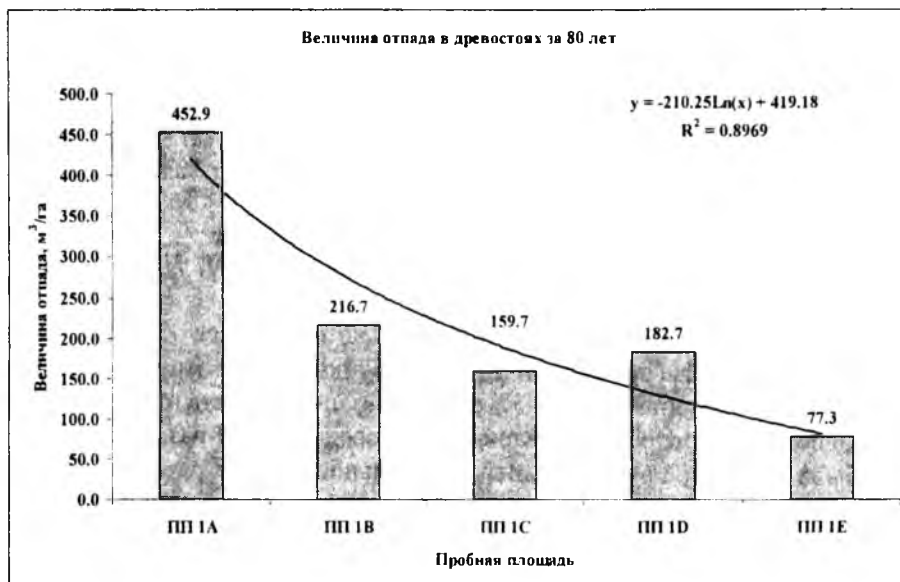


Рис. 6. Отпад в древостоях за 80 лет

Кроме того, наибольшее снижение отпада отмечается на объектах с очень сильной (ПП 1Е) и средней интенсивностью рубки (ПП 1С). Таким образом, проведение рубок ухода средней или очень сильной интенсивности предпочтительнее по сравнению с остальными вариантами опыта.

Литература

1. Беляева Н.В. Закономерности функционирования сосновых и еловых фитоценозов южной тайги на объектах комплексного ухода за лесом: дисс. ...к.с.-х. наук. – СПб., 2006. – 186 с.
2. Григорьева О.И. Формирование рубками ухода сосновых насаждений повышенной устойчивости и ценности в условиях Ленинградской области: автореф. дисс. ...к.с.-х. наук. – СПб., 2005. – 20 с.
3. Давыдов А.В. Рубки ухода за лесом. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 184 с.
4. Клинов М.А. Лесоводственная эффективность комплекса мероприятий по уходу за сосновыми насаждениями Карельской АССР: автореф. дисс. ...канд. с.-х. наук. – Л., 1985. – 20 с.
5. Мартынов А.Н. и др. Целевые программы рубок ухода и комплексного ухода за лесом (для Северо-Запада России): Метод. рекомендации. – СПб.: ЛенНИИЛХ, 1991. – 24 с.
6. Мельников Е.С. Лесоводственные основы теории и практики комплексного ухода за лесом: автореф. дисс. ...д-ра с.-х. наук. – СПб., 1999. – 35 с.
7. Сеннов С.Н. Рубки ухода за лесом. – М.: Лесн. пром-сть, 1977. – 160с.
8. Сеннов С.Н. Уход за лесом (экологические основы). – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – 128 с.
9. Третьяков Н.В., Горский П.В., Самойлович Г.Г. Справочник таксатора. – М.-Л.: Гослесбуиздат, 1952. – 853 с.

ВСТРЕЧАЕМОСТЬ ОСНОВНЫХ ПОРОКОВ В СТВОЛАХ СУХОСТОЙНОЙ ЕЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

И.Н. БЕЛЯЕВ, В.С. МОРОЗОВ

Россия, Северный (Арктический) федеральный университет, г. Архангельск

Одной из основных проблем, возникающих перед лесозаготовителем, ведущем работы в древостое, подверженном усыханию, является снижение (рентабельность стремится к нулю) или отсутствие (рентабельность отрицательная или равна нулю) экономической целесообразности разработки этого древостоя. Снижение рентабельности обусловлено, прежде всего, повышенным содержанием в стволах усыхающих деревьев различных сортообразующих пороков. Для решения задачи по оценке рентабельности проведения рубки необходимо установить определенные закономерности распределения древесных пороков, воздействию которых подвержены усыхающие деревья, а также оценить процентное соотношение здоровых, усыхающих и сухостойных экземпляров в отдельно взятом очаге усыхания. Исходя из этого, нами было решено провести локальное лесопатологическое обследование со сбором соответствующей информации с каждого обследованного дерева. В качестве объекта обследования был выбран усыхающий еловый древостой, находящийся на территории Карпогорского лесничества Архангельской области (координаты 64°1'49 СШ 44°24'36 ВД), ввиду значительного запаса сухостойной древесины в этой области (319,8 тыс. га согласно [1]). Изучение древостоя осуществлялось на трех пробных площадях согласно ОСТ 56-69-83 [2] общей площадью около 1 га.

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. Давность усыхания дерева определялась посредством визуального обследования ствола и кроны по методике, приведенной в тексте приказа Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 27 декабря 2005 г. № 350 «Об утверждении санитарных правил в лесах Российской Федерации» [3]. Все обследованные экземпляры были разбиты на 3 группы – здоровые деревья (категории 1-4 согласно приказу); сухостой текущего года, сухостой прошлых лет (соответственно, категории 5, 6 согласно приказу). Наличие пороков в стволах обследованных деревьев определялось путем выявления характерных внешних признаков. Учитывались только те пороки, повышенное интенсивное развитие которых в стволе дерева характерно для процесса усыхания (гнили, червоточины). Информация по сортообразующим порокам, характерным также для здоровых деревьев (сучки, пороки строения ствола и др.) не оценивалась.

Уже при проведении предварительного осмотра древостоя было установлено преобладание количества погибших деревьев над количеством здоровых. Состав насаждения не определялся, в качестве обследуемых деревьев выбиралась ель, которая представляла преобладающую в древостое породу. Средний диаметр ели по древостою – 14 см.

Сухие деревья насаждения характеризовались интенсивной дихромацией и отпадом хвои, отпадом коры и ветвей, наличием на стволах внешних признаков грибных заболеваний, следов жизнедеятельности древесных энтомофитов, а также трещинами различной глубины и относительной к длине ствола продолжительностью. У 8% осматриваемых деревьев была обломлена верхняя часть ствола, 7% деревьев вывалились в валежник. Также



Рис. 1. Структура обследованного древостоя по состоянию деревьев

выявлено значительное количество молодого елового подроста, что свидетельствует о протекании в древостое восстановительных процессов.

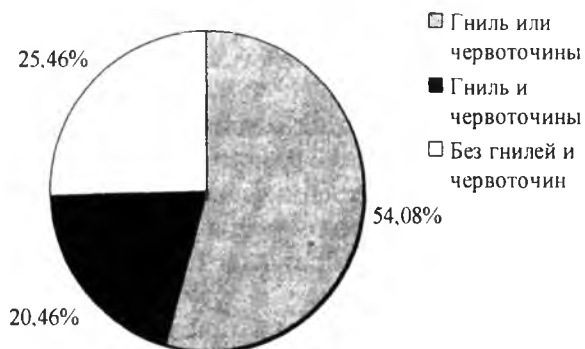


Рис. 2. Структура древостоя по встречаемости деревьев с пороками среди деревьев 2 - 3 групп

построена экспериментальная кривая, характеризующая зависимость вероятности присутствия того или иного сортообразующего порока в стволе от его диаметра. После интерполяции кривой при помощи полиномиальной функции, были получены математические уравнения, описывающие природу распространения пороков в усыхающем древостое. Конечная кривая была построена в пределах ступеней толщины ствола, допускаемых ГОСТ.

В общем виде, функциональная зависимость (Вероятность присутствия порока в стволе, %) - (Диаметр ствола, см) может быть представлена в виде

$$P = ad^2 + bd + c$$

где a, b, c – коэффициенты; d – диаметр ствола, см; P – вероятность присутствия порока в стволе, %.

Значения коэффициентов a, b, c для стволов 2-3 групп представлены в табл. 1

Таблица 1

Значения коэффициентов a, b, c

Группа ствола	a	b	c
Для гнилей			
2	0,1357	-4,1926	46,8248
3	0,491	-15,1691	169,4144
Для червоточин			
2	0,1821	-4,7734	86,5450
3	0,1897	-5,2975	96,0484

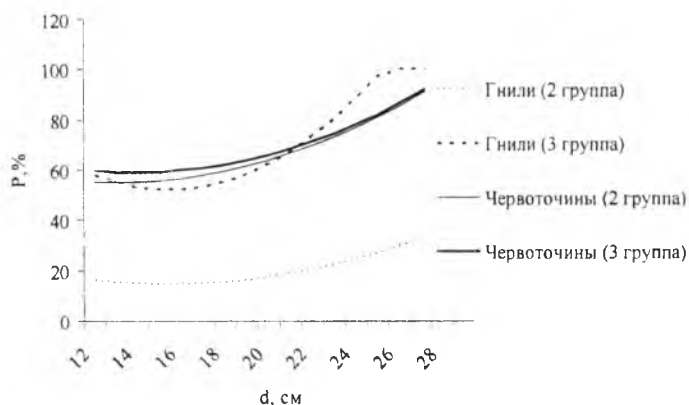


Рис. 3. Графики функциональных зависимостей $P = f(d)$ для гнилей и трещин в стволах 2-3 групп

Структура обследованного древостоя по состоянию деревьев представлена на рис. 1

Общая частота встречаемости основных сортообразующих пороков (гнили, червоточины) среди деревьев 2 - 3 групп составила: гнили – 33%; червоточины – 62%. Для той же выборки, структура древостоя по встречаемости деревьев с оцениваемыми пороками среди экземпляров 2 - 3 группы представлена на рис. 2.

По итогам статистического анализа данных, полученных в ходе обследования древостоя, была

Графики функциональных зависимостей $P = f(d)$ для гнилей и трещин в стволах 2-3 групп представлены на рис. 3

Основные выводы:

1. Значительное преобладание сухостоя текущего и прошлых лет над усыхающими на момент обследования деревьями свидетельствует об остановке или практически полном замедлении развития процесса усыхания в древостое.

2. Частота встречаемости гнилей и червоточин в стволах сухостойной ели обыкновенной возрастает с увеличением диаметра ствола

3. Частота встречаемости гнилей и червоточин в стволах сухостойной ели обыкновенной возрастает с давностью усыхания ствола. Для гнили эта тенденция проявляется особенно ярко (при переходе из 2 в 3 группу в среднем на 51%), для червоточин – значительно менее ярко выражено (в среднем на 2%)

Литература

1. Усыхающие ельники Архангельской области. Проблемы и пути их решения: материалы конференции // Департамент лесного комплекса Архангельской области, Центр защиты леса Архангельской области.- Архангельск, 2007.

2. ОСТ 56-69-83. Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки.

3. Приказ Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 27 декабря 2005 г. N 350 «Об утверждении санитарных правил в лесах Российской Федерации»

ВЫРАЩИВАНИЕ ЧЕРЕНКОВЫХ САЖЕНЦЕВ С ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ И ПРИМЕНЕНИЕМ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

С.Е. БАТУРИНА, Г.В. БАРАЙЦУК

Россия, Омский государственный аграрный университет

Интенсификация выращивания посадочного материала в современных условиях направлена на внедрение энергосберегающих технологий и обеспечение экологической чистоты производства. В настоящее время актуальны следующие проблемы: контейнерное выращивание саженцев разного возраста с учетом морозостойкости корневых систем в конкретных климатических условиях; внедрение культурооборотов на полях питомников с учетом отношения различных пород к плодородию и кислотности почв; организация холодного хранения растений в целях расширения сроков пересадок; применение регуляторов роста и развития.

Выращивание растений в контейнерах сопряжено с решением целого ряда равнозначных по своему значению проблем: субстраты для контейнеров; система полива и удобрения (нормы, периодичность и форма подачи); обеспечение благоприятных температурных условий в корневой зоне как летом, так и зимой; предупреждение закручивания корней.

Все эти проблемы в хозяйствах разных географических зон требуют решений в зависимости от климатических условий, поэтому необходимо прорабатывать их индивидуально для различных природных зон. Изучение регенерационной способности зелёных черенков различных пород и сортов декоративных растений является неотъемлемой частью зональной технологии зелёного черенкования в Западной Сибири.

Туя западная в Сибири, в частности в Омской области, является интродуцированной культурой и пока выращивается очень ограничено в городском и частном зеленом строительстве. Но интерес к данной культуре возрастает, причём на саженцы с закрытой корневой системой, так как позволяет увеличить сроки посадки и приживаемость растений. Вопросы, связанные с выращиванием саженцев туи западной из зелёных черенков с закрытой корневой системой, в условиях южной лесостепи Омской области не изучены.

Целью наших исследований явилось изучение эффективности биологических препаратов природного происхождения при зелёном черенковании туи западной с закрытой корневой системой (контроль – черенкование в открытом грунте парника – открытая корневая система). Полученные результаты будут использованы при разработке технологии получения черенковых саженцев туи западной с закрытой корневой системой в южной лесостепной зоне Омской области.

Место и методика проведения опытов. Размножение туи западной (*Thuja occidentalis* L.) с закрытой корневой системой зелёными черенками с применением биопрепаратов проводили в 2009-2010 гг. на малом опытном поле ОмГАУ в холодных парниках закрытого типа на основе техноло-

гии применения биологических препаратов, разработанной в ОмГАУ [1] и существующей технологией зелёного черенкования [2]. Изучали эффективность применения следующих препаратов: препарат Планриз, нарабатываемый на основе бактерий *Pseudomonas fluorescens*; препарат Триходермин, созданный на основе почвенного гриба *Trichoderma viride*; препарат Росток, представляющий собой 1% раствор гуминовых кислот, полученный из торфа. Эталонами служили варианты с применением химического препарата Фундазол и стимулятора роста (-4(-индол-3-ил) масляной кислотой (ИМК)). Контролем был вариант без обработки черенков.

Все препараты использовались согласно «Списку разрешенных препаратов...»: Планриз, Росток вносили 3 раза с интервалом 15 дней, Триходермин в жидкой форме 2 раза в момент посадки зелёных черенков и через месяц [1].

Нарезку зелёных черенков проводили с маточных деревьев дендропарка ОмГАУ в оптимальные сроки (в конце июня) в состоянии полуодревеснения. Заготовку черенков осуществляли путем срезания молодых побегов возобновления с оставлением 1 см полуодревесневшей части. Срезанные черенки связывали в пучки по 25 шт. и замачивали в воде на 12-18 часов. Черенки высаживали в посадочные ящики размером 40х60х10 см и объёмом 15 л, заполненные питательной смесью - полевая земля + навозный перегной + песок (1:1:1 по объёму) с размещением в парник. В качестве субстрата, наносимого слоем 5 см поверх питательной смеси, использовали речной песок. Схема посадки 5х5 см (100 шт. в ящике). На 1 кв.м 3,5 ящика (360 шт./кв.м). В грунтовой парник (контроль – открытая корневая система) также высадили по 360 шт./ кв.м черенков. Препараты вместе с Контролем без обработки испытывали в шести вариантах опыта, повторность опыта 3-х кратная.

В течение всего периода укоренения проводили мелкокапельное опрыскивание для поддержания влажности воздуха в парниках в пределах 80-100 %. В 9, 15, и 21 час измеряли температуру и относительную влажность воздуха аспирационным психрометром, температуру субстрата – почвенным термометром Савинова. В середине октября провели инвентаризацию укорененных черенков.

Результаты исследований. Микроклимат один из решающих факторов при укоренении зелёных черенков. Складывается он под влиянием погодных условий и создаваемого искусственного режима в парниках под укрытием, что обуславливает различие показателей по годам (табл.1). Оптимальная температура укоренения и развития для туи западной колеблется в пределах 20-26°C. Образование каллуса в основные месяцы укоренения (июль-август) как в 2009 г. так и в 2010 г. шло при относительно ровных температурах субстрата (20,1-21,2°C).

Относительная влажность воздуха была в 2009 г. в течение всего периода корнеобразования в парниках стабильной (77-81%), в 2010 г. наблюдалась тенденция её повышения от 79 до 89%, что способствовало увеличению интенсивности корнеобразования.

Таблица 1

Микроклимат в парниках в период корнеобразования у зелёных черенков туи западной

Номер парника	Месяц укоренения	Средняя температура, °С				Относительная влажность воздуха, %	
		2009		2010		2009	2010
		субстрата	воздуха	субстрата	воздуха		
I парник (открытая корневая система)	июль	20,1	21,9	21,2	20,3	77	82
	август	21,0	21,2	21,2	22,2	80	89
	сентябрь	16,1	15,1	14,8	16,2	77	89
II парник (закрытая корневая система)	июль	20,1	21,7	21,2	21,0	79	79
	август	21,1	20,9	20,4	22,0	81	88
	сентябрь	16,4	15,1	13,8	15,9	77	86

В 2009 г. число укоренившихся черенков варьировало от 54,8% у Контроля без обработки до 90,5% с применением препарата Планриз в парнике с открытой корневой системой (табл.2). В парнике с закрытой корневой системой самый высокий процент укоренения наблюдался в опыте с применением препарата Триходермин - 94,2%. Все варианты опыта в 2009 г. по проценту укореняемости черенков превышают контроль с вероятностью достоверного прогноза 95%.

Достоверное увеличение укоренения в 2010 г. по сравнению с Контролем без обработки (85%) зарегистрировано при применении препаратов Триходермин (96,1%), Планриз (94,7%), Росток (94,2%) и Фундазол (92,5). В парнике с закрытой корневой системой отмечается варьирование по проценту укореняемости зелёных черенков и достоверной разницы между опытами с эталонами и испытываемыми препаратами не получено – они были на одном уровне.

Таблица 2

Укореняемость зеленых черенков туи западной с применением биопрепаратов, % от высаженных черенков

Препараты	2009 г.		2010 г.	
	I парник (откр. к. с.)	II парник (закр. к. с.)	I парник (откр. к. с.)	II парник (закр. к. с.)
Планриз	90,5	81,7	94,7	73,9
Триходермин	88,1	94,2	96,1	75,6
Росток	86,9	83,3	94,2	85,3
Фундазол (контроль)	81,0	65,8	92,5	88,3
ИМК (контроль)	83,3	75,8	86,7	77,5
Контроль (без обработки)	54,8	43,3	85,0	59,4
НСР ₀₅	22,44	22,40	6,83	24,08

Таким образом, высокая укореняемость зеленых черенков по сравнению с контролем достоверно доказана в парниках с открытой корневой системой, в то время как превышение процента укоренения туи западной с закрытой корневой в сравнении с контролем и эталонными вариантами по результатам двухлетних опытов достоверно не доказано.

Литература

1. Барайшук Г.В. Биозкологические основы использования безопасной защиты древесных насаждений Омского Прииртышья: /монография/—Омск: ОмГАУ, 2009. – 240 с.
2. Тарасенко М.Т. Зеленое черенкование садовых и лесных культур / М.Т. Тарасенко. – М.: Изд-во МСХА, 1991. – 272 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЖЕСТКОСТИ ПОЧВЫ

А.В. Родионов, А.М. Цыпук

Россия, Петрозаводский государственный университет

При обработке почвы на вырубках машины испытывают динамические нагрузки. Силу F , N соударения рабочего органа машины с почвой можно выразить известной формулой Гука:

$$F = k_s^{nc} \cdot x,$$

где k_s^{nc} - коэффициент жесткости почвы, N/m ; x – перемещение рабочего органа в процессе соударения, m .

Для определения k_s^{nc} рассмотрим процесс взаимодействия рабочего органа с почвой на примере иглы динамического лункообразователя [1, 2].

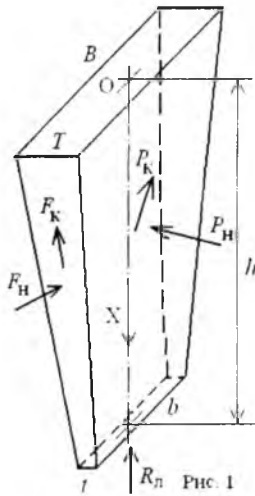


Рис. 1. Расчетная схема иглы лункообразователя

Примем, что часть иглы лункообразователя, погружаемая в почву может быть представлена как усеченная пирамида высотой h , верхнее основание которой имеет форму прямоугольника со сторонами $B \times T$, а нижнее основание (лезвие) – прямоугольника со сторонами $b \times t$ (см. рис. 1). Игла симметрична по оси OX .

Примем, что величина коэффициента жесткости почвы $k_s^{нч}$ определяется как отношение силы N сопротивления иглы к величине x ее внедрения в почву.

На иглу со стороны почвы действуют силы: R_n – сопротивление почвы смятию лезвием иглы, N ; две силы P_n – сопротивления почвы смятию фронтальными гранями, N ; две силы F_n – сопротивления почвы смятию боковыми гранями, N ; по две P_k и F_k – соответствующие им силы трения, N .

Величины сил определяются так:

$$R_n = t \cdot b \cdot [\sigma], \quad (1)$$

где $[\sigma]$ – удельное сопротивление почвы смятию, Па;

$$P_n = \frac{b + (b + 2 \cdot x \cdot \operatorname{tg} \alpha)}{2} \cdot \frac{x}{\cos \beta} \cdot [\sigma], \quad (2)$$

где α и β – углы между осью OX и гранями иглы, боковой и фронтальной соответственно, град.;

$$F_n = \frac{t + (t + 2 \cdot x \cdot \operatorname{tg} \beta)}{2} \cdot \frac{x}{\cos \alpha} \cdot [\sigma]; \quad (3)$$

$$P_k = P_n \cdot f; \quad F_k = F_n \cdot f, \quad (4)$$

где f – коэффициент трения сталь-почва.

Величины углов определяются из выражений:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{B - b}{2h}, \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{T - t}{2h}. \quad (5)$$

Для определения общей силы N сопротивления иглы внедрению, составим уравнение равновесия относительно оси OX :

$$N = R_n + 2 \cdot P_n \cdot \sin \beta + 2 \cdot P_k \cdot \cos \beta + 2 \cdot F_n \cdot \sin \alpha + 2 \cdot F_k \cdot \cos \alpha. \quad (6)$$

Подставляя в выражение (6) формулы (1...5), получим:

$$\begin{aligned} N = [\sigma] \cdot \left\{ bt + x \cdot \left[\left(2b + 2x \cdot \frac{B-b}{2h} \right) \cdot \left(\frac{T-t}{2h} + f \right) + \dots \rightarrow \right. \right. \\ \left. \left. \rightarrow \dots + \left(2t + 2x \cdot \frac{T-t}{2h} \right) \cdot \left(\frac{B-b}{2 \cdot h} + f \right) \right] \right\}. \quad (7) \end{aligned}$$

Формулу (7) рекомендуется применять для значений:

$$x_0 = 0; \quad x_1 = 0,25h; \quad x_2 = 0,5h; \quad x_3 = 0,75h; \quad x_4 = h.$$

Максимального значения N_n величина N сопротивления иглы внедрению достигает, когда $x_4 = h$:

$$N_n = [\sigma] \cdot \left(S_B + h \cdot f \cdot \frac{P_B + P_n}{2} \right).$$

Определим коэффициент жесткости почвы k_s^{nc} при внедрении в нее иглы (см. рисунок 1) при удельном сопротивлении почвы смятию 280 и 1370 кПа, для гумусной и минеральной почвы соответственно.

Примем необходимую глубину посадочного места $h = 0,23$ м. Остальные данные: $B = 0,1$ м; $T = 0,035$ м; $b = 0,08$ м; $t = 0,005$ м; $f = 0,26$.

Результаты расчета сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Расчет коэффициента жесткости почвы k_s^{nc} , Н/м

Участок	Значение коэффициента k_s^{nc}				
	результат расчета	среднее	отклонение от среднего	медиана	отклонение от медианы
Тип почвы – гумусная на вырубке					
0 – 1	20417	19476,50	4,83	19469,00	4,87
1 – 2	18551		-4,75		-4,72
2 – 3	19050		-2,19		-2,15
3 – 4	19888		2,11		2,15
Тип почвы – минеральная на вырубке					
0 – 1	99896	95292,75	4,83	95260,50	4,87
1 – 2	90754		-4,76		-4,73
2 – 3	93207		-2,19		-2,16
3 – 4	97314		2,12		2,16

Расчетная величина k_s^{nc} меняется по мере заглубления рабочего органа. Для каждого горизонта определяем ее по формуле:

$$k_s^{nc} = \frac{N}{x} \tag{8}$$

Полученный ряд величин делим на число горизонтов разбиения общей глубины и получаем средние значения k_s^{nc} . Для гумусной и минеральной почв на вырубках они составили 19,5 и 95,3 кН/м соответственно.

Более точно k_s^{nc} можно определить так:

$$\overline{k_s^{nc}} = \frac{\int_0^h \frac{N}{x} dx}{h} \tag{9}$$

Представим формулу (7) в виде:

$$N = (Ax^2 + Dx + C) \tag{10}$$

Здесь:

$$\begin{cases} A = [\sigma] \cdot (4 \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta + 2f \operatorname{tg} \alpha + 2f \operatorname{tg} \beta); \\ D = [\sigma] \cdot (2b \operatorname{tg} \beta + 2bf + 2 \cdot t \operatorname{tg} \alpha + 2tf); \\ C = [\sigma] \cdot bt. \end{cases} \tag{11}$$

$$\int_0^h \frac{N}{x} dx = \int_0^h \left(Ax + D + \frac{C}{x} \right) dx = \frac{Ah^2}{2} + Dh + C \cdot \ln h. \tag{12}$$

Подставляя в формулы (9...12) известные исходные данные (см. выше), определяем, что:

для гумусной почвы на вырубках $\overline{k_s^{nc}} = 16,9$ кН/м;

для минеральной почвы на вырубках $\overline{k_s^{nc}} = 82,6$ кН/м.

Разница между значениями коэффициента жесткости почвы, определенного по приближенной и уточненной методике, составляет 15,4 %, поэтому уточненная методика предпочтительнее.

Литература

1. Цыпук, А. М. Сопротивление и энергия при деформации почвы [Текст] / А. М. Цыпук // Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ. – 2003. – Вып. 4. – С. 151–156.
2. Родионов, А. В. Применение методов математического моделирования в задачах совершенствования технологических процессов на предприятиях лесопромышленного комплекса [Текст] / А. В. Родионов, Г. Н. Колесников, В. В. Поляков и др.; ПетрГУ. – Петрозаводск, 2007. – 161 с. – Деп. в ВИНТИ 19.02.2007, № 147-В2007.

ЗАВИСИМОСТЬ СМОЛОВЫДЕЛЕНИЯ ОСУШАЕМЫХ СОСНЯКОВ ОТ ПРИРОСТА ПО ДИАМЕТРУ

А.С. НОВОСЁЛОВ

Россия, Вологодский государственный технический университет

В.С. ВЕРНОДУБЕНКО

Россия, Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина

Подсочное производство по праву считается одним из важнейших направлений в лесопользовании, а сосновая живица, получаемая при подсочке, продолжает оставаться основным сырьём при обеспечении многочисленных видов производств ценными лесохимическими продуктами. В настоящее время объём заготавливаемой живицы приблизился к критической отметке, но возможные варианты изучения косвенных признаков смолопродуктивности сосняков на объектах мелиорации, пройденных несплошными рубками, имеют достаточную репрезентативность и мало изучены.

Целью настоящей работы – установление зависимости между числом вскрываемых при ранениях годовичных колец и величиной потёка живицы, а также общий анализ выхода живицы и избранных показателей радиального прироста (число вскрытых колец, их ширина и пр.) сосновых деревьев. В качестве объекта исследования был использован гидроресомелиоративный стационар «Дор» (Комплексная рубка 2005 г.) в Сокольском районе Вологодской области.

Внутри пазов с сохранением лесной среды было заложено 2 опыта, включающие 6 пробных площадей (ПП), на которых были выполнены лесоводственные и лесотаксационные работы и проведена оценка смоловыделения. Смоловыделение определялось с использованием экспресс-метода микроранений (ЭММ) с учётом рекомендаций А.А. Высоцкого [1], суть которого заключается в снятии на небольшом участке ствола грубой корки (подрумянивании), высверливании сверлом (Ø 5 мм) отверстия, глубиной 15 мм, с последующей установкой в него поливинилхлоридной трубки (l=1,5 м). Трубка устанавливается путём прикрепления (при опутывании дерева с углом витка в 45°) её свободного периферийного конца иглой к корке дерева. В местах подрумянивания корки возрастным буравом изымались керны древесины, длиной 4 см. В камеральных условиях измерения параметров кернов проводились на бинокляре МБС-9. Полученные материалы легли в основу настоящей работы.

Во время разработки лесосеки интенсивность изреживания древостоя была высокой (до рубки полнота была выше 1,0), в настоящее же время (2010 г.) объекты были выбраны со средне- и низко-полнотным стоянием деревьев (табл. 1).

Среднее число годовичных колец на образцах древесины подсчитывалось в интервалах с 0 до 15 и с 10 до 15 мм, что обуславливается тем, что интервал годовичных слоёв радиального прироста от 2010 года (окончания прироста) и до 10 мм вглубь дерева перекрывался (или в большей мере

перекрывался) вставленной трубкой. Смолоистечение происходило только в цилиндре просверленного отверстия с длиной и диаметром 5 мм.

Таблица 1

Таксационное описание опытных сосняков после комплексных рубок

Номер ПП	Шифр типа леса	Состав древостоя	Класс бонитета	Средние показатели						
				возраст, лет	высота, м	диаметр, см	густота, шт./га	полнота		запас м ³ /га
								абсолютная, м ² /га	относительная	
45, 46, 47, 48	С. черн. ос.	10С, ед. Е	III	64	17,5	18,3	860	23,7	0,7	204
12 (9), 13 (9)	С. черн. ос.	10С+Е, ед. Б, Ос	III	64	17,5	18,2	466	13,0	0,4	112

Исходя из полученных данных (табл. 2) справедливо заметить, что в связи с проведённой рубкой число колец в первом и во втором диапазонах варьируется в пределах 2 раз. Средняя ширина годичного слоя древесины также варьируется незначительно (0,2 мм), причём кольца с максимальной шириной в первом диапазоне измерений имеют большие значения, чем во втором, что (вполне правомерно полагать) связано с изменением условий среды после проведения рубки.

После проведения рубки деревья в приканальном и межканальном пространствах не имеют резкой дифференциации по диаметру, который колеблется около 20 см. То есть, деревья вполне пригодны для заготовки живицы согласно существующим нормативам. Средняя дина потёка живицы на ПП имеет также невысокий коэффициент изменчивости (35%).

В целом насаждение имеет достаточно высокую продуктивность (III класс бонитета), что связано, прежде всего, с невысокой мощностью (30 см) подстилающей его торфяной залежи (переходный тип). её высокой зольностью и быстрыми темпами трансформации лесорастительных условий, вызванные гидролесомелиорацией.

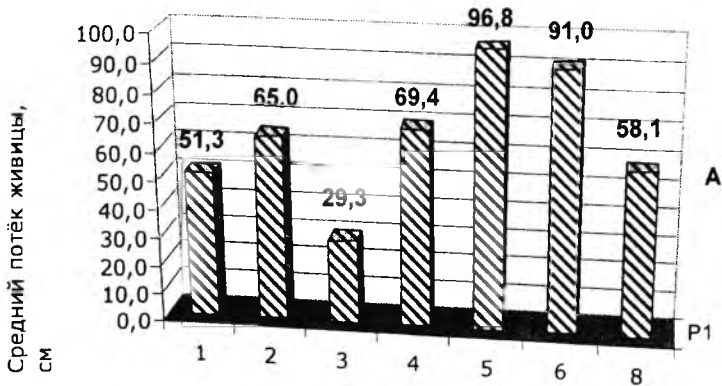
Статистический (корреляционный) анализ при 5% уровне значимости не выявил достоверной тесноты связи между длиной потёка живицы в трубке и числом годичных колец в интервале с 10 до 15 мм. Указанный анализ проводился без распределения полученных данных по ступеням численности (согласно числу колец), поскольку при таком ранжировании число измерений сокращается вдвое и искомый показатель резко снижает свою достоверность. Тем не менее (рис.), сгруппированные данные в межканальной полосе показали плавное изменение средней величины смоловыделения в зависимости от вскрытых колец во втором интервале, относительно приканальной полосы.

Таблица 2

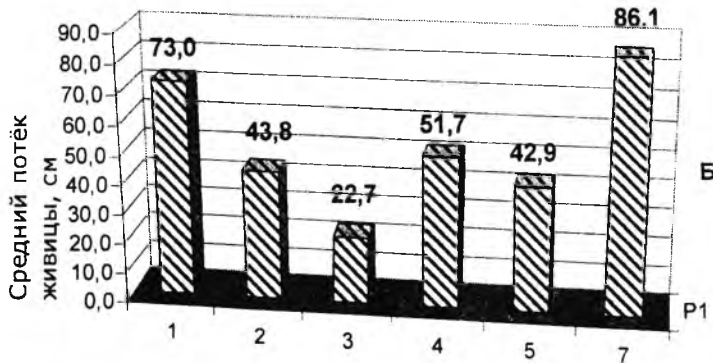
Результаты выхода живицы и избранных параметров радиального прироста

Номер ПП	Среднее число годичных колец на ПП в диапазонах		Средняя ширина годичного кольца на ПП в диапазонах		Длина потёка живицы, см	Средний диаметр опытных деревьев, см
	с 0 до 15 мм, шт.	с 10 до 15 мм, шт.	с 0 до 15 мм, мм	с 10 до 15 мм, мм		
45, МК, КП	5	2	1,3	1,2	50,3	21,0
12 (9), МК	9	4	0,9	1,1	43,2	20,4
46, МК, ЦП	7	3	1,2	1,1	73,5	20,2
48, ПК, ЦП	8	3	0,8	0,8	52,9	21,7
47, ПК, КП	7	3	1,0	1,0	52,7	19,6
13 (9), ПК	6	2	1,2	1,1	20,6	20,6
В среднем на объекте	6	3	0,9	1,1	45,4	20,6

Примечание: МК и ПК – межканальное и приканальное пространства, ЦП и КП – центр и край пасеки.



Число годичных колец, вскрытых при поранении в интервале с 10 до 15 мм. шт.



Число годичных колец, вскрытых при поранении в интервале с 10 до 15 мм, шт.

Рис. Длина потёка сосновой живицы в зависимости от вскрытых годичных колец микроранением в приканальной (А) и межканальной (Б) полосах

Так, распределение среднего выхода живицы по количеству вскрытых колец во втором интервале в межканальной полосе отражается умеренной теснотой связи ($r=0,40$). В приканальной полосе, как и в межканальном пространстве, с уменьшением количества слоёв в указанном интервале заметно снижение (рис. 3 слоя) длины потёка в трубке.

В заключение можно резюмировать, что при возрастании интенсивности лесоосушения, уменьшается количество слоёв в интервале с 10 до 15 мм, увеличивается их средняя ширина, что отрицательно сказывается на выделении живицы.

Литература

1. Высоцкий, А.А. Создание искусственных насаждений сосны обыкновенной повышенной смолопродуктивности: обзорная информация. М., 1983. – 4 с.

СУЧКОВАТОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ СТВОЛОВ В СМЕШАННЫХ КУЛЬТУРАХ ЕЛИ И ЛИСТВЕННИЦЫ

Ю.М. АВДЕЕВ

Россия. Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина

Качество древесного сырья является одновременно его технической и экономической характеристикой. В странах Европы, Северной Америке, Японии внедрены долгосрочные программы целевого выращивания древесины, предусматривающие доступные для лесоведа-практика методы, основанные на правильном выборе выращиваемой древесной породы, оптимальном расположении растений по площади, своевременном проведении лесоводственных уходов. Опыт этих стран показывает, что повышение качества древесины обеспечивает значительный экономический эффект.

Как отмечает О.И.Полубояринов (1972): «Чем дороже готовое изделие, тем выше требования предъявляемые к сырью, из которого оно изготавливается. Применительно к древесине, это, прежде всего, относится к сучковатости».

Каждая древесная порода имеет свои биологические особенности характера развития живой кроны и процесса отмирания сучьев (Полубояринов, 1970).

Применительно к смешанным культурам ели и лиственницы можно сказать, что эти две породы отстоят друг от друга на разных позициях по отношению к свету: ель – порода теневыносливая, а лиственница – светолюбивая. Лиственница комфортнее ощущает себя в южных районах, а ель также хорошо может произрастать в таежной зоне, т.е. например, в условиях Европейского Севера (Григорьев, 1989).

Сучковатость играет значительную роль при определении качества древесины лиственницы и ели.

Лиственница по сравнению с елью отличается большими колебаниями протяженности зон ствола, очищенной от сучьев. Эти особенности осложняют определение качества древесины, ее сортировку и приводят к большому разнообразию сортов по сравнению с елью.

В молодом возрасте у лиственницы идет интенсивный рост, негативно сказывающийся на качестве древесины, в том числе и наличие пороков, среди которых сучковатости отводится первостепенное значение.

Ель отличается медленным ходом очищения стволов от сучьев и высококачественная (бессучковая) древесина у нее обычно сформировывается скорее всего уже у очень старых деревьев при благоприятных условиях роста (Полубояринов, 1970).

На территории Европейского Севера вопросу сучковатости насаждений посвящены работы Левина (1971), Коротяева (1998), Корчагова (2010) и др. Данных по исследованию сучковатости в смешанных культурах хвойных пород не обнаружено.

В связи с этим нами была поставлена задача исследования сучковатости деревьев ели и лиственницы в смешанных культурах.

С этой целью были заложены пробные площади в средней подзоне тайги Вологодской области. В ходе исследований были произведены замеры протяженности бессучковой зоны ствола, зоны с сухими сучьями и живой кроны согласно методики О.И. Полубояринова (1972)

Таксационная характеристика объекта исследования по ели следующая: 5Е, $d_{cp}=7,9$, $h_{cp}=12,5$, А=20 лет, Бонитет I, $P_{отн}=0,2$, М = 42 м³/га; по лиственнице: Ли, $d_{cp}=9,6$, $h_{cp}=11,6$, А=20 лет, Бонитет I, $P_{отн}=0,2$, М = 42 м³/га

Рельеф исследованного участка ровный, захламленность отсутствует. В напочвенном покрове преобладают земляника лесная и клевер, в изобилии злаковые травы, в меньшем количестве присутствуют мхи-зеленомошники, сныть, манжетка и мышиный горошек. Подлесок представлен черемухой и ивой. Подрост на участке отсутствует.

Необходимо отметить, что кроны у обеих пород достаточно протяженные.

Живая крона по длине ствола довольно низко опущена и составляет для ели 89% (11,2 м ±0,7) от высоты всего ствола, для лиственницы – 88% (10,2 м ±0,3), что характерно для таких насаждений в возрасте молодняка (Полубояринов, 1970).

Очищаемость ствола от сучьев не значительная. Длина бессучковой зоны у ели она равна примерно 1% ($0,1 \text{ м} \pm 0,02$) от всей высоты дерева, у лиственницы – приблизительно 2% ($0,2 \text{ м} \pm 0,01$).

Длина зоны с сухими сучьями для ели ($1,3 \text{ м} \pm 0,2$) и лиственницы ($1,2 \text{ м} \pm 0,2$) примерно одинакова – 10%.

Выявлены высокие коэффициенты корреляции между зонами ствола с таксационным диаметром дерева, высотой, диаметром кроны ($0,830 - 0,977$). Данные взаимосвязи имеют прямо пропорциональную направленность.

На данном этапе формирования насаждений ели и лиственницы живая крона занимает преобладающее положение по сравнению с другими зонами ствола. Процесс очищения ствола от сучьев происходит в незначительных пределах, что как нами уже было отмечено.

Выявленные средние показатели сучковатости и практически значимые корреляции между показателями сучковатости и параметрами деревьев могут быть использованы для анализа процессов формирования крон в смешанных культурах с изменением высоты ствола и по диаметру, а также контроля изменчивости размера бессучковой древесины ствола и регулирования процессов естественного очищения ствола от сучьев, что может способствовать выращиванию древесного сырья необходимого качества в процессе лесовыращивания.

ЛЕСНОЙ ДИСКОВЫЙ КУЛЬТИВАТОР С ПОВЫШЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ

В.И. ПОСМЕТЬЕВ, В.А. ЗЕЛИКОВ, А.И. ТРЕТЬЯКОВ, М.А. ЛАТЫШЕВА
Россия. Воронежская государственная лесотехническая академия

Значительные объемы лесокультурных работ при возобновлении леса занимают операции по уходу за лесными культурами на вырубках. Для вырубок характерно наличие большого числа различного рода препятствий в виде пней, крупных корней и валунов, выходов скальных пород, растительных включений в почве и др. При этом обрабатываемая поверхность на лесных объектах отличается, как правило, неровным рельефом, а траектория движения лесных почвообрабатывающих агрегатов (ЛПА) – значительной кривизной. В связи с этим для ухода за лесными культурами традиционно используются культиваторы со сферическими дисковыми рабочими органами. Однако они имеют слабую заглубляющую способность и устойчивость хода на заданной глубине обработки, чем снижается качество обработки почвы. К тому же, для защиты от ударных нагрузок, лесные культиваторы снабжены малоэффективными простейшими пружинными амортизаторами вертикального типа, не способные надежно защитить орудие от поломок при встрече его рабочих органов с крупными препятствиями.

Простой заменой амортизаторов на совершенные конструкции предохранительных механизмов (далее предохранителей) можно повысить надежность и значительно снизить массу культиватора. Однако, снижение массы орудия закономерно повлекло за собой снижение и без того низкой заглубляющей способности дисковых рабочих органов, что вынуждает эксплуатационников искусственно утяжелять культиватор с помощью балласта. Последнее неоправданно увеличивает энергозатраты агрегата, особенно на вспомогательных операциях, не связанных с обработкой почвы. Кроме этого дисковые рабочие органы пассивного типа не обеспечивают качественного подрезания сорной растительности и крошения почвы, часто забиваются последними, допускают многочисленные повреждения лесных культур [1].

Указанные недостатки серийных лесных дисковых культиваторов существенно снижают их эксплуатационные свойства. Решить проблему можно путем оснащения культиватора вибрационными рабочими органами и пневмогидравлическим предохранителем. Однако использование вибрационного механизма рабочих органов закономерно ведет к дополнительным затратам мощности двигателем агрегируемого трактора и соответствующему повышению расхода топлива. Выполненные в этой связи поисковые исследования показали перспективность использования в таком ЛПА механизмов рекуперации энергии [2].

Структурная схема системы рекуперации энергии энергосберегающего ЛПА представлена на рисунке 1. Основными источниками рекуперации энергии здесь являются механизмы подвески и навесного устройства трактора, а также предохранителя культиватора. Безвозвратно теряемая энергия в традиционных ЛПА, в данном случае направляется в насосно-аккумуляторный узел и полезно используется при работе вибрационного механизма рабочих органов культиватора. Работа всех трех механизмов рекуперации ЛПА основана на насосном эффекте.



Рис. 1. Структурная схема системы рекуперации энергии лесного почвообрабатывающего агрегата в составе трактора и дискового культиватора

Механизм рекуперации подвески трактора функционирует следующим образом. При движении ЛПА на лесных объектах трактор, под действием своей массы испытывает вертикальные перемещения от неровностей поверхности почвы, вследствие чего поршни гидравлических амортизаторов 17 совершают возвратно-поступательные движения (рис. 2).

При этом движение поршня влево сопровождается вытеснением части рабочей жидкости из заштоковой полости амортизатора через дроссель 19 и обратный клапан 20 в напорную гидромагистраль 32, подзаряжая таким образом пневмогидравлический аккумулятор (ПГА) 25. В это же время за счет разряжения штоковая полость амортизатора 17 заполняется рабочей жидкостью из гидробака 31 через сливную гидромагистраль 33 и обратный клапан 15. Аналогично, при движении поршня амортизатора вправо, рабочая жидкость из штоковой полости вытесняется в ПГА через обратный клапан 16 и напорную гидромагистраль 32, а заштоковая полость за счет разряжения заполняется рабочей жидкостью из гидробака 31 через сливную гидромагистраль 33 и обратный клапан 18.

Работа механизма рекуперации навесного устройства трактора заключается в следующем. При движении ЛПА навесной лесной дисковый культиватор в транспортном положении создает значительные по величине знакопеременные моменты относительно шарниров крепления к раме трактора звеньев навесного механизма, вызывая колебания орудия в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Снижение нагрузок на элементы конструкции навесного механизма и аккумулярование энергии в этом случае осуществляется с помощью подпружиненного мультипликатора давления 22 и обратных клапанов 23 и 24. При этом колебания орудия, посредством звеньев навесного механизма, передаются на поршень его гидроцилиндра 21, причем поршень, несмотря на запертые золотниковым устройством гидрораспределителя 4 обе полости гидроцилиндра, также совершает незначительные колебания. Величина этих колебаний предусмотрительно обеспечивается за счет подобранной жесткости пружины мультипликатора давления 22 и незначительно – сжимаемости рабочей жидкости в полостях и подводящих гибких рукавах гидроцилиндра 21 навесного механизма. При движении поршня гидроцилиндра 21 вниз рабочая жидкость из его заштоковой полости вытесняется в полость большего диаметра мультипликатора 22. Поршень и шток мультипликатора, преодолевая усилие предварительно поджатой пружины, также перемещаются вниз и вытесняют сжатую рабочую жидкость из полости меньшего диаметра мультипликатора через обратный клапан 23 и напорную гидромагистраль 32 в ПГА 25. При движении поршня гидроцилиндра 21 вверх поршень и шток мультипликатора, под воздействием ранее сжатой пружины, перемещаются вверх. Образующееся при этом разряжение в полости меньшего диаметра

ра мультипликатора 22 устраняется с помощью обратного клапана 24.

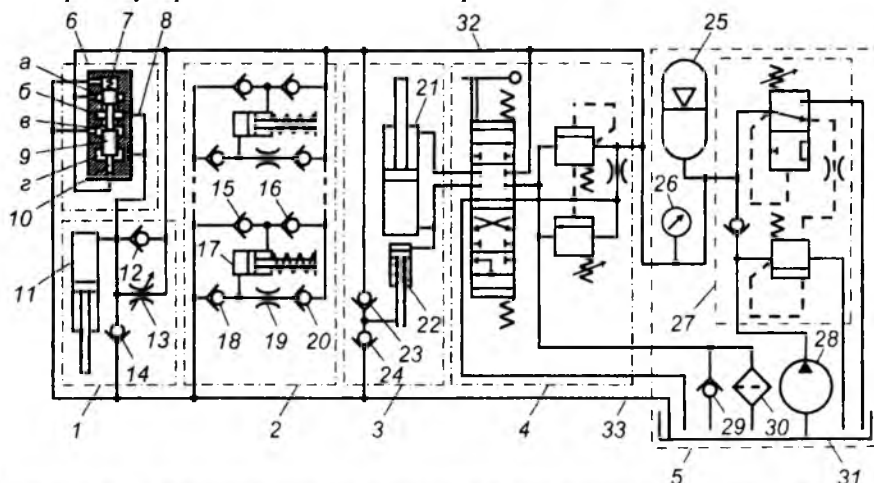


Рис. 2. Схема гидропривода лесного почвообрабатывающего агрегата с механизмами рекуперации энергии и вибрации рабочих органов дискового культиватора при положении «Нейтральное» гидрораспределителя навесного механизма трактора:

- 1 ... 3 – соответственно механизмы рекуперации предохранителя культиватора, подвески и навесного механизма трактора; 4 – гидрораспределитель трактора; 5 – насосно-аккумуляторный узел; 6 – гидропульсатор вибрационного механизма; 7 – пружина; 8 – отводящий трубопровод; 9 – золотник; 10 – плунжер; 11 – гидроцилиндр предохранителя и вибрационного механизма рабочих органов культиватора; 12, 14, 15, 16, 18, 20, 23, 24, 29 – клапаны обратные; 13 – дроссель регулируемый; 17 – гидравлический амортизатор подвески трактора; 19 – дроссель нерегулируемый; 21 – гидроцилиндр навесного механизма; 22 – мультипликатор давления; 25 – пневмогидроаккумулятор; 26 – манометр; 27 – клапан разгрузочный автоматический; 28 – насос; 30 – фильтр; 31 – гидробак; 32 и 33 – напорная и сливная магистрали

При переводе из транспортного положения в рабочее, навесной лесной дисковый культиватор под действием своей массы опускается с некоторым ускорением вниз. В этот момент рабочая жидкость из заштоковой полости гидроцилиндра 21 навесного механизма трактора вытесняется как в сливную гидромагистраль через гидрораспределитель 4, так и в полость большего диаметра мультипликатора 22. Как и в предыдущем случае, поршень и шток мультипликатора перемещаются вниз и вытесняют сжатую рабочую жидкость через обратный клапан 23 и напорную гидромагистраль 32 в ПГА 25.

Механизм рекуперации предохранителя культиватора работает следующим образом. В случае встречи рабочих органов дискового культиватора с препятствием предохранитель срабатывает и стойка с рабочими органами отклоняется вверх относительно рамы орудия. При этом поршень гидроцилиндра 11 предохранителя вытесняет рабочую жидкость из заштоковой полости через обратный клапан 12 и частично через регулируемый дроссель 13 в напорную гидромагистраль 32 и ПГА 25. После преодоления препятствия рабочие органы возвращаются в исходное положение давлением рабочей жидкости в напорной гидромагистрали, поступающей в гидроцилиндр 11 через регулируемый дроссель 13. При резком возвращении рабочих органов культиватора в исходное положение под действием собственной массы в заштоковой полости гидроцилиндра 11, в начальный момент возможно образование разряжения рабочей жидкости. Для его устранения служит обратный клапан 14.

В процессе работы ЛПА защита механизмов рекуперации от превышения заданной величины давления в гидроприводе, при полностью заряженном ПГА 25, осуществляется с помощью предохранительных клапанов, предусмотренных в гидрораспределителе 4 и разгрузочного автоматического клапана 27, установленного в насосно-аккумуляторном узле 5.

Вибрационный механизм рабочих органов культиватора включает в себя гидропульсатор 6 и механизм рекуперации предохранителя 1 рабочих органов культиватора. Гидропульсатор обеспечивает надежную вибрацию дисковых батарей как независимо, так и совместно от механизмов рекуперации 2 и 3 и насосно-аккумуляторного узла 5. Из известных и проверенных конструктивных решений за основу принята простейшая конструкция гидропульсатора с минимальным количеством прецизионных деталей [3].

Работа гидропульсатора 6 вибрационного механизма заключается в следующем. Рабочая жидкость от насосно-аккумуляторного узла 5 по напорной магистрали 32 подводится к проточке «а» и плунжеру 10 гидропульсатора. При этом в условный начальный момент времени отводящий трубопровод 8 гидропульсатора перекрыт золотником 9. Давлением жидкости плунжер 10 плавно начинает перемещать золотник 9 и сжимать пружину 7. При дальнейшем движении золотник 9 вначале с помощью проточки «в» отсоединяет трубопровод 8 от сливной магистрали 33, а затем соединяет его через проточки «а» и «б» с напорной магистралью 32. Одновременно жидкость подается в проточку «г», под торец золотника 9, площадь которого значительно больше торца плунжера 10, что обеспечивает ускоренное движение (релейное переключение) золотника. Следствием такого движения золотника является импульсный выброс рабочей жидкости через проточку «б» в отводящий трубопровод 8 и далее в гидроцилиндр 11. Так как давление рабочей жидкости в гидроцилиндре 11 снижается по мере движения его штока, соответственно уменьшается и давление в проточке «г» гидропульсатора. Благодаря этому, золотник под воздействием усилия сжатой пружины 7 возвращается в исходное положение и рабочий цикл гидропульсатора повторяется.

Таким образом, при движении дискового рабочего органа в почве на заданной глубине обработки почвы, он вместе со стойкой совершает вынужденные колебания в упругой системе "рабочий орган – пружина (поз. 8 на рис. 3) – почва" под воздействием пульсаций рабочей жидкости в гидроцилиндре 11 предохранителя, передаваемой по трубопроводу 8 от гидропульсатора вибрационного механизма 6. При этом гидроцилиндр 11 в конструкции культиватора совмещает в себе функцию вибродвигателя и гидроцилиндра пневмогидравлического предохранителя.

При встрече с препятствием дисковая батарея отклоняется вверх, а соединенный с ней шарнирно шток гидроцилиндра 11 вдвигается в последний и рабочая жидкость под возросшим давлением вытесняется из гидроцилиндра поршнем через предохранительный клапан 12 в пневмогидравлический аккумулятор 25. Кроме этого, из-за повышенного давления в трубопроводе 8 и проточке «г» золотник 9 гидропульсатора сжимает пружину 7 и кратковременно «зависает» в этом положении, дополнительно обеспечивая сброс жидкости через проточки «а» и «б» в аккумулятор 25. После преодоления препятствия дисковая батарея возвращается в исходное положение под воздействием, как своего собственного веса, так и давления рабочей жидкости, поступающей в гидроцилиндр 11 из напорной магистрали 32 через регулируемый дроссель 13.

Регулирование амплитуды колебаний рабочего органа, а следовательно, и глубины обработки в зависимости от удельного сопротивления обрабатываемой почвы и других факторов, осуществляется с помощью регулируемых обратного клапана 12 и дросселя 13 механизма рекуперации предохранителя 1.

В отличие от традиционных вибраторов, используемых на сельскохозяйственных машинах и орудиях, в предлагаемом вибрационном механизме гидропульсатор воздействует в большей степени не на раму орудия, а непосредственно на рабочие органы посредством рабочих гидроцилиндров. Дисковые батареи в этом случае совершают одновременно перемещения в вертикальной и горизонтальной плоскостях, что способствует повышению заглубляющей способности и устойчивости хода дисковых батарей на заданной глубине обработки. Такой способ генерирования вибрации дисковых батарей позволяет снизить до безопасных значений вибрационное воздействие на тракториста.

Пример компоновки механизмов рекуперации энергии и вибрации рабочих органов на агрегируемом колесном тракторе и навесном лесном дисковом культиваторе представлен на рисунке 3.

Предлагаемая конструкция ЛПА позволяет существенно повысить качество обработки почвы при уходе за лесными культурами на вырубках с помощью вибрационных рабочих органов культиватора. Это обеспечивает повышение заглубляющей способности дисковых батарей, их более устойчивый ход на заданной глубине обработки, самоочищаемость дисков от налипающей почвы и растительных включений. Кроме этого принудительная вибрация дисков способствует более полному подрезанию сорной растительности, лучшему крошению и рыхлению почвы, а также снижению повреждаемости лесных культур.

Существенным преимуществом гидравлического вибрационного механизма являются высокая унификация его основных узлов, относительная легкость встраивания механизма в гидропривод агрегируемого трактора и полная совместимость с гидросистемой пневмогидравлического предохранителя. Совмещение функций вибрационного и предохранительного механизмов заметно упрощает и удешевляет конструкцию ЛПА. Доступность основных унифицированных узлов

позволяет без существенных материальных и трудовых затрат модернизировать серийные лесные дисковые культиваторы КЛБ-1,7 силами самих эксплуатирующих организаций. На основе предложенной схемы энергосберегающего ЛПА можно выполнить модернизацию и других лесных и сельскохозяйственных почвообрабатывающих орудий.

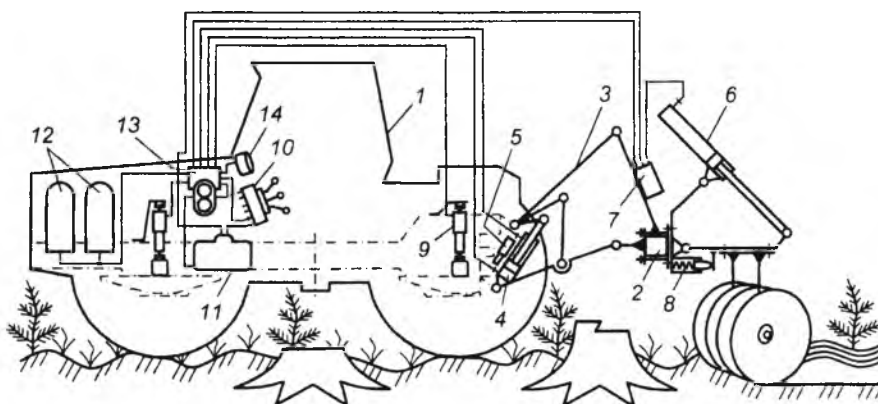


Рис. 3. Схема компоновки механизмов рекуперации энергии и вибрации рабочих органов на агрегируемом тракторе и навесном лесном дисковом культиваторе:

1 – трактор; 2 – дисковый культиватор; 3 – навесной механизм; 4 – гидроцилиндр навесного механизма; 5 – мультипликатор давления; 6 – гидроцилиндр предохранителя и вибрационного механизма рабочих органов; 7 – гидропульсатор; 8 – амортизатор вибрационного механизма; 9 – гидравлический амортизатор подвески трактора; 10 – гидрораспределитель; 11 – бак гидросистемы; 12 – пневмогидроаккумуляторы; 13 – гидронасос; 14 – указатель давления в пневмогидроаккумуляторах

Выполненные обоснования по выбору схемы энергосберегающего ЛПА позволяют перейти к следующему этапу исследования. Его основными задачами являются компьютерные моделирование и эксперименты по оптимизации основных рабочих и конструктивных параметров механизмов рекуперации и вибрации рабочих органов, обеспечивающие существенное повышение эксплуатационных свойств ЛПА на нераскорчеванных вырубках.

Литература

- 1 Нартов, П. С. Предохранительные устройства рабочих органов лесных почвообрабатывающих орудий [Текст] : брошюра / П. С. Нартов, В. И. Посметьев – М. : Гослесхоз, ЦБНТИ, 1980. – 28 с.
- 2 Посметьев, В. И. Исследование с помощью математической модели динамики почвообрабатывающего агрегата, оснащенного системой рекуперации энергии [Текст] / В. И. Посметьев, Е. А. Тарасов, Е. В. Снятков, В. В. Посметьев // Вестник Воронежского государственного политехнического университета. – 2006. – Т.2. – Вып. 8. – С. 44-47.
- 3 Снисарь, Н. Г. Импульсный гидромеханизм с дополнительным инерционным аккумулярованием энергии [Текст] / Н. Г. Снисарь // Гидропривод и гидро-пневмоавтоматика: республиканский межведомственный научно-технический сборник / Киев : Техника, 1982. – Вып. 18. – С. 70-73.

ОБНАРУЖЕНИЕ И НАБЛЮДЕНИЕ ЗА ЛЕСНЫМИ ПОЖАРАМИ И ВЕТРОВАЛАМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

А.А. НИКИФОРОВ, А.И. ЖУКОВА

Россия, Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия им. С.М. Кирова

Материалы данной статьи получены при выполнении проекта «Совершенствование технологии по обнаружению и наблюдению за лесными пожарами, ветровалами и лесонарушениями с применением беспилотных летательных аппаратов» по субсидии в виде грантов молодым ученым, молодым кандидатам наук вузов и академических институтов, расположенных на территории Санкт-Петербурга в 2010 г.

При изучении лесных экосистем в настоящее время повышенное внимание уделяется проблемам, прямо или косвенно связанным с состоянием и тенденциями развития лесов в условиях катастрофических воздействий, таких как лесные пожары, ветровалы и самовольные рубки [1].

Лесные пожары - бедствие, наносящее России с ее обширными лесными массивами материальные, моральные и экологические потери. Лесные пожары уничтожают деревья и кустарники, заготовленную в лесу древесину. В результате пожаров снижаются защитные, водоохранные и другие полезные свойства леса, уничтожается фауна, сооружения, а в отдельных случаях и населенные пункты. Кроме того, лесные пожары представляют серьезную опасность для людей и сельскохозяйственных животных. Возникновение лесных пожаров зачастую носит стихийный характер, несмотря на осуществление противопожарных и профилактических работ, причем основной причиной их возникновения является деятельность человека. Самым мощным из катастрофических воздействий являются верховые пожары. Поэтому главное в борьбе с такими пожарами – вовремя их обнаружить и особенно вовремя начать их тушить, а после волны лесных пожаров, прошедших по России летом 2010 года, стало очевидно, что необходимо изучать новые способы решения этих задач. Новейшим направлением для охраны и защиты лесов считается беспилотная авиация.

Работы по тушению крупного пожара можно разделить на следующие этапы: разведка пожара; локализация пожара, т.е. устранение возможностей нового распространения пожара; ликвидация пожара, т.е. дотушивание очагов горения; окарауливание пожарищ.

Разведка пожара включает в себя уточнение границ пожара, выявление вида и силы горения на кромке и ее отдельных частях в разное время суток. По результатам разведки прогнозируют возможное положение кромки пожара, ее характер и силу горения на требуемое время вперед. На основании прогноза развития пожара с учетом лесопатологической характеристики участков, окружающих пожар, с учетом возможных опорных линий (рек, ручьев, лощин, дорог и пр.) составляется план остановки пожара, определяются приемы и способы остановки пожара. Конечно, наиболее сложной и трудоемкой работой является локализация пожара. Однако не менее важным этапом считается и окарауливание пожарища с целью предотвратить возобновление распространения пожара. В этом случае применение БЛА является эффективным способом наблюдения за территориями, пройденными пожарами, позволяющим своевременно обнаруживать опасность повторного возгорания.

В настоящее время проведены исследования, подтверждающие возможность применения беспилотных комплексов при обеспечении работ по борьбе с лесными пожарами, к которым относятся следующие мероприятия:

- проведение воздушной разведки кромки действующего крупного пожара самостоятельно силами наземных и аэромобильных команд тушения;
- использование БЛА в качестве наблюдательного пункта для обнаружения пожаров в районах возникновения высокой пожарной опасности лесов, прежде всего в целях защиты населенных пунктов;
- осуществление патрулирования локальных площадных (сельскохозяйственных угодий, участков ценных насаждений, молодняков, мест массового посещения людьми и т. п.) или линейных объектов (ЛЭП, железных дорог, автомагистралей и т. п.);

наблюдение за действующими пожарами в условиях сильной задымленности, когда невозможно применение классической авиации.

Другим видом естественных нарушений в лесах являются ветровалы, которые характерны для большинства районов лесной зоны и нередко сопровождаются катастрофическим разрушением древостоя и переходом значительных площадей леса в категорию ветровала или бурелома. При этом массовый ветровал вызывается ветрами ураганной или штормовой моши (например, при скорости ветра более 20 м/с может происходить выпадение массивов леса протяженностью в десятки и сотни километров). В последние годы неблагоприятные проявления данной стихии не обходят стороной территорию Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Не явился исключением и 2010 год. Так, в ночь на 30 июля ураганный ветер повалил лес на больших площадях в лесничествах Тихвинского, Бокситогорского, Волховского, Кировского, Киришского районах Ленинградской области, а особенно пострадал лесной фонд во Всеволожском и Приозерском лесничествах. 15 августа штормовой ветер повалил деревья в Кировском, Киришском, Гатчинском, Лужском, Тосненском, Волосовском, Кингисеппском районах. По предварительным данным космической съемки, площадь поврежденных лесов в регионе составляет около 28,7 тысяч га. Последствия сильного ветрового воздействия в данных районах можно расценивать как катастрофические, они были причиной массового бурелома и ветровала не только в ельниках, но и в сосняках, и в лиственных и смешанных хвойно-лиственных насаждениях преимущественно старших возрастов – спелых и перестойных.

Захламленные деревьями территории со временем становятся очагами возникновения и распространения насекомых-ксилофагов. Насекомые поселяются в погибших насаждениях, поедают луб, камбий, способствуют опадению коры с деревьев. В свою очередь, появление ходов насекомых способствует внедрению грибных инфекций в дерево. Скорость разрушения древесины, стадии ее разрушения зависят от ряда факторов: состояния дерева в момент падения (здоровое или больное), возраста дерева, положения упавшего ствола (висит, лежит на земле). При массовом ветровале одновременная гибель деревьев ведет к тому, что фазы разложения древесины происходят в короткие сроки, а это приводит к появлению вспышек массового размножения насекомых. Окружающие сохранившиеся участки леса в этот период подвергаются опасности повреждения насекомыми и грибными заболеваниями. Таким образом, оставление в нетронутом виде ветровалов может привести к серьезным последствиям, ведущим к гибели сохранившихся в период ураганов лесов. Еще одним аспектом влияния площадей ветровала на окружающую территорию является возможность возникновения и быстрого распространения пожаров [5].

Поэтому своевременное обнаружение участков, пострадавших от шквалистых ветров и определение площадей ветровала носит первостепенное значение, потому что появляется возможность привлечения материальных и людских ресурсов в первую очередь на разработку и удаление всех поваленных деревьев из леса.

Таким образом, применение беспилотных аппаратов, относящихся к классу микро и мини по международной классификации, позволяет проводить на новом уровне работы в условиях чрезвычайных ситуаций. Следует отметить комплекс ZALA 421-04Ф, разработанный российскими инженерами компании «Беспилотные системы ZALA AERO» и беспилотные авиационные комплексы серии Инспектор российской компании «АЭРОКОН» [2, 3]. Для решения задач по обнаружению и наблюдению за пожарами и ветровалами комплексы можно оснастить цифровыми фотокамерами высокого разрешения или тепловизорами.

Среди зарубежных производителей можно выделить беспилотный летательный аппарат канадской компании CropCam [2, 4]. Отличительной особенностью является применение стандартных цифровых фотоаппаратов, а также возможность проводить аэрофотосъемку в ультрафиолетовом, видимом и инфракрасном диапазоне при использовании 13,8 Мпкс фотоаппарата Sony XNite DSC-W300.

Литература

1. Никифоров А.А., Григорьев И.В., Жукова А.И. Лесосека под контролем беспилотных летательных аппаратов//Дерево.ру. 2010. № 4, с. 50-56.

2. Никифоров А.А. Цифровые фотоаппараты, применяемые для аэрофотосъемки беспилотными летательными аппаратами в лесном хозяйстве // Леса России в XXI веке. Материалы первой международной научно-практической интернет-конференции. - СПб.: СПбГЛТА, 2010. № 4, с. 65-70.
3. Никифоров А.А., Кадегров В.С. Беспилотные летательные аппараты российского производства, применяемые в лесной отрасли // Леса России в XXI веке. Материалы третьей международной научно-практической интернет-конференции. - СПб.: СПбГЛТА, 2010. № 3, с. 144-149.
4. Никифоров А.А., Мунимаев В.А. Анализ зарубежных беспилотных летательных аппаратов // Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ. - Петрозаводск.: Изд-во ПетрГУ, 2010. № 8, с. 97-99.
5. Экологическая роль ветровалов: / Е. Б. Скворцова, Н. Г. Уланова, В. Ф. Басевич - М.: Лесная промышленность, 1983. -190 с.

ЭМИССИЯ ОКСИДА УГЛЕРОДА, ОБРАЗУЮЩЕГОСЯ ПРИ НИЗОВЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРАХ В ПРЕДЕЛАХ ЧИТИНСКОГО ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ОТДЕЛА ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

Т.А. ЕЛФИМОВА

Россия. Ангарский филиал ВСНЦ ЭЧ СО РАМН-НИИ медицины труда и экологии человека

Г.А. ЗАБУГА

Россия. Ангарская государственная техническая академия

К числу территорий с высокой лесистостью относится Забайкальский край, доля лесов, преимущественно светлохвойных, в общей площади территории которого составляет более 60%. При этом более 40% лесов этого региона приходится на леса первых двух классов пожарной опасности.

Лесные пожары оказывают влияние на качество атмосферного воздуха населенных мест [1], поэтому оценка эмиссии объемов поллютантов, образующихся в результате лесных пожаров крайне важна. Существуют различные подходы к количественной оценке объемов поллютантов, выделяющихся при лесных пожарах [2-3], и направления преимущественного исследования поступления в атмосферу отдельных компонентов, например, связанные с углеродным циклом (СО₂, СО углеводороды) и эмиссией аэрозолей.

Целью - определить диапазон изменения массы выброса СО, образующегося при низовых лесных пожарах в весенний период на территории Читинского территориального отдела Забайкалья.

Читинский территориальный отдел (ТО) Гослесслужбы Забайкальского края и входящие в его состав лесничества располагается на юго-западе муниципального образования на территории Читинского сельского административного района и в границах г. Читы. При расчете эмиссии поллютантов использовали карточки учета лесных пожаров Читинского ТО в весенний период 2008 г.

Для оценки объемов поллютантов был использован алгоритм расчета текущих выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для низовых лесных пожаров и соответствующие значения коэффициентов эмиссии [2]. Влияние выбросов поллютантов, образующихся при лесных пожарах, на концентрацию этих же веществ, регистрируемую на постах наблюдения в пределах г. Читы, оценивали, рассчитывая поля концентрации [5]. При этом полагали, что «пожарная» примесь выбрасывается на некотором расстоянии от города в поток воздуха, движущийся с определенной скоростью в его сторону.

Расчет массы итогового выброса был выполнен по формуле:

$$M_{ai} = S_j \cdot K_j \cdot K_{ai} \cdot m_{30j}, \quad (1)$$

где S_j – площадь лесной территории, пройденная огнем; K – коэффициент полноты сгорания ($K=0,5$); K_a – коэффициент эмиссии альфа-поллютанта ($K_{co}=0,135$ кг/кг); m_{30j} – запас лесных горючих материалов (ЛГМ), кг/м².

Расчет массы загрязняющего вещества (M_a , кг), или текущий выброс, был выполнен по формуле:

$$M_{\alpha} = K \cdot K_{\alpha} \cdot m_3 \cdot \pi \left[\frac{3}{2}(a+b) - \sqrt{ab} \right] \cdot t \cdot \sum_{i=1}^N \omega_{in}, \quad (2)$$

где a, b – большая и малая полуоси эллипса, соответствующего контуру пожара ($a=2,5$; $b=0,15$); t – текущее время горения; c ; ω_n – нормальная скорость распространения лесного пожара, м/с; m_3 – запас ЛГМ, кг/м².

В отличие от формулы расчета итогового выброса (1) формула (2) позволяет рассчитывать текущий выброс, учитывая размеры площади пожара через время горения. Для определения запаса ЛГМ (m_3) использовали усредненные данные о суммарном опаде надземных частей и напочвенном покрове в сосняках разного типа и возраста [4]. Скорость распространения лесного пожара (ω_n) рассчитывали отдельно для каждого проводника горения [2].

Исходные данные и результаты расчетов итоговых и текущих выбросов СО при неблагоприятных метеорологических условиях для рассеивания выбросов представлены в таблице.

Таблица

Итоговые и текущие выбросы СО, образовавшегося в низовых лесных пожарах 2008 г. на территории Читинского территориального отдела Забайкальского края

№	Показатели	Месяцы		
		март	апрель	май
1	Площадь пожара, тыс. м ²	145	16180	282
		10	30	6
2	Запас ЛГМ, кг/м ²		0,27	
			0,55	
3	Коэффициент недожога (К)		0,5	
4	Коэффициент эмиссии (К _{СО}), кг/кг		0,135	
5	Итоговые выбросы (M ^н _{СО}), т	5,379	600,245	10,461
		0,371	1,112	0,222
6	Текущие выбросы (M _{СО}), т	79,3	838,1	110,6
		1,9	20,4	2,7

Примечание: Площадь пожара в числителе максимальная, в знаменателе – минимальная за сутки. ЛГМ – лесные горючие материалы: в числителе запас ЛГМ в кг абсолютно сухой массы (а.с.м.), в знаменателе – запас ЛГМ с 50%-ой влажностью. Итоговые выбросы в числителе соответствуют максимальной, а в знаменателе – минимальной площади пожара. Текущие выбросы в числителе в расчете на а.с.м. запаса, а в знаменателе – на влажную массу запаса ЛГМ для максимальных площадей пожара, взятых для определения расчетного времени горения (t_r, c).

Диапазон изменения массы итогового выброса СО был весьма существенным и обуславливался главным образом размерами площади пожара. При этом поверхностная плотность выброса исследуемого поллютанта оставалась постоянной, так как фактически определялась с использованием усредненного для сосняков запаса ЛГМ [4], содержащего влагу, и одного и того же коэффициента эмиссии для поллютанта СО.

Расчет текущих выбросов был сделан с учетом зависимости скорости от содержания влаги в ЛГМ. Поэтому расчеты текущих выбросов СО были сделаны на абсолютно сухую массу ЛГМ и влажные лесные горючие материалы. Следует отметить, что при расчете текущего выброса определялась величина времени горения, при вычислении которой используется площадь поверхности пожара. В таблице приведены величины текущих выбросов СО в расчете на максимальную площадь, которая была зарегистрирована в каждый из месяцев периода действия исследуемого низового лесного пожара. В итоге, величины текущих выбросов СО различались, и в расчете на сухую массу ЛГМ они оказались примерно в 40 раз больше, чем при расчете на влажную массу лесных

горючих материалов. Анализ результатов расчета показал, что итоговый и текущий выброс CO с учетом влажности ЛГМ имел наиболее существенные различия для апрельского максимального по площади низового лесного пожара по сравнению с аналогичным пожаром на территории Читинского территориального отдела Забайкалья в марте и мае 2008 г.

При расчете концентрационных полей рассеивания CO итоговый и текущий выброс CO по [5] приняли за производительность источника выброса в точке x в момент t (S_p , г/с). Оказалось, что для одних и тех же внешних условий, характеризующихся малой скоростью ветра, величина параметра S_p имела существенные различия, как и полученное на его основе значение концентрации (с) исследуемого поллютанта в заданной точке пространства, включая пригородную и сели-тебную зону г. Читы.

Таким образом, при изучении эмиссии оксида углерода отмечены существенные различия объемов выбросов: диапазоны текущих выбросов составляют от 1,9 до 20,4 т, итоговые выбросы находятся в диапазоне значений 0,222 – 600,3 тонн. Значения как итоговых, так и текущих эмиссий, существенно зависят от площади пожаров, а также от степени увлажненности лесного горючего материала.

Литература

1. Lavorel S., Flannigan M.D., Lambin E.F., Scholes M.C. Vulnerability of land systems to fire: Interactions among humans, climate, the atmosphere, and ecosystems // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. – 2007. -V. 12. - N 1. – P. 33-53.

2. Miranda A.I., Monteiro A., Martins V., Carvalho A. et al. Forest Fires Impact on Air Quality over Portugal // Air Pollution Modeling and Its Application XIX. NATO Science for Peace and Security Series. – 2008. – N 2. – P. 190-198.

3. Методика определения и расчета выбросов загрязняющих веществ от лесных пожаров / Приложение 2 к Приказу Государственного комитета Российской Федерации по охране окружающей среды от 5 марта 1997 г. № 90. – 20 с.

4. Иванов А.В. Газо-аэрозольные эмиссии при лесных низовых пожарах (на примере сосняков лишайниково-зеленомошных Сымской равнины): автореф. дис. ... к-та биол. наук / Иванов Андрей Валерьевич. – Красноярск, 2003. – 18 с.

5. Кулагина М.А. Биологическая продуктивность сосняков и круговорот макроэлементов / В кн.: Продуктивность сосновых лесов. – М., 1978. – С. 90–178.

6. Замышляев Б.В. Влияние начальных размеров объемных источников выброса (истечения) невесомой примеси на оценку концентрационных полей, возникающих при распространении облаков Гауссова типа // Проблемы безопасности и ЧС. – 2004. - № 4. – С. 35

КАК ОБЕСПЕЧИТЬ ВЫПОЛНЕНИЕ ПРАВИЛ ЗАГОТОВКИ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ РАБОТЕ ВСРМ

И.И. ТИХОНОВ, А.В. ТЕППОВ, С.В. КОКОВ

Россия, Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия имени С.М. Кирова

Обоснованный выбор технологического процесса лесосечных работ и систем машин для его выполнения зависит от многих факторов, основными из которых являются:

- себестоимость заготовки;
- производительность;
- безопасность работы;
- выполнение лесохозяйственных требований и ограничений;
- выполнение требований потребителей древесины и т.д.

Сохранение подроста, в случае его благонадежности, является как лесохозяйственным требованием, так и мероприятием, снижающим затраты на последующее лесовозобновление.

Многие лесозаготовители перешли на заготовку древесины валочно-сучкорезно-раскряжевочными машинами (ВСРМ). Рабочий цикл данного типа машин предполагает срезание и направленный повал дерева перед кабиной оператора, то есть вершиной налево тех деревьев, которые расположены справа от продольной оси машины и вершиной направо тех, которые расположены слева (рис. 1). В процессе продольного перемещения дерева производится очистка деревьев от сучьев и раскряжевка ствола на сортименты, которые укладываются рядом с трассой движения ВСРМ, будущим волоком. Сортименты, получаемые из праворасположенных деревьев укладываются слева, а из леворасположенных – справа от волока. Образующиеся

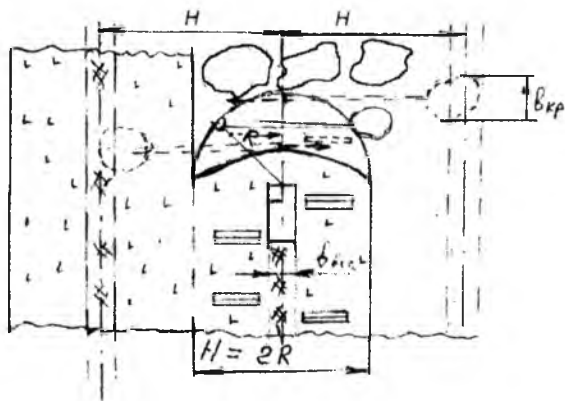


Рис. 1. Схема разработки лент ВСРМ

при обрезке сучья в основном укладываются на трассу волока, для чего после срезания и направленного повала удаленных от продольной оси машины деревьев производится перемещение харвестерной головки по стволу поваленного дерева к зоне трассы волока.

ВСРМ оснащаются гидравлическими манипуляторами, позволяющими обрабатывать деревья в зоне двойного вылета $2R$. Следовательно, расположение трелевочных волоков должно соответствовать этой величине.

По правилам рубок площадь под волока для лесосек, разрабатываемых многооперационными машинами при сплошной заготовке, не должна превышать 30% площади лесосек, то есть соотношение ширины разрабатываемой ленты к ширине волоков не должна превышать этой величины $H=2R$.

При повале деревьев и их продольном перемещении волочащаяся по земле крона взаимодействует с подростом на лентах и может повреждать его. Величина продольного перемещения деревьев различна, так как для деревьев, расположенных на трассе волока она будет уменьшаться как минимум на половину ширины волока, а для деревьев, расположенных на максимальном вылете манипулятора слева и справа от оси волока будет уменьшаться на величину перемещения харвестерной головки по стволу дерева. Считая, что расположение деревьев на лесосеке равномерно, можно допустить, что средняя величина продольного перемещения дерева меньше длины дерева на половину вылета манипулятора R и четверть ширины волока $b_{вол}$.

$$l_{СР ПЕР} = l_{д} - 0,5R - 0,25b_{вол}$$

Площадь взаимодействия кроны деревьев $S_{кр}$ с площадью лесосеки $S_{л}$ можно выразить следующей зависимостью:

$$S_{кр} = n_{д} \cdot l_{ср.пер} \cdot b_{кр}$$

где $n_{д}$ – количество заготавливаемых на лесосеке деревьев; $l_{ср.пер}$ – средняя длина перемещения одного дерева, м; $b_{кр}$ – средняя ширина кроны заготавливаемых деревьев, м; $b_{кр}$ примерно соответствует удвоенной длине сучьев.

Количество заготавливаемых деревьев

$$n_{д} = \frac{q \cdot S_{л}}{V_{хл.ср}}$$

где q – ликвидный запас древесины на 1 га, м³; $V_{хл.ср}$ – средний объем одного дерева (хлыста), м³.

От соотношения $S_{кр}$ и $S_{л}$ зависит повреждаемость подроста. При $S_{кр} \geq S_{л}$ повреждается весь подрост на лесосеке, а при $S_{кр} < S_{л}$ количество повреждаемого подроста будет пропорционально величине отношения $S_{кр}/S_{л}$.

Так как ширина разрабатываемой ленты ограничивается двойным вылетом манипулятора ВСРМ, то расчетная величина H определяется из отношения $H=2R$, откуда из пропорции

$$\begin{aligned} 2R - b_{вол} &= 100\% \\ b_{вол} &= 30\%. \end{aligned}$$

Получаем взаимосвязь:

$$R = 2,166 b_{вол} \text{ или } b_{вол} = 0,46R$$

Соблюдение этих соотношений позволяет производить разработку лесосек сплошными рубками с соблюдением требований Правил заготовки п.55 об отношении площади лесосеки к площади, занятой волоками.

Площадь лесосеки, повреждаемую кроной перемещаемых деревьев, находим по зависимости

$$S_{кр} = \frac{q \cdot S_{л}}{V_{хл}} \cdot b_{кр} (l_{дер} - 0,5R).$$

Проанализируем влияние различных составляющих данной зависимости на величину $S_{кр}$.

Пример анализа:

Параметр	Значение
Ликвидный запас древесины q , м ³ /га	100
Площадь лесосеки $S_{л}$, м ²	10000
Средний объем одного хлыста $V_{хл.ср}$, м ³	0,2-0,4-0,6-0,8
Ширина кроны $b_{кр}$, м	2-4-6
Длина дерева $l_{д}$, м	15
Вылет манипулятора R , м	8 и 10

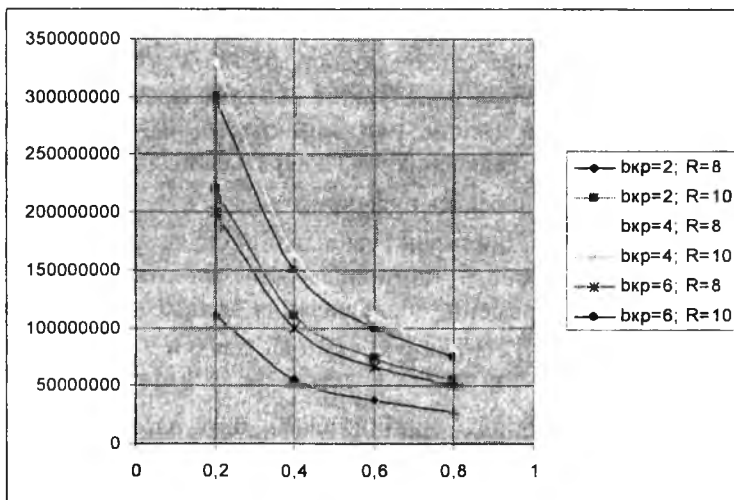


Рис. 2 Графики зависимости $S_{кр}$ для различной ширины кроны и вылета манипулятора

Выводы:

1. Выполнить требования Правил о сохранности 70% молодняка и подроста или 30% повреждаемости его можно только при использовании современных ВСРМ в лесах с крупномерным древостоем $V_{хл} \geq 0,6 \text{ м}^3$ на 1 га $q \leq 100 \text{ м}^3/\text{га}$, с шириной кроны $b_{кр} = 2 \text{ м}$, причем уменьшение вылета манипулятора $R = 10 \text{ м}$ уменьшает вероятность выполнения Правил лесозаготовок (см. рис 2)

2. Для сохранения подроста на лесосеках необходимо использовать ВСРМ, аналогичные МЛ-20, которые выносят срезанные деревья на волок в вертикальном положении и, затем, производят процесс раскряжевки и обрезки сучьев.

Литература

1. Дебков Н.М., Паневин В.С. К истории вопроса о сохранении подроста. Материалы 3 международной научно-практической Интернет-конференции СПбГЛТА. 2010. с. 85-87
2. Воробьев В.Н. «Можно ли сохранить подрост при использовании агрегатных машин?». Лесное хозяйство №6, 1994, с. 33.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СКВОЗНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЗАГОТОВКИ СОРТИМЕНТОВ И ЩЕПЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ЛЕСОСЕКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

П.В. Будник, В.Н. Баклагин

Россия, Петрозаводский государственный университет

Рассмотрим технологический процесс заготовки сортиментов с использованием комплекса машин в составе валочно-пакетирующей машины (ВПМ), скиддера и процессора с точки зрения ТМО. ВПМ создает интенсивность входного потока заявок ($\lambda(I)$). Заявками в этом случае являются деревья, которые свалила машина и уложила в пачку. Работа ВПМ характеризуется законом распределения времени с определенным математическим ожиданием $E[T_a(I)]$ и дисперсией ($V[T_a(I)]$) времени между приходами заявок в систему.

Интенсивность обслуживающего потока заявок $\mu(B)$ определяется работой скиддера, которая выражается законом распределения времени обслуживания заявки с известным математическим ожиданием времени обработки заявки ($E[T_{s,1}(B)]$) и дисперсией $V[T_{s,1}(B)]$. Следует обратить внимание на то, что скиддер обрабатывает одновременно группу заявок, а в систему они поступают после работы ВПМ индивидуально. Таким образом скиддер начинает обработку после того как будет сформирована пачка. Ввиду многих факторов число деревьев в трелюемой пачке изменчиво и также имеет закон распределения числа деревьев в пачке с математическим ожиданием $E[N]$ и дисперсией $V[N]$ числа деревьев в пачке.

Пачки, трелюемые скиддером, поступают на верхний склад или другими словами на вторую рабочую станцию для дальнейшей обработки процессором. Работа на данной станции характеризуется законом распределения времени обслуживания заявок с математическим ожиданием $E[T_{s,2}(I)]$ и дисперсией $V[T_{s,2}(I)]$. На данную станцию заявки приходят в группах, а обрабатываются индивидуально.

Индексы «I» и «B» в обозначениях величин показывают, рассчитана ли величина для заявки или для группы заявок.

Таким образом, мы имеем сеть обслуживания с двумя рабочими станциями или с двумя последовательно взаимосвязанными каналами обслуживания. Данную систему можно записать, используя системы записи предложенной Д. Кендаллом как $G/G/1 \rightarrow G/G/1$, где в качестве заявки принята пачка деревьев.

Среднее время цикла на первой рабочей станции определяется формулой:

$$CT_s(1) = (E[N] \cdot C^2[N] + E[N] - 1) \cdot E[T_a(I)] + \left(\frac{C^2[T_a(I)]}{E[N]} + C^2[N] + C_{s,1}^2(B) \right) \cdot \left(\frac{u_1(B)}{1 - u_1(B)} \right) \cdot E[T_{s,1}(B)] + E[T_{s,1}(B)] \quad (1)$$

Где $E[N]$ – математическое ожидание числа деревьев в пачке; $C^2[N]$ – квадрат коэффициента вариации числа деревьев в пачке; $C_{s,1}^2(B)$ – квадрат коэффициента вариации времени обслуживания пачки скиддером; $u_1(B)$ – коэффициент использования; $E[T_{s,1}(B)]$ – математическое ожидание времени обслуживания пачки скиддером; $C^2[T_a(I)]$ – квадрат коэффициента вариации времени между приходами деревьев в пачку.

$$CT_s(2) = \left(\frac{C_{a,2}^2(B) + C_{s,2}^2(B)}{2} \right) \cdot \left(\frac{u_2(B)}{1 - u_2(B)} \right) \cdot E[N] \cdot E[T_{s,2}(I)] + E[N] \cdot E[T_{s,2}(I)] \quad (2)$$

$E[T_{s,2}(I)]$ – математическое ожидание времени обработки одного дерева процессором; $u_2(B)$ – коэффициент использования; $C_{a,2}^2(B)$ – квадрат коэффициента вариации времени между приходами пачек на погрузочную площадку; $C_{s,2}^2(B)$ – квадрат коэффициента вариации времени обработки одной пачки процессором.

Работа передвижной рубительной машины на лесосеке представляет собой совокупность одноканальных систем массового обслуживания, поскольку все операции технологического цикла передвижной рубительной машины разнесены во времени и не могут выполняться одновременно. Поэтому для каждого вида обслуживания необходимо задаться поступающим потоком однородных событий с заданным потоком распределения t . Помимо этого, каждый канал характеризуется временем занятости (длительность обслуживания): сбор и измельчения лесосечных отходов в щепу r , транспортировка к погрузочному пункту l , выгрузка w . Если поступившая заявка застает канал занятым, то она ожидает освобождения канала.

Плотность распределения вероятностей времени обработки скопления лесосечных отходов имеет вид:

$$p_i = \frac{1}{4.54} \cdot e^{-\frac{(22,3-t)^2}{6,56}} \quad (3)$$

Процесс функционирования моделирующей системы рассматривается в интервале времени $[0, T]$. Это значит, что заявки, поступившие в момент времени $T_i > T$, в систему не попадают и не обслуживаются. Кроме того, обслуженными считаются только те заявки, для которых время окончания обслуживания $T_i^{(конец)} \leq T$. Если для данной заявки время начала обслуживания $T_i^{(начало)} < T$, а время окончания обслуживания $T_i^{(конец)} > T$, то заявка обслуженной не считается.

При построении алгоритма имитации работы передвижной рубительной машины на лесосеке использованы следующие операторы:

Φ_1 – формирование случайных значений интервалов времени поступления скопления лесосечных отходов (заявки) в систему t_i , а также формирование случайного значения объема, характеризующего данное скопление согласно закону распределения соответственных случайных величин v_i , а также расчет момента времени поступления заявки $T_i = T_{i-1}^{(конец)} + t_i$.

A_2 – расчет объема лесосечных отходов, который может находиться в бункере передвижной рубительной машины в случае обслуживания заявки после переработки очередного скопления лесосечных отходов $V_i = V_{i-1} + v_i$.

P_3 – проверка условия $V_{кузова} > V$, (переработанный объем лесосечных отходов не должен превышать объем кузова).

P_4 – проверка условия $T_i < T$, где T - граница интервала времени $[0, T]$, на котором изучается функционирование систем.

P_5 – проверка условия $T_i < T_{i-1}^{(конец)}$, $T_{i-1}^{(конец)}$ - момент освобождения канала от обслуживания предыдущей заявки.

A_6 – вычисление времени ожидания заявки в очереди $T_i^{(ожидание)} = T_{i-1}^{(конец)} - T_i$.

A_7 – вычисление момента времени начала обслуживания заявки $T_i^{(начало)} = T_{i-1}^{(конец)}$.

Φ_8 – формирование случайных значений длительности транспортировки щепы рубительной машиной l_i .

P_9 – проверка условия $T_{i-1} + l_i < T$ (момент времени на конец транспортировки щепы не должен превышать рассматриваемого интервала).

Φ_{10} – формирование случайных значений длительности выгрузки щепы рубительной машиной w_i .

P_{11} – проверка условия $T_{i-1} + l_i + w_i < T$ (момент времени на конец разгрузки щепы не должен превышать рассматриваемого интервала).

A_{12} – вычисление момента времени конца выгрузки $T_i^{(конец)} = T_{i-1}^{(конец)} + l_i + w_i$.

K_{13} – счетчик количества обслуженных заявок (вывезенного объема щепы).

A_{14} – вычисление момента времени начала обслуживания заявки $T_i^{(начало)} = T_i$ (сбор и измельчение лесосечных отходов).

Φ_{15} – формирование случайных значений длительности сбора и измельчения лесосечных отходов рубительной машиной r_i .

A_{16} – вычисление момента окончания $T_i^{(конец)} = T_i^{(начало)} + r_i$ обслуживания заявки (сбор и измельчение лесосечных отходов).

P_{17} – проверка условия $T_i^{(конец)} \leq T$ (момент времени на конец сбора и измельчения лесосечных отходов не должен превышать рассматриваемого интервала).

K_{18} – счетчик количества обслуженных заявок (измельченного объема лесосечных отходов).

K_{19} – счетчик количества реализаций модели $N = N + 1$.

P_{20} – проверка условия $N < N^*$, где N^* – заданное количество реализаций, необходимое для обеспечения требуемой точности расчета.

F_{21} – переход к очередной реализации модели.

A_{22} – обработка результатов моделирования.

$Я_{23}$ – окончание вычислений и выдача результатов.

Операторная схема алгоритма, моделирующего весь процесс функционирования рассматриваемой системы массового обслуживания, имеет следующий вид:

$^{13,18,21}\Phi_1 A_2 P_{3\downarrow 8} P_{4\downarrow 19} P_{5\downarrow 14} A_6 A_7^3 \Phi_8 P_{9\downarrow 19} \Phi_{10} P_{11\downarrow 19} A_{12}$
 $K_{13}^1 A_{14}^5 \Phi_{15} A_{16} P_{17\downarrow 19} K_{18}^{1,4,9,11,17} K_{19} P_{20\downarrow 22} F_{21}^{1,20} A_{22} Я_{23} (4)$

Таким образом, получены формулы, которые позволяют, учитывая стохастичность математически описывать технологические процессы заготовки сортиментов и щепы энергетического назначения на лесосеке. Это дает возможность учитывать технические характеристики машин, а также природно-производственные условия для оптимизации процессов.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ СБОРА ОТХОДОВ ЛЕСОЗАГОТОВОК ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТОПЛИВНОЙ ЩЕПЫ

Ю.В. СУХАНОВ

Россия, Петрозаводский государственный университет

В связи с ростом цен на энергоносители, все более часто, в качестве возможного источника энергии, рассматривают топливную щепу. Топливная щепа является экологически чистым, не токсичным, достаточно безопасным и быстро возобновляемым местным источником энергии.

В последнее время порубочные остатки рассматривают не как отходы, а как сырье для получения древесного топлива. Например, в Финляндии лесные отходы играют всю большую роль как сырье для топливной щепы, поэтому крупные лесные компании активно скупают порубочные остатки.

В Республике Карелия также наблюдается развитие биоэнергетики. С увеличением числа потребителей, встает вопрос о их бесперебойном обеспечении топливной щепой. В перспективе порубочные остатки могут рассматриваться как резервный источник древесной биомассы.

В настоящее время Правила заготовки древесины обязывают лесопользователя очищать лесосеку после сплошной рубки от порубочных остатков и неликвидной древесины. Очистка лесосек – это достаточно затратная и трудоемкая операция, влияющая на рентабельность заготовок древесины.

Широко применяемая в лесу дорогостоящая техника, работающая по сортиментной механизированной технологии, характеризуется тем, что постоянная составляющая эксплуатационных затрат практически равна, а иногда немногим больше, переменной. Поэтому большое внимание надо уделять коэффициенту интенсивности использования техники. Лесозаготовителю необходимо стремиться к максимально полному использованию техники, особенно если машина взята в лизинг или приобретена на заемные средства.

В Республике Карелия ярко выражена сезонность лесозаготовок. Лесорастительные и климатические условия не позволяют эксплуатировать лесозаготовительные машины с одинаковой интенсивностью в течение года. Заболоченность и не достаточная несущая способность грунтов в летний период, а также весенне-осенняя распутица, вынуждает лесозаготовителя ориентироваться на работу зимой. В летний период коэффициент использования техники не достаточно высок. Не полная загруженность машин в летний период, позволяет использовать форвардеры не только на заготовке деловой древесины, но и привлекать их на сбор порубочных остатков. При этом использование форвардеров на сборе порубочных остатков не должно отрицательно сказываться на объемах трелевки сортиментов, что не позволяет рассматривать сбор порубочных остатков отдельно от рубок деловой древесины.

Учитывая вышесказанное, вопрос целесообразности и экономической эффективности сбора лесосечных отходов достаточно сложен. Необходимо учитывать характеристики древостоя, количество и технические характеристики техники, коэффициент использования техники, наличие машин для производства щепы и ее транспортировки, расстояние до потребителя биотоплива.

Для решения данного вопроса предлагается применить систему поддержки принятия решения, которая позволит, в зависимости от введенных исходных данных, ответить на следующие вопросы: какой объем порубочных остатков лесозаготовитель может собрать исходя из условия, что сбор отходов лесозаготовок не скажется отрицательно на объемах заготавливаемой деловой древесины; какая минимальная цена на щепу должна быть предложена потребителем, чтобы сбор порубочных остатков и производство щепы были экономически выгодным мероприятием.

Для оценки объема получаемой щепы и экономической целесообразности сбора лесосечных отходов и переработки их в щепу, разработанная система позволяет сравнивать несколько вариантов. Технология заготовки древесины – сортиментная, полностью механизированная (харвестер и форвардер).

В качестве базового предлагается вариант без сбора лесосечных отходов. При этом расходы на очистку лесосек, вместе с затратами на валку с трелевкой и вывозку, будут влиять на рентабельность лесозаготовок. Доход лесозаготовитель может получить за реализацию деловой и дровяной древесины.

Вторым принимается вариант со сбором порубочных остатков и заготовкой топливной щепы. При этом в качестве расходов необходимо рассматривать затраты на валку деревьев, трелевку

сортиментов, вывозку сортиментов, сбор порубочных остатков и их трелевку, переработку в щепу, транспортировку щепы к потребителю. Доход складывается из реализации деловой древесины и топливной щепы.

В качестве альтернативных вариантов система позволяет рассчитать сбор порубочных остатков с помощью пакетирующей машины в тюки, доставка пакетов остатков до потребителя с последующей переработкой в щепу или применение на лесосеке передвижной рубительной машины с контейнером для щепы.

Сравнивая расчеты программы по вариантам, пользователь системы может выбрать оптимальный вариант для заданных условий. Варьируя исходными данными, можно найти границы возможного применения того или иного варианта.

Система поддержки принятия решения включает в себя имитационную модель лесосеки и условий работы, имитационные модели работы лесных машин, а также программу, позволяющую оценить эффективности базового и альтернативных вариантов в заданных пользователем условиях.

Модель лесосеки выполнена на языках C++ и MapBasic из пакета MapInfo. На текущий момент программа позволяет сгенерировать вертикальную и горизонтальную структуры древостоя, наметить магистральный и пасечные волокна, позволяет смоделировать неровности рельефа и климатические условия. Результатом работы программы являются таблицы с данными по каждому дереву в древостое, с координатами волоков, с данными по рельефу и климату.

Имитационная модель работы харвестера выполнена на языке MapBasic.

Исходными данными являются: тип и марка машины, процент порубочных остатков, которые складываются у волокна для последующей трелевки (остальные остатки идут на укрепление волокна). Технические характеристики машин берутся в зависимости от марки машины. Моделирование работы возможно для колесных машин и машин на гусеничном ходу. В программе ведется расчет времени на наводку манипулятора, зажим, валку и подтаскивание дерева, обрезку сучьев и раскряжевку на сортименты. Также ведется учет сортиментов по диаметру в верхнем отрезе, расчет объема порубочных остатков. В результате работы программы заполняются несколько таблиц, в которых отмечаются координаты расположения и количество сортиментов, а также их объем. Для порубочных остатков создается таблица с их координатами и объемом.

Алгоритм работы форвардера, машины для пакетирования порубочных остатков и передвижной рубительной машины с контейнером достаточно похожи, поэтому их работа моделируется одной программой на языке MapBasic, в которой, в зависимости от типа машины, вызываются разные подпрограммы. Программа позволяет моделировать следующие работы: сбор сортиментов форвардером; сбор порубочных остатков форвардером: сбор форвардером пакетов с упакованными порубочными остатками; работу машины, пакетирующей порубочные остатки; работу передвижной рубительной машины с контейнером. В результате работы программы создаются таблицы с данными, по которым можно рассчитать время работы машины, время затраченное на каждую операцию, объемы стрелеванных сортиментов, отходов и пакетов. Для пакетирующей машины рассчитывается количество пакетов и их суммарный объем. Для передвижной рубительной машины рассчитывается объем нарубленной щепы.

Исходными данными, для определения производительности машин в программе оценки вариантов, являются выходные данные имитационных моделей работы харвестера и форвардера на модельной лесосеке. Программа позволяет рассчитать затраты на вывозку сортиментов, щепы или пакетов порубочных остатков автомобильным транспортом, а также затраты на производство щепы рубительной машиной. Пользователю программы требуется ввести недостающие исходные данные, такие как цена за деловую (в зависимости от диаметра) и дровяную древесину, щепу, а также постоянные и переменные затраты по типам техники, приходящиеся на один час работы. В результате работы программа позволяет вывести на экран таблицу с расчетами, опираясь на полученные цифры, и пользователь системы может оценить является ли выгодным, с экономической точки зрения, собирать порубочные остатки и рубить их в щепу при текущих ценах, а также возможный объем получаемой топливной щепы. Подпрограмма выполнена на языке C++.

Работа выполняется в рамках проекта «Лесозаготовки и логистика в России», финансируемого Европейским Союзом через финское Агентство по развитию технологий и инноваций (TEKES).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ЩЕПЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗ СМЕСИ ДРОВАНОЙ ДРЕВЕСИНЫ И ЛЕСОСЕЧНЫХ ОТХОДОВ

В.Н. БАКЛАГИН

Россия, Петрозаводский государственный университет

В настоящее время все большее значение придается развитию альтернативной энергетике с использованием местных видов топлива, в том числе отходов лесозаготовок (лесосечных отходов). Разработаны передвижные рубительные машины для производства щепы энергетического назначения на лесосеке из дровяной древесины и лесосечных отходов (ветвей, сучьев, вершин). Поэтому исследования в этой области весьма актуальны при разработке технологий заготовки леса с сопутствующим получением щепы энергетического назначения.

В рамках исследований в условиях Республики Карелия выполнены хронометражные наблюдения и оценка скорости измельчений пачек древесного сырья в рубительном модуле. Сырье представляло собой дровяные стволы осины и березы длиной 6 м, а также лесосечные отходы осины и березы, сложенные в небольшие кучи, объемом 2-4 плотных м³. Выработка щепы осуществлялась передвижной рубительной машиной УРП-600, изготовленной ЗАО «Петрозаводскмаш».

Результаты хронометражных наблюдений показали, что: производительность рубительной машины УРП-600 при работе ее с дровяными стволами составляет 54 плотных м³ на час чистого времени, производительность при работе с лесосечными отходами составляет 15 плотных м³ на час чистого времени.

При обработке результатов исследований были получены распределения времени по каждой из операций технологического цикла работы машины. В таблице 1 представлены результаты статистической обработки данных. Все проведенные замеры подчиняются закону нормального распределения за исключением ряда времени, необходимого для ожидания предыдущей пачки в рубительном модуле, оно определяется формулой:

$$T_{ожид} = T_{руб} - (T_{нав} + T_{зах} + T_{перем} + T_{удер}), \quad (1)$$

где $T_{нав}$ – время, необходимое для наводки манипулятора к месту формирования пачки; $T_{зах}$ – время, необходимое для формирования и захвата пачки; $T_{перем}$ – время, необходимое для перемещения пачки к рубительному модулю; $T_{удер}$ – время, необходимое для удержания пачки в рубительном модуле; $T_{руб}$ – время, необходимое для измельчения пачки в рубительном модуле.

Суммарное среднее время всех операций технологического цикла манипулятора составляет при работе с дровяными отходами – 18,9 с, при работе с лесосечными отходами – 22,2 с (табл. 1).

Замеры скорости измельчения пачки лесосечных отходов подчиняются нормальному закону распределения случайной величины, из чего можно сделать вывод о том, что при заданных параметрах лесосечных отходов, мощности двигателя рубительного модуля, и площади захвата зева манипулятора, скорость измельчения лесосечных отходов не будет сильно изменяться относительно средней величины (приблизительно 0,015 м³/с).

Лесосечные отходы являются полноценным сырьем для производства щепы энергетического назначения. Производство щепы из смеси лесосечных отходов и дровяной древесины на основе анализа результатов, полученных при эксперименте, является эффективным процессом при учете факторов, влияющих на работу передвижной рубительной машины.

Оптимальная работа рубительной машины без простоев определяется уравнением:

$$T_{общ.руб} = \sum T_{опер.ман} \quad (2)$$

Общее время рубки представлено математическим выражением:

$$\sum T_{общ.руб} = k_{дров} \sum T_{руб.дров} + k_{лес} \sum T_{руб.лес} \quad (3)$$

где $T_{руб.дров}$ – время измельчения дровяной древесины, содержащейся в пачке измельчаемой смеси, $T_{руб.лес}$ – время измельчения лесосечных отходов, содержащейся в пачке измельчаемой

смеси; $k_{\text{дров}}$ - коэффициент, учитывающий изменение времени на переработку данного объема дров при совместной переработки его с лесосечными отходами ($k_{\text{дров}} = 0,6..0,8$); $k_{\text{лес}}$ - коэффициент, учитывающий изменение времени на переработку данного объема лесосечных отходов при совместной переработки его с дровами ().

Таблица 1

Результаты статистической обработки данных полученных при замерах времени операций технологического цикла манипулятора передвижной рубительной машины

Замеряемые величины		Степень свободы	Ошибка, с	Математическое ожидание, с		
				$M - \delta$	M	$M + \delta$
Дровяные стволы	Время формирования и захвата пачки	192	0,2	4,7	4,9	5,1
	Время переноса пачки к рубительному модулю	192	0,2	5,0	5,2	5,4
	Время ожидания обработки предыдущей пачки	-	-	-	-	-
	Время удержания пачки в рубительном модуле	192	0,2	3,8	4,0	4,2
	Наводка манипулятора к месту формирования пачки	192	0,2	4,6	4,8	5,0
Отходы лесозаготовок	Время формирования и захвата пачки	36	0,6	5,6	6,2	6,8
	Время переноса пачки к рубительному модулю	65	0,4	3,7	4,1	4,4
	Время ожидания предыдущей пачки	-	-	-	-	-
	Время удержания пачки в рубительном модуле	65	0,3	6,1	6,4	6,8
	Наводка манипулятора на место формирования пачки	65	0,4	5,1	5,5	5,9

Оптимальная работа рубительной машины без простоев определяется уравнением:

$$T_{\text{общ. руб.}} = \sum T_{\text{опер. ман.}} \quad (2)$$

Общее время рубки представлено математическим выражением:

$$\sum T_{\text{общ. руб.}} = k_{\text{дров}} \sum T_{\text{руб. дров}} + k_{\text{лес}} \sum T_{\text{руб. лес.}}, \quad (3)$$

где $T_{\text{руб. дров}}$ - время измельчения дровяной древесины, содержащейся в пачке измельчаемой смеси, $T_{\text{руб. лес.}}$ - время измельчения лесосечных отходов, содержащейся в пачке измельчаемой смеси; $k_{\text{дров}}$ - коэффициент, учитывающий изменение времени на переработку данного объема дров при совместной переработки его с лесосечными отходами ($k_{\text{дров}} = 0,6..0,8$); $k_{\text{лес}}$ - коэффициент, учитывающий изменение времени на переработку данного объема лесосечных отходов при совместной переработки его с дровами ($k_{\text{лес}} = 0,8..1,1$).

При дальнейших преобразованиях с учетом зависимости (3) получена аналитическая зависимость, описывающая оптимальную работу машины по критерию наибольшей производительности при измельчении смеси лесосечных отходов и дровяной древесины вида:

$$\left(aV_{пачк}^2 \%_{дров}^2 + bV_{пачк} \%_{дров} + c\right) \cdot k_{дров} + \frac{\%_{лес} V_{пачк}}{v_{лес}} k_{лес} = \sum T_{опер.ман}, \quad (4)$$

где $v_{лес}$ – скорость измельчения лесосечных отходов; $V_{пачк}$ – объем смеси; a, b, c – коэффициенты регрессии, полученные в результате регрессионного анализа; $\%_{лес}$ – процент лесосечных отходов в общем объеме пачки; $\%_{дров}$ – процент дровяной древесины в общем объеме пачки.

При решении уравнения (4) получена формула для расчета процентов лесосечных отходов и дровяной древесины в измельчаемой смеси:

$$\%_{дров} = 1 - \%_{лес} = \frac{k_{лес} \frac{V_{пачк}}{v_{лес}} - k_{дров} bV_{пачк} - \sqrt{D}}{2aV_{пачк}^2 k_{дров}}, \quad (5)$$

где $D = \left(bV_{пачк} k_{дров} - \frac{V_{пачк}}{v_{лес}} k_{лес}\right)^2 - 4aV_{пачк}^2 k_{дров} \left(ck_{дров} + \frac{V_{пачк}}{v_{лес}} k_{лес} - \sum T_{опер.ман}\right)$;

Выводы:

1. Установлено, что производительность передвижной рубительной машины не снижается при использовании лесосечных отходов в качестве сырья для получения щепы энергетического назначения. При учете процента содержания дровяной древесины и лесосечных отходов в измельчаемой смеси (5) затраты оперативного времени машины на простои будут минимальны. В некоторых случаях, в частности при небольших диаметрах древесных стволов, целесообразно включать древесные отходы в измельчаемую смесь.

2. Среднее время технологического цикла передвижной рубительной машины УРП-600 выработке щепы энергетического назначения из дровяных стволов и лесосечных отходов практически одинаково, что дает возможность использовать в качестве сырья смесь лесосечных отходов и дровяной древесины, не меняя параметры и технические характеристики манипулятора рубительной машины.

3. Установлена зависимость (5), позволяющая определять оптимальный процент лесосечных отходов, перерабатываемых в смеси с дровяной древесиной, оставленной лесосечными машинами на лесосеке после основного производства сортиментов, получая при этом на выходе щепу энергетического назначения.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНЫХ ЭНЕРГО- И ТРУДОЗАТРАТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЗАГОТОВКИ СОРТИМЕНТОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БЕНЗОПИЛЫ И ФОРВАРДЕРА

М.В. Коломинава

Россия, Ухтинский государственный технический университет

В настоящее время при сравнительно небольших объемах годового производства отдельных лесозаготовительных предприятий очень распространенной технологией лесосечных работ является процесс заготовки сортиментов с использованием бензиномоторной пилы и форвардера. Но это довольно трудоемкий и энергозатратный процесс.

Удельные энергозатраты (удельная энергоемкость) – это показатель, определяющий количество энергии, отнесенное к единице выполненной технологической работы или продукции (м^3). Теоретические основы расчета энергозатрат были разработаны проф. В.Г. Кочегаровым [1] и проф. В.Б. Прохоровым [2].

Удельные трудозатраты (удельная трудоемкость) – это количество единиц затрат труда персонала, необходимых для завершения работы или на создание единицы экономического продукта: одного изделия, одного кубометра, одной тонны груза и т.д.

Рассмотрим расчет удельных энерго- и трудозатрат для следующего технологического процесса заготовки сортиментов при лесосечных работах:

- валка деревьев, очистка деревьев от сучьев и раскряжевка хлыстов бензиномоторной пилой типа Husqvarna-262XP;
- трелевка сортиментов форвардером типа Timberjack 1010B;
- погрузка сортиментов самопогружающимся автопоездом типа Урал-4320+ЛВ-185.

Удельные энергозатраты, кВт·ч/м³, процесса валки деревьев с помощью бензиномоторной пилы определяются по формуле:

$$g_{валки} = \frac{C \cdot \pi \cdot d_c^2 \cdot b \cdot K \cdot c_1}{4 \cdot V_x} \cdot \left(\frac{v}{\eta} + \frac{c_2 \cdot u \cdot v}{v_p \cdot \eta} \right), \quad (1)$$

где $C=1/3600$ – переводной коэффициент; $\pi=3,14$; d_c – средний диаметр спиливаемого дерева (хлыста), м; b – ширина пропила, м; K – удельная работа резания, кДж/м³; V_x – средний объем спиливаемого дерева (хлыста), м³; c_1 – коэффициент, учитывающий изменение площади пропила по отношению к расчетной; u – скорость подачи, м/с; v_p – скорость резания, м/с c_2 – коэффициент пропорциональности между усилиями резания и подачи; v – коэффициент увеличения затрат энергии от непроизводительных движений; η – К.П.Д. устройств, передающих энергию к рабочим органам машины.

Удельные энергозатраты, кВт·ч/м³, процесса очистки деревьев от сучьев и раскряжевки хлыстов бензиномоторной пилой определяются по формуле:

$$g_{валки} = \frac{C \cdot K_p \cdot S \cdot v}{V_x \cdot \eta} + \frac{C \cdot \pi \cdot d_c^2 \cdot b \cdot K_{раск} \cdot c_1 \cdot (n+1)}{4 \cdot V_x} \cdot \left(\frac{v}{\eta} + \frac{c_2 \cdot u \cdot v}{v_{рез} \cdot \eta} \right), \quad (2)$$

где K_p – удельная работа резания при срезании сучьев, кДж/м²; S – суммарная площадь среза сучьев, м²; $K_{раск}$ – удельная работа резания при раскряжевке хлыстов, кДж/м; $v_{рез}$ – скорость резания при раскряжевке хлыста, м/с; $n+1$ – среднее число сортиментов, выпиливаемых из ствола, и пропила на откомлевку.

Удельные энергозатраты, кВт·ч/м³, процесса трелевки деревьев форвардером определяются как:

$$g_{фор.} = \frac{C \cdot \left[\gamma \cdot (h_l + r_n \cdot \omega_n) + \frac{A_{с.м}}{V_c} \right] \cdot v}{\eta} + \frac{C \cdot l_{ср} \cdot \gamma \cdot k_0 \cdot \psi_n \cdot (1+2 \cdot a)}{\eta}, \quad (3)$$

где γ – объемная сила тяжести древесины, кН/м³; h_l – высота подъема при укладке сортиментов на форвардер, м; r_n – радиус поворота манипулятора, м; ω_n – средний угол поворота манипулятора, рад; $A_{с.м}$ – работа по доставке манипулятора к сортименту и обратно, кДж; V_c – объем сортиментов, захватываемых манипулятором за один прием, м³; $l_{ср}$ – среднее расстояние трелевки, м; k_0 – коэффициент, учитывающий увеличение пути, проходимого машиной с пачкой деревьев, по отношению к расчетному; a – отношение силы тяжести трактора к силе тяжести трелеваемой пачки; ψ_n – коэффициент сопротивления движению машины.

Удельные энергозатраты, кВт·ч/м³, процесса погрузки сортиментов самопогружающимся автопоездом определяются по формуле:

$$g_{пogr.} = \frac{C \cdot \gamma \cdot \omega_c \cdot \mu_c \cdot r_n \cdot \frac{M_{н.с}}{V_c} \cdot v}{\eta} + \frac{C \cdot G_m \cdot \omega_c \cdot \mu_c \cdot r_n \cdot v}{\eta}, \quad (4)$$

где ω_c – средний угол поворота стрелы; μ_c – коэффициент трения в подшипнике поворота стрелы; G_m – сила тяжести манипулятора, кН; $M_{н.с}$ – грузоподъемность подвижного состава, м³.

Удельные трудозатраты при использовании бензиномоторных пил на валке деревьев (чел.·дн./м³) в общем виде определяются по формуле:

$$T_{валки} = \frac{m \cdot (t_1 + t_2)}{V_x \cdot (t_{см.} - t_p)} = \frac{m \cdot \left[\left(\frac{\pi \cdot d_{сп}^2 \cdot k_1}{4 \cdot \Pi_{ч.н} \cdot \varphi_0} \right) \cdot k_c + t_2 \right]}{V_x \cdot (t_{см.} - t_p)}, \quad (5)$$

где m – число рабочих, обслуживающих механизм; t_1 – время на выполнение подпила, спиливания и сталкивания дерева с пня; t_2 – время на переходы от дерева к дереву и на подготовку дерева к валке, с; $t_{см.}$ – продолжительность рабочей смены, с; t_p – время на регламентированные простои, подготовительно-заключительное время и время отдыха рабочих, с; k_c – коэффициент, учитывающий сталкивание дерева с пня; $\Pi_{ч.н}$ – производительность чистого пиления, м²/с; k_1 – коэффициент увеличения площади пропила за счет подпила; φ_0 – коэффициент использования производительности чистого пиления.

Удельные трудозатраты при использовании бензиномоторных пил на очистке деревьев от сучьев-раскряжке хлыстов на сортименты (чел.-дн./м³) определяются по формуле:

$$T_{очист.-раск.} = \frac{m \cdot [t_{очист.} + t_p \cdot (n+1) + t_{перех.}]}{V_x \cdot (t_{см.} - t_p)} = \frac{m \cdot \left[t_{очист.} + \frac{\pi \cdot d_{сп}^2}{4 \cdot \Pi_{ч.н} \cdot \varphi_0} \cdot (n+1) + t_{перех.} \right]}{V_x \cdot (t_{см.} - t_p)}, \quad (6)$$

где $t_{очист.}$ – время на очистку дерева от сучьев бензиномоторной пилой, с; t_p – время на выполнение одного пропила при раскряжке, с; $t_{перех.}$ – время на переходы от хлыста к хлысту, маркировку сортиментов, с.

Удельные трудозатраты на сбор, трелевку и штабелевку сортиментов трелевочной машиной сортиментов (ТМС) – форвардером определяются как:

$$T_{фор.} = \frac{m \cdot (t_{ов.} + t_{сб.-шт.})}{V_n \cdot (t_{см.} - t_p)} = \frac{2 \cdot m \cdot \left(\frac{l_{сп.} \cdot K_m}{v_{фор.}} + \frac{t_{захв.} \cdot M_n}{V_n} \right)}{M_n \cdot (t_{см.} - t_p)}, \quad (7)$$

где $t_{ов.}$ – время на передвижения ТМС за один рейс, с; $t_{сб.-шт.}$ – время на сбор и штабелевку сортиментов за один рейс ТМС, с; V_n – объем пачки сортиментов, захватываемых грейфером форвардера за один прием, м³; $v_{фор.}$ – средняя скорость движения форвардера, м/с; K_m – коэффициент, учитывающий время маневров форвардера на лесосеке и погрузочном пункте, с; $t_{захв.}$ – время одного цикла захвата группы сортиментов грейфером форвардера, переноса их и укладки в штабель, с.

Удельные трудозатраты при погрузке сортиментов самопогружающимся автопоездом (чел.-дн./м³) определяются как:

$$T_{погр.} = \frac{m \cdot \left(t_{подг.} + t_{укл.} \cdot \frac{M_{н.с.} \cdot \varphi_1}{V_c \cdot \varphi_2} + t_{креп.} \right)}{V_c \cdot (t_{см.} - t_p)}, \quad (8)$$

где $t_{подг.}$ – время подготовки подвижного состава к погрузке, с; $t_{укл.}$ – время укладки одной пачки, с; $t_{креп.}$ – время крепления и оправки пакета после погрузки, с; φ_2 – коэффициент использования грузоподъемности манипулятора автопоезда.

Все расчеты по определению энерго- и трудозатрат исследуемого процесса в зависимости от объема хлыста сводятся в следующие таблицы.

Таблица 1

Удельные энергозатраты, кВт·ч/м³, исследуемого процесса

Наименование работы	Объем хлыста, м ³				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Валка деревьев-очистка деревьев от сучьев-раскряжка хлыстов бензиномоторными пилами	0,963	0,499	0,348	0,275	0,233
Трелевка сортиментов форвардером при $l_{сп.}=200$ м	0,625	0,624	0,623	0,622	0,621
Погрузка сортиментов самопогружающимся автопоездом	0,554	0,302	0,221	0,180	0,156
Суммарные	2,142	1,425	1,192	1,077	1,010

Таблица 2

Удельные трудозатраты, чел.-дн./м³, исследуемого процесса

Наименование работы	Объем хлыста, м ³				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Валка деревьев-очистка деревьев от сучьев-раскряжевка хлыстов бензиномоторными пилами	0,126	0,065	0,045	0,034	0,029
Трелевка сортиментов форвардером при $l_{cp}=200$ м	0,015	0,009	0,006	0,005	0,004
Погрузка сортиментов самопогружающимся автопоездом	0,080	0,046	0,035	0,029	0,026
Суммарные	0,221	0,120	0,086	0,068	0,059

Литература

1. Кочегаров В.Г., Бит Ю.А., Меньшиков В.Н. Технология и машины лесосечных работ. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 392 с.
2. Прохоров В.Б. Эксплуатация машин в лесозаготовительной промышленности. – М.: Лесн. пром-сть, 1978. – 304 с.

ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОХОДНЫХ РУБОК НА ДРЕВОСТОЙ ЕЛИ

В.Ф. КОВЯЗИН, А.В. ЛЮБИМЦЕВ

Россия. Санкт-Петербургский горный институт
(научный исследовательский университет) им. Г.В. Плеханова

Повреждаемость древостоя при *проходных рубках ухода* зависит от технологии лесосечных работ. Для исследования этой проблемы выбраны древостои с преобладанием ели, которая в силу своих биологических свойств наиболее чувствительна к повреждениям и является преобладающей породой в лесопарковой зоне Санкт-Петербурга.

Исследованиями установлено (табл. 1), что больше всего поврежденных деревьев наблюдается при хлыстовой трелёвке гусеничным трактором ТДТ-55 (11-16%), а минимальное число повреждений – после сортиментной трелёвки колёсным трактором МТЗ-82А (2-6%).

Таблица 1

Повреждение стволов ели раневыми гнилями при разных технологиях работ

Вариант технологии	Поранение	Статпоказатель				Точность опыта, %
		Среднеарифм. величина и её ошибка	Критерий Стьюдента		Коэф. вариации, %	
			t-расчетный	t-табличный		
Площадь ран, см ²						
Сортименты МТЗ-82	с гнилью	190,89±59,78	1,30	1,71	93,95	31,32
	без гнили	100,15±21,30				
Хлысты ТДТ-55	с гнилью	339,75±56,27	1,53	1,68	66,25	16,56
	без гнили	229,25±45,27				
Высота ран, м						
Сортименты МТЗ-80	с гнилью	0,76±0,15	2,12	1,71	73,48	20,38
	без гнили	1,21±0,15				
Хлысты ТДТ-55	с гнилью	0,59±0,06	0,60	1,66	76,09	9,59
	без гнили	0,65±0,08				

Примечание: t-табл. взято при вероятности 90%.

Распределение повреждения ствола дерева по глубине обдира коры одинаковое при обеих технологиях работ. При обеих технологиях преобладают обдиры коры с обнажением древесины.

На месте поранения ствола ели образуется гниль, которая приводит в дальнейшем к усыханию дерева. Образование гнили связано с площадью поранения (табл. 1).

При хлыстовой трелевке древесины площадь поранения с гнилью и без нее больше в 2,5 раза, чем при сортиментной технологии. Глубина повреждения существенно влияет на образование гнили (табл.2).

Таблица 2

Степень поражения стволов ели гнилями в зависимости от глубины повреждений, %

Вариант технологии	Поранение	Обдир ствола, %		
		до камбия	до древесины	с древесиной
Сортименты МТЗ-82	с гнилью	0	43	62
	без гнили	100	57	38
Хлысты ТДТ-55	с гнилью	11	77	100
	без гнили	89	23	0

При незначительном повреждении коры гниль не образуются, а при поранении ствола до обнажения древесины наблюдается сплошное образование гнили. О различной степени заражения деревьев ели гнилями свидетельствует табл.3.

Таблица 3

Заражённость деревьев ели гнилями при различных технологиях рубок

Вариант технологии	Повреждено деревьев, %	Заражено гнилью поврежденных деревьев, %	Заражено гнилью неповрежденных деревьев на контроле, %
Сортименты МТЗ-82	4	29	8
Хлысты ТДТ-55	14	57	3

Сортиментная технология на базе трактора МТЗ-82 меньше повреждает деревьев, и, соответственно, ниже заражённость древостоя гнилью. Выбор оптимальной модели проведен по минимуму среднеквадратической ошибки аппроксимации и показан в табл. 4.

Таблица 4

Зависимость между распространением гнили в стволе (у) и площадью раны (х)

Вид функции	Среднеарифметическая ошибка аппроксимации	
	через 20 лет после рубки	через 30 лет после рубки
$Y=a_0+a_1*x$	0,3155	0,1953
$Y=a_0+a_1*x+a_2*x^2$	0,3381	0,1968
$Y=a_0+a_1*x a_2$	0,3106	0,1902
$Y=a_0+a_1*exp(a_2*x)$	0,3094	0,1874
$Y=a_0*(1-exp(a_1*x)) a_2$	0,3149	0,1912

Как видно из ошибок аппроксимации, при всех видах уравнений корреляционная связь отображается с одинаковой погрешностью (0,19-0,31), поэтому выбрана наиболее простая прямая зависимость. В результате загнивания пораженных деревьев снижается количество запаса на одну шестую часть оставленной древесины. Следовательно, на проходных рубках в лесопарках должна применяться легкая колесная техника.

Установлено, что вероятность повреждения ели составляет 60-92%, а других пород – 8-40%, 40-92%. общего числа поврежденных деревьев находится на расстоянии до 5 м от границы волока. а 15-33% деревьев - на расстоянии 5,1-10 м до волока. Около 60-70% поражений наносится на высоте до 0,6 м. Основным видом повреждения деревьев является обдир коры стволов с древесиной, удельный вес которого составляет 80-100% от общего количества повреждений. Средняя площадь повреждений возрастает с увеличением размера дерева и составляет 106 см². Количество поврежденных деревьев ели весной в 1,5-3,1 раза выше, чем в зимний период. Степень повреждения корневых систем зависит от типа движителя трактора, типа почвы и ее несущей способности, сезона рубки и количества проходов трактора по волоку. Видимые повреждения толстых корней на волоках составляют 2-10% от общего числа повреждений всех компонентов лесной экосистемы древостоя.

Технологическая организация лесосеки и сезон рубок определяют степень поранения деревьев. Хвойные породы при проходных рубках повреждаются при валке деревьев, корпусом трактора и трелемой древесиной. В период вегетации отмечаются наибольшие площади ран у

ели. Связано это с вибрацией трелевочного трактора при наездах на пни и микроповышения, а также легким снятием коры в летнее время. Зимой действия вышеназванных факторов снижается. Чем уже пасека, тем больше поврежденных деревьев. Поэтому целесообразно при рубках ухода в лесопарках волока не прорубать, не формировать стандартные пасеки. В древостое, где рубки проведены узкими пасеками до 30 м и интенсивностью 35% наблюдается ветровал 3-14% деревьев ели, причем вываливаются самые высокие деревья. Из-за ветровала ели теряется до 20% оставленного на корню запаса насаждения.

Степень повреждения деревьев и их характер зависят от множества факторов: породы, условий роста, характеристики насаждения, технологии и сезона работ, качества выполнения работ, полноты, возраста древостоя и других показателей.

Зависимость повреждения деревьев от породы и технологии лесосечных работ в условиях Карельского перешейка приведена в табл.6.

Таблица 6.

Степень повреждения деревьев хвойных пород при проходных рубках с использованием различных технологий работ

Варианты технологии	Процент поврежденных деревьев после рубки	
	ель	сосна
Сортиментная финская	7-14	0-1
Сортиментная отечественная	2-4	0
Хлыстовая трелевка колесным трактором	12	7
Хлыстовая трелевка гусеничным трактором	10-12	0
Валка на волоке вершинами в пасеку	3	1

Более 2/3 повреждений наносится деревьям, расположенным на расстоянии до 0,5 м от волока. Во всех случаях преобладает глубокий обдир с обнажением древесины. Площадь повреждения составляет 19-356 см². При трелевке с заездом на пасеку поврежденных деревьев на 5% больше. В зоне технологического коридора повреждается 30% корневых систем деревьев. Количество повреждений корней сильно варьирует в зависимости от микрорельефа и прямолинейности технологического коридора. Повреждения ствола и корней приводят к заражению деревьев стволовыми и корневыми гнилями. Высокая интенсивность рубки и повреждения толстых корней приводят к отпаду деревьев ели (табл.7).

Таблица 7

Отпад ели в течение двух лет после проходной рубки

Варианты технологии	Интенсивность рубки, %	Отпад, м ³ /га	Потеря растущего запаса, %
Сортиментная финская, зима	41	18	9
Сортиментная финская, весна	42	19	15
Хлыстовая колесным трактором	27	18	8
Хлыстовая гусеничным трактором	45	28	14

В среднем после рубки интенсивностью около 30% теряется до 8% оставляемого запаса, а после рубки 40% потеря запаса достигает 18%. Варианты технологии работ существенно не влияют на величину отпада.

Установлено, что повреждение деревьев до 5% снижает прирост насаждений на 12%, а уплотнение почвы уменьшает прирост на 9%. От ошмыга ствола теряется до 3,4% деловой древесины. Исследования показали, что прирост поврежденных деревьев ели уменьшается по диаметру на 40%. Потеря общей производительности в ельниках составляет 3-6% в течение 6 лет; 3-10% - при расстоянии между осями коридоров 20-40 м. На основании вышеназванных закономерностей рассчитаны потери древесины, которые составляют от 1,4 до 2,7 м³ в год. После проходной рубки слабо идет восстановление запаса из-за нарушения деятельности корневых систем, особенно мелких, которые являются поставщиками элементов минерального питания и воды. Основная их масса (70-90%) расположена в верхнем 20 см слое почвы. Проход трактора по волоку сопровождается повреждением, уплотнением и ухудшением физических свойств верхних горизонтов почвы, особенно в колее. Это отрицательно сказывается на жизнедеятельности корней.

ВЫБОР ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ЛЕСОСЕК ПРЕДПРИЯТИЯ ОАО «ЛЕСОПРОМЫШЛЕННАЯ КОМПАНИЯ СЫКТЫВКАРСКИЙ ЛДК» ФИЛИАЛ «МЕЖДУРЕЧЕНСКИЙ»

М.В. ЦЫГАРОВА

Россия, Ухтинский государственный технический университет

Совершенствование любого технологического процесса производства является важным для функционирования предприятия в условиях рыночных отношений, так как оно является источником прироста объемов производства, снижения себестоимости продукции, повышение прибыли и уровня жизни трудящихся.

На предприятии ОАО «Лесопромышленная Компания Сыктывкарский ЛДК» филиал «Междуреченский» на разработке лесосеки применяется современная лесозаготовительная техника финской фирмы «Ponsse». Валка деревьев, очистка от сучьев и раскряжевка на сортименты производится харвестером «Ponsse Ergo» непосредственно на лесосеке. Трелевка сортиментов с лесосеки на погрузочный пункт осуществляется самозагружающейся машиной манипуляторного типа для трелевки сортиментов – форвардером «Ponsse Buffalo».

Филиал «Междуреченский» ОАО «ЛПК» Сыктывкарский ЛДК находится на северо-западе республики Коми в Удорском районе п. Междуреченск. В 1970 году началось строительство п. Междуреченск третьего предприятия объединения «Мезеньлес»- Селибского ЛПХ. В его основу был положен опыт, который накопили в процессе создания Косланского и Ертомского леспромхозов. «Мезеньлес» – производственное лесозаготовительное объединение, совместное советско-болгарское предприятие, размещалось на территории Удорского района республики Коми в 1968-93 гг. В состав «Мезеньлес» входили четыре леспромхоза с общей проектной мощностью 3600 тыс. м³ каждый и Междуреченский проектной мощностью 600 тыс. м³. Кроме круглых материалов объединение «Мезеньлес» вырабатывало технологическую щепу для целлюлозно-бумажной промышленности в объеме 290 тыс. м³, которая поставлялась на Сыктывкарский ЛПК и Котласский ЦБК, а также товары народного потребления. Объединение «Мезеньлес» считалось одним из самых современных предприятий СССР. Болгарский и советский персонал располагался в четырех поселках Усогорск, Благоево, Междуреченск, Верхнемезенск, застроенных в основном многоэтажными кирпичными и панельными зданиями с полным благоустройством. В 1993 году болгарская сторона, в связи с истечением срока договора, прекратила свое участие в совместном предприятии и оно было переименовано в ОАО «Мезеньлеспром». В 1999 году предприятие стало называться «Междуреченсклес», через 3 года ООО «Усвалес» В настоящее время – филиал «Междуреченский» ОАО «ЛПК» Сыктывкарский ЛДК. Таким образом, предприятие было основано на базе бывшего советско-болгарского лесопромышленного объединения, которое считалось самым современным и передовым в СССР. Объемы заготовок достигали 4 млн. м³. Благодаря хорошо организованным лесовозным путям были вырублены основные близлежащие леса. К моменту основания филиала Сыктывкарской Лесопромышленной компании основные места рубок находились на отдаленных преимущественно заболоченных и переувлажненных с низкими таксационными показателями.

Сравнительная характеристика лесного фонда, арендуемого предприятием, и в целом по республике Коми представлена в таблице 1. Она имеет низкие значения и отличается в процентном соотношении со средней по республике Коми.

В настоящее время предприятие располагает реальными производственными мощностями: по вывозке древесины – 250 тыс. м³ в год, по производству пиломатериалов – 10 тыс. м³ в год, по производству шпал широкой колеи - 25 тыс. штук в год. Исходя из имеющейся возможности предприятиями, планируется подать заявки на аренду лесосечного фонда сроком на 20 лет в лесосырьевых базах, ранее бывших закрепленными за ОАО «Мезеньлеспром».

Основной целью работы лесозаготовительных предприятий должна стать лесопромышленная деятельность на основе устойчивого управления лесными ресурсами. Поэтому даже при использовании скандинавской технологии заготовки древесины есть возможность снизить техногенное воздействие многооперационных машин на природу путем внедрения многооперационных машин современной конструкции.

Таблица 1

Сравнительные характеристики таксационных показателей лесного фонда

Показатели	Ед. изм.	Республика Коми	ОАО «Лесопромышленная Компания Сыктывкарский ЛДК» филиал «Междуреченский»»	Изменения в % относительно Республики Коми
Общий запас леса	млрд. м ³	2,8	0,05	-
Лесопокрытая площадь	млн. м ²	28,7	0,240	-
Средний объём хлыста	м ³	0,24	0,19	20
Запас на 1 га	м ³	150	130	13
Состав насаждения	-	5Е2С2Б1Ос	7Е1С1Б1Ос	-
Средний возраст насаждений	лет.	110	100	10
Средний диаметр в месте спиливания	см.	23	19	17
Средний таксационный диаметр	см	20	16	20
Бонитет	-	III	V	-
Категория грунтов	-	II-III	IV	-

Актуальной проблемой на данное время для предприятия ОАО «Лесопромышленная Компания Сыктывкарский ЛДК» филиал «Междуреченский» является выбор лесозаготовительной техники, так как применяемая система машин рассчитана на заготовку крупномерного древостоя, что не соответствует таксационным показателям разрабатываемых массивов. Это приводит к увеличению затрат на содержание и эксплуатацию оборудования, вследствие повышенного расхода горюче-смазочных материалов.

Целью данной работы является выбор лесозаготовительной техники малого размерного класса взамен существующей на предприятии техники среднего размерного класса с учетом природных условий и таксационных особенностей древостоя.

Нами произведено сравнение многооперационной техники малого размерного класса «Logset 4H» + «Logset 4F» так как габаритные размеры у него меньше при той же колесной формуле. Это повысит маневренность машины по сравнению с применяемым на сегодняшний день лесозаготовительным комплексом. Также выполнен расчет трудозатрат на 1 тыс. м³ заготовленного леса и комплексная выработка на 1 чел-день по рассматриваемым вариантам лесозаготовительных комплексов. Согласно расчетам оба варианта имеют одинаковы значения, то есть внедрение многооперационных машин малого размерного класса не увеличивает трудозатраты и не снижает комплексную выработку.

Нами осуществлен расчет основных экономических показателей, рассчитана заработная плата работающих и рассчитана себестоимость 1 м³ по фазе лесосечных работ, что представлено в таблице 2. С учетом снижения затрат на содержание машин и механизмов по внедряемому варианту удалось снизить себестоимость заготовки 1 кубм древесины с 482 руб. до 438 руб.

Таблица 2

Калькуляция себестоимости 1 куб. м лесосечных работ

Элементы затрат	Ponsse Ergo + Ponsse Buffalo		Logset 4H + Logset 4F	
	Всего, тыс. руб.	на 1 м ³ , руб.	Всего, тыс. руб.	на 1 м ³ , руб.
Плата за древесину, отпускаемую на корню	10200,000	34,00	10200,000	34,00
Оплата труда, в т.ч.	27633,761	92,11	28423,319	94,74
рабочих	25519,482	85,06	26309,039	87,69
прочих категорий	2114,280	7,04	2114,280	7,04
Страховые взносы	10335,026	34,45	10630,321	35,43
Расходы на содержание машин и механизмов	96312,842	321,04	82044,074	273,48
Прочие производственные затраты	151,310	0,50	139,070	0,46
Себестоимость	144632,939	482,10	131436,784	438,00

Учитывая результаты проделанной работы, для внедрения на предприятии ОАО «Лесопромышленная Компания Сыктывкарский ЛДК» филиал «Междуреченский» можно рекомендовать комплекс лесозаготовительных машин «Logset 4H» + «Logset 4F». Это приведет к росту прибыли, снижению затрат на ГСМ, так как мощность, затрачиваемая на выполнение операций существенно ниже, что приведет к снижению затрат на ГСМ и уменьшит выброс в атмосферу и почвы загрязняющих веществ. По эргономическим показателям этот лесозаготовительный комплекс не уступает применяемому в настоящее время на предприятии комплексу «Ponsse Ergo» + «Ponsse Buffalo».

ОЧИСТКА ВОДОЕМОВ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ ОТХОДАМИ ОКОРКИ

Б.М. ЛОКШТАНОВ, А.Р. БИРМАН, А.А. БАГАЕВ

Россия. Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия им. Кирова

Очистка загрязненной воды от нефти и нефтепродуктов представляет одну из сложных проблем охраны окружающей среды. С этой проблемой сталкиваются в мировом масштабе (Мексиканский залив) и в лесной отрасли лесопильные, целлюлозно-бумажные и другие деревообрабатывающие предприятия, использующие большой парк автомобилей, тракторов и других механизмов, потребляющих нефтепродукты. Обслуживание такой техники и складов нефтепродуктов сопряжено с частичным попаданием нефтепродуктов в сточные воды, которые необходимо очищать.

Очистка сточных вод от нефтепродуктов основана, например, на использовании сорбентов в виде матов с применением синтетических упрочняющих и гидрофобных добавок [1]. Однако недостатком такого технического решения является сложность изготовления сорбентов и изготовления матов, дороговизна из-за использования синтетических упрочняющих и гидрофобных добавок, трудоемкость размещения матов на поверхности водоема, проблема утилизации отработанного сорбента.

Нами предложена технология очистки водоемов сточных вод (ограниченных водных поверхностей) от нефти и нефтепродуктов, обеспечивающая высокую эффективность за счет возможности применения простого оборудования, имеющегося на предприятии, упрощенной технологии при оперативном использовании для изготовления сорбента, полученного из дешевого сырья – отходов окорки (коры и древесины). Кроме того, предлагается упрощенная технология утилизации отработанного сорбента. Технология защищена патентом № 84836 [2].

Предлагаемый технологический процесс и линия очистки водоемов от нефти и нефтепродуктов и утилизации сорбента (рис. 1) включает следующие участки и узлы:

- участок изготовления сорбента;
- участок подачи сорбента на поверхность воды в водоеме;
- участок сбора отработанного сорбента и подачи его на утилизацию;
- участок утилизации отработанного сорбента.

Участок изготовления сорбента выполнен в виде технологически связанных между собой окорочного узла, состоящего, например, из окорочного роторного станка или окорочного барабана; и узлов подсушки отходов окорки, измельчения подсушенных отходов окорки, сортировки измельченных отходов и узла пиролиза отходов окорки.

При этом участок утилизации отработанного сорбента включает технологически связанные между собой узел подсушки отработанного сорбента и котельную, которая связана с узлом пиролиза отходов окорки трубопроводом.

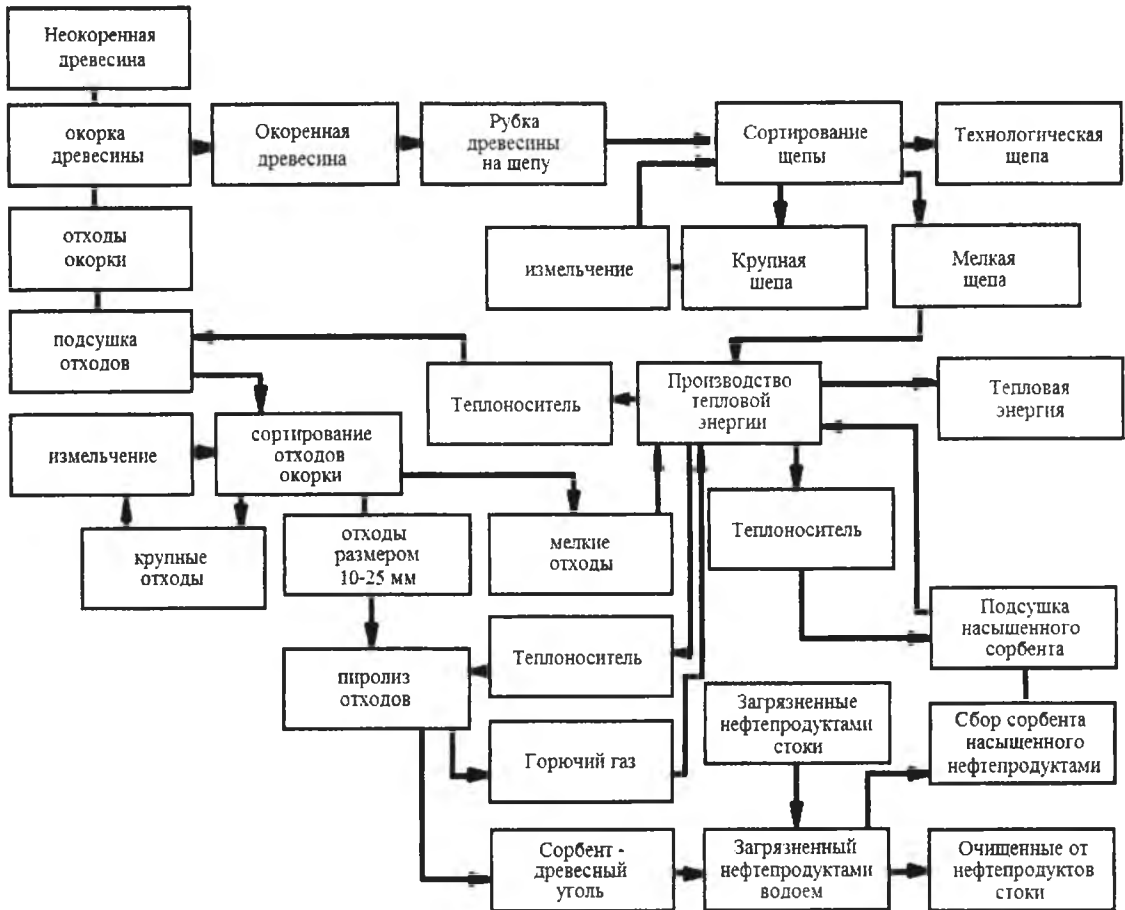


Рис. 1. Схема технологического процесса очистки водоема.

Предлагаемая линия работает следующим образом.

При работе окорочного станка отходы окорки в виде коры и древесины (далее кора) направляются в узел подсушки коры, затем подсушенную кору направляют в узел измельчения подсушенной коры на корорубке. Измельченную кору подают на узел сортирования коры на фракции. Крупную кору возвращают в корорубки на доизмельчение, мелкую кору (до 10 мм) направляют в котельную, а кондиционную фракцию коры размером 10-25 мм подают на пиролиз, где получают сорбент (древесный уголь) и горючий газ. Горючий газ по трубопроводу поступает в котельную и используется для получения тепловой энергии.

Древесный уголь направляют на очистку водоема от нефти и нефтепродуктов. Благодаря большой сорбционной поверхности древесный уголь впитывает нефтепродукты и насыщается ими в течение 0.2-1.5 часа в зависимости от свойств нефтепродуктов. Отработанный сорбент (древесный уголь с впитанными нефтепродуктами) собирают в отдельном узле (рис. 1) и подсушивают, а затем направляют в топку котельной для получения тепловой энергии.

Для создания линии для очистки водоемов от нефти и нефтепродуктов необходимо знать свойства самой коры, отходов окорки, сорбента и эффективность очистки.

Кора на растущем дереве составляет: у ели 9-10 % от объема ствола без коры, у сосны 10-11 %, у березы 12-13 %, у осины 13-14 %, у лиственницы 16-18 %. Однако эти данные ориентировочные и при поступлении древесины на деревообрабатывающие и деревоперерабатывающие предприятия количество коры может изменяться. Это связано с тем, что количество коры меняется в зависимости от условий произрастания дерева, меняется по высоте дерева (больше в комлевой и вершинной части), в зависимости от технологии заготовки древесины и вида доставки на предприятие. Для предварительных расчетов принимается в пределах 10-12 %.

Кроме того, в отходах окорки имеется и древесина и гниль. Их количество зависит от технологии окорки, от применяемой техники и от времени года окорки и качества самой древесины.

Так, при окорке древесины на роторных окорочных станках в отходах древесины может быть летом 2-3 % (от объема окариваемых бревен) и зимой 5-7 %, а гнили практически нет. При окорке в барабанах отходы древесины составляют летом 1,5-2 %, зимой 5-10 %. Отходы в виде гнили могут составлять 5-7 %. Если окорке в барабанах подвергается низкокачественная древесина, то отходы в виде древесины и гнили могут доходить до 25 %.

Таким образом, общие отходы окорки включая кору, древесину и гниль составляют 15-35 %. Это значительные величины и если учесть, что окорке в отрасли подвергаются около 170-200 млн пл. м³ в год, то и отходы составляют 20-30 млн пл. м³. Естественно, что проблемы утилизации такого объема отходов еще остаются нерешенными. В большом объеме эти отходы сжигают с целью получения тепловой энергии, но и миллионы кубометров отходов вывозят на свалки, создавая экологическую и пожарную напряженность в районах свалок.

Вопросами утилизации отходов окорки занимаются давно, разработаны различные способы их использования, но в промышленном масштабе известен один – сжигание. С этой целью создано большое количество котлоагрегатов различной мощности.

Древесный активированный уголь, получаемый путем пиролиза отходов окорки древесины – материал с развитой пористой структурой. Он состоит на 87-97 % из углерода, содержит также водород и кислород. Зольность угля может составить 1-15 %. Насыпная плотность углей колеблется в пределах от 220 до 600 кг/м³. Удельная поверхность имеет значения от 30 до 400 м²/г в зависимости от размера пор. Развитие удельной поверхности определяется в основном макропорами с эффективным радиусом пор порядка $2 \cdot 10^{-4}$ мм, а микропоры (эффективный радиус порядка $1,6 \cdot 10^{-7} \dots 2 \cdot 10^{-4}$ мм) и переходные поры (эффективный радиус менее $1,6 \cdot 10^{-7}$ мм) играют роль транспортных каналов, подводящих молекулы поглощаемых веществ к адсорбционному пространству гранул.

Объем микропор находится в пределах 0,1-0,5 см³/г, переходных пор – от 0,05 до 0,27 см³/г, для макропор этот показатель составляет 0,2-1,78 см³/г [3, 4, 5]. Таким образом, высокая адсорбционная способность активированных углей, полученных при пиролизе, является следствием сильно развитой поверхности и пористости. Все это в целом обеспечивает возможность поглощения нефтепродуктов с поверхности водоема древесным углем, полученным при пиролизе отходов окорки.

Предлагаемое нами техническое решение очистки водоемов с помощью сорбента, получаемого из отходов окорки, связано с системой утилизации сорбента, насыщенного нефтепродуктами, в качестве топлива в котлоагрегатах, предназначенных для сжигания обычных отходов окорки.

Таким образом, мы не выводим из топливного баланса отходы окорки, а создаем из них сорбент и сжигаем его после того, как он произведет очень полезную операцию по очистке водоема.

Если на предприятии количество древесных отходов, приемлемых для производства сорбента (древесного угля) превышает потребности как топлива и как сорбента для собственных нужд, можно организовать производство сорбента на продажу. Если на предприятии велико потребление сорбента, но невелик объем его сжигания, то можно организовать продажу насыщенного сорбента как вида топлива на продажу.

Литература

1. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды. Ленинград, «Химия», 1982 г.
2. Локштанов Б.М., Гумерова О.М. Линия очистки водоемов от нефти и нефтепродуктов. Патент на полезную модель № 84836. 20.07.2009 Бюл. №20.
3. Родионов А.И. и др. Техника защиты окружающей среды. М.: Химия, 1989 г.
4. Химическая энциклопедия. Т.1. М.: Советская энциклопедия, 1988 г.
5. Максимов В.Ф. и др. Очистка и рекуперация промышленных выбросов. М.: Лесная промышленность, 1989 г.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ ДРЕВЕСИНЫ

А.Р. БИРМАН, Б.М. ЛОКШАНОВ, А.В. КОРШАК, А.М. СЕЛИМОВ, Е.Г. ХИТРОВ

Россия. Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия им. Кирова

Известно, что одним из способов модификации древесины является ее пропитка, например, антипиренами. При этом пропитка должна быть сквозной с равномерным распределением жидкости как по длине, так и по поперечному сечению образцов.

Одним из прогрессивных способов пропитки КЛМ, пиломатериалов, шпал и т.п. является ротационный способ. Техническое решение заключается в радиальном размещении древесных образцов на рабочей платформе ротора, контакте их торцов с пропиточной жидкостью и перемещении жидкости из пропиточных емкостей в древесину за счет центробежных сил, возникающих при вращении ротора [1].

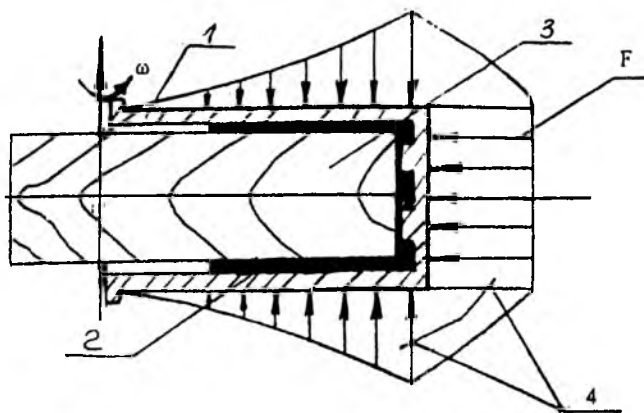


Рис. 1. Схема расположения образца в цилиндре центрифуги:

1-цилиндр для пропитки, 2 – пропитывающий раствор,

3 – образец, 4 – эпюры давлений,

F – давление пропитывающей жидкости

используют конструктивные решения, исключая жесткие связи платформы центрифуги с опорными устройствами вращения [2].

Однако самобалансирующиеся центрифуги на воздушной, жидкостной, магнитной и т.д. подушке значительно дороже и конструктивно сложнее центрифуг, ротор которых снабжен валом в жестких опорах вращения.

Целью настоящей работы является устранение дисбаланса ротора и других вышеперечисленных недостатков пропиточных машин-центрифуг за счет выполнения пропиточной емкости в виде смонтированного по периметру ротора соосно с его осью вращения полого тора, имеющего кольцевые отверстия для подачи пропиточной жидкости.

На рис. 2, 3 изображена схема предлагаемого устройства для пропитки лесоматериалов.

Устройство для пропитки лесоматериалов включает ротор 1 с осью вращения 2, емкость 3 для пропиточной жидкости 4 и приспособление 5 для размещения лесоматериалов 6. Ротор 1 содержит платформу 7 и приводной вал 8, размещенный в опоре вращения по оси вращения 2. Емкость 3 для пропиточной жидкости 4 выполнена в виде смонтированного по периметру ротора 1 соосно с его осью вращения 2 и жестко соединенного с ротором 1 полого тора 9, имеющего кольцевое щелевое отверстие 10 для подачи в устройство пропиточной жидкости 4.

Тор 9 содержит ребра жесткости (на рис. не показано), сохраняющие форму его поперечного сечения при силовом воздействии лесоматериалов 6 и пропиточной жидкости 4 при вращении ротора 1. Полость ротора выполнена так, что верхний уровень 11 пропиточной жидкости 4 при ее достаточном объеме до периода вращения ротора 1 был ниже верхней плоскости 12 платформы 7 (см. рис. 3, а).

Различают встречный и попутный способы ротационной пропитки. Схема более рационального встречного способа приведена на рис. 1.

Недостатками способа на рис. 1 (платформа ротора условно не показана) являются: дисбаланс ротора из-за практически неустранимой неравномерности размещения центров масс технологического груза; замедление процесса пропитки при уменьшении количества пропиточной жидкости в емкостях; потери времени при дозировке и пополнении емкостей перед очередным циклом пропитки.

В настоящее время для устранения влияния дисбаланса на роторные машины и, в частности, центрифуги для пропитки лесоматериалов,

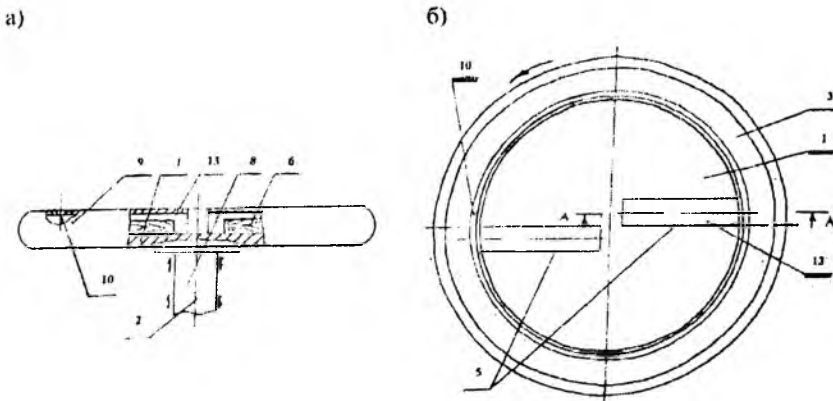


Рис. 2. Центрифуга для пропитки лесоматериалов, а) – вид спереди, б) – вид сверху

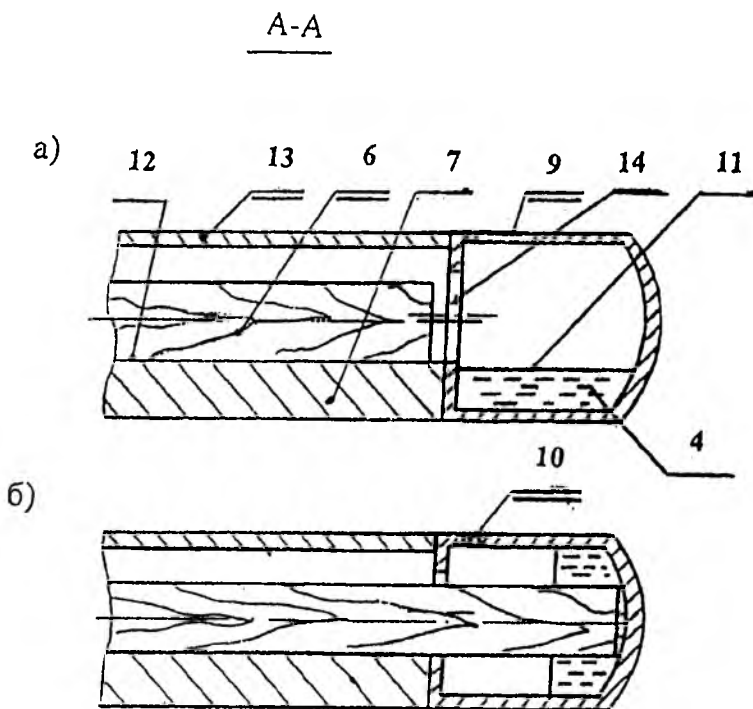


Рис. 3. Разрез по А-А на рис. 2; а) – до вращения ротора, б) – в период вращения ротора

Выполнение пропиточной емкости 3 для пропиточной жидкости 4 в виде тора 9 (единой пополняемой полости, обслуживающей все лесоматериалы б) упрощает устройство, т.к. по сравнению с прототипом исключается установка стаканов, требующих геометризации для исключения потерь пропиточной жидкости и усложняющих загрузку лесоматериалов б в устройство, что снижало производительность устройства.

Приспособление 5 для размещения лесоматериалов б выполнено в виде смонтированных на поверхности ротора 1 цилиндров 13, сообщающихся с тором 9 посредством отверстий 14, выполненных в торе 9.

Устройство для пропитки лесоматериалов работает следующим образом. Лесоматериалы загружают в цилиндры 13. Полость тора 9 заполняют пропиточной жидкостью 4 через кольцевое щелевое отверстие 10 до уровня 11, расположенного ниже верхней плоскости 12 платформы 7. В случае перелива пропиточной жидкости 4 она не стекает с платформы 7, ограждаемой по периметру тором 9, т.к. тор 9 с платформой 7 образует чашу.

При вращении ротора 1 лесоматериалы б из положения, показанного на рис. 3, поз. а) под действием центробежных сил передвинутся радиально до упора во внутреннюю стенку тора 9.

При этом пропиточная жидкость 4 под действием тех же сил при соответствующей частоте оборотов ротора 1 займет в плоскости тора 9 положение (см. рис 3, поз. б)).

При увеличении частоты оборотов вращения ротора 1 соответственно увеличивается величина гидростатического давления в пропиточной жидкости 4 и начинается процесс пропитки лесоматериалов 6 за счет перемещения пропиточной жидкости через древесину в направлении к оси вращения 2 ротора 1.

Окончание процесса пропитки происходит при появлении пропиточной жидкости 4 на всех торцах лесоматериалов 6, обращенных к оси вращения 2 ротора 1. Излишки жидкости, проходя через древесину, попадают на платформу 7 ротора 1 и под действием центробежных сил через отверстия 14 вернутся в полость тора 9.

В процессе пропитки возможно пополнение пропиточной жидкостью 4 полости ротора 1 через кольцевое щелевое отверстие 10, что исключает остановки устройства для этой цели и обеспечивает поддержание постоянной массы пропиточной жидкости 4, а следовательно и постоянство гидростатического давления в процессе пропитки, обеспечивая повышение качества пропитки и увеличение производительности устройства.

Наличие пропиточной жидкости 4 в полости тора 9 обеспечивает самобалансировку ротора 1, снижая или сводя к нулю вибрации ротора 1 и динамические нагрузки на его опоры вращения, что повышает надежность устройства за счет повышения срока службы опор вращения ротора 1.

Таким образом, предлагаемое устройство позволяет повысить эффективность пропитки за счет упрощения его конструкции, увеличения производительности, а также повышения надежности за счет уменьшения вибрации ротора и динамических нагрузок на его опоры вращения.

Конструкция предлагаемого устройства защищена патентом на изобретение.

Литература

1. Пятакин, В.И. Техническая гидродинамика древесины [Текст]/В.И. Пятакин, Ю.Г. Тишин, С.М. Базаров. – М.: Лесн. пром-сть, 1990.
2. Завьялов, Г.А. Динамика быстроходных роторов и подвесов с учетом свойств нестационарного вязкого слоя жидкости и газа опор скольжения [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Челябинск, 1972.

ПОТОЧНАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ МАРОК Ц-1, Ц-2, Ц-3

Б.М. Локштанов, А.В. Теппов, А.Р. Бирман, В. Орлов

Россия, Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия им. Кирова

Производство технологической щепы для целлюлозно-бумажных предприятий основано на обработке круглых лесоматериалов различного качества, пород и размеров. На многих предприятиях лесобиржевое производство включает большое количество технических средств по подготовке древесного сырья к переработке, включая распиловку древесины на коротье, ожорку древесины, рубку древесины на щепу, сортирование щепы. Для производства высококачественной щепы, например марки Ц-1 (по ГОСТ 15815-83) [1], требуется высококачественное древесное сырье – балансы 1 сорта (по ГОСТ 9462 или ГОСТ 9463) [2, 3]. Однако целлюлозно-бумажной промышленности приходится ориентироваться на балансы 2, 3 сорта по [2, 3] и на технологическое сырье по ТУ [4, 5, 6]. Естественно, что наличие такого сырья затрудняет выработку высококачественной щепы марки Ц-1 и даже марки Ц-2.

Нами разработана линия изготовления технологической щепы для целлюлозно-бумажного производства, новизна которой защищена патентом на полезную модель № 94899 [7].

Для производства технологической щепы используют длиномерные балансы (долготье длиной 3-6 метров) хвойных и лиственных пород, короткомерные балансы (коротье длиной 1-2 метра). Диаметр балансов колеблется в пределах 6-40 см и даже до 800 см. Ядровая гниль в балансах может составлять до 1/3 диаметра (3 сорт) и до 1/2 диаметра по ТУ [4, 5, 6].

Недостатком известных поточных линий является низкий выход щепы из-за потерь древесины при выполнении операций предварительной распиловки всей длинномерной древесины на коротье перед окоркой в барабанах, а также низкое качество щепы из-за невозможности получения щепы требуемого качества с учетом фракционного состава, породы и качества используемой древесины (балансов 2, 3 сорта и тех. сырья).

При использовании для окорки древесины роторных окорочных станков нет возможности удалить ядровую гниль. Кроме того, на этих станках нельзя окоривать древесину диаметром менее 10 см и древесину диаметром больше внутреннего диаметра самого ротора станка.

Предлагаемая поточная линия производства щепы марок Ц-1, Ц-2, Ц-3 основана на использовании различного древесного сырья как по назначению (пиловочник, балансы, тех. сырье), так и по качеству и по породному составу.

Техническая задача состоит в создании поточной линии изготовления технологической щепы для целлюлозно-бумажного производства, обеспечивающая высокий выход технологической щепы высокого качества в соответствии с содержанием в ней требуемого фракционного состава, породного состава и качества.

К щепе марок Ц-1, Ц-2 и Ц-3 предъявляют следующие требования: по размерам – длина 15-25 мм, толщина – не более 5 мм. По показателям качества к щепе устанавливают следующие требования: содержание коры в щепе Ц-1 не более 1,0 %, в щепе Ц-2 не более 1,5 %, в щепе Ц-3 не более 3 %. Содержание гнили в щепе соответственно не более 1, 3, 7 %.

Фракционный состав щепы:

фракция, %	Ц-1	Ц-2	Ц-3
крупная (на ситах диаметром 30 мм), не более	3.0	5.0	6.0
нормальная (на ситах диаметром 20 и диаметром 10 мм)	86.0	84.0	81.0
на ситах с отверстиями диаметром 5 мм, не более	10.0	10.0	10.0
мелочь на поддоне, не более	1.0	1.0	3.0

Поставленная цель достигается тем, что поточная линия производства щепы марок Ц-1, Ц-2, Ц-3 (рис. 1) включает технологически связанные участки окорки балансов (или пиловочника), участок окорки низкокачественной древесины, участки рубки окоренной древесины на технологическую щепу, участки сортирования щепы, участок смешивания щепы.

Поточная линия снабжена узлом селективной подготовки технологической щепы требуемого состава и выполнена в виде двух потоков, соответственно для переработки длинномерных бревен (балансов или пиловочника) и для переработки короткомерных балансов или древесного сырья по ТУ.

Во всех потоках имеются соответствующие участки по сортированию длинномерных (длиной от 3 до 6 м) или короткомерных (длиной 1-2 м) бревен, обеспечивающих сортировку по породам, размерам и качеству. Причем на первом потоке при сортировании длинномерных бревен происходит их разделение по диаметру: бревна диаметром менее 10 см, бревна диаметром 10-60 см, бревна диаметром более диаметра ротора окорочного станка, например, более 60 см; по породам, а также по качеству – отделяют бревна, содержащие ядровую гниль (например, гнили более 1/3 диаметра).

Отсортированную (отбракованную) длинномерную древесину направляют на поперечную распиловку на слешеры для раскряжевки их на отрезки длиной 1-2 м и направляют их на второй поток обработки короткомерной древесины.

Высококачественную длинномерную древесину (пиловочник и балансы) направляют на окорку в роторные окорочные станки первого потока. После окорки пиловочник направляют на продольную распиловку для получения пиломатериалов, а окоренные горбыли и рейки подают в рубительную машину с горизонтальным патроном и с большим диаметром патрона (диаметр 600 мм), так как в эту же машину подают длинномерные высококачественные балансы.

Нарубленную на этом потоке щепу подают на сортирование, в результате чего получают высококачественную технологическую щепу марки Ц-1, так как мы произвели качественную окорку пиловочника и балансов и отсортировали бревна, содержащие ядровую гниль. В связи с этим в щепе коры будет не более 1 %, гнили не более 1 %, фракционный состав удовлетворяет ГОСТ 15815-83 [1].

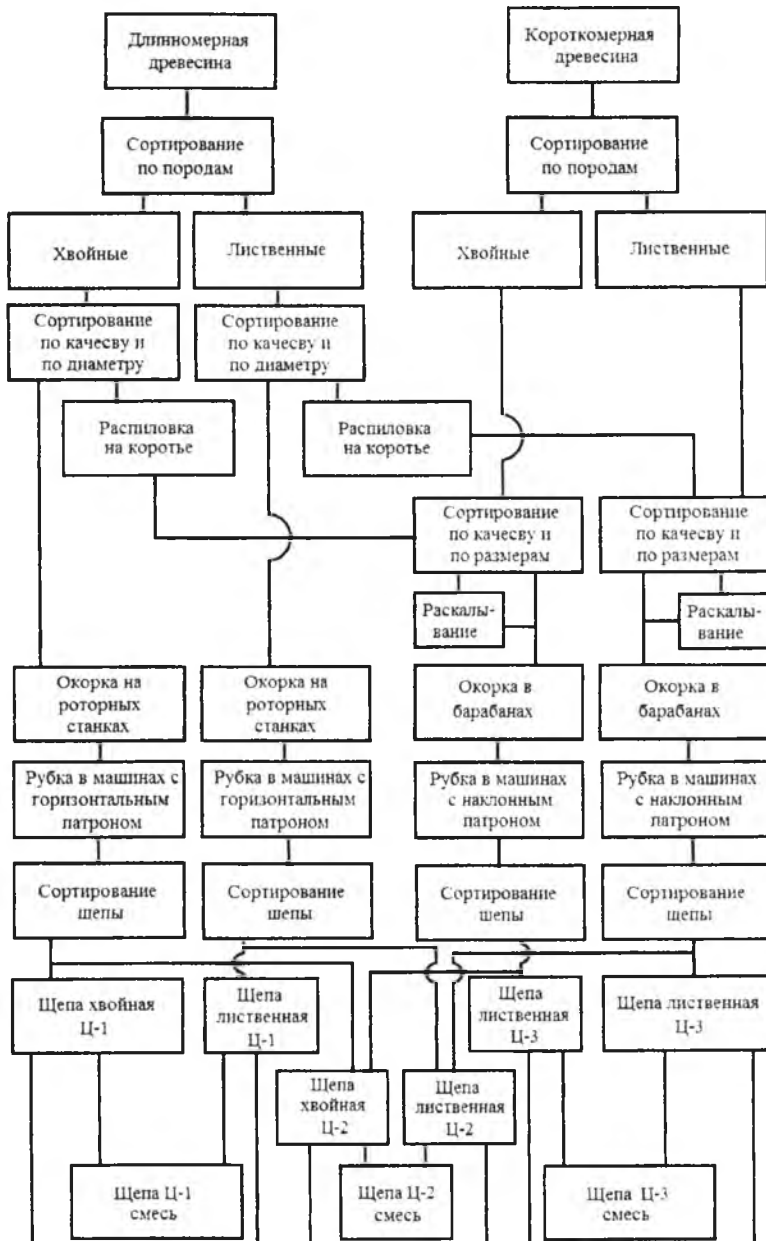


Рис. 1. Предлагаемая технология производства щепы

Отсортированную крупную щепу измельчают на дезинтеграторе и направляют на сортирование, а мелкую щепу выводят из потока и направляют в поток отходов для дальнейшего использования (на непосредственное сжигание с отходами окорки в котельных или для производства прессованных гранул для сжигания в других регионах и странах).

Вся поступающая на второй поток короткомерная древесина, а также древесина, распиленная на слешерах, подвергается сортированию по породам, по качеству и размерам.

Сортирование короткомерных бревен по качеству происходит по содержанию в бревнах гнили. Если в бревнах ядровая гниль содержится, например, более $1/3$ диаметра, то бревна отсортировывают и подают их на колуны для раскалывания на 4-6 частей и «раскрытия» гнили.

Сортирование короткомерных бревен по размерам происходит и по другим признакам: по диаметру и по кривизне. Бревна диаметром более диаметра патрона рубительной машины отсортировывают и подают на колуны для раскалывания их на 4 и более части. Бревна с повышенной кривизной более 10 % тоже подвергают раскалыванию для предотвращения застревания в патроне рубительной машины.

Подготовленную таким образом короткомерную древесину подают на окорку в окорочные барабаны с сухой окоркой. В барабанах происходит очистка бревен от коры и частично от ядровой гнили (от трухлявой, коррозийной и деструктивной).

После окорки окоренную древесину подают в рубительную машину с наклонным патроном для производства щепы. Нарубленную щепу сортируют на сортировках и отделяют крупную и мелкую фракции. В результате мы получаем технологическую щепу марки Ц-3 с содержанием коры 1,5 – 3 процента и гнили 3-7 %. Крупную фракцию щепы подвергают дезинтегрированию, а мелкую щепу направляю в поток отходов.

Таким образом, на двух потоках мы получаем технологическую щепу марки Ц-1 и Ц-3. Для получения щепы марки Ц-2 предлагается в определенной пропорции производить их смешение в соответствующих бункерах-смесителях. Так как в технологической щепе марки Ц-1, Ц-2 и Ц-3 допускаются и примеси различных пород древесины, то предлагается искусственно подмешивать щепу по породному составу из соответствующих потоков в смесители для обеспечения качественных показателей щепы по ГОСТ или в соответствии с контрактом.

Предлагаемая технология производства щепы марок Ц-1, Ц-2 и Ц-3 позволяет как лесозаготовительным, лесобрабатывающим, так и целлюлозно-бумажным предприятиям удовлетворять требования производства, широко использовать низкокачественную древесину и регулировать качественные показатели щепы в соответствии с требованиями потребителя.

Оборудование, обеспечивающее технологический процесс производства щепы марок Ц-1, Ц-2 и Ц-3, в большинстве случаев выпускается серийно отечественной промышленностью и нет сложности в заказе необходимого по техническим характеристикам (например, слешеров, колунов, рубительных машин, окорочных барабанов, роторных окорочных станков, сортировок бревен, сортировок щепы, транспортеров для бревен, щепы, отходов, бункеров-смесителей для щепы и т.п.).

Внедрение подобных линий позволит комплексно использовать древесное сырье и производить в большем количестве технологическую щепу высокого качества, столь необходимую для производства целлюлозно-бумажной продукции.

Литература

1. ГОСТ 15815-83. Щепа технологическая. Технические условия.
2. ГОСТ 9462-88. Лесоматериалы круглые лиственных пород. Технические условия.
3. ГОСТ 9463-88. Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия.
4. ТУ 13-0273685-402-89. Сырье древесное (балансы IV сорта).
5. ТУ 13-0273685-404-89. Дровяная древесина для технологических нужд.
6. ТУ 13-0273685-405-89. Сырье для целлюлозно-бумажной промышленности.
7. Теппов А.В., Локштанов Б.М., Орлов В.В. Линия изготовления технологической щепы для целлюлозно-бумажного производства. Патент на полезную модель № 94899, 10.06.2010. Бюл. № 16.

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ РАСКРОЯ ПИЛОВОЧНОГО СЫРЬЯ С УЧЕТОМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ФАКТОРА

С.П. АГЕЕВ, В.И. МЕЛЕХОВ

Россия, Северный (Арктический) федеральный университет, г. Архангельск

Основной целью задачи оптимального раскроя пиловочного сырья является нахождение плана раскроя, т.е. определение количества x_{ij} бревен i -й размерно-качественной группы ($i=1,2,\dots,m$), подлежащих раскрою j -м поставом ($j=1,2,\dots,n$). При этом принятый критерий оптимальности принимает экстремальное значение, и выполняются все производственные требования. Предлагаются различные критерии оптимизации: суммарный расход пиловочного сырья, суммарная прибыль, получаемая предприятием [1]. Однако при этом никак не учитывается энергетическая составляющая затрат.

В настоящей статье задача раскроя пиловочного сырья рассматривается как задача многокритериальной оптимизации. При этом под оптимальным понимается такой план раскроя, при котором затраты на выполнение заданной спецификации пиломатериалов будут сведены до минимума. В качестве варианта предлагается решение с рассмотрением двух критериев оптимальности:

1. Достижение минимального объема пиловочного сырья;
2. Уменьшение удельного расхода электроэнергии, затрачиваемой на распиловку бревен и брусев.

Оптимизационная задача может быть записана как

$$F_1 = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^s x_{ij} \rightarrow \min, \quad (1) \quad F_2 = \frac{\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^s d_{\text{Э}}(i,j)x_{ij}}{\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^s d_{\text{Э}ij}x_{ij}} \rightarrow \min, \quad (2)$$

где x_{ij} – объем сырья i -й размерно-качественной группы ($i=1,2,\dots,m$), подлежащих раскрою j -м поставом ($j=1,2,\dots,n$), м^3 ; $d_{\text{Э}}(i,j)$ – удельный расход энергии при распиловке сырья объемом x_{ij} , $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$; t – количество размерных групп сырья; s – количество наиболее вероятных поставов, по которым раскраивают каждую группу сырья.

Для решения задач (1) и (2) необходимо выполнение условий:

- по пиловочному сырью

$$\sum_{j=1}^s x_{ij} \leq V_{Ci}, \quad i = 1, 2, \dots, t,$$

где V_{Cj} – объем пиловочного сырья i -й размерной группы, м^3 ;

- по пиломатериалам

$$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^s a_k(i,j)x_{ij} \geq V_{Pk}, \quad k = 1, 2, \dots, l,$$

где $a_k(i,j)$ – коэффициент выхода пиломатериалов k -й группы при раскросе сырья по (i,j) -му поставу; l – количество размерных групп пиломатериалов; V_{Pk} – объем пиломатериалов k -й размерной группы согласно спецификации, м^3 .

При решении конкретных задач многокритериальной оптимизации методом линейной комбинации частных критериев необходимо выяснить численные значения весовых коэффициентов λ_k , $k=1,m$, характеризующих степень важности критериев, а именно

$$F = \sum_{k=1}^m \lambda_k F_k / F_k^*, \quad \lambda_k \geq 0, \quad \sum_{k=1}^m \lambda_k = 1, \quad (3)$$

где m – число используемых критериев F_k ; F_k^* – оптимальное значение критерия F_k ;

Для нахождения оптимального варианта раскроя пиловочного сырья может быть также использован метод выпуклой линейной комбинации локально-оптимальных вариантов решений $X^*(k)$, $k=1,m$, полученных для отдельных критериев оптимальности

$$X^o = \sum_{k=1}^m \eta_k X^*(k), \quad \eta_k \geq 0, \quad \sum_{k=1}^m \eta_k = 1, \quad (4)$$

где $X^*(k)$ – вектор локально-оптимального плана раскроя сырья по критерию F_k ; η_k – коэффициенты, учитывающие долю участия локально-оптимальных планов в компромиссном решении X^o .

Для нахождения коэффициентов η_k , λ_k , $k=1,m$, использован один из возможных подходов, основанный на теории матричных игр двух лиц с нулевой суммой (так называемых игр с «природой»). В нашей игре игроком I является лицо, принимающее решение (ЛПР), а вторым – «природа», стратегии которой выражают в различных критериях «ситуацию окружающей среды», существующую из-за отсутствия однозначного, обоснованного критерия.

В качестве первого шага введем меру $c(j,k)$, которая характеризует отклонение оптимального значения одного из критериев от его значения, полученного для остальных локально-оптимальных вариантов решений. Эта характеристика определяется по формуле

$$c(j, k) = \left| \frac{F_k(X^*(k)) - F_k(X^*(j))}{F_k(X^*(k))} \right|. \quad (5)$$

Значение $c(j, k)$ характеризует «качество» варианта $X^*(j)$ относительно критерия F_k и представляет собой модуль отклонения относительно критерия F_k , если для реализации принимается вариант $X^*(j)$ вместо $X^*(k)$. Такое отклонение, естественно, является наименьшим, т.е. равно нулю, когда выбирается соответственно критерию F_k оптимальный вариант раскроя пиловочного сырья $X^*(k)$. Формула (5) для оценки скалярной характеристики $c(j, k)$ выбрана по следующим причинам:

1. Величина $c(j, k)$ является безразмерной. В связи с этим устраняются трудности, которые могут возникнуть при различных единицах измерения используемых критериев.

2. Так как в числителе дроби $c(j, k)$ берется абсолютное значение разности между оптимальным значением $F_k(X^*(k))$ и субоптимальным значением $F_k(X^*(j))$ относительно критерия F_k , то можно одновременно учитывать требования минимизации и максимизации различных критериев оптимальности.

3. Представление частного для меры отклонения значений критериев от их оптимальных значений в виде (4) устраняет расхождения, которые могут возникнуть в связи с различием порядка величин всевозможных оптимальных значений.

Мера $c(j, k)$ дает возможность построить квадратную матрицу $C = \|c(j, k)\|$ (табл.1). Строкам матрицы соответствуют два локально-оптимальных варианта $X^*(1)$ и $X^*(2)$; столбцам – две целевых функции F_1 и F_2 .

Теперь матрицу C можно рассматривать как матрицу «платежей» в игре (X^*, F^*, C) , которая однозначно определена множеством стратегий $X^* = \{X^*(1), X^*(2)\}$ первого игрока, множеством стратегий $F^* = \{F_1^*, F_2^*\}$ второго игрока и называется «платежной» матрицей. Партию этой игры можно представить так, что 1-й игрок принимает решение реализовать вариант $X^*(j)$, в то время как игрок 2 устанавливает, например, целевую функцию F_k . В этом случае 1-й игрок должен выплатить 2-му игроку сумму $c(j, k)$.

Таблица 1

«Платежная» матрица отклонений

	F_1^*	F_2^*
$X^*(1)$	0	$c(1, 2)$
$X^*(2)$	$c(2, 1)$	0

Эта выплата происходит, разумеется, только как мысленный эксперимент; ведь элементы матрицы C выражают лишь оценки «качества» принятого решения $X^*(j)$ относительно критерия F_k . Однако мы сохраняем понятие платы в рамках такой матричной игры; в этом случае, очевидно, что игрок 1 будет стремиться при выборе фактического варианта раскроя пиловочного сырья сделать минимальной потерю $c(j, k)$, которую следует ожидать по отношению ко всем используемым критериям. Именно это условие и является искомым требованием для оптимального компромиссного варианта раскроя пиловочного сырья, который получается благодаря выпуклой линейной комбинации двух локально-оптимальных вариантов (4).

Следовательно, в данном случае под оптимальным вариантом раскроя пиловочного сырья следует понимать такой вариант, при котором максимальное отклонение по отношению ко всем критериям является минимальным. Благодаря этому получается оптимальный вариант решения, найденный с помощью оптимальной стратегии 1-го игрока в игровой ситуации, определенной (X^*, F^*, C) .

Из структуры матрицы C следует, что она не имеет седловой точки, так как

$$\min_j \max_k c(j, k) > \max_k \min_j c(j, k) = 0.$$

Отсутствие седловой точки матрицы означает, что оптимальные стратегии игроков следует искать в форме смешанных стратегий. Теорема о минимаксе для матричных игр утверждает, что такие смешанные оптимальные стратегии существуют для обоих игроков [2].

С помощью алгоритма решения задач линейного программирования можно найти решение игры (X^*, F^*, C) ; пусть оно будет равно $\eta^* = (\eta_1^*; \eta_2^*)$, $\lambda^* = (\lambda_1^*; \lambda_2^*)$ и v . При этом η^* - смешанная оптимальная стратегия 1-го игрока, λ^* - смешанная оптимальная стратегия игрока 2, v - цена игры. В

этом случае компоненты η_1^* ; η_2^* могут рассматриваться как коэффициенты в линейной выпуклой комбинации (4), которую следует образовать из двух локально-оптимальных вариантов решения

$$X^0 = \eta_1^* X^*(1) + \eta_2^* X^*(2),$$

Как не трудно показать, вариант X^0 также является допустимым. Решение X^0 является искомым оптимальным компромиссным вариантом раскрытия пиловочного сырья. При этом отклонения $c(X^0, k)$, имеющие место для варианта X^0 при различных критериях не будут превышать значения цены v игры.

Теперь обратимся к рассмотрению оптимальной смешанной стратегии $\lambda^* = (\lambda_1^*; \lambda_2^*)$ игрока 2. Так как λ_k^* - это вероятность, с которой 2-й игрок выбирает свою k -ю чистую стратегию (нашем случае - устанавливает k -й критерий оптимизации), то λ_k^* , $k=1,2$, можно считать весовыми коэффициентами, необходимыми для построения результирующей целевой функции (3).

В заключение необходимо отметить следующее. В общем случае матричная игра с нулевой суммой служит в качестве модели антагонистических ситуаций между двумя участниками, интересы которых считаются прямо противоположными. В этом случае решение игры в форме оптимальных смешанных стратегий дает рациональные способы поведения участников. В нашем случае имеет место неантагонистическая ситуация. Однако и здесь имеет смысл положить в основу поиска плана раскрытия пиловочного сырья модель антагонистической матричной игры, чтобы провести целенаправленное комбинирование полученных локально-оптимальных вариантов, при котором в качестве результата максимальное отклонение по отношению ко всем значениям целевых функций становится минимальным.

Литература

1. Соболев, И.В. Управление производством пиломатериалов/ И.В. Соболев. - М.: Лесная промышленность, 1981. - 184 с.
2. Воробьев, Н.Н. Теория игр для экономистов-кибернетиков/ Н.Н. Воробьев.- М.: Наука, 1985. - 272 с.

ВЫБОР НАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ОКОРКИ

О.А. Куницкая

Россия, Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия имени С.М. Кирова

Работа выполнена в рамках НИР по государственному контракту П.1209 по ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы». по направлению «Переработка и утилизация техногенных образований и отходов» в рамках мероприятия 1.3.1.

При современном состоянии окорки древесины в лесной, целлюлозно-бумажной промышленности нашей страны ресурсы коры, пригодной для использования, составляют свыше 6 млн. м³, в том числе около 2 млн. м³ коры образуется на лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях. Однако доля её использования в промышленности составляет всего 12,7%. Остальная часть коры свозится на свалки или не эффективно сжигается, засоряя территорию регионов предприятий. Можно утверждать, что без возможности эффективной утилизации отходов окорки, особенно это касается отходов окорки хвойных пород, процесс окорки не может быть признан эффективным [1, 2, 3].

Одним из перспективных направлений эффективной утилизации отходов окорки является создание конструкционных материалов на их основе. Конструкционные материалы - это материалы, из которых изготавливаются детали конструкций (машин и сооружений), воспринимающих силовую нагрузку. Определяющими параметрами конструкционных материалов являются механические свойства, что отличает их от других технических материалов (оптических, изоляционных, смазочных, лакокрасочных, декоративных, абразивных и др.). К основным критериям качества

конструкционных материалов относятся параметры сопротивления внешним нагрузкам: прочность, вязкость, надежность, ресурс и др. Во многом эти свойства будут определяться выбором связующего.

В производстве древопластиков находят применение как термореактивные, так и термопластичные полимеры [4-7]. К основным требованиям, предъявляемым к наполнителю, относятся: хорошая адгезия, достаточно высокая прочность, теплостойкость, жесткость, водостойкость и ряд других характеристик. Кроме того, температура переработки полимера должна быть ниже температуры начала термодеструкции компонентов древесины, которая становится заметной при температурах выше 200 °С.

Последнему требованию отвечают не все промышленные полимеры, поэтому для создания древопластиков используют достаточно ограниченный их ассортимент.

Широкое распространение в качестве наполнителя для производства термоформуемых древеснополимерных материалов получили мочевиноформальдегидные смолы. Они обеспечивают сравнительно высокую прочность, обладают большой жизнеспособностью и коротким временем отверждения. Среди реактопластов мочевиноформальдегидные смолы характеризуются относительно небольшим содержанием свободного формальдегида (до 1%) по сравнению с фенолоформальдегидной и аминокформальдегидной смолами (содержащими не менее 3% свободного формальдегида). Однако, при переработке термоформуемых композиций на основе реактопластов в изделия выделяются высокотоксичные вещества (свободный фенол и формальдегид), что приводит к сокращению производства таких материалов.

Недостатки термоформуемых композиций на основе реактопластов устраняются, если в качестве связующего использовать термопласты. Токсичность термопластичных композиций и технологий их переработки по сравнению с реактопластами сведены до минимума. При этом древеснополимерным материалам, используемым для отделки, придают специальные свойства, которые необходимы исходя из требований эксплуатации.

Широкое распространение при производстве древеснополимерных материалов в качестве термопластичного связующего получил поливинилхлорид. Древеснополимерные материалы на его основе характеризуются высокими физико-механическими характеристиками, химической стойкостью, способностью к модифицированию, совместимостью с наполнителями органической природы, технологичностью при переработке, а также удовлетворительной формоустойчивостью. Последние два обстоятельства явились основой для разработки экструзионной технологии получения древеснополимерных изделий.

Перспективным направлением в решении указанных задач явилось использование в качестве связующего смеси термопластов и реактопластов. С использованием комбинированного связующего разработан древесноволокнистый материал "LIGNOTOCK".

Древеснополимерные композиты на базе ПВХ обладают ценным комплексом технико-экономических свойств. Вследствие этого создаются хорошие возможности применения таких материалов для замены профильно-погонажных изделий из ПВХ и древесины. Наиболее известной в странах восточно-европейского региона является технология «Дарволит», разработанная Высшим химико-технологическим институтом (г. София, Болгария).

Известна технология получения погонажных изделий на основе ПВХ методом червячной экструзии. Преимуществом данной технологии является низкая стоимость и недефицитность наполнителя, применение серийного оборудования, высокая степень наполнения в сравнении с технологией «Дарволит» и «Лигноцел».

Достаточно интенсивно развиваются и древеснополимерные материалы на основе полиолефинов. Много композиций основано на использовании ПП, древесины и модификаторов с применением малеинового ангидрида (МАН). МАН модифицируют ПП, что позволяет получать композиты с высокой степенью наполнения (до 70-80 мас. %) и прочностью.

Вышеприведенный анализ показывает, что наиболее перспективными связующими для создания как профильных, так и термоформуемых материалов на основе отходов окорки являются термопласты, переработка которых осуществляется, как правило, высокопроизводительными методами, характеризующимися экономичностью и экологичностью производства.

Для рационального использования полимеров и их модификаторов, а также для придания готовым деталям из термоформуемых композиций ряда специальных свойств эффективно исполь-

зование в качестве связующих смесей термопластов с различной вязкостью. Их применение открывает широкие возможности для получения деталей с заданными свойствами при минимуме затрат на обработку технологических режимов и с минимальным количеством используемых модифицирующих веществ.

Важным аспектом является также стабильность адгезионного взаимодействия в системе отходы окорки – термопласт. Решение этих задач взаимосвязано с изучением процессов структурообразования как при экструзионной переработке, так и при термоформировании полимерных материалов на основе отходов окорки.

Применение отходов окорки в сочетании с термопластичными наполнителями для получения новых конструкционных и защитных материалов, перерабатываемых в высокоэффективные материалы конструкционного назначения (строительство, мебельное производство и др.), является весьма перспективным направлением.

Перспективность направления обуславливается также возможностью создания машиностроительных композитов с высокими самосмазывающимися свойствами, вследствие наличия в частицах развитой капиллярно-пористой системы, с возможностью решения проблем ресурсосбережения и охраны окружающей среды. Отходы окорки, как показал ряд исследований, может быть эффективна и при создании биоразлагаемых материалов, являясь источником энергии для различного рода микроорганизмов. Этому способствует, прежде всего, высокая степень наполнения, которая облегчает доступ микроорганизмов в композит, благодаря чему, можно достигнуть большей степени разложения материалов, например, в почве, что, несомненно, будет обеспечивать экологическую чистоту для окружающей среды.

Литература

1. Газизов А.М., Григорьев И.В., Кацадзе В.А., и др. Повышение эффективности механической окорки лесоматериалов. Монография. СПб.: ЛТА, 2009. – 240 с.
2. Газизов А.М., Григорьев И.В., Гумерова О.М. Обоснование показателей качества работы окорочных станков / «Технология и оборудование лесопромышленного комплекса» Межвузовский сборник научных трудов. Выпуск 3. СПб.: ЛТА 2009 г. С. 81-85.
3. Газизов А.М., Григорьев И.В., Гумерова О.М. Повышение качества окорки лесоматериалов // Вестник КрасГАУ, № 10. 2009 г. С. 132-141.
4. Новые области использования полимерных материалов // Peastic World., 1996.– № 5.– С. 47-48.
5. Ермаков С.Н., Кравченко Т.П. Использование метода компатибилизации для направленного регулирования свойств нового поколения композиционных материалов // Пластические массы. – 2000.– № 9.– С. 21-23.
6. Свириденко Ю.П. Материаловедение на рубеже XXI века // Актуальные проблемы создания и использования новых материалов и оценка их качества: Тез. докл. международной науч.-практ. конф./ Издательство МТУ, 1999.– С. 5-6.
7. Армированные пластики: Справочное пособие / Под ред. Т.С.Головкина.- М.: МАИ, 1997. – 404 с.

АНАЛИЗ ПРИЗНАКОВ СОРТООБРАЗУЮЩИХ ДЕФЕКТОВ ДЛЯ ОБУЧАЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СОРТИРОВКИ

В.В. Илющенко, Л.В. Уткин

Россия, Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия им. С. М. Кирова

Современный подход к операциям сортировки различных изделий уже нередко предполагает использование автоматизированных человеко-машинных систем, где человек призван только обучать и/или контролировать систему. Обучение может происходить в режиме непрерывного производства, где каждому изделию оператор присваивает определенный класс, или путем задания каждому сортообразующему дефекту своих значений и параметров. Но если брать деревообрабатывающую и мебельную промышленность, то в этом случае человеку необходимо для определения сорта задавать определенные трудно формализуемые понятия, такие как цвет (например, допустимая окраска сучков или глазков), размеры и соотношение размеров дефектов (например, в европейских технических требованиях [1] учитываются небольшие пятна гнили или ненормальный наклон волокон). Человеку, который имеет достаточно большой опыт работы на сортировке, проще указать, к какому сорту отнести изделие, чем пытаться формализовать весь свой опыт. Современные программно-технические комплексы для распознавания и классификации пиломатериалов используют заранее заложенные стандарты сортности продукции. Но данный подход не позволяет создавать собственные стандарты, если у покупателя имеется в этом необходимость. Например, на мебельных предприятиях часто имеются свои стандарты, технические условия или требования к материалам и производимой из них продукции. Подобный подход при использовании предложенного набора средств автоматизации [2] может решить проблему автоматизации старых линий сортировки. Гораздо дешевле автоматизировать старую линию, чем покупать модернизированную новую.

Система обучения строится по следующему алгоритму. После обработки изображения, определения морфометрических признаков объектов [3] с их цветовыми составляющими [4], объекты изображения распознаются, и на основании определенных дефектов можно создавать обучающую выборку и обучать систему классифицировать продукцию по сортам. Для упрощения ситуации предположим, что перед нами стоит проблема бинарной классификации (в случае 2 классов мы имеем простейшую ситуацию «брак-небрак», а в случае, например, 4 классов имеем сначала разделение на высший (I-II) и низший (III-IV) сорта, затем разделение на I и II, после – на III и IV сорта). Процесс обучения состоит в отыскании функции $g(x)$, точнее нахождении некоторых параметров (весов) функции $\alpha = (\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_m)$, которые находятся из множества обучающих примеров x :

$$g(x) = \text{sgn}(\alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_i \varphi_i(x), x \in X)$$

Сумма $\alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_i \varphi_i(x)$ является функцией, принимающей действительные значения, и называется дискриминантной функцией. Чаще всего форму дискриминантной функции полагают линейной:

$$g(x) = \text{sgn}(f(x, \alpha)) = \text{sgn}(\alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_i x_i, x \in X)$$

Значения функции $g(x)$ (в случае двух классов -1 и 1) принимают два значения:

$$g(x) = \begin{cases} -1, & \text{и } \text{sgn}(f(x, \alpha)) \leq 0 \\ 1, & \text{и } \text{sgn}(f(x, \alpha)) > 0 \end{cases}$$

Первый этап обучения состоит в нахождении минимально значимого размера дефекта для каждого вида, количества однотипных дефектов и расстоянию между ними. Ниже приведен пример функции вычисляемого класса:

$$g_1(x) = \text{sgn}(\alpha_0 + \sum_{i=1}^5 \alpha_i x_i)$$

где $g_1(x)$ – класс (категория, сорт); x_1 – минимально учитываемый диаметр; x_2 – количество сучков учитываемого диаметра или их среднее количество на единице длины/площади; x_3 – количество сучков на наихудшем метре длины; x_4 – степень разброса сучков (разбросанные, групповые, разветвленные); x_5 – ширина продукции, занимаемого групповыми или разветвленными сучками; $\alpha_1 \dots \alpha_5$ – критерий информативности характеристики; α_0 – свободный коэффициент.

В данной статье не случайно приведен пример обучения, основанный на различных типах сучков. При анализе российских и европейских стандартов, технических условий и требований было выявлено, что наибольшее количество разновидностей принадлежит именно этой группе дефектов. Как следствие, из-за наибольшей вариативности сучков вычисление сорта для каждой разновидности становится невозможным из-за большого количества вычислений. Поэтому более детальный анализ позволил выявить следующие особенности объединения различных видов в подгруппы (для простоты будем учитывать только сучки, выходящие на пласти):

Сросшиеся здоровые круглые и овальные пластевые

Сросшиеся здоровые круглые и овальные ребровые

Сросшиеся здоровые продолговатые и разветвленные пластевые и ребровые

Частично сросшиеся здоровые

Сучки здоровые несросшиеся (не выпадающие)

Выпадающие, загнившие, гнилые и табачные круглые и овальные пластевые

Выпадающие, загнившие, гнилые и табачные круглые и овальные ребровые

Выпадающие, загнившие, гнилые и табачные продолговатые и разветвленные пластевые

Выпадающие, загнившие, гнилые и табачные продолговатые и разветвленные ребровые

Остальные параметры сучков можно учесть на втором этапе обучения, предполагающего классификации каждого сорта в отдельности. Например, функция вычисляемого класса будет выглядеть так:

$$g_1(\mathbf{x}) = \text{sgn}(\alpha_0 + \sum_{i=1}^{11} \alpha_i x_i)$$

где $g_1(x)$ – класс (категория, сорт); x_1 – наибольший диаметр (мм); x_2 – наименьший диаметр (мм); x_3 и x_4 – длина и ширина, относительно продольной и поперечной оси продукции (мм); x_5, x_6, x_7 – степень затемнения сучка (среднее значение по гистограммам); x_8 – степень срастания сучка с древесиной [0; 1]; x_9 – степень загнивания [0; 1]; x_{10} – наличие коры (0 – нет; 1 – есть); x_{11} – наличие трухлявости (0 – нет; 1 – есть); $\alpha_1 \dots \alpha_{11}$ – критерий информативности характеристики; α_0 – свободный коэффициент.

Третий этап обучения может быть необязательным, очень редко когда учитывается зависимость между различными группами дефектов (например, для I сорта может 5 сучков или 2 трещины, но одновременное нахождение этих дефектов на поверхности относят изделие ко II сорту). Но этот этап может быть использован, когда один вид дефекта с одними размерами, учитывается в числе другого вида с иными размерами (например, учет малых несросшихся сучков в числе сросшихся средних).

В процессе обучения разницу между вычисленным и реальным классами учитывает функция потерь $L(\mathbf{x}, y) = \mathbf{1}\{g(\mathbf{x}) \neq y\}$, минимизацию которой учитывается в минимизации следующего функционала риска:

$$R(\alpha) = \int \mathbf{1}\{g(\mathbf{x}) \neq y\} p(\mathbf{x}, y) d\mathbf{x} dy \rightarrow \min$$

При использовании предварительных оценок регрессии, различных стратегий и непараметрического подхода для вычисления условных вероятностей задачу нахождения верхней границы функционала риска можно свести к стандартной задаче линейного или квадратичного программирования.

Подводя итог, можно сказать, что формализация различных стандартов и технических условий является довольно сложной задачей, но с помощью разработанных алгоритмов и современной техники вполне решаемой.

Литература

1. Хвойные пиломатериалы европейской сортировки. Технические требования по EN 1611-1:1999.
2. Илющенко В.В. Системы распознавания в деревообработке. Способы автоматизации производственных линий и принципы программной обработки сигналов. Сборник материалов Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов: «Современные проблемы и перспективы рационального лесопользования условия рынка» 10-11 ноября 2010. Под ред. авторов. — СПб: СПбГЛТА, 2010. — 156-160 с.
3. Илющенко В.В. Определение границ дефектов пиломатериалов и сравнение двух методов распознавания этих границ с помощью среды MATLAB. SCM'2010. XIII Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. Сборник докладов. Том 1. — СПб: Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ» 2010 г. — 130-133 с.
4. Уткин Л.В., Илющенко В.В. Критерии выбора обучающих примеров для искусственных нейронных сетей при распознавании дефектов древесины. Материалов международной научно-технической конференции: «Актуальные проблемы развития лесного комплекса». — Вологда: ВоГТУ, 2010. — 149-152 с.

ВЛИЯНИЕ ШИРИНЫ ПРОПИЛА НА ОПТИМАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ ДВУХ БРУСЬЕВ И ДВУХ ПАР БОКОВЫХ ДОСОК, ПОЛУЧАЕМЫХ ПРИ РАСКРОЕ ПИЛОВОЧНИКА БРУСОВО – РАЗВАЛЬНЫМ СПОСОБОМ

А.И. АГАПОВ

Россия. Вятский государственный университет, г. Киров

Ранее был рассмотрен раскрой пиловочника больших размеров с выпиливанием двух брусьев и двух пар боковых досок при первом проходе брусово-развального способа распиловки /1/. Однако оптимальные размеры брусьев и досок определены без учета ширины пропила. С учетом ширины пропила, учитывая работы автора /2,3/, задачу по определению оптимальных размеров двух брусьев и двух пар боковых досок размеров для брусово - развального способа раскроя пиловочника можно решить следующим образом. В качестве критерия оптимальности выбираем объемный выход пилопродукции, получаемой при первом проходе брусово-развального способа раскроя. Целевую функцию можно представить в виде суммы площадей поперечных сечений двух брусьев и двух пар боковых досок

$$Z = 2HA + 2T_1b_1 + 2T_2b_2, \quad (1)$$

где H – высота бруса, A – ширина наружной пласти бруса, T_1, T_2 – толщина первой и второй боковых досок, b_1, b_2 – ширины первой и второй боковых досок.

Уравнения связи будут иметь вид

$$d^2 - A^2 - (2H + e)^2 = 0, \quad (2)$$

$$d^2 - b_1^2 - (2H + 3e + 2T_1)^2 = 0, \quad (3)$$

$$d^2 - b_2^2 - (2H + 5e + 2T_1 + 2T_2)^2 = 0, \quad (4)$$

где d – диаметр пиловочника, e – ширина пропила.

Полагаем, что математическая модель составлена. Для решения ее используем метод множителей Лагранжа. Функцию Лагранжа записываем в следующем виде

$$\begin{aligned}
 L = & 2HA + 2T_1b_1 + 2T_2b_2 + \lambda(d^2 - A^2 - 4H^2 - 4He - e^2) + \\
 & + \lambda_1(d^2 - b_1^2 - 4H^2 - 9e^2 - 4T_1^2 - 12He - 8HT_1 - 12eT_1) + \\
 & + \lambda_2(d^2 - b_2^2 - 4H^2 - 25e^2 - 4T_1^2 - 4T_2^2 - 20eH - 8HT_1 - \\
 & - 8HT_2 - 20eT_1 - 20eT_2 - 8T_1T_2).
 \end{aligned} \tag{5}$$

Находим частные производные от функции Лагранжа и приравняем их к нулю

$$\begin{cases}
 \frac{\partial L}{\partial A} = 2H - 2\lambda A = 0, \\
 \frac{\partial L}{\partial H} = 2A - 8\lambda H - 4\lambda e - 8\lambda_1 H - 12\lambda_1 e - 8\lambda_1 T_1 - 8\lambda_2 H - 20\lambda_2 e - 8\lambda_2 T_1 - 8\lambda_2 T_2 = 0, \\
 \frac{\partial L}{\partial T_1} = 2b_1 - 8\lambda_1 T_1 - 8\lambda_1 H - 12\lambda_1 e - 8\lambda_2 T_1 - 8\lambda_2 H - 20\lambda_2 e - 8\lambda_2 T_2 = 0, \\
 \frac{\partial L}{\partial b_1} = 2T_1 - 2\lambda_1 b_1 = 0, \\
 \frac{\partial L}{\partial T_2} = 2b_2 - 8\lambda_2 T_2 - 8\lambda_2 H - 20\lambda_2 e - 8\lambda_2 T_1 = 0, \\
 \frac{\partial L}{\partial b_2} = 2T_2 - 2\lambda_2 b_2 = 0.
 \end{cases} \tag{6}$$

Рассматриваем полученную систему уравнений (6) совместно с уравнениями связи. Рассматриваем первое уравнение системы (6)

$$H = \lambda A, \quad \lambda = \frac{H}{A}. \tag{7}$$

Рассматриваем последнее уравнение системы (6)

$$T_2 = \lambda_2 b_2, \quad \lambda_2 = \frac{T_2}{b_2}. \tag{8}$$

Пятое уравнение системы (8) можно представить в виде

$$b_2 = 4\lambda_2 T_2 + 4\lambda_2 H + 4\lambda_2 T_1 + 10\lambda_2 e. \tag{9}$$

С учетом равенства (8) уравнение (9) будет иметь вид

$$b^2 = 4T_2^2 + 4T_2H + 4T_1T_2 + 10eT_2 = 2T_2(2H + 2T_1 + 2T_2 + 5e). \tag{10}$$

Рассматриваем четвертое уравнение системы (6)

$$T_1 = \lambda_1 b_1, \quad \lambda_1 = \frac{T_1}{b_1}. \tag{11}$$

Третье уравнение системы (6) можно представить в следующем виде

$$b_1 = 4\lambda_1 H + 4\lambda_1 T_1 + 6\lambda_1 e + b_2. \tag{12}$$

В уравнение (12) подставляем равенство (11), получим

$$b_1^2 = 4HT_1 + 4T_1^2 + 6eT_1 + b_1b_2. \tag{13}$$

Из этого уравнения (13) можно определить ширину второй пары досок

$$b_2 = b_1 - \frac{2T_1}{b_1}(2H + 2T_1 + 3e). \tag{14}$$

В равенство (14) подставляем уравнения связи (3) и (4), получим

$$T_2 + \frac{3}{4}(2H + 2T_1 + 5e) + \frac{(2H + 2T_1 + 5e)^2}{8} - \frac{d^2}{8} = 0. \quad (15)$$

Решая последнее квадратное уравнение (15), получим

$$T_2 = \frac{1}{8} \left(\sqrt{8d^2 + (2H + 2T_1 + 5e)^2} - 3(2H + 2T_1 + 5e) \right). \quad (16)$$

Рассматриваем второе уравнение системы (6), которое можно представить в следующем виде

$$A = 4\lambda H + 2\lambda e + b_1. \quad (17)$$

В уравнение (17) подставляем равенство (7), получим

$$A^2 = 4H^2 + 2He + b_1 A. \quad (18)$$

В равенство (18) подставляем уравнение связи (2), получим

$$b_1 = \frac{d^2 - 8H^2 - 6He - e^2}{\sqrt{d^2 - 4H^2 - 4He - e^2}}. \quad (19)$$

Возведем обе части равенства (19) в квадрат, получим

$$b_1^2 = \frac{(d^2 - 8H^2 - 8He - e^2)^2}{d^2 - 4H^2 - 4He - e^2}. \quad (20)$$

Зная ширину пласти первой пары досок и используя уравнения связи (3), можно определить толщину первой пары досок по формуле

$$T_1 = \frac{1}{2} \left(\sqrt{d^2 - b_1^2} - (2H + 3e) \right). \quad (21)$$

Зная ширину и толщину первой пары досок, можно, используя формулу (14) определить ширину второй пары досок. Толщину второй пары досок можно определить, используя уравнение связи (4)

$$T_2 = \frac{1}{2} \left(\sqrt{d^2 - b_2^2} - (2H + 2T_1 + 5e) \right). \quad (22)$$

Таким образом, рассмотрена система уравнений (6) совместно с уравнениями связи и получены формулы для определения оптимальных размеров брусьев и досок с учетом ширины пропила. Однако в этих формулах размеры брусьев и досок, а также ширина пропила, взаимосвязаны. Поэтому определить оптимальные размеры брусьев и досок по данным формулам не представляется возможным. Для решения данной задачи воспользуемся численным методом. При этом задаемся шириной пропила, а затем толщиной бруса, а потом по этим формулам определяем все остальные размеры брусьев и досок, а также целевую функцию. По результатам расчета находим максимальное значение целевой функции. Это и будет соответствовать оптимальным размерам. Алгоритм решения задачи представляется ниже. Для облегчения расчетов и анализа результатов, полученные ранее формулы, представляем в относительных единицах, полагая $m_H = H/d$ и $m_e = e/d$.

Относительная ширина наружной пласти бруса

$$m_A = \frac{A}{d} = \sqrt{1 - (2m_H + m_e)^2}. \quad (23)$$

Относительная ширина первой пары досок

$$m_{b_1} = \frac{b_1}{d} = \frac{1 - 8m_H^2 - 6m_H m_e - m_e^2}{\sqrt{1 - 4m_H^2 - 4m_H m_e - m_e^2}}. \quad (24)$$

Относительная толщина первой пары досок

$$m_{T_1} = \frac{T_1}{d} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 - m_{b_1}^2} - (2m_H + 3m_e) \right). \quad (25)$$

Относительная ширина второй пары досок

$$m_{b_2} = \frac{b_1}{d} = m_{b_1} - \frac{2m_{T_1}}{m_{b_1}}(2m_H + 2m_{T_1} + 3m_e). \quad (26)$$

Относительная толщина второй пары досок

$$m_{T_2} = \frac{T_2}{d} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 - m_{b_2}^2} - (2m_H + 2m_{T_1} + 5m_e) \right). \quad (27)$$

Относительная площадь поперечного сечения брусьев

$$Z_{бр} = 2m_H \cdot m_A. \quad (28)$$

Относительная площадь поперечного сечения досок

$$Z_{д} = 2m_{T_1} \cdot m_{b_1} + 2m_{T_2} \cdot m_{b_2}. \quad (29)$$

Суммарная площадь поперечных сечений брусьев и досок

$$Z = Z_{бр} + Z_{д}. \quad (30)$$

Расчеты по этим формулам показывают, что с увеличением ширины пропила оптимальная толщина бруса увеличивается, а оптимальная ширина бруса уменьшается. В итоге площадь поперечного сечения брусьев с увеличением ширины пропила возрастает. Оптимальные размеры досок с увеличением ширины пропила уменьшаются. Выход пилопродукции с увеличением ширины пропила снижается. Прямая пропорциональность изменения брусьев и досок с изменением ширины пропила не наблюдается. Учитывая, что относительная ширина пропила для бревен диаметром 60...80см составляет не более 0,005...0,01 от диаметра бревна, то можно констатировать, что при раскросе пиловочника больших размеров ширина пропила оказывает не столь существенное влияние на оптимальные размеры брусьев и досок.

Литература

1. Агапов А.И. Оптимизация раскроса пиловочника больших размеров с выпиливанием двух брусьев. Материалы международной НТК «Актуальные проблемы развития лесного комплекса». – Вологда: ВоГТУ, 2010. – с.104...107.
2. Агапов А.И. Определение оптимальных размеров бруса и досок при брусово - развальном способе раскроса пиловочника с учетом ширины пропила. Сб.материалов ВНТК «Общество – наука – инновации». – Киров, ВятГУ, 2010. – Том 1, с.232...235.
3. Агапов А.И. Влияние ширины пропила на оптимальные размеры бруса и боковых досок при брусово-развальном способе раскроса пиловочника. Сб. материалов ВНТК «Общество – наука - инновации». - Киров, ВятГУ, 2010. Том 1, с.228...231.

ТЕХНОЛОГИИ ПРОДОЛЬНОГО РАСКРОЯ БРЕВЕН НА ОДНОПИЛЬНЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ЛЕНТОЧНОПИЛЬНЫХ СТАНКАХ

С.И. САРДАК

Россия. СевмашВТУЗ, филиал С-Пб ГМТУ в г. Северодвинске

Системной проблемой в развитии лесопромышленного комплекса, является недостаток мощностей по глубокой переработке древесины, способных переработать в конкурентоспособную продукцию древесные отходы лесозаготовок и деревообработки, в тоже время для малых лесопильных предприятий, только в Архангельской области – 163 малых лесопильных предприятий, важнейшей целью является получение максимально возможной прибыли. Решение первой и второй задачи возможно при применении рациональных способов раскроса пиловочника на ленточно-пильных станках, применение ресурсосберегающих технологий и вовлечение в дальнейшее производство отходов переработками древесины.

На выбранных малых лесопильных предприятиях были определены основные объемы и этапы лесопильного потока, изучены организация и применяемые технологии раскроя пиловочника, исследованы возможности применения сложной ориентации бревна перед раскромом.

Относительное распределение сортимента пиловочника, получаемого малыми предприятиями для производства пиломатериалов, в Онежском районе представлено на рисунке 1.

Требуемую ориентацию бревна и бруса осуществляли выставкой упора на основании горизонтального ленточно-пильного станка, величина которого рассчитывалась по формуле (1)

$$h = (1 - \frac{l}{L})(D - d)(0,5 + \alpha), \tag{1}$$

где l – расстояние от вершинного края бревна до места установки упора, [м]; L – длина бревна, [м]; D – комлевый диаметр бревна, [см]; d – вершинный диаметр бревна, [см]; α – относительное смещение центров верхнего и нижнего торца бревна $0 \leq \alpha \leq 0,5$.

Относительное смещение определяется по формуле (2):

$$\alpha = \frac{x}{D - d}, \tag{2}$$

где x – линейное смещение центров верхнего и нижнего торца бревна [см]

Раскрой бревен с вершинными диаметрами 18, 24 и 30 см осуществлялся со 100%-ной брусковкой и выработкой обрезных пиломатериалов тонких и толстых досок, и бруса толщины как представлено в таблице 1.

Применяемый измерительный инструмент обеспечил точность измерения объема древесных отходов в пределах $\pm 2,55 \times 10^{-4} \text{ м}^3$.

Одновременно выполнена оценка среднего времени раскроя бревна для выбранных схем раскроя. Определено, что при температуре воздуха -130°C и для пиловочника диаметром 18, 24, 30 см среднее время раскроя составляет соответственно 19,6; 18,1; 20,25 минут.

Полученные данные по раскрою были подвергнуты статистической обработке. Например, построено уравнение регрессии и получены интервальные оценки объема образующегося горбыля (рис. 2).

По данным полученным в результате исследования на базе симулятора «Powersim-2.5» построены имитационные модели оценки объемов древесных отходов и эффективности использования древесных отходов.

В результате проведенных исследований отработана методика оценки объемов древесных отходов, которая включает технологию и конкретные приемы получения пиломатериалов для рассмотренных условий и позволяет повысить точность учета и определения баланса отходов, образующихся в процессе производства пилопродукции.

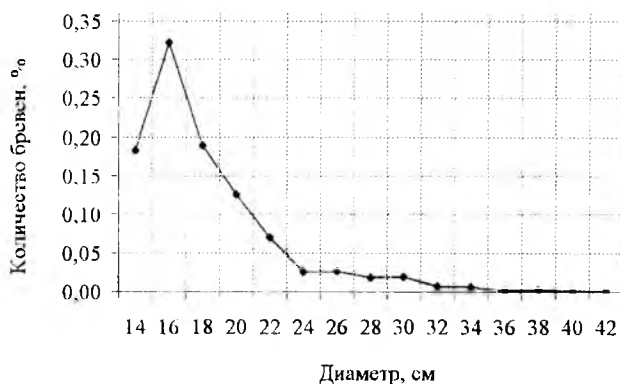


Рис. 1. Относительное распределение сортимента пиловочника получаемого малыми предприятиями

Таблица 1
Исходные данные раскроя

Параметры	Значения		
	18	24	30
Диаметр см	18	24	30
Толщин тонких мм	19	19	19
	22	22	22
	–	–	25
	32	–	–
Толщины толстых досок мм	38	38	–
	44	44	44
	50	50	50
	–	–	75
Толщины бруса мм	100	150	200
	125	175	225

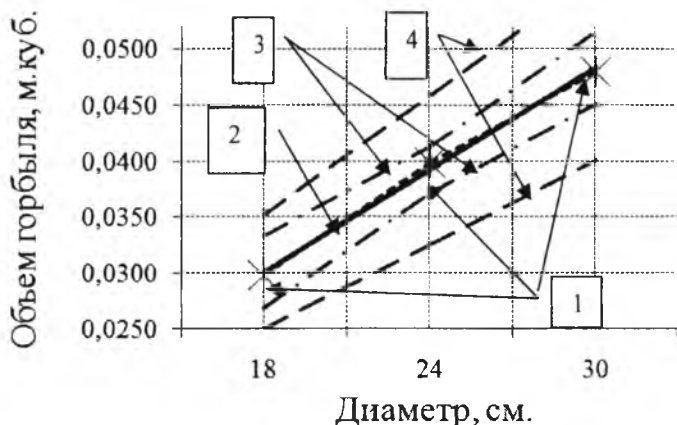


Рис. 2. Распределение объема горбыля при раскросе бревен с вершинными диаметрами от 18 до 30 см:

- 1 — опытные средние значения; 2 — значения уравнения регрессии;
3 — интервальные оценки для коэффициентов уравнения регрессии;
4 — интервальные оценки самого уравнения регрессии

Уточнены основные положения определения объемов горбыля при сложном способе раскросы бревен на горизонтальном однопильном ленточнопильном станке.

Разработаны технологические схемы продольного раскросы бревен [1] для различных способов ориентации пиловочника на однопильных горизонтальных ленточнопильных станках.

Приведенные методические положения позволяют дать экспериментальную оценку баланса пиловочного сырья и отходов при сложном способе раскросы бревен на горизонтальном однопильном ленточнопильном станке.

Литература

1. Технологии продольного раскросы бревен на однопильных горизонтальных ленточнопильных станках: руководство для менеджеров: учебное пособие [Текст]/ Л.В. Алексеева, А.П. Горбатов, А.В. Максимов, С.И. Сардак, Е.Г. Царев — Архангельск: Арханг. Гос. Техн. Ун-та, 2010. — 161 с. — ISBN 978-5-261-00486-8.

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПОСТКРИЗИСНОГО РАЗВИТИЯ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА ЕВРОПЫ

Р.В. ДЕРЯГИН

Россия, Вологодский государственный технический университет

Лесной комитет объединенных наций по Европе (UNECE) опубликовал в своём докладе данные о потреблении пиломатериалов в Европе и Северной Америке в 2009 году. Суммарный объём потребления пиломатериалов лиственных и хвойных пород в Европе составил 99,1 млн. м³. Это на 9% меньше, чем в 2008 году, и на 23% меньше, чем в 2007 году. Ещё серьёзнее выглядит падение спроса в Северной Америке, которое составило в предыдущем году 89,4 млн. м³, что соответствует уменьшению спроса по сравнению с 2008 годом на 19% и на 33% по сравнению с 2007 годом.

Комитет констатировал, что в целом в трёх рассмотренных в докладе регионах (Европа, СНГ и Северная Америка) сильно упавший спрос привёл к снижению цен, падению объёмов производства и к дестабилизирующим последствиям для лесопильной промышленности.

В связи со снижением спроса на древесину важнейших её обработчиков и переработчиков (лесопильно-деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности) в упомянутых трёх регионах объёмы лесозаготовок упали до 880 млн. плотных кубометров, что является минимальным объёмом с 1964 года. По сравнению с 2007 годом объёмы лесозаготовок снизились на 245 млн. плотных кубометров, т.е. на 22%.

В трёх рассматриваемых регионах общее снижение потребления хвойных пиломатериалов в 2009 году снизилось на 164 млн. м³.

Согласно докладу европейская лесопильная промышленность, специализирующаяся на производстве хвойных пиломатериалов, в 2009 году сократила производство на 12,9% и интенсивно работала над освоением новых рынков сбыта в северной Африке, Азии и на Ближнем Востоке для того, чтобы компенсировать потери сбыта на рынках США.

Производство хвойных пиломатериалов в США в 2009 году упало на 20,3% до 71,6 млн. м³, а в 2008 году производство продукции по сравнению с 2007 годом упало на 18,8%. Эксперты объясняют это тем, что домостроение в США в середине 2009 года достигло «дна», и подъём производства происходит очень медленно. Позитивным фактором для производителей хвойных пиломатериалов США и Канады является то, что успешно развивается экспорт пиломатериалов в Китай.

Для лесопильной промышленности, производящей лиственные пиломатериалы, 2009 год характеризуется дальнейшим ухудшением. В трёх рассматриваемых регионах потребление лиственных пиломатериалов в предыдущем году упало на 7,2% (38,5 млн. м³). В Европе и в СНГ в 2009 году производство и потребление лиственной древесины существенно снизилось по сравнению с 2008 годом.

В связи со снижением объёмов предложений круглого леса из стран юго-восточной Азии эксперты высказывают мнение, что китайский спрос на лиственные пиломатериалы из Северной Америки, СНГ и Европы будет увеличиваться.

Проблема преодоления кризиса обсуждалась также на конференции «Softwood International» (в связи с положением рынков хвойных пиломатериалов) с 21 по 22 октября в Цюрихе. В конференции приняли участие 130 специалистов, представляющих производство и оптовую торговлю, которые обсудили глобальное развитие рынков и условий производства хвойных пиломатериалов.

При подведении итогов конференции отмечено, что положение деревообработки по-прежнему находится в состоянии неопределённости. Хотя по поводу германской лесопильной промышленности отмечено, что она в значительной степени кризис преодолела в связи с развитием строительства. Но этого нельзя сказать в целом о состоянии дел в Европе. Баланс между предложением и спросом всё ещё весьма хрупок, и рынки сбыта пока не ощущают, по мнению участников конференции, роста производства.

На конференции были озвучены результаты снижения продукции лесопиления и её потребления в странах-участниках конференции. В 2008 году снижение производства составило 12,1%, а потребление снизилось на 13,7%. В 2009 году снижение производства достигло 14,5%, а сбыта – 16,8%. В 2010 году ожидается рост производства на 5,8%, а продаж – на 5,5%.

Участники конференции выразили озабоченность ростом в 2010 году цен на круглый лес, что ограничивает возможности увеличения цен на продукты лесопиления и деревообработки. Отмечено, что негативное влияние на отрасль оказывают также колебания валютных курсов. Например, слабый американский доллар приводит к снижению стоимости европейской продукции в Африке.

Одним из основных вопросов на конференции было также развитие спроса в Китае. В связи с географическим положением Китая профессионалы полагали, что естественным и основным поставщиком лесных продуктов для него будет Россия. Однако, вопреки логике, Россия ввела высокие пошлины на необработанную древесину. При этом возможны два варианта развития. Либо Китай вынужден будет инвестировать развитие российского лесопиления, либо резко увеличатся поставки в Китай пиломатериалов из США, Канады, Новой Зеландии и Австралии.

В сообщении конференции отмечается также, что успешно идёт совместная работа Европы и Канады по разработке строительных норм для Китая, что свидетельствует о серьёзной программе строительства в Китае, а это потребует увеличения объёмов импорта продукции лесного комплекса.

Приведённые выше данные проиллюстрируем на примере лесного комплекса Германии. Согласно данным федерального министерства сельского хозяйства ФРГ в 2009 году объём лесозаготовок в стране составил 48,1 млн. плотных кубометров, что меньше на 13% по сравнению с 2008 годом и на 21% меньше, чем в среднем за предшествовавшие пять лет. В среднем падение объёмов лесозаготовок в хлыстах составило 18% (25,5 млн. плотных кубометров) и круглого леса для промышленной обработки – 14% (10,9 млн. плотных кубометров).

В то же время на 6% выросли объёмы сырья для энергетического использования (на 9,1 млн. плотных кубометров). Количество неиспользованной древесины составило 2,6 млн. плотных кубометров.

В объёмах лесозаготовок в 2009 году 56,1% приходится на группу еловых, 21% - на сосну, ли-

ственницу, 3,5% - на дуб и 19,4% - на бук и другие лиственные породы.

40% лесозаготовок в масштабах ФРГ приходятся на частные леса, 36 % - на государственный фонд и 23 % - на коммунальные леса.

В масштабах Федеративной республики по лесозаготовкам лидируют земли: Бавария (16,1 млн. плотных кубометров), Баден-Вюрттемберг (7,5 млн. плотных кубометров), Северный Рейн – Вестфалия (4,1 млн. плотных кубометров), а также Гессен и Нижняя Саксония (каждая по 3,7 млн. плотных кубометров).

Продукция лесопильно-деревообрабатывающей промышленности в связи с подорожанием сырья в текущем году также существенно подорожала. В частности, в наибольшей степени (до 30%) по сравнению с 2009 годом, в 2010 году подорожали пиломатериалы. Но уже в сентябре месяце обозначилась стабилизация цен, что способствовало улучшению результатов оптовой торговли продуктами деревообработки.

Основная причина оживления оптовой торговли, безусловно, – рост строительства, в первую очередь малоэтажного. В частности, о позитивном развитии лесопиления свидетельствует весьма существенный рост германского экспорта и импорта пиломатериалов в 2010 году по сравнению с 2009 годом (табл. 1 и 2).

Таблица 1
Экспорт пиломатериалов (включая строганье п/м)
(объемы в 1000 м³)

	янв.- авг.		изменения в %
	2009	2010	
Франция	636	662	+4,1
Австрия	561	607	+8,2
Нидерланды	362	499	+38,0
Италия	446	389	-12,8
Бельгия	314	376	+19,6
Великобритания	178	323	+81,6
Саудовская	124	193	+55,6
Аравия	145	152	+5,1
Швеция	143	122	-14,9
Польша	86	110	+27,4
Чешская рес- публика	985	1072	8,8
прочие			
в целом	3980	4505	+13,2

Таблица 2
Импорт пиломатериалов
(включая строганье п/м)
(объемы в 1000 м³)

	янв.- авг.		изменения в %
	2009	2010	
Швеция	537	494	-8,2
Россия	407	443	+8,7
Австрия	228	367	+60,8
Чешская	255	304	+19,3
республика	188	259	+38,0
Финляндия	576	771	+34,0
прочие			
в целом	2191	2638	+20,4

источник: Статистическое федеральное ведомство ФРГ

Не в меньшей степени об оживлении деревообрабатывающей отрасли свидетельствует развитие в 2010 году деревообрабатывающего машиностроения. Пиковых результатов, достигнутых в 2007-2008 годах, не удастся достичь ещё длительное время, но полученные в текущем году результаты выглядят весьма позитивно, хотя в 2009 году оборот отрасли упал на 42%.

Объединение машиностроителей рассчитывает в 2010 году достичь увеличения оборота отрасли в размере 18%. Хотя ещё весной т.г. прогнозы не превышали 10-15% оборота. В текущем году позитивное развитие такого уровня при заключении контрактов было для отрасли неожиданным. Естественно, что все заказы, поступившие в текущем году, не представляется возможным выполнить до начала следующего года. Основные заказы поступили из Азии и восточной Европы. Внутри страны наиболее крупные заказы поступили от мебельной промышленности. Отрасль вступает с надеждой на дальнейшее развитие в следующем году.

Лесной комплекс Германии вносит большой вклад в развитие альтернативной энергетики. Уже сейчас вклад древесины в энергетический баланс страны не уступает вкладу других альтернативных источников энергии.

На рынках древесного сырья различного вида потребление на энергетические нужды развивается более быстрыми темпами, чем на технологические.

При развитии энергетики на базе древесного биотоплива в первую очередь речь идёт о теплоэнергетике и электроэнергетике и их сочетании.

Некоторые данные о развитии биоэнергетики в земле Баден-Вюрттемберг приведены на рис.1 и 2.

На рис.1 показаны объёмы использования котлов разной мощности на древесном топливе различных видов.

На рис.2 показаны мощности по производству пеллет в различные годы и расчетные объёмы их потребления.

Из приведённых иллюстраций видим, что подавляющее большинство немцев в частном домовладении и в квартирах используют в качестве топлива дрова и отходы лесопиления. Пеллетные котлы составляют небольшую долю по сравнению с котлами и высокоэффективными печами.

Имеющиеся мощности по производству пеллет используются примерно наполовину (это характерно в целом для Германии).

Выводы

1. Лесной комплекс Европы и, в первую очередь, Германии достиг точки стабилизации и переходит к устойчивому росту. Основным фактором, способствующим стабилизации и росту, является оживление строительства (в первую очередь, малоэтажного).
2. Интенсивно увеличивается доля лесных ресурсов (в первую очередь, неделовых) для энергетических нужд.
3. Введение РФ повышенных пошлин на круглый лес (в первую очередь, лиственных пород) ограничивает наши экспортные возможности и перенацеливает зарубежных импортёров на сотрудничество с нашими конкурентами (в первую очередь, с США, Канадой, Австралией и Новой Зеландией).
4. Давно назрела и даже перезрела необходимость использования имеющихся ресурсов неделовой древесины и отходов производства малых и средних деревообрабатывающих предприятий для энергетических нужд местностей, не имеющих доступа к природному газу и снабжаемых для отопления каменным углём, доставленным за тысячи километров.
5. Пеллетное производство, которое развивается в областях Северо-Запада России, нацелено, в первую очередь, на экспорт. С учётом высокой стоимости изготов-

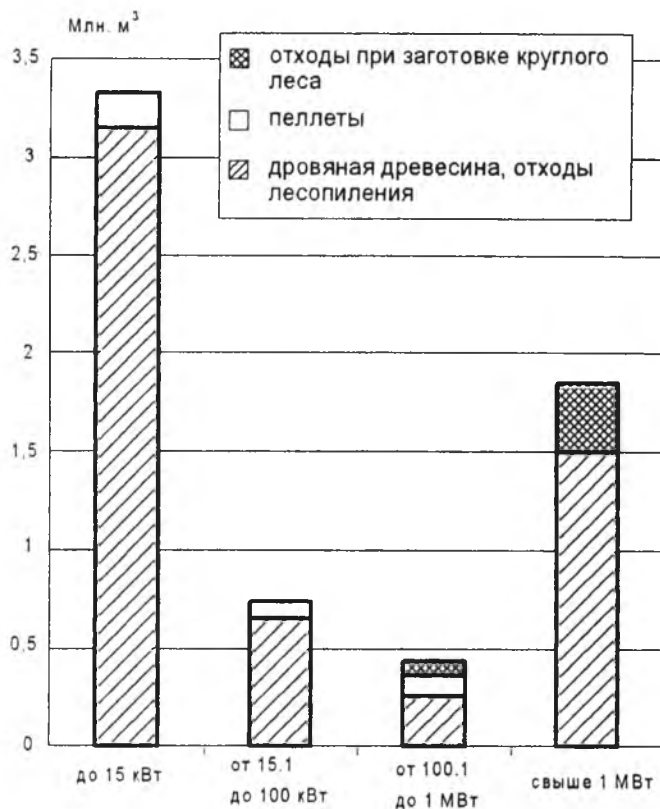


Рис. 1. Потребление древесного топлива в 2009 г. в зависимости от мощности отопительных систем (потребление в м³) в земле Баден-Вюрттенберг

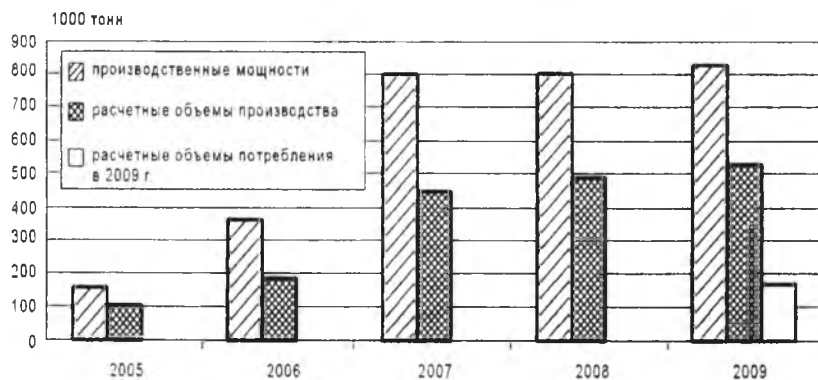


Рис. 2. Производство и потребление пеллет в земле Баден-Вюрттенберг (в тоннах)

ления пеллет (не в последнюю очередь из-за высоких энергозатрат) и высокой стоимости специальных котлов отопительная система такого рода недоступна для подавляющего числа наших сограждан.

С учетом больших резервов мощностей по производству пеллет в Европе нашим производителям пеллет необходимо весьма осторожно относиться к дальнейшему наращиванию мощностей пеллетного производства.

6. Модернизация применительно к лесному комплексу, как и к любому производству или комплексу, не может быть реализована без развития, в первую очередь, внутреннего спроса. А внутренний спрос не может возникнуть без развития смежных отраслей (в нашем случае строительных).
7. Деревообрабатывающее машиностроение России частично покрывает потребности малого бизнеса, производя оборудование, как правило, невысокого уровня. В то же время современное оборудование для оснащения технологических комплексов (в том числе, в лесопилении) практически не выпускается.

Причины этого связаны с отсутствием заметного спроса на продукцию деревообработки внутри страны и на экспорт и небольшие объёмы инвестирования в отрасль. Техническая политика, направленная на комплексное развитие отрасли, в рыночной среде практически отсутствует.

Использованные источники:

1. Holz-Zentrallbatt, №№27-43, 2010 г.

РОССИЙСКОЕ ЛЕСОПИЛЕНИЕ: ВАРИАНТЫ ГРЯДУЩЕЙ МОДЕРНИЗАЦИИ

В.И. ВЕСЕЛКОВ

Россия, Вологодский государственный технический университет

Решение многих социальных и экономических проблем страны в значительной степени зависит от эффективности работы лесопильно—деревообрабатывающей отрасли. Повышение эффективности её работы связано с модернизацией комплекса машин и оборудования, обеспечивающих реализацию всех этапов технологического процесса производства пиломатериалов и другой продукции. Особое место при этом принадлежит бревнопильным станкам, играющим главную роль в формировании размеров и качества пиломатериалов.

Сегодняшние лесозаводы ведущих европейских стран в процессе стабильной модернизации используют много различных технических и технологических решений для выбора распиловочного оборудования и поэтому классифицировать их по типу оборудования можно условно.

Модернизация европейского лесопиления имела в последние десятилетия направление на полную или 50 % - ную автоматизацию технологических процессов. От бревна, принимаемого в окорочном станке до готовых пиломатериалов, которые транспортируются в обвязанных пакетах (после сушки), все манипуляции с предметом обработки происходят практически полностью автоматически. На новых лесозаводах операторы только наблюдают за технологическим процессом и формированием брусьев, их раскромом, обрезкой досок и обеспечивают только контролирующие функции.

Современные лесозаводы Германии, Финляндии, Швеции имеют очень высокую производительность технологического оборудования. Как отмечается во всех серьезных публикациях, производительность такого уровня является результатом постоянно продолжающейся модернизации на каждом участке производственного процесса. Например, в Швеции производительность труда в лесопилении в среднем увеличивается примерно на 5 % в год.

Поскольку грядущая модернизация Российского лесопиления не за горами, то выбор головного лесопильного оборудования – не всегда простая задача. Информация об эффективности и производительности распиловки пиловочника на отечественных предприятиях, имеющих опыт приобретения и эксплуатации аналогичных фрезерно-ленточнопильных агрегатов (ФЛПА) произ-

водства известных Европейских фирм («ЕВД»-Германия, «Хейнола»-Финляндия, «Содерхамн-Эрикссон»-Швеция и т.д.) с 1990 - 2010 г.г. к сожалению, носит фрагментарный характер, а о некоторых, даже крупных предприятиях, пока отсутствует. Хотя от ИТР отечественных ЛДК (Тюменская область, Хабаровский и Красноярский край, Усть-Илимский ЛДК, Калининградская область и т.д.), перешедших на современные технологии на базе ФЛПА известно об исключительно позитивных качественных результатах их внедрения и об отсутствии доли риска при переходе предприятий от лесорамной технологии. Но конкретных и количественных данных официально не приводится.

В связи с определившейся тенденцией Европейского лесопиления на отказ от рамного пиления и перехода на внедрение фрезерно-ленточнопильных агрегатов для Российского лесопиления представляет интерес теоретическое обоснование экономической эффективности этого перехода для конкретных лесозаводов Швеции.

Экономическая целесообразность замены рамных лесопильных потоков на фрезерно-ленточнопильные линии подтверждается на примере обработки материалов специальных исследований [1], обобщающих более чем трёхлетнюю практику реальной эксплуатации ФЛПА на конкретных шведских лесозаводах. При распиловке за этот период пиловочника объёмом около 132 тыс. м³ и замене лесорамной технологии на линию с ФЛПА производства фирмы «Содерхамн-Эрикссон»-Швеция было зафиксировано увеличение производства пиломатериалов на 7 163 м³. При действующей в тот период цене за 1 м³ пиломатериалов, равной 151,5 доллара США, с учетом уменьшения объёмов получаемых ранее опилок получено увеличение прибыли на 477 594 доллара США.

При этом утверждается [1], что объём получаемых от распиловки опилок определялся на годовую программу пиловочника, а затем полученная разница между объёмами при рамной распиловке и при использовании ФЛПА учитывалась при определении расчетного увеличения полезного выхода пиломатериалов в течение ряда лет, составившего **от 4,61 до 6,69 %**. Также не менее познавательные для многих российских лесозаводов (производительностью порядка 15 000 – 25 000 м³ пиломатериалов в год) результаты второго варианта исследований [1] экономической эффективности **от замены круглопильных потоков на фрезерно-ленточнопильную линию модели «Супер-Савер»** производства фирмы «Содерхамн-Эрикссон»-Швеция (рис. 1).

Экономическая целесообразность замены круглопильных потоков на фрезерно-ленточнопильные линии подтверждается на следующем примере, опубликованном на основании обработки материалов специальных исследований [1] при использовании отчётных данных администрации конкретного лесозавода «Бланканс Согверк» - (на юге Швеции).

При годовом объёме производства пиломатериалов, равном 27 611 м³ было достигнуто увеличение выхода пиломатериалов на 1415 м³. При этом **прибыль лесозавода составила 114 071 доллар США.**

Ознакомление с деятельностью предприятия, проведенное нами совместно с группой инженеров российских ЛДК, заинтересованных в приобретении новейшего лесопильного оборудования, позволило реально зафиксировать известные преимущества внедрения фрезерно-ленточнопильной линии модели «Супер-Савер» (рис. 1). Гарантированно обеспечивается индивидуальное управление скоростью подачи линии в зависимости от диаметра поступающего пиловочника. А стабильная подача объекта распиловки через ФЛПА обеспечивается благодаря надёжной фиксации бревена/бруса на специальных зубцах звеньев роliko-втулочных цепей подающего

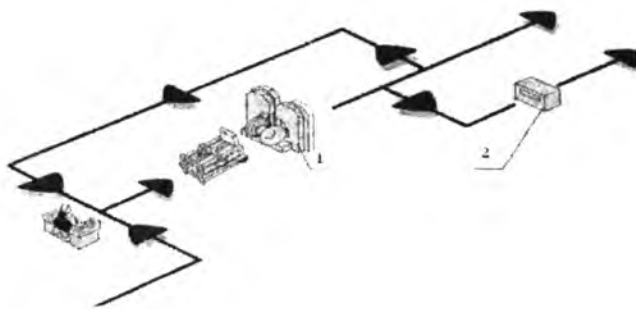


Рис. 1. Технологическая схема фрезерно-ленточнопильной линии типа «Super-Saver»: 1 - фрезерно-ленточнопильный агрегат модели 245; 2 – обрезной автомат с компьютеризированной системой «Автопос»

конвейера. Это позволяет избежать скольжения и боковых смещений даже мерзлого пиловочника, что гарантирует стабильность процесса распиловки.

Естественно, что в предложенном варианте предусматривается достижение аналогичной геометрической точности размеров и качества получаемых пиломатериалов. Итоговый полезный выход пиломатериалов на лесозаводе «Бланканс Согверк», зафиксированный в отчетах в результате внедрения ФЛПА, составил 67 %. При этом существенно, а именно на 18,75 %, увеличился выход обрезных досок при использовании обрезного автомата, встроенного в линию модели «Супер-Савер».

Поэтому в шведском лесопилении четко определилась тенденция более заметного внедрения ФЛПА:

- во-первых, если в 1995 г. на лесопильных потоках лесозаводов Швеции работало 125 потоков с многопильными круглопильными станками (КПС), то в 2000 г. их осталось только 69;
- во-вторых, если в 1995 г. работало 99 фрезерно-ленточнопильных агрегатов (ФЛПА), то в 2000 г. их количество увеличилось до 110 [2].

При кажущейся «сложности» эксплуатации ФЛПА и «проблемности» с качественной подготовкой ленточных пил, окруженных в России странными «элементами шаманства» эти результаты проверены с нашим участием практикой специальных обследований условий эксплуатации ФЛПА в период 1991 – 2005 г.г. на других лесозаводах Швеции, Бельгии, Австрии и Германии.

При этом кажущееся некоторым российским специалистам, и даже научным работникам, завышение полезного выхода пиломатериалов, достигаемое на шведских лесозаводах, обеспечивается за счёт получения некоторой части пиломатериалов меньшей длины прямо в технологической линии с ФЛПА.

Актуальность приводимой информации наиболее остро подтверждается современным состоянием российского лесопиления. Абсолютно неоправданное прогнозирование ориентации российского лесопиления на «мирное сосуществование» с лесорамной технологией и на XXI век, неоднократно защищаемое представителями отраслевой науки, а также «гениями лесорамной мысли» из ряда вузов, КБ и т.д. практически привела к технологической деградации производства.

Отказ от лесорамной технологии передовых архангельских предприятий («Лесозавода № 25» и Онежского ЛДК) и ввод в эксплуатацию импортных фрезерно-пилных линий «почему-то» на базе круглопильных станков (КПС) с толщиной дисковых пил, обеспечивающих потери на ширину каждого пропила до 5 мм, к сожалению, не стал «революционной Авророй» для Архангельского лесопиления, привёл к затовариванию отходами распиловки (опилками) и вынудил оба предприятия срочно закупать комплектные установки для производства пеллет.

Поэтому внедрение технологий, обеспечивающих меньшие потери высококачественной древесины в опилки, давно стало актуальным в Европе и тенденция развития производства ФЛПА стала необратимой во всех ведущих европейских странах-экспортёрах фрезерно-ленточнопильного оборудования. Широкое внедрение по всему миру именно ФЛПА производства фирм Швеции (фирма «Содерхамн-Эрикссон»), Германии (фирма «ЕВД»), Финляндии (фирма «Хейнола») и т.д. только подтверждает эту тенденцию.

Литература

1. Bengt Andersson. Super-Saver. Bandsåglinje. En "Snål-såg" för produktion från 15 000-25 000 m³/år. Бюллетень фирмы "А.К. Eriksson"-Sweden, 1992.
2. Сметанин, А.В. Архангельское лесопиление: между прошлым и будущим/ А.В. Сметанин, В.И.Веселков. – М.: ООО «ДоМира», 2005. – 544 с.

ВЛИЯНИЕ МАКРОСТРУКТУРЫ ДРЕВЕСИНЫ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНСТРУКЦИОННЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

В.И. МЕЛЕХОВ, В.Е. БЫЗОВ

Россия, Северный (Арктический) федеральный университет, г. Архангельск

Пиломатериалы хвойных пород находят широкое применение для изготовления элементов несущих строительных конструкций. Для их изготовления применяются конструкционные пиломатериалы разного поперечного сечения, обладающие необходимой прочностью.

Пиломатериалы, получают путём продольного раскроя круглых сортиментов. Используются различные схемы раскроя. В результате раскроя круглых сортиментов пиломатериалы имеют радиальное, тангенциальное и радиально-тангенциальное расположение годичных слоёв.

Основным напряжённо-деформированным состоянием, которое испытывают элементы несущих конструкций это состояние поперечного изгиба. В подавляющем большинстве случаев у поперечного сечения пиломатериалов имеется более широкая сторона, называемая пластью и более узкая – кромка. В целях увеличения сопротивления воздействию нагрузок элементы в конструкциях располагают таким образом, чтобы они испытывали напряжённо-деформированное состояние изгиба нагружением на кромку.

Требования к пиломатериалам для изготовления несущих строительных конструкций регламентируется СНиП II-25-80 «Деревянные конструкции». Прочность пиломатериалов для основных видов напряжённого состояния должна быть не ниже нормативных сопротивлений указанных в СНиПе. Так как основным материалом для изготовления элементов несущих конструкций является древесина хвойных пород, качество пиломатериалов должно соответствовать требованиям, предъявляемым к пиломатериалам 1, 2 и 3 сортов по ГОСТ 8486 «Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия». Показателем прочности, который определяет остальные нормативы, является прочность при напряжённо-деформированном состоянии изгиба нагружением кромки.

Конструкционные пиломатериалы, получаемые при раскрое круглого сортимента, имеют различную макроструктуру расположения годичных слоёв. Круглый сортимент можно схематично представить как коаксиально нанизанные друг на друга кольцевые оболочки, моделирующие годичные слои древесины (рис. 1а).

Оболочкой называется твёрдое тело, ограниченное двумя криволинейными плоскостями, расстояние между которыми мало по сравнению с двумя другими размерами. Поверхность, делящая пополам толщину оболочки, называется срединной поверхностью. Если срединная поверхность является плоскостью, то такую оболочку называют пластиной. В зависимости от очертания срединной оболочки различают оболочки различных форм. Оболочка, у которой поверхность образует поверхность вращения в виде цилиндра, называется цилиндрической оболочкой. За поперечное сечение цилиндрической оболочки моделирующей годичный слой древесины приняли кольцо.

Годичный слой древесины состоит из слоя ранней и слоя поздней древесины. Слой ранней древесины более мягкий и менее прочный, чем более жёсткий слой поздней древесины. Слои ранней и поздней древесины чередуются в годичных слоях поперечного сечения круглого сортимента. В связи с этим более точной моделью годичного слоя можно считать двухслойную оболочку, состоящую из слоёв ранней и поздней древесины.

При раскрое круглого сортимента (рис. 1б) большинство годичных слоёв перерезается. В этом случае годичные слои в пиломатериалах можно представить как набор изогнутых оболочек параболической формы (рис. 1в). В пиломатериалах выработанных из внешней части круглых сортиментов изогнутые оболочки всё более приближаются по своему виду к пластинам.

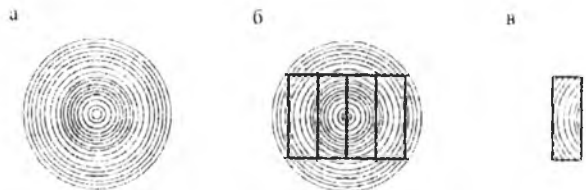


Рис. 1.

а - круглый сортимент; б - схема раскроя круглого сортимента; в - поперечное сечение конструкционных пиломатериалов

Однако, согласно исследованиям [1], [4] строение древесины в стволе растущего дерева благодаря кольцевому сечению его годовичных слоёв способствует повышению его прочности от действия ветровой нагрузки. Кроме того, прочность повышается из-за слоистого строения древесины, то есть чередования в годовичном слое ранней и поздней древесины, создающего возможность дополнительного прогиба. Дополнительный прогиб получается за счёт сдвигов по слабым слоям ранней древесины при действии на ствол поперечной силы. Увеличение прогиба приводит к уменьшению изгибающего момента от ветровой нагрузки [2].

Таким образом, очень важно, чтобы в пиломатериалах сохранилось максимальное количество непрерывных годовичных слоёв, то есть кольцевых оболочек. Известно, что под действием внешних нагрузок в оболочке возникают внутренние усилия, равномерно распределённые по толщине. Это так называемые мембранные напряжения или напряжения срединной поверхности. Кроме того, в оболочках возникают усилия изгиба, образующие в сечениях оболочки, изгибающие и крутящие моменты, а также поперечные силы. Благодаря наличию мембранных усилий оболочки сочетают значительную жёсткость и прочность со сравнительно малой площадью поперечного сечения, что отличает их от пластин.

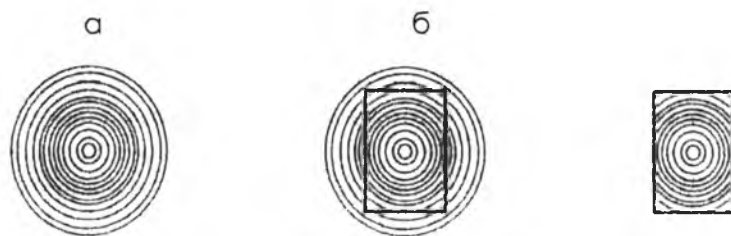


Рис.2

- а – круглый сортимент;*
б – схема раскря круглого сортимента;
в – поперечное сечение конструктивного сердцевинного бруса

Нами предложена схема раскря круглого сортимента с целью получения только одного конструктивного бруса (рис. 2).

Полученные таким способом пиломатериалы максимально повторяют макроструктуру круглого сортимента. Сердцевина располагается в центральной части его поперечного сечения. Наибольшим образом сохранена кольцевая структура, годовичных слоёв, представляющих собой кольце-

вые оболочки. Такие пиломатериалы в дальнейшем будем называть сердцевинными брусьями.

Нашими исследованиями установлено, что при одинаковых размерах поперечного сечения пиломатериалов конструктивные сердцевинные брусья будут иметь прочность при изгибе нагружением кромки на 35-38% больше, чем конструктивные пиломатериалы, полученные по схемам раскря с удалением сердцевины [3].

Наиболее целесообразно с точки зрения выхода конструктивных пиломатериалов сердцевинные брусья получать из пиловочных сортиментов диаметром от 14 до 20 см. Сортименты диаметром от 14 до 20 см в основном получают из вершинной части ствола дерева. Потенциальный ресурс пиломатериалов с сердцевиной, вырабатываемых из круглых сортиментов вершинной части ствола 46-48%. Таким образом, возможно значительно расширить сырьевую базу для производства конструктивных пиломатериалов, обладающих необходимой прочностью.

Выводы:

1. Конструктивный сердцевинный брус, максимально повторяющий макроструктуру ствола дерева, обладает большей прочностью при изгибе нагружением кромки, чем пиломатериалы, полученные по схемам раскря с большим количеством перерезанных годовичных слоёв.
2. Изготовление элементов несущих конструкций из сердцевинных брусьев, полученных из вершинной части ствола дерева расширяет ресурсы древесины для производства конструктивных пиломатериалов.

Литература

1. Белов С.В. Ветер - главный фактор, определяющий форму стволов деревьев и их устойчивость.- В кн. Лесоводство, лесные культуры и почвоведение, Вып. III. Л., 1974, С. 3-24.
2. Ашкенази Е.К. Анизотропия древесины и древесных материалов.- М., «Лесная промышленность», 1978.- 224 с.

3. Мелехов В.И., Бызов В.Е. Производство конструкционных пиломатериалов из тонкомерного пиловочного сырья. Материалы всероссийской научно-технической конференции. В 2-х т.- Вологда: ВоГТУ, 2010.- Т.1- С. 235-237.

4. Jlinen A. Über den mechanische Schaffformtheorie der Bäume. Techn. Hochschule in Finland. Wiss. Forschungen No.6. Helsinki, 1952. 51 s.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОДОЛЬНОГО РАСКРОЯ БРЕВЕН НА ЛЕНТОЧНОПИЛЬНЫХ СТАНКАХ ПРИ ОСЕВОЙ ОРИЕНТАЦИИ

Е.Г. ЦАРЕВ, А.П. ГОРБАТОВ

Россия, Северный (Арктический) федеральный университет, г. Архангельск

Применение осевой ориентации позволяет воспользоваться имеющимися многочисленными методическими рекомендациями по раскрою бревен и зависимостями по определению параметров пиломатериалов.

При раскросе бревна использовали брусоразвальную схему, предполагающую формирование на первом проходе бруса и тонких досок, на втором - раскрой бруса на толстые и тонкие пиломатериалы.

Сырье - лесоматериалы круглые хвойных пород (ГОСТ 9463). Порода - ель. Образующая поперечного сечения бревна - круг, продольного - парабола. Кривизна не учитывалась. Диапазон диаметров бревен - 16... 40 см в вершинном торце, сбег – нормальный. Продукция - пиломатериалы транспортной влажности (20-22%) двух толщин и шести ширин по ГОСТ 26002 с учетом укорочения до стандартной длины. Толщина толстых досок в составе характеризуется рядом - 32, 36, 38, 44, 50, 63, 75 мм; тонких - 16, 19, 22, 25 мм. Ширина пиломатериалов изменяется через 25 мм начиная со 100 мм. Толщина бруса находится в диапазоне 100...250 мм. Наименьшая длина доски - 1,5 м. Длина доски изменяется через 0,3 м. Усушка выбирается в соответствии с ГОСТ 6782.1. Толщина ленточной пилы 1 мм, уширение зубьев пилы на сторону – 0,55 мм.

Результаты условного раскроса приведены на рисунках 1-4.

При реализации технологии в потоках на базе ленточнопильных станков проведены экспериментальные исследования, включающие отработку технологии производства пиломатериалов и оценку показателей раскроса пиловочного сырья.

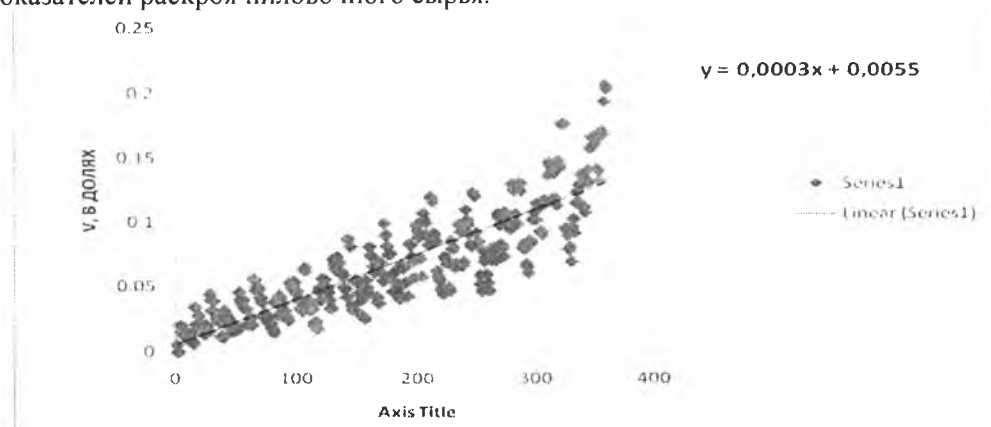


Рис. 1. Точечная диаграмма распределения выхода тонких сырых пиломатериалов и уравнение прямой, аппроксимирующей средний выход

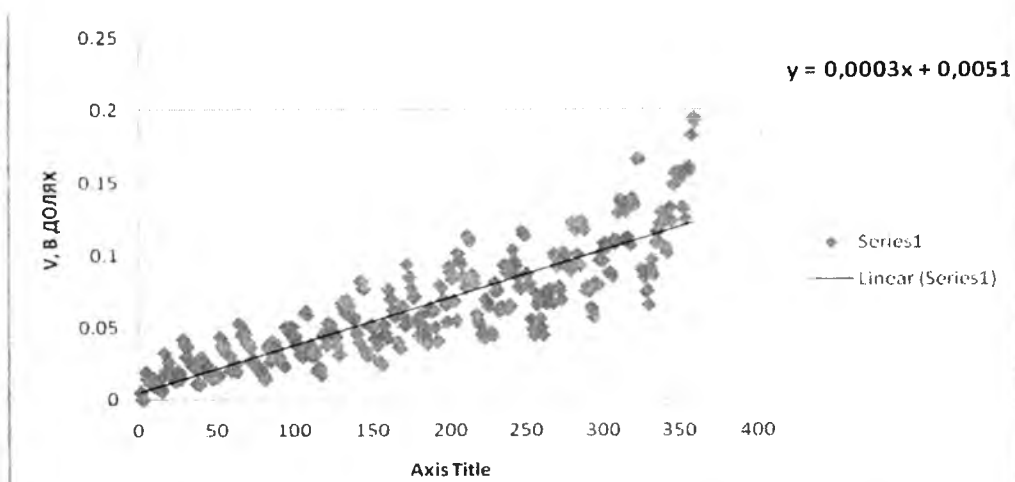


Рис. 2. Точечная диаграмма распределения выхода тонких сухих пиломатериалов и уравнение прямой, аппроксимирующей средний выход

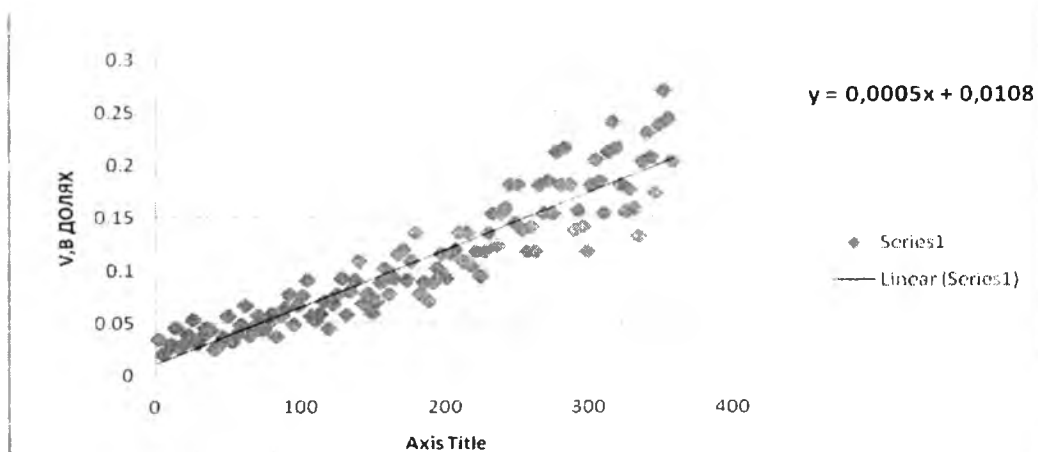


Рис. 3. Точечная диаграмма распределения выхода толстых сырых пиломатериалов и уравнение прямой, аппроксимирующей средний выход

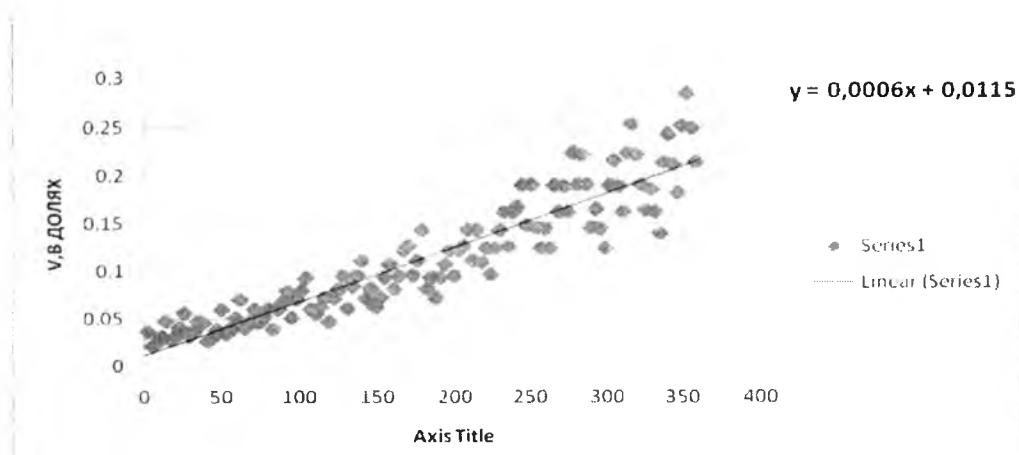


Рис. 4. Точечная диаграмма распределения выхода толстых сухих пиломатериалов и уравнение прямой, аппроксимирующей средний выход

УТИЛИЗАЦИЯ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ В УДАЛЕННЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

А.С. ЦАРЕВ

Россия, Вологодский государственный технический университет

В настоящее время в России существует проблема удовлетворения потребности тепловой энергией, особенно в районах, удаленных от централизованных пунктов распределения топлива. Необходимость бесперебойного обеспечения теплом заставляет уделять особое внимание вопросам обеспечения энергетических комплексов топливными ресурсами, поскольку причины возникающих энергетических кризисов неразрывно связаны с проблемами топливно-энергетического комплекса страны [1].

Учитывая сложившуюся социально-экономическую обстановку, в Российской Федерации активизируется деятельность как государственных, так и частных структур по поиску решений в вопросе комплексного, эффективного использования биоресурсов регионов.

В каждом регионе имеются населенные пункты, которые удалены от пунктов распределения топливных ресурсов. Как правило, в качестве топлива в системах теплоснабжения используется каменный уголь. Стоимость каменного угля и его транспортировка постоянно растут, что вызывает экономические трудности в коммунальной теплоэнергетике. Однако в таких населенных пунктах имеются, как правило, собственные виды топлива – отходы лесопереработки (опилки, обрезь, кора и т.д.) Простое сжигание этих отходов напрямую в угольных котельных неэффективно с тепловой точки зрения (низкий КПД). Сравнительные характеристики различных видов топлива приведены в табл.1.

В стране существуют технологии подготовки отходов лесопереработки – выпуск топливных брикетов и пеллет (топливные гранулы). Гранулы и брикеты - это глубоко переработанный и экологически совершенный вид топлива. Преимуществом использования прессованного биотоплива является стоимость оборудования для котельных установок, которые требуют меньше инвестиций для гранул/брикетов по сравнению с установками для древесной щепы. Объем склада для древесной щепы намного больше и поэтому строительство склада обойдется дороже, и поскольку гранулы/брикеты прессуются до меньшего объема при той же энергоёмкости, то объем склада для них может быть уменьшен до 50%. Ниже в таблице представлены сравнительные характеристики различных видов органического топлива.

Таблица 1

Вид топлива	Теплота сгорания, МДж/кг	Содержание серы, %	Золосодержание, %	Углекислый газ, кг/ГДж
Каменный уголь	15 – 25	1 – 3	10-20	59 – 61
Дизельное топливо	40 – 45	0,1-0,3	1-2	75 – 80
Мазут	39 – 44	1,1 – 1,3	1-3	75 – 80
Щепа древесная	9 – 11	0	1-2	0
Гранулы древесные	16 – 18	0 – 0,1	0-1	0
Торф	9 – 11	0	18 – 21	65 – 75
Солома	13 – 15	0,1-0,2	3 – 5	0
Природный газ	35 – 38	0	0	55 - 60

Топливные брикеты имеют ряд преимуществ по сравнению с другими видами топлива. При использовании топливных брикетов в атмосферу выбрасывается в пятнадцать раз меньше угарного газа, чем при горении природного газа. Кроме того, этот вид топлива дает не более 1% пепла от общей массы (для сравнения бурый уголь – до 40%). При этом, как показывает практика [2], требуются минимальные затраты на перевод котла с каменного угля на брикеты.

По данным аналитиков, употребление биотоплива для выработки энергии вырастет в Европе с трех до 12 млн. тонн к 2010 году, а в 2020-м уже будет составлять 21 млн. тонн.

Цель работы заключается в разработке способа изготовления топливного брикета, который мог бы конкурировать с каменным углем, при этом снизить стоимость линии производства и технологии.

Предварительные расчеты и эксперименты показывают, что такая возможность существует, если отказаться от сложной технологии досушивания брикета до влажности 9-10%. Известно, что теплотворная способность топлива зависит от его влажности. На рис.1 приведена диаграмма, характеризующая эту зависимость.

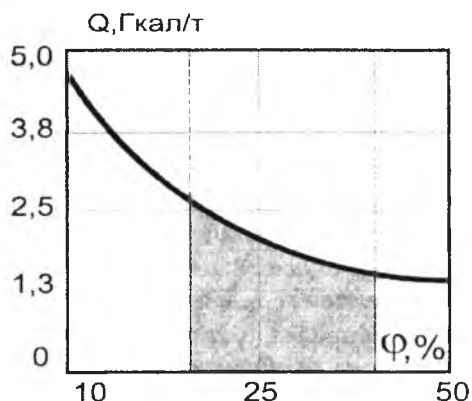


Рис.1 – График зависимости теплотворной способности от влажности

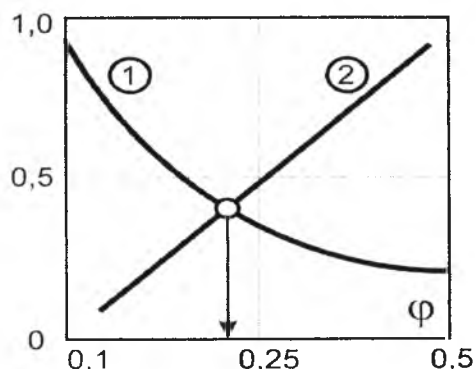


Рис.2 – Поиск оптимального варианта:

- 1 – теплота сгорания,
2 – расход топлива

Однако, несмотря на преимущество топлива с низкой влажностью, технология его производства высокочрезвычайно затратная. Для производства топливных брикетов объемом 1,5 т/ч и влажностью до 10% требуются затраты тепловой и электрической энергии свыше 70 кВт*ч/т, а также производственная линия с капитальными затратами в 7 – 8 млн. руб. Такие линии выпускаются в Германии, Белоруссии и Украине.

Решение данной проблемы кроется в том, чтобы не стремиться к максимальной величине сушки топлива, как делают все производители топливных брикетов, а работать с влажностью топлива в диапазоне 20 – 40%, как показано на рис.1 выделенной зоной. Такое простое, но эффективное решение обеспечит уход от дорогого оборудования и технологии производства. Очевидно, что теплотворная способность будет ниже, однако стоимость подобного брикета и линия производства будет доступной для потребителей. В табл. 2 приведена сравнительная характеристика производственной линии стандартной и предлагаемой комплектации.

Таблица 2

Составляющие технологической линии производства топливных брикетов

Наименование оборудования	Стандартная комплектация	Предлагаемая комплектация	Ориентировочные затраты, тыс. руб.
Измельчитель	+	+	120
Смеситель	+	+	200
Линия сушки	+	-	5000
Пресс	+	+	200
Обжиг	+	-	2000
Рольганг	+	+	100
ИТОГО:	<i>K1 = 7530</i>	<i>K2 = 620</i>	<i>ΔK = 92%</i>

Предлагаемая технология позволит снизить капитальные и эксплуатационные затраты, т.к. предусматривает только измельчение отходов, прессование и естественную сушку брикета без дополнительных энергозатрат.

Технико-экономические расчеты показали, что средняя стоимость такого брикета составит 260 руб./т., что в 2 – 4 раза ниже стоимости каменного угля, поставляемого в районы Вологодской области.

Предварительные исследования [3] показали, что оптимальный состав брикета зависит от структуры отходов, их начальной влажности и возможностей котельного оборудования. Соотношение этих параметров требуется изучить в процессе дальнейшей работы экспериментально-теоретическими методами с помощью опытной установки по производству топливных брикетов.

К ним относится следующее:

- появление технологии выпуска топливных брикетов из местных отходов деревообработки, обеспечивающей выпуск топлива, конкурирующего с каменным углем;
- решение экологической проблемы утилизации древесных отходов;
- создание в удаленных населенных пунктах новых рабочих мест и производственных мощностей для развития малой энергетики, базирующейся на местных биоресурсах.

К основным результатам интеллектуальной деятельности относятся:

- способ экономичного и энергоэффективного производства топливного брикета оптимального состава;
- алгоритм расчета тепломеханических и стоимостных характеристик брикета для каждого населенного пункта в зависимости от видов отходов деревообработки, а также состава местных видов биотоплива;
- опытный образец линии брикетирования, состоящий из серийно выпускаемых в стране элементов. Стоимость линии ниже существующих аналогов в 2-3 раза, при этом себестоимость топливного брикета составит 200-300 рублей за тонну с теплотворной способностью 3-4 Гкал/тонна.

Литература

1. Синицын, А.А. Пути повышения эффективности использования торфяных энергетических ресурсов / А.А.Синицын, В.П. Шевченко // Автоматизация и энергосбережение машиностроительного производств. технология и надежность машин, приборов и оборудования: материалы пятой международной научно-технической конференции. Т.2. – Вологда: ВоГТУ, 2009 – С.149– 152.
2. Водогрейный котел для сжигания цилиндрических брикетов и соломы/ Г.В. Сакович, М.С. Василишин, А.Б. Ворожцов и др.// Новости теплоснабжения. - 2005. - № 9. - С. 36-37 .
3. Использование биотоплива в коммунальной теплоэнергетике: сб. ст. /отв. Ред. Ю.Р. Осипов. – Вологда: Изд-во Вологда. Ун-та, 2009. – 275 с.

УТОЧНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ВОЗГОРАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИСПЫТАНИЯХ

С.В. БУТАКОВ

Россия, Северный (Арктический) федеральный университет, г. Архангельск

Практически неизбежным следствием ряда технологических процессов на предприятиях лесного комплекса является возникновение сильных электрических полей в рабочем объеме древесных материалов, которые являются диэлектрической средой. Опасность пожаров, которые могут сопутствовать процессам обработки и перемещения древесных материалов, в том числе сыпучих, в цехах с электрооборудованием большой мощности, является известной проблемой. При этом источником электрического поля, которое может приводить к нагреву древесных материалов и их электрическому пробое, является как само электрическое оборудование, так и статическое электричество, возникающее из-за трения материалов. Кроме того, в процессе высокочастотной (частота 1 – 10 МГц) диэлектрической сушки пиломатериалов опасность возникновения пожара резко возрастает, так как диэлектрические потери мощности пропорциональны частоте электриче-

ского поля. Это приводит к увеличению рассеиваемой мощности и, соответственно, к уменьшению предельной напряжённости поля, при которой начинается возгорание древесины.

Вероятность возникновения пожаров при нахождении древесных материалов в сильном электрическом поле плохо прогнозируется на практике из-за отсутствия научно обоснованных экспериментальных данных и теории возгорания древесины при её электрическом пробое [1]. Поэтому исследования, направленные на изучение процессов возгорания древесины при больших напряжённыхностях электрического поля, являются практически значимыми и актуальными.

Цель исследования – оценить предельную напряжённость электрического поля для древесных материалов по критерию пожарной безопасности на предприятиях лесного комплекса.

Эксперименты по изучению предельной напряжённости поля проводились в ОАО «Лесозавод № 3» г. Архангельска в высоковольтной испытательной лаборатории. Испытания древесных материалов проводились на аппарате АИИ-70М с максимальным вторичным напряжением выпрямленным – 70 кВ, переменным – 50 кВ, наибольшая потребляемая мощность 2,5 кВА, ток при пробое $I_{пр} = 80$ мА.

Эксперименты проведены на переменном поле промышленной частоты 50 Гц с отрезками еловых досок. Доски испытывались на повышенное напряжение вдоль волокон с разным поперечным сечением. Измерялась площадь обугливания образцов S_0 , мм² при различной напряжённости электрического поля E , кВ/мм, влажности древесных материалов W , %, площади поперечного сечения материала S , мм², периметра материалов в поперечном сечении P , мм. На рисунке 1, а представлена зависимость площади обугливания от напряжённости поля и влажности. На рисунке 2, а изображён график зависимости площади обугливания от площади сечения и влажности. Видно, что при увеличении влажности и напряжённости поля площадь обугливания увеличивается.

Проведённые исследования показали, что для диапазона влажности 12 – 30 %, площади поперечного сечения материалов 0,0022 – 0,012 м², периметра материалов в поперечном сечении 0,244 – 0,520 м максимальное значение $E_{пред}$, предсказанное моделью, составляет 0,0534 кВ/мм при минимальных влажности и периметре и площади поперечного сечения $S = 0,00382$ м². Предельная напряжённость поля, как и следовало ожидать, оказалась намного меньше электрической прочности древесины (более чем на порядок). Теоретически полученное выражение для предельной напряжённости поля [2] даёт значение в диапазоне от 2 до 4 кВ/мм, которое является намного больше опытного и практически совпадает с электрической прочностью. Это объясняется тем, что при теоретическом рассмотрении не принимается во внимание влияние влажности древесины. Значения $E_{пред}$ являются ПДУ для напряжённости электрического поля в зависимости от условий и могут служить для оценки пожарной безопасности на предприятиях лесного комплекса, обладающих оборудованием большой мощности.

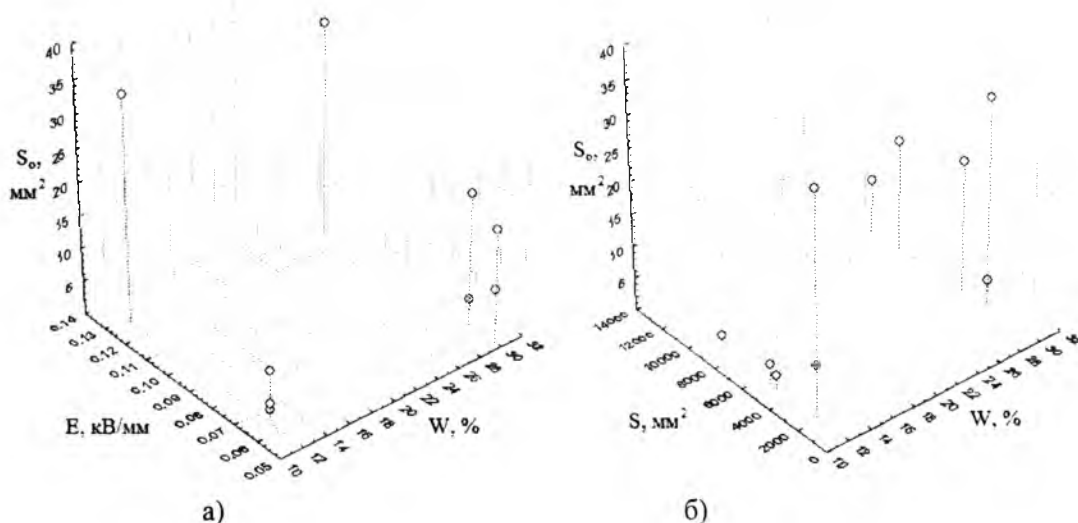


Рис. 1. Зависимость площади обугливания от напряжённости поля, площади сечения и влажности образцов

Литература

- 1 Физические основы электрического пробоя газов [Текст] / А.Ф. Дьяков, Ю.К. Бобров, А.В. Сорокин, Ю.В. Юргеленас; под ред. А.Ф. Дьякова. – М.: Изд-во МЭИ, 1999. – 400 с.
- 2 Бутаков, С.В. Определение условий возгорания древесины в сильных электрических полях [Текст] / С.В. Бутаков // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы международной научно-технической конференции. – Вологда: ВоГТУ, 2010. – С. 121 – 123.

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ОЦЕНКИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ОТХОДОВ ЛЕСОПИЛЕНИЯ

А.Н. ДЕСНЕВ

Россия, Северный (Арктический) федеральный университет, г. Архангельск

При разработке метода решению подлежали задачи по определению факторов горения и пожарной опасности древесины; анализу применяемых методов оценки пожарной опасности объектов лесопиления; разработке алгоритма определения объемов отходов лесопиления; теоретическому и экспериментальному определению электрической прочности древесины, предельной напряженности электрического поля по условиям возгорания; разработке рекомендаций для предприятий лесного комплекса в виде предельно допустимых уровней напряженности поля для древесных материалов.

На основании анализа факторов, определяющих горение и пожарную опасность древесины установлено, что определяющими являются: внешние – температура и влажность окружающей среды, эксплуатационные; внутренние – порода, химический состав, строение и свойства древесины; Повышенная пожарная опасность лесопильных и деревообрабатывающих производств определяется наличием в производственном процессе горючего материала – древесины, а также сравнительно низкой температурой воспламенения (250 и 350-400°C соответственно) и большой линейной скоростью распространения пламени по поверхности (1-10 мм/с).

Большой спектр законодательных и нормативных правовых документов, регламентирующих требования пожарной безопасности, нередко создает определенные трудности при установлении требований к конкретному объекту (например, складу для хранения отходов лесопиления) в части индивидуальных особенностей конкретного предприятия (границы территории, наличие оборудования и транспорта, объемы и сроки хранения). Анализ методики по расчету уровня обеспечения пожарной безопасности людей и вероятности воздействия опасных факторов пожара на людей (ГОСТ 12.1.004-91) показал, что: расчет уровня обеспечения пожарной безопасности и вероятности воздействия опасных факторов пожара на людей определен только для зданий и помещений; не учитываются, соответственно, особенности открытых складов хранения отходов лесопиления, в том числе метеорологические характеристики местности. Анализ «Методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» (утв. приказом №404 МЧС России от 10.07.2009 г.) показал, что методика является универсальной и позволяет определить потенциальный индивидуальный и социальный пожарный риск как на территории объекта, так и в селитебной зоне вблизи объекта; при расчете риска рассматриваются различные метеорологические условия с типичными направлениями ветров и ожидаемой частотой их возникновения; не рассматриваются особенности оценки пожарной опасности открытых складов хранения материалов, в том числе древесных.

На основании анализа элементов структуры производственного процесса лесопиления установлено, что условия формирования отходов в технологических процессах производства пиломатериалов характеризуются: параметрами перерабатываемого пиловочного сырья и вырабатываемой пилопродукции; включаемыми схемами производственных процессов и составом их операций; структурными схемами систем машин и техническими характеристиками применяемого оборудования; производительностью технологического оборудования и производственной мощностью лесопильного потока. При оценке объемов отходов лесопиления, образующихся в процессе производства пилопродукции, с учетом требований современных технологий целесообразно

использовать CASE средства (инструментальное средство BPWin, реализующее нотацию IDEF0, ERWin - нотация IDEF1X и Rational Rose, позволяющее описывать интерфейс системы по технологии UML), при применении которых разработана схема образования отходов. В результате работы предложены принципы (алгоритм) построения прогнозирующих процедур идентификации и оценки уровня отходов при производстве пиломатериалов, которые реализованы при получении формализованных описаний изменения объемов образующихся отходов и количественных оценок уровней горбыля, реек, торцовых отрезков досок, опилок в зависимости от характеристик пиловочного сырья, параметров вырабатываемой пилопродукции, ширины пропила. В результате анализа выхода пиломатериалов и объемов сыпучих продуктов лесопиления по рассматриваемому кругу стабильно действующих пяти лесопильно-деревообрабатывающих предприятий г.Архангельска за пять лет получены сравнительные данные полученных теоретических результатов, позволяющие рекомендовать предложенную модель как для более точного прогнозирования объемов образующихся в процессе производства пилопродукции древесных технологических отходов, так и для выработки рекомендаций по организации мест их временного хранения с учетом соблюдения требований риска возникновения пожарной опасности. На основании полученных результатов теоретических исследований разработанные научно-технические рекомендации по оценке объемов и размещению отходов лесопильного производства внедрены.

В результате определения электрической прочности древесины и предельной напряженности электрического поля, соответствующей моменту возгорания древесных материалов, теоретически обоснованы условия возгорания древесины в электрическом поле при протекании в ней токов утечки. В результате получена зависимость напряженности поля от температуры древесины. При температуре поверхности древесины $t = 240^\circ \text{C}$ напряженность поля равна $0,9 \text{ кВ/мм}$. Разработана методика экспериментального определения электрической прочности древесины, предельной напряженности поля и обугливания древесины различных размеров, породы и влажности в постоянном и переменном электрических полях в условиях увеличения напряженности поля до величины электрической прочности, соответствующей пробое. Для выработки рекомендаций по обеспечению пожарной безопасности на предприятиях лесного комплекса получены квадратические модели в виде зависимости электрической прочности от влажности древесины, коэффициента полндревесности и площади обугливания при постоянном и переменном поле, а также уравнение для предельной напряженности поля, которое позволяет составить таблицы предельно-допустимого уровня напряженности электрического поля по критерию пожарной безопасности в зависимости от природных и производственных условий. Методика основывается на том, что сопоставляя расчётную предельную напряжённость поля и фактическую напряжённость поля в цехе с электрооборудованием, замеренную приборами, делается вывод о соответствии производственного фактора – напряженности электрического поля нормам пожарной безопасности.

В результате оценки предельной напряжённости электрического поля в процессе возгорания древесных материалов теоретически научно обоснована модель для предельной напряжённости поля, соответствующей возгоранию древесины; экспериментально определены значения предельной напряжённости поля, соответствующей возгоранию древесины, и построена её регрессионная модель. Напряжение пробоя для сухой древесной пыли и технологической щепы составило $> 30 \text{ кВ}$. Электрическая прочность для опилок – $0,037 \text{ кВ/мм}$, для коры – $0,025 \text{ кВ/мм}$. Изучено влияние на предельную напряжённость природных и производственных факторов (влажности, размеров и формы древесных материалов). Характер структурных изменений в микростроении древесины при её нахождении в сильном электрическом поле, установленный при обследовании образцов древесины ели в сухом и влажном состоянии на световом микроскопе, показывает, что при нахождении древесины в сильном поле происходят местные пробое, которые приводят к возгоранию и обугливанию материала. Обугливание влажной древесины является более значительным и равномерным, чем сухой. При этом количество местных пробоев на единицу объёма влажной древесины больше по сравнению с сухой, для которой пробой носит более локальный характер. Величина местного пробоя, объём обуглившейся и разрушившейся древесины больше для сухого образца.

При выработке рекомендаций для предприятий лесного комплекса, имеющих электрооборудование большой мощности, в виде предельно допустимых уровней напряжённости поля древесных материалов, соответствующие началу возгорания древесины, при периметре $P = 0,520 \text{ м}$ и

изменении площади сечения S и влажности W составлена таблица. Для диапазона влажности 12 – 30 %, площади поперечного сечения материалов 0,0022 – 0,012 м², периметра материалов в поперечном сечении 0,244 – 0,520 м максимальное значение $E_{пред}$, предсказанное моделью, составляет 0,0534 кВ/мм при минимальных влажности и периметре и площади поперечного сечения $S = 0,00382$ м².

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ФЕНОЛФОРМАЛЬДЕГИДНЫЙ КЛЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОСТРОПЛИТ

С.А. УГРЮМОВ

Россия, Костромской государственной технологической университет

В настоящее время проблемам углубленной переработки льна и эффективной утилизации отходов льнопроизводства уделяется серьезное внимание как на региональных, так и на государственном уровне. В настоящее время наблюдается устойчивая тенденция на увеличение объемов производства льна, при этом проблема утилизации и переработки отходов льнопроизводства (костры льна) остается актуальной и требует скорейшего решения.

Одним из направлений эффективной переработки костры является производство плитных конструкционных материалов, например кистроплит, изготавливаемых по технологии древесностружечных плит. Костра льна является дешевым и доступным сырьем. Однако, плиты, изготовленные на ее основе по традиционной технологии древесных плит, имеют недостаточные физико-механические характеристики.

При осмолении костры традиционными фенолформальдегидными клеями сложно достичь равномерного их распределения по всем частицам. На поверхности готовой кистроплиты, как правило, наблюдаются участки с повышенным содержанием связующего в виде пятен и участки мало осмоленные. Неравномерность осмоления костры приводит к нестабильности свойств по толщине и формату плиты, что негативно отражается на качестве продукции.

Для повышения качества осмоления и распределения связующего по поверхности частиц костры предложена модификация фенолформальдегидного клея поверхностно-активными веществами на стадии смешивания компонентов клея. Модифицированный клей при этом обеспечивает равномерное осмоление и высокую адгезию по отношению к частицам костры льна при изготовлении кистроплит, а также способствует повышению физико-механических характеристик готовой продукции с упрощением технологии приготовления клеевого состава и минимизацией расхода модификатора.

Поставленная техническая задача достигается тем, что в состав клея, включающего готовую водорастворимую фенолформальдегидную смолу, например, СФЖ-3014, при смешивании дополнительно вводят модификатор – бутановый спирт (бутанол-1) при следующем соотношении компонентов, мас.ч:

Фенолформальдегидная смола СФЖ-3014 (жидкая) 100;

Бутанол-1 1,5 – 2,5.

Введение в клеевой состав бутанола позволяет улучшить равномерность распределения клея по частицам костры и повысить физико-механические показатели кистроплит при несущественном изменении технологии приготовления клеевого состава.

Клей готовят следующим образом. Исходные компоненты смешивают в установках приготовления связующего непрерывного действия, например ДКС-1. Компоненты связующего (раствор готовой фенолформальдегидной смолы, бутанол-1) подаются отдельно насосами-дозаторами в лабиринтную мешалку, где происходит смешивание компонентов клея между собой и образование однородного клеевого состава. Из лабиринтной мешалки подготовленное связующее подается в смеситель на стадию осмоления наполнителя.

Требуемое количество вводимого модификатора определено на основе экспериментальных исследований с привлечением основных положений теории смачивания и адгезии, согласно которой полимерные составы, применяемые при осмолении наполнителей, должны обеспечивать пол-

ное смачивание поверхности субстрата. Для достижения полного смачивания и высокой адгезии необходимо, чтобы поверхностное натяжение субстрата (костры льна) было больше поверхностного натяжения адгезива (клея)[1,2].

Величина поверхностного натяжения костры льна определена путем изучения взаимосвязи краевого угла смачивания поверхности костры полимерными составами с различным поверхностным натяжением (табл.1).

Таблица 1

Характеристики исследуемых адгезивов

Адгезив	Вязкость по ВЗ 246 (диаметр сопла 4 мм), с	Поверхностное натяжение σ , мДж/м ²	Косинус угла смачивания	Угол смачивания, град
Смола СФЖ-3014	63	73,2	0,319	71° 18'
Смола СФЖ-3014 + 0,5 мас.ч. бутанола	61	57,9	0,467	62° 12'
Смола СФЖ-3014 + 1 мас.ч. бутанола	59	52,7	0,545	57° 0'
Смола СФЖ-3014 + 1,5 мас.ч. бутанола	58	47,8	0,742	42° 18'
Смола СФЖ-3014 + 2 мас.ч. бутанола	57	43,3	0,972	11° 24'
Смола СФЖ-3014 + 2,5 мас.ч. бутанола	57	41,8	1,0	0°

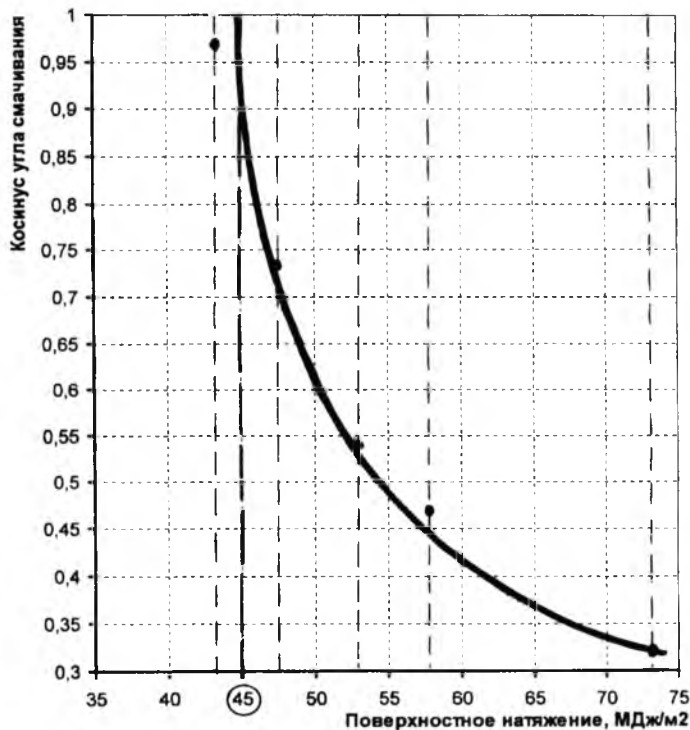


Рис. 1. Зависимость косинуса краевого угла смачивания костры льна от поверхностного натяжения фенолформальдегидной смолы СФЖ-3014, модифицированной бутанолом-1

Взаимосвязь косинуса краевого угла смачивания от поверхностного натяжения адгезивов [3] представлена на рис.1.

Фактическое поверхностное натяжение костры определено графическим способом путем экстраполяции кривой линии, выражающей зависимость $\cos\Theta = f(\sigma)$ до значения $\cos\Theta=1$, при котором должно происходить полное смачивание. Таким образом, поверхностное натяжение костры составило 45 мДж/м². Для достижения полного смачивания и высокой адгезии необходимо, чтобы клей, применяемый для ее осмоления имел поверхностное натяжение 45 мДж/м² и менее. Это достигается при введении в состав клея на основе модифицировании фенолформальдегидной смолы СФЖ-3014 утанола-1 в количестве около 2-х мас.ч. Поверхностное натяжение данного состава составляет 43,3 мДж/м².

В табл. 2 приведены сравнительные физико-механические характеристики кистроплит, изготовленных с применением клея на основе фенолформальдегидной смолы СФЖ-3014 с введением в его состав модификатора – бутанола-1 в количестве от 0 до 3,5

мас.ч. Расчетное количество абсолютно сухой смолы при изготовлении костроплит составляло 15% от массы костры.

Таблица 2

Сравнительные свойства костроплит на основе смолы СФЖ-3014

№	Количество модификатора (бутанола-1) в клеевом составе, мас.ч.	Плотность плиты, кг/м ³	Предел прочности при изгибе, МПа	Предел прочности при перпендикулярном отрыве, МПа	Разбухание по толщине, %	Водопоглощение, %
1	0	740	11,0	0,26	32,1	81,2
2	1	738	16,3	0,46	25,2	68,1
3	1,5	745	18,4	0,52	7,5	39,0
4	2	748	18,8	0,55	6,4	35,6
5	2,5	745	18,0	0,50	7,2	38,1
6	3	754	16,8	0,48	8,8	40,3
7	3,5	743	15,7	0,42	10,2	47,3

Представленные данные показывают, что при введении в клеевой состав бутанола-1 заметно повышаются физико-механические характеристики костроплит, при этом значимое увеличение физико-механических характеристик костроплит достигается при введении в клеевой состав бутанола-1 в количестве 1,5–2,5 мас.ч. Данное количество вводимого бутанола-1 следует считать рациональным. Введение модификатора позволяет улучшить равномерность распределения клея по частицам костры, повысить физико-механические показатели костроплит при несущественном изменении технологии приготовления клеевого состава.

Литература

1. Берлин А.А. Основы адгезии полимеров / А.А. Берлин, В.Е. Басин. – М. : Химия, 1974. - 392 с.
2. Зимон А.Д. Адгезия жидкости и смачивание / А. Д. Зимон. – М. : Химия, 1974. – 416 с.
3. Угрюмов С.А. Применение теории адгезии для модификации фенолформальдегидного олигомера, используемого для осмоления костры / С.А. Угрюмов, В.Е. Цветков // Вестник МГУЛ - Лесной вестник. – М.: МГУЛ, 2008, – №2. – с. 104-106.

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ КЛЕЕНОГО БРУСА С ЛАМЕЛЯМИ РАЗНОЙ ТОЛЩИНЫ

К.В. ЗАЙЦЕВА

Россия, Костромской государственной технологический университет

Современное состояние российского строительного рынка характеризуется устойчивым ростом объемов промышленно-гражданского строительства, в т.ч. увеличением доли малоэтажного деревянного домостроения. В последнее время все шире применяется более прогрессивная технология изготовления деревянных домов из клееной древесины, которая используется практически во всех конструктивных элементах деревянного дома.

Современный рынок деревянного домостроения из клееного бруса переживает стадию перехода небольших объемов строительства жилья к более крупным. Это связано с увеличением доходов граждан Российской Федерации, в этой сложившейся ситуации производителям необходимо на должном уровне вести конкурентную борьбу на рынке строительства и производства домов из клееного бруса. Для этого необходимо в первую очередь находить пути по уменьшению себестоимости производства клееного бруса.

Т.к. производство клееного бруса является материалоемким (около 75% затрат приходится на древесное сырье), то экономический эффект по уменьшению себестоимости клееного бруса будет достигнут за счет увеличения доли малоценной древесины.

Как известно, в зависимости от качества наружных слоев брус может быть трех сортов (А, В и С), причем качество внутренних слоев может либо быть таким же, либо на один-два сорта ниже [4]. Чаще всего при производстве клееного бруса используются наружные ламели высокого качества, т.е. сорта А, а внутренние ламели более низкого - сорта В и С. При этом ламели, используемые для производства клееного бруса в основном имеют одинаковую толщину от 32 до 42 мм, а более тонкие ламели не используются. Для увеличения сортности ламелей производится вырезка дефектных мест, что снижает процент выхода.

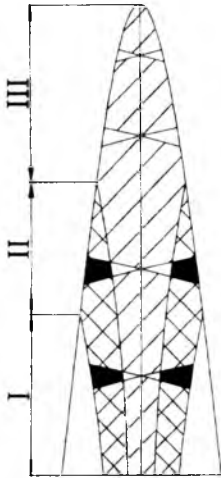


Рис. 1. Общие закономерности расположения пороков в бревнах

При раскряжевке ствола из комлевой, серединной и вершинной частей получают бревна с различным количеством сучков. Помимо сучков наибольшее влияние на качество сырья оказывают наклон волокон, трещины в стволе, гнили, синева, червоточина и кривизна. Как известно, в растущем дереве выделяют три зоны расположения сучков (см. рис. 1): I – бессучковая зона, II – зона отмерших сучков, III – зона здоровых сучков [1]. Из рисунка видно, что комлевая часть ствола имеет на периферии бессучковую древесину, что увеличивает ее ценность, и на практике из данной части в большинстве случаев выпиливаются боковые доски. Поэтому была выдвинута гипотеза о том, что при использовании менее ценных тонких пиломатериалов (до 25 мм) в качестве ламелей в наружных слоях, будет снижаться стоимость клееного бруса.

В связи с вышеизложенным на кафедре МТД КГТУ предложена следующая схема сборки клееного бруса, которая представлена на рис. 2 размерами 200×150 мм с внутренними слоями толщиной 40 мм сорта С и наружными слоями толщиной 20 мм сорта А, при чем планируется наружные ламели производить из бессучковой зоны бревна.

Одной из важных характеристик ограждающих строительных конструкций, в том числе и клееного бруса, является теплопроводность материала, из которого они выполнены. На кафедре МТД КГТУ разработана математическая модель, отражающая влияние диаметра и количество сучков в наружных и внутренних ламелях на теплопроводность клееного бруса [3]. Значения, вычисленные по данной математической модели, были проверены в ходе экспериментальных исследований с помощью экспериментальной установки, также созданной на кафедре МТД [2].

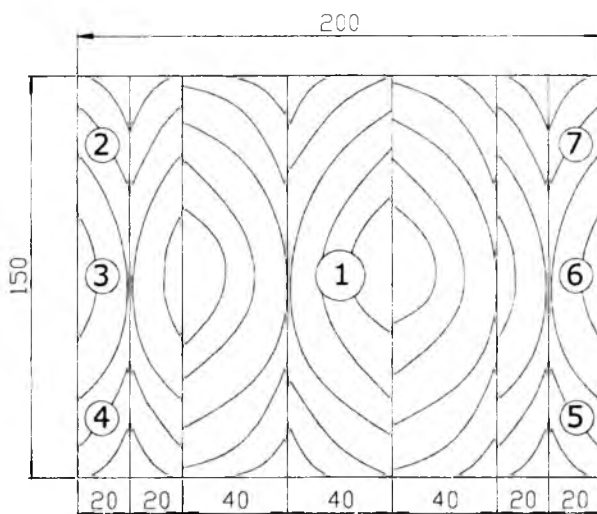


Рис. 2. Схема бруса с использованием ламелей разных по толщине

С помощью предложенной экспериментальной установки были проведены опыты по определению коэффициента λ клееного бруса с использованием предлагаемой схемы сборки. Нагревательный элемент 1 устанавливался в средней ламели (см. рис. 2), а датчики термосопротивления 2-7 в крайних ламелях. В таблице 1 представлены результаты экспериментальных исследований и обработки полученных данных.

Далее с помощью разработанной математической модели был получен расчетный коэффициент теплопроводности для данного бруса, который равен 0,204 Вт/(м·°С).

Полученные в ходе экспериментальных исследований результаты определения коэффициента теплопроводности были проверены на сходимость со значениями, вычисленными по математической модели. Абсолютные и относи-

тельные отклонения полученных экспериментальным путем коэффициентов теплопроводности клееного бруса от вычисленных значений представлены в таблице 2.

Таблица 1

Значения коэффициентов теплопроводности

№ датчика	Мощность, Вт	Длина нагревательного элемента, м	Расстояние от нагревательного элемента до датчика, м	Температура ТЭНа, °С	Температура датчика, °С	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/м·°С	Температура среды, °С	Коэффициент теплопроводности с поправкой на температуру среды λ_k , Вт/м·°С	Среднее арифметическое, λ	Среднее квадратическое отклонение, S ²
2	20	0,6	0,111	91,1	30,4	0,241	60,75	0,2435	0,2328	0,00004
3			0,095		31,3	0,231	61,2	0,2337		
4			0,1		28,4	0,225	59,75	0,2275		
5			0,088		31,9	0,226	61,5	0,2289		
6			0,081		33,8	0,226	62,45	0,2286		
7			0,098		30,9	0,232	61	0,2348		

Таблица 2

Проверка сходимости теоретических и экспериментальных данных

Значение коэффициента теплопроводности, Вт/(м·°С)			Отклонение экспериментальных данных			
экспериментальное	для традиционного бруса	теоретическое	от значений для традиционного бруса		от теоретических	
			абсолют., Вт/(м·°С)	относ., %	абсолют., Вт/(м·°С)	относ., %
0,2328	0,228	0,204	0,0048	2	0,036	12,4

По результатам проверки сходимости данных можно сделать следующие выводы:

1. отклонение экспериментальных данных от теоретических составляет 12,4 %;
2. относительное отклонение значений коэффициента теплопроводности с клееным брусом, склеенным по традиционной схеме сборки (ламелями по 40 мм), не превышает 2,06 %;
3. предлагаемую схему сборки клееного бруса с ламелями разной толщины можно использовать как ограждающую конструкцию зданий.

Литература

1. Аксенов П.П. Технология пиломатериалов. Учебник для вузов / П.П. Аксенов, Н.С. Макарова, И.К. Прохоров, Ю.П. Тюкина – М.: Лесная промышленность, 1976 г. – 480 с.
2. Зайцева К.В., Титунин А.А. Разработка методики определения эксплуатационных параметров клееного бруса // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2008. – № 6. – С. 67–71.
3. Зайцева К.В. Теоретическое обоснование влияния сучковатости на коэффициент теплопроводности клееного бруса // Актуальные проблемы развития лесного комплекса : материалы V Междунар. научно-технич. конф./ Вологодский государственный технический университет. – Вологда : ВоГТУ, 2009. – С. 90–92.
4. Технические условия на изготовление стенового клееного бруса (от 3-х ламелей и более). – ТУ «Рамлес», 2007.

ПОВЫШЕНИЕ ВОДОСТОЙКОСТИ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ СТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ФЕНОЛОФОРМАЛЬДЕГИДНОМ СВЯЗУЮЩЕМ

Т.Н. ВАХНИНА

Россия, Костромской государственный технологический университет

Древесно-стружечные плиты – один из перспективных конструктивно-отделочных материалов для строительства. Один из основных недостатков, ограничивающих применение древесно-стружечных плит в строительных конструкциях, эксплуатируемых в атмосферных условиях, – быстрое снижение механической прочности (до полного разрушения). Кроме того, в процессе эксплуатации плиты разбухают по толщине и длине, на торцах появляются трещины, из поверхностных слоев выкрашивается стружка. Для получения древесно-стружечных плит строительного назначения наиболее эффективно использование связующих, придающих им повышенную водостойкость.

Методы гидрофобизации плит подразделяются в основном на две группы:

1. Замедление скорости проникновения влаги и набухания путем введения гидрофобных веществ (при этом причина набухания не устраняется, достигается лишь временная повышенная водостойкость).

2. Методы придания постоянной повышенной водостойкости, основаны на регулировании или устранении набухания путем введением веществ, которые можно сделать водонерастворимыми и которые образуют связи с древесиной или имеют с ней химическое сродство, а также блокировкой гидроксильных групп компонентов древесины.

Плиты повышенной водо- и атмосферостойкости на фенолоформальдегидном связующем могут занять свою нишу среди древесно-плитных строительных материалов при условии их соответствия необходимым эксплуатационным показателям. Плиты на основе фенолоформальдегидного связующего обладают длительной атмосферостойкостью и высокими прочностными характеристиками, однако без специальных добавок не обладают повышенной постоянной водостойкостью. Поэтому существует необходимость исследований, связанных с получением водо- и атмосферостойких древесно-стружечных плит, улучшением свойств связующих, повышением прочности и водостойкости плит.

Работы А. Эльберта свидетельствуют об улучшении свойств фенолформальдегидных смол при введении ионов Al^{+3} [1]. Алюминий принадлежит к числу активных комплексообразователей, может образовывать координационную связь с метилольными группами и способствовать полимеризации смолы [2].

На кафедре МТД КГТУ ведутся исследования по разработке водо- и атмосферостойких древесно-стружечных плит строительного назначения [3,4]. В рамках данного направления была проверена гипотеза о возможности создания гидролитически устойчивых структур в древесно-стружечном плитном материале на фенолоформальдегидном связующем, модифицированном добавкой сульфата алюминия. Эксперимент проводился по В-плану второго порядка. Диапазоны варьирования переменных факторов представлены в таблице.

Таблица

Диапазоны варьирования переменных факторов

Наименование фактора	Обозначение фактора		Уровни варьирования			Интервал варьирования, Δi
	Натуральное	Кодированное	-1	0	+1	
Удельная продолжительность прессования, мин/мм	τ'	X_1	0,30	0,40	0,50	0,10
Температура прессования, °С	T	X_2	180	200	220	20
Добавка сульфата алюминия, %	D	X_3	1	3	5	2

Выходные величины: Y_1 – прочность плит при статическом изгибе, МПа; Y_2 – разбухание по толщине за 2 часа, %; Y_3 – разбухание по толщине за 24 часа, %.

Для выходных величин были получены следующие математические модели:

$$Y_1 = 11,668 + 0,684X_2 - 1,997X_3 - 0,849X_1^2 - 2,331X_2^2 + 1,056X_3^2 - 1,226X_1X_3 + 0,346X_2X_3.$$

$$Y_2 = 6,281 - 1,786X_2 + 1,242X_3 + 2,297X_2^2 + 4,027X_3^2 - 1,126X_1X_2 + 0,536X_1X_3 - 2,036X_2X_3.$$

$$Y_3 = 10,544 - 1,82X_2 + 1,535X_3 + 2,301X_1^2 + 2,561X_2^2 + 1,886X_3^2 - 0,688X_1X_2 + 0,443X_1X_3 - 1,558X_2X_3.$$

Интерпретация графических зависимостей позволила сделать следующие выводы:

1. При максимальной температуре и максимальной доле добавки сульфата алюминия $Al_2(SO_4)_3$ разбухание по толщине за 2 часа минимальное.
2. При максимальной температуре и продолжительности прессования доля добавки 3% приводит к снижению разбухания, при дальнейшем увеличении доли добавки разбухание по толщине за 24 часа возрастает.
3. Влияние температуры прессования на прочность плит неоднозначно. Сначала с увеличением температуры при всех сочетаниях уровней остальных факторов углубляется степень поликонденсации связующего, прочность плит при статическом изгибе возрастает. Затем начинают преобладать процессы деструкции и прочность снижается.

Таким образом, результаты экспериментальных исследований не дают даже косвенного подтверждения гипотезы о повышении структурной устойчивости древесно-стружечных композиций на фенолоформальдегидном связующем, модифицированном добавкой сульфата алюминия. Данное направление повышения водостойкости плит сопоставимо с гидрофобизацией материала путем введения в состав связующего парафиновой эмульсии, т. е. не приводит к образованию более гидrolитически устойчивых структур.

Литература

1. Эльберт А.А., Коврижных А.П. Атмосферостойкие древесностружечные плиты / А.А. Эльберт, А.П. Коврижных – М.: Лесная промышленность, 1982. – 40 с.
2. Кондратьев В. П. Синтетические клеи для древесных материалов / В. П. Кондратьев, В. И. Кондращенко. – М.: Научный мир, 2004. – 520 с.
3. Вахнина Т. Н. Производство древесностружечных плит повышенной водостойкости / Т. Н. Вахнина, Н. С. Миничева // Студенты и молодые ученые КГТУ – производству: Материалы 57-ой межвузовской научно-технической конференции ученых и студентов. – Кострома: КГТУ, 2004. – С. 107.
4. Пчеловодова Н.К. Исследование влияния модифицирующей добавки к фенолоформальдегидному связующему на показатели древесно-стружечных плит / Н.К. Пчеловодова, Т. Н. Вахнина // Студенты и молодые ученые КГТУ – производству: Материалы 62-ой межвузовской научно-технической конференции ученых и студентов. – Кострома: КГТУ, 2010.

ПОТРЕБНОСТЬ В МДФ ВО ВЬЕТНАМЕ

НГУЕИ ВАН ЛОК

Вьетнам, г. Намдинь, студент 5 курса СПбГЛТА

ЛЕ ЧУНГ ХИЕУ

Вьетнам, г. Ха Тинь, студент 5 курса СПбГЛТА

НГУЕН ТХИ НЯН

Вьетнам, г. Намдинь, студент 3 курса СПбГЛТА

МДФ - это древесноволокнистая плита средней плотности. Аббревиатура МДФ представляет собой кальку с англ. Medium Density Fiberboard - **MDF**. Плиты МДФ делают из мелкой древесной стружки методом сухого прессования при высоком давлении и температуре. При нагревании древесины выделяется *лигнин*, которым и связывают под высоким давлением и температурой древесные волокна. [1].

Рынок МДФ во Вьетнаме сейчас можно охарактеризовать одним словом - дефицит.

Во-первых, вьетнамский рынок МДФ плит на сегодняшний день находится на стадии становления, которая характеризуется достаточно большим увеличением темпов роста продаж. Объем потребления МДФ плит на вьетнамском рынке за последние три года вырос на 40%. В 2009 году спрос на МДФ достиг 700 тыс. м³. В самом вьетнамском производстве выпуск составляет 300

тыс. м³, и импортируется 400 тыс. м³ из Китая, Финляндии и других стран. Из России небольшой объем - 30 тыс. м³.

Во-вторых, многие производители мебели начинают применять МДФ в качестве сырья для производства, но предложение товара от отечественных производителей ещё не соответствует уровню спроса. Поэтому мебельные производители, да и те, кто используют МДФ в строительстве, по большей части ввозят материал из-за рубежа. Это отражается и на стоимости материала. В том случае, если производство будет местным, то стоимость МДФ будет примерно на 30% ниже, что весьма существенно для мебельщиков.

В-третьих, в то же время спрос на МДФ плиты на вьетнамском рынке растет очень стремительно, как со стороны рынка строительных материалов, так и со стороны мебельной промышленности. В первом сегменте рынка основные перспективы использования МДФ плит связаны с развитием потребления и производства на вьетнамском рынке ламинированных напольных покрытий и стеновых МДФ панелей. Во втором же сегменте наибольшие перспективы МДФ плиты имеют в производстве мебельных МДФ фасадов. Мелким мебельным предприятиям на сегодняшний день достаточно сложно вкладывать инвестиции в оборудование для производства мебельных фасадов, и поэтому в Вьетнаме есть спрос на подобную продукцию от крупного производителя.

В-четвертых, вступление в 2007 году Вьетнама в ВТО – это большой плюс для рынка вьетнамских материалов, в том числе и МДФ.

На сегодняшний день многие составляющие для своего производства - пленки для ламинирования, связующие – плитные производители привозят из-за границы. Отмена или снижение ввозных таможенных пошлин позволит сократить затраты на эти материалы. Давления зарубежных производителей древесных плит на вьетнамских рынок ожидать не приходится - в мире недостаток МДФ плит, т.к. нет сырья для увеличения их производства. Кроме того, развитие ассор-тиментной политики вьетнамских производителей МДФ плит, а также активное введение ламинирующих установок и перерабатывающих линий позволят вьетнамским производителям МДФ плит не опасаться прихода на вьетнамский рынок западных конкурентов.

Рынок МДФ во Вьетнаме ждет российских инвесторов.

В октябре 2010 г., в рамках визита президента России Дмитрия Медведева во Вьетнам, было подписано много договоров на перспективы развития торговли между двумя странами, в этом числе и на строительные материалы.

Литература

- 1- И.Я. Дроздов, В.М. Кунин 1970 г. Производство твердых древесноволокнистых плит.
- 2- Website www.moit.gov.vn

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АТМОСФЕРНОЙ ПОДСУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ МОЩНОСТИ СУШИЛЬНОГО ЦЕХА

Ю.П. ДАНИЛОВ

Россия, Костромской государственный технологический университет

Сушка древесины является одним из наиболее энергоемких процессов в деревообрабатывающей промышленности. Себестоимость сушки пиломатериалов в настоящее время составляет 800–1500 руб./м³. Учитывая, что расход лесоматериалов на изготовление 1м³ деталей составляет 1,8 – 4,0 м³/м³, затраты на сушку деталей достигают 15% от себестоимости продукции, а затраты электро- и тепловой энергии – 40% от затрат на производство изделий из массивной древесины. Кроме того, в периоды наиболее напряженной работы деревообрабатывающих предприятий одним из дефицитных видов ресурсов обычно являются сухие пиломатериалы.

Одним из возможных путей снижения энергоемкости и себестоимости производства столярно-строительных изделий и повышения мощности сушильного цеха является организация атмосферной подсушки досок перед камерной сушкой.

Процесс функционирования сушильного цеха с участком атмосферной подсушки можно описать следующим образом. В зависимости от района размещения предприятия длительность периода, в течение которого целесообразно производить атмосферную подсушку досок, составляет T дней. На территории предприятия имеется склад сырых пиломатериалов, на котором организована атмосферная подсушка досок. Сырые пиломатериалы доставляются на склад, где они укладываются в сушильные пакеты одинаковых размеров. Сушильные штабеля формируются из пакетов. В зависимости от толщины и вида досок (обрезные или необрезные) емкость пакета пиломатериала i -го сечения составляет e_i , м³ ($i=1 \dots m$). Площадь склада и средства механизации формирования штабелей таковы, что на территории склада можно разместить одновременно не более E^a пакетов (емкость склада). В каждый j -ый день периода T на складе формируются и устанавливаются для подсушки пакеты сырых пиломатериалов i -го сечения в количестве $n_{ij}^{сыр}$ штук ($j=1 \dots T$). В течение этого же дня со склада вывозятся $n_{ij}^{подс}$ пакетов подсушенных досок i -го сечения.

Длительность атмосферной подсушки зависит от сечения, породы, периода закладки на сушку, начальной и конечной влажностей досок, и может определяться по формуле

$$\tau_{ij}^a = a_{ij}^a * \ln \left(\frac{36,45}{w_{ki}^a - 15} \right), \tag{1}$$

где τ_{ij}^a – продолжительность атмосферной сушки досок i -го сечения, сушка которых началась в j -ый день периода T , дн.; a_{ij}^a - коэффициент уравнения для определения продолжительности атмосферной сушки досок i -го сечения, сушка которых началась в j -ый день; w_{ki}^a - конечная влажность досок при атмосферной подсушке, %.

Таким образом, пакеты досок будут высушиваться на складе в течение периода от j -го до $j + \tau_{ij}^a$ дня.

Количество пакетов досок, проходящих атмосферную сушку на складе сырья, в каждый j -ый день составляет

$$\sum_{i=1}^m (n_{ij}^a) = \sum_{i=1}^m (n_{ij}^{сыр}) - \sum_{i=1}^m (n_{ij}^{подс}). \tag{2}$$

На складе одновременно подсушиваются пакеты досок различных сечений, их общее количество не превосходит емкости склада

$$\sum_{i=1}^m (n_{ij}^a) = E^a. \tag{3}$$

При этом количество отгружаемых со склада пакетов должно быть не меньше количества пакетов, одновременно загружаемых в камеру $E^{кам}$ (емкости камеры)

$$\sum_{i=1}^m (n_{ij}^{подс}) \geq E^{кам}. \tag{4}$$

Пиломатериалы, прошедшие атмосферную подсушку и имеющих влажность w_{ki}^a , поступают в сушильный цех, который состоит из N одинаковых камер периодического действия и имеющих емкость $E^{кам}$. Камеры периодического действия представляют собой установку циклового типа. В течение одного цикла в камеру загружаются доски одного сечения (хотя бы одной толщины), которые должны быть высушены до одной конечной влажности. Длительность камерной сушки пиломатериалов i -го сечения, τ_i^k , дн., от начальной влажности w_{ni}^k до конечной w_{ki}^k определяется по формуле

$$\tau_i^k = \tau_{bi}^k * a_i^k * \ln(b_i^k * w_{ni}^k), \tag{5}$$

где τ_{bi}^k – базовая продолжительность сушки досок i -го сечения, имеющих начальную влажность 60% и высушиваемых в камерах, установленных на конкретном предприятии; a_i^k , b_i^k – коэффициенты уравнений продолжительности камерной сушки, определяемых для камер, установленных на предприятии.

Т.к. доски загружаются в камеру после атмосферной подсушки, то необходимо выполнить граничное условие

$$W_{ki}^a = W_{ni}^k. \quad (6)$$

В течение периода T каждая l -ная камера ($l=1\dots N$) совершает множество циклов сушки. Причем во время каждого следующего цикла в ней могут высушиваться доски других сечения, породы, назначения, конечной влажности и, поэтому имеющих различную продолжительность сушки. Длительность R -ного цикла сушки в l -ой камере, τ_{Rl}^k , дн., можно выразить следующим образом

$$\tau_{Rl}^k = \max\{\tau_i^k * A_{Rl}\}, \quad (7)$$

где A_{Rl} – решение о загрузке в l -ную камеру во время R -ного цикла пиломатериалов i -го сечения. Величина A_{Rl} может принимать только два значения: 1 – если было принято решение о загрузке в l -ную камеру во время R -ного цикла пиломатериалов i -го сечения; 0 – если было принято решение не загружать в l -ную камеру во время R -ного цикла пиломатериалы i -го сечения.

Это условие записывается следующим образом:

$$A_{Rl} = \{1 - \delta a; 0 - \text{нет}\}. \quad (8)$$

Кроме того, необходимо учитывать, что суммарная длительность циклов камерной сушки в l -ной камере не может быть больше продолжительности периода T .

$$\sum_{R=1}^{Sl} \tau_{Rl}^k = T, \quad (9)$$

где: Sl – количество циклов сушки в l -ой камере за период T .

В процессе планирования работы сушильного цеха необходимо учитывать, что количество пакетов досок i -го сечения загружаемых в l -ную камеру во время R -ого цикла n_{iRl}^k не может превосходить емкости камеры $E^{кам}$

$$n_{iRl}^k \leq E^{кам}. \quad (10)$$

Объем досок i -го сечения высушенных во всех камерах за период T составит

$$Q_i^k = \sum_{l=1}^N \sum_{R=1}^{Sl} (n_{iRl}^k * e_i). \quad (11)$$

Эти объемы должны превосходить плановые задания по поставке пиломатериалов i -го сечения в деревообрабатывающий цех – B_i .

$$Q_i^k = B_i \quad (12)$$

Таким образом, задача поиска наилучших параметров функционирования сушильного цеха с атмосферной подсушкой досок сводится к определению условий, при которых достигается наибольший объем высушиваемых цехом досок

$$F = \sum_{i=1}^m Q_i^k \rightarrow \text{MAX} \quad (13)$$

При поиске экстремума функции 13 необходимо учитывать, что на значения управляющих факторов накладываются ограничения 1-12.

Управляющими факторами в этой задаче являются: срок закладки досок на атмосферную подсушку (j), конечная влажность досок при атмосферной подсушке ($w_{ст}^a$), количество пакетов досок i -го сечения закладываемых на атмосферную подсушку ($n^{всп}$) и последовательность загрузки досок i -го сечения в камеры для окончательного высушивания (A_{Rl}).

Решение этой задачи позволит повысить производительность сушильного цеха и снизить расход тепловой и электрической энергии на сушку пиломатериалов.

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДЕФЕКТОСКОПИЯ ШПОНИРОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Е.В.САЛИКОВА, В.П.ЧУЛКОВ

Россия, Костромской государственной технологической университет

В процессе производства фанеры и древесно-стружечных плит с декоративным покрытием шпоном важен контроль качества приклейки покрытия к основанию (отсутствие непроклея и воздушных пузырей). Процесс контроля должен не нарушать ход технологического процесса и не разрушать целостность изделия.

С этой целью было необходимо решить задачу создания достаточно простой автоматизированной установки. После проведенного анализа существующих способов неразрушающего контроля был сделан выбор ультразвукового эхоимпульсного метода. Структурная схема разработанной и созданной экспериментальной установки, реализующей этот метод, показана на рис. 1.

Генератор 1 вырабатывает несинусоидальные колебания ультразвуковой частоты с возможностью настройки частоты в пределах 60 - 80 кГц. Импульсный модулятор колебаний 2 формирует пакеты импульсов ультразвуковой частоты. Усиленный усилителем мощности 3 импульсный ультразвуковой сигнал поступает на пьезоизлучатель 4. Акустические колебания ультразвуковой частоты, излучаемые пьезоизлучателем, отражаются от контролируемого изделия 5 и поступают на приёмный пьезоэлемент 6, который преобразует акустический сигнал в электрический. В зависимости от наличия и размеров дефекта происходит различное поглощение поверхностью контролируемых изделий ультразвуковых волн и величина выходного сигнала меняется.

Усилитель мощности 7 усиливает сигнал, поступающий с пьезоприемника, и подает его на вход детектора-компаратора 8, который выделяет постоянную составляющую (сигнал детектируется по амплитуде). Уровень сигнала сравнивается с задаваемым оперативно опорным уровнем. В зависимости от наличия дефекта изменяется уровень выходного сигнала, что отражается на индикаторе 9.

Первоначально в качестве устройства индикации был использован осциллограф. Эксперименты доказали работоспособность предложенной установки. Затем был разработан виртуальный осциллоскоп (разработано программное обеспечение) на базе персонального компьютера, по показаниям которого можно судить о наличии дефекта.

В качестве излучателя ультразвуковых колебаний использовался пьезокристалл диаметром 50 мм, обеспечивающий максимально возможную мощность излучения. Применение импульсного модулятора для формирования импульсного сигнала обусловлено снижением требований к механической и электрической прочности пьезоизлучателя, который не выдерживает непрерывное возбуждение мощностью более 30 ВА даже непродолжительное время. В данной установке применено импульсное возбуждение мощностью около 50 ВА. Излучатель и усилитель мощности могут работать достаточно длительное время при температуре, допустимой для всех элементов. В качестве приёмника отраженного сигнала успешно использовался ультразвуковой датчик движения, применяемый ранее в автомобильных охранных системах. Он имеет малые габариты, высокую чувствительность, очень высокую направленность.

Ниже представлены осциллограммы выходного напряжения при различных дефектах при наклейке шпона на фанеру и древесно-стружечную плиту. На рис. 2. приведены соответственно осциллограмма и экран осциллоскопа при отсутствии дефекта изделия. При этом наблюдается полное отражение сигнала. Постоянная составляющая сигнала на верхней осциллограмме достигает уровня 5,8 В.

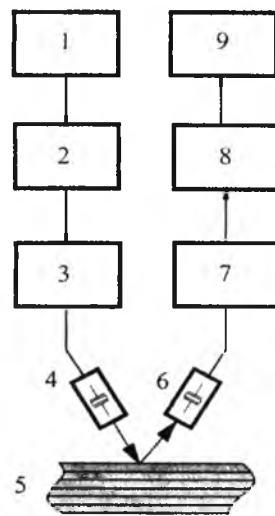


Рис. 1. Структурная схема установки для дефектоскопии

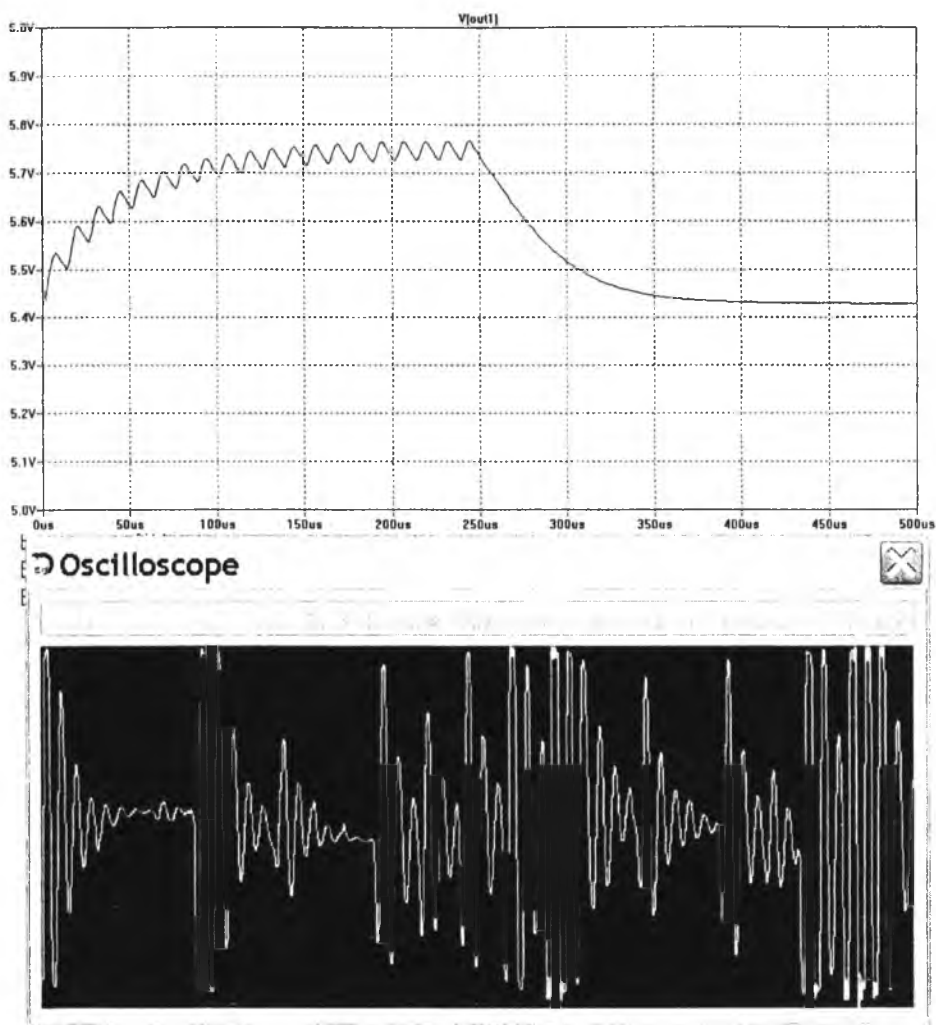


Рис. 2. Осциллограмма и экран осциллоскопа при отсутствии дефекта после приклейки шпона на основу из фанеры

На рис. 3 показаны осциллограмма и экран осциллоскопа при некачественном нанесении слоя клея (воздушные вкрапления) при приклейке шпона на основу из фанеры. Наблюдается заметное поглощение ультразвукового луча, постоянная составляющая снижается до 5,65 В.

На рис. 4 приведены осциллограмма и экран осциллоскопа при некачественном нанесении слоя клея (воздушные вкрапления) при приклейке шпона на основу из древесно-стружечной плиты. Постоянная составляющая в этом случае находится на уровне 5,55 В.

Разработанный дефектоскоп характеризуется достаточной простотой и информативностью. Предложенная установка может быть использована для контроля качества на мебельном производстве.

Дальнейшая работа направлена на совершенствование обработки информации с целью автоматизации процесса дефектоскопии.

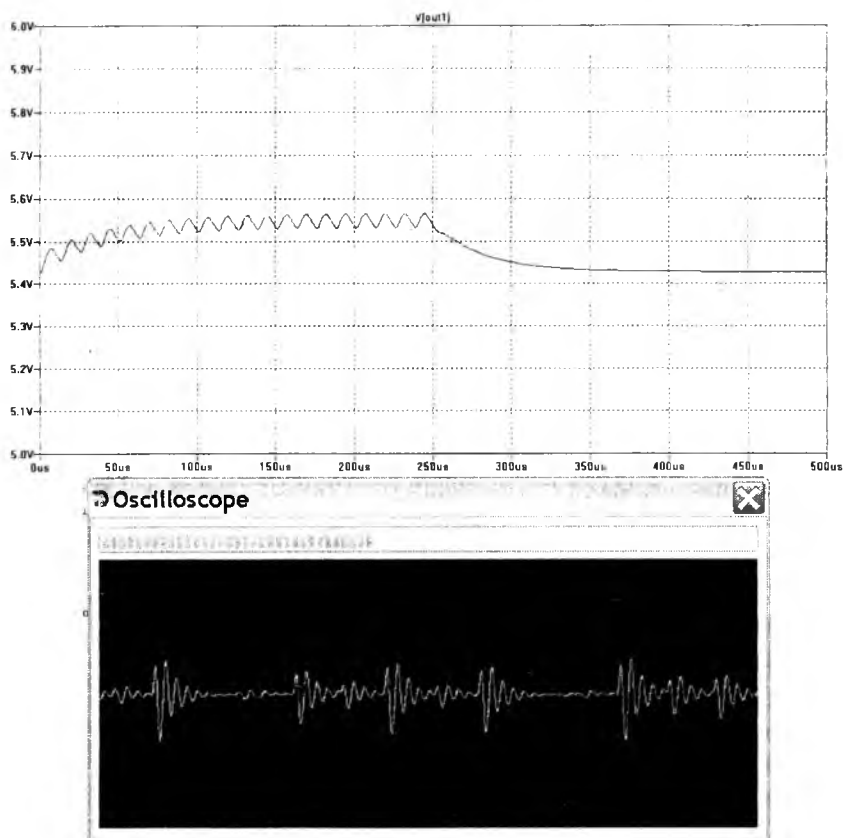


Рис. 3. Осциллограмма и экран осциллоскопа при наличии дефекта после приклейки шпона на основу из фанеры

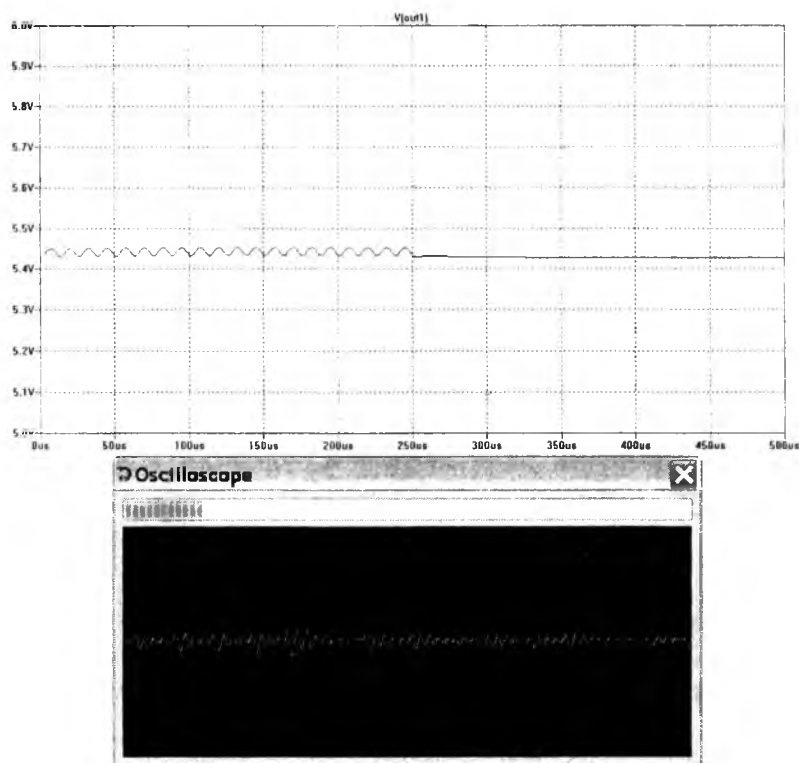


Рис. 4. Осциллограмма и экран осциллоскопа при наличии дефекта после приклейки шпона на основу из древесно-стружечной плиты

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТНОГО ПОДХОДА К МОДЕЛИРОВАНИЮ СУЧКОВАТОСТИ КЛЕЕНОГО БРУСА

А.А. ТИТУНИН

Россия, Костромской государственной технологической университет

Одним из основных направлений удовлетворения потребности населения России в доступном и комфортном жилье является развитие малоэтажного домостроения. При этом в перспективе ожидается увеличение спроса на такой вид конструкционных материалов для малоэтажного деревянного домостроения как клееный брус, при разработке конструктивных параметров которого следует учитывать требования к тепловой защите зданий [1] с целью обеспечения установленного для проживания и деятельности людей микроклимата. Клееный брус получается в результате склеивания нескольких слоев (ламелей), различающихся по количеству и размерам сучков. Сучки, как следует из справочных данных [2; 3], ввиду отличий от цельной древесины по плотности и направлению волокон обладают более высокой теплопроводностью. Это положение было доказано в ходе экспериментальных исследований [4,5]. Поскольку в реальных условиях довольно сложно поставить активный эксперимент для установления зависимости теплопроводности клееного бруса от его сучковатости, предлагается использовать вероятностный подход для разработки математической модели теплопроводности.

Рассмотрим геометрическую модель клееного бруса длиной L . Брус состоит из n ламелей одинаковой толщины. Ламели получаются в результате склеивания по длине отрезков пиломатериалов, длина которых является случайной величиной вследствие того, что в результате технологической операции вырезается то или иное количество вполне определенных сучков, недопустимых в ламелях данного сорта по требованиям технических условий. Именно поэтому расположение сучков по длине ламели не подчиняется какому-либо известному закону и, скорее всего, является случайной величиной.

Чтобы определить, какое количество сучков допустимых размеров окажется на случайно выбранном отрезке бруса, воспользуемся закономерностями теории вероятности. На начальном этапе разработки модели примем допущение, что сучки в ламелях расположены с постоянной интенсивностью (рис.1): диаметр сучков d_{ci} есть величина постоянная, расстояние между центрами сучков l_i тоже величина постоянная. Т.е. имеется идеализированная ламель.

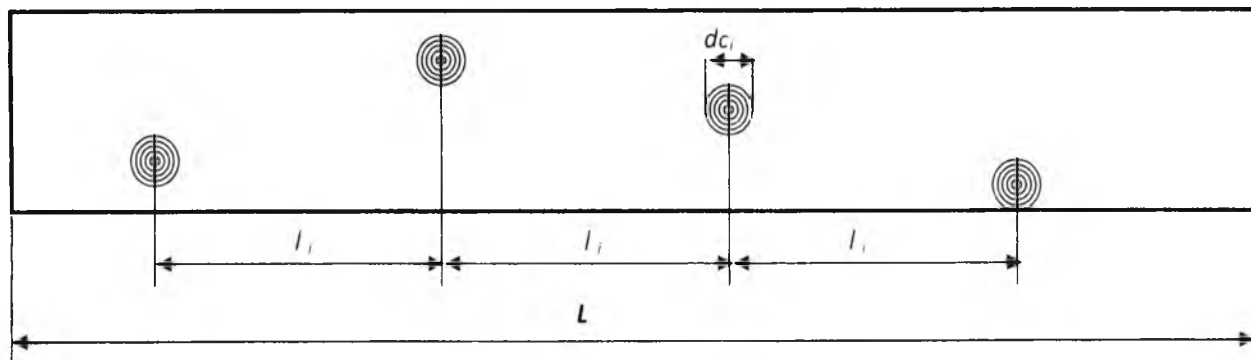


Рис. 1. Геометрическая модель идеализированной ламели

Если принять длину элементарного участка ΔL равной среднему диаметру сучка d_{ci} , то вероятность того, что на этом случайно выбранном участке окажется один сучок, будет случайной величиной $P(m, n)$, распределение которой подчиняется биномиальному закону:

$$P(m, n) = \frac{n!}{m!(n-m)!} P^m q^{n-m},$$

где $\frac{n!}{m!(n-m)!}$ – число сочетаний из n по m (число сочетаний из n ламелей по m ламелей с одним сучком на элементарном участке); P^m – вероятность того, что на участке длиной ΔL находится m

ламель с сучками; q^{n-m} – вероятность того, что из общего числа ламелей n на участке длиной ΔL не будет расположено m ламелей с сучками.

Для малых значений вероятности и большого числа сучков в ламелях биномиальное распределение для дискретной случайной величины можно заменить распределением Пуассона. В этом случае выше приведенная формула примет вид

$$P(m, n) = \frac{a^m}{m!} e^{-a},$$

где a – параметр распределения Пуассона; e – основание натурального логарифма.

Вероятность того, что на одном элементарном участке не содержится хотя бы одного сучка, можно найти, используя зависимость

$$P(0, n) = \frac{a^0}{0!} e^{-a} = e^{-a}.$$

А вероятность того, что участок содержит хотя бы одну ламель с сучком

$$P(m \geq 1) = 1 - e^{-a}.$$

Эта формула справедлива, когда на элементарном участке находится один сучок. В действительности же на одном и том же элементарном участке может располагаться несколько сучков (b). В этом случае вероятность того, что в m ламелях, расположенных на одном и том же элементарном участке длиной ΔL содержится меньше, чем b сучков определяется как

$$P(m < b) = P(0) + P(1) + P(2) + \dots + P(b-1)$$

или

$$P(m < b) = e^{-a} + ae^{-a} + e^{-a} \frac{a^2}{2!} + \dots + e^{-a} \frac{a^{b-1}}{(b-1)!} = e^{-a} \sum_{i=0}^{b-1} \frac{a^i}{i!}$$

Вероятность обратного события, т.е. на элементарном участке бруса в m ламелях содержится b сучков

$$P(m \geq b) = 1 - e^{-a} \sum_{i=0}^{b-1} \frac{a^i}{i!}.$$

Переходя к реальной модели клееного бруса, параметр распределения Пуассона следует определять через число сучков k , расположенных на каком-либо расстоянии от торца ламели, и через осредненное расстояние между сучками. Обе эти величины зависят от породы древесины, условий произрастания, участка ствола, из которого получены исходные пиломатериалы, а также других факторов. Для этого необходимо иметь закономерности распределения диаметра сучков, а также их количества по длине и ширине ламели. Такие результаты обычно получают по результатам натурных наблюдений.

Литература

1. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. – М. : Госстрой России, 2003. – 27 с.
2. Боровиков А. М. Справочник по древесине : справочник / А. М. Боровиков, Б. Н. Уголев. – М. : Лесная пром-сть, 1989. – 296 с.
3. Чудинов Б.С. Теория тепловой обработки / Б. С. Чудинов. – М., 1968. – 255 с.
4. Зайцева К.В., Титунин А.А. Разработка методики определения эксплуатационных параметров клееного бруса // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2008. – № 6. – С. 67–71.
5. Титунин А. А. Определение коэффициента теплопроводности клеёной древесины / А. А. Титунин [и др.] // Вестник КГТУ. – Кострома : КГТУ, 2005. – Вып.11. – С. 114-117.

ВНЕДРЕНИЕ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Д.В. ТИТОВ, Н.Н. СТРЕБКОВ, П.А. ШВЕЦОВ, А.В. ГЛАЗОВ

Россия, Вологодский институт права и экономики ФСИН России

Энергоресурсосбережение становится главной задачей для субъектов и органов государственной власти, согласно проводимой политике государства в области повышения энергоэффективности экономик различных отраслей.

Энергосбережение на производственных объектах ФСИН России зависит от многих факторов: эффективности использования оборудования, применение ресурсосберегающих технологий, систем автоматики и контроля производственного процесса, квалификации спецконтингента и т.д. [1].

В деревообрабатывающем производстве одним из основных процессов является процесс сушки. Сушильные камеры и правильная технология сушки древесины закладывают базу качества готовой продукции. Сушильные камеры созданные еще в советские времена, большинство вновь построенных работают с применением «нормальных» и «жестких» режимов сушки. Такие режимы характеризуются высокой температурой сушки в сжатые сроки, проигрывая в качестве и энергосбережении.

Поэтому, на современном этапе, энергетически становится выгодно сушить пиломатериал при низкотемпературных, так называемых «мягких» режимах. Такая технология дает возможность глубоко перерабатывать древесину, получая мебельный щит, конструкционный брус и погонаж высокого качества.

Сушильные камеры КСМ-25, производимые на базе Центра трудовой адаптации осужденных в «ИК-4 УФСИН России по Псковской области» отличаются высокой производительностью, минимальным энергопотреблением и высоким качеством конечного продукта. Подходят как для крупных предприятий деревообработки, так и для небольших цехов.

Как известно, в конвективных сушильных камерах избыток влаги выбрасывается с отработанным горячим воздухом в атмосферу. В свою очередь из атмосферы в камеру поступает свежий холодный воздух, на нагрев которого расходуется тепловая энергия.

Как правило, зимой свежий атмосферный воздух приходится подогревать на 110° (от -30°C до 80°C) и, при недостаточной мощности теплового оборудования приток холодного свежего воздуха приводит к срыву температурного режима в сушильной камере. Следовательно, происходит выпадение конденсата из влажного воздуха и ухудшение качества сушки пиломатериалов. Для исключения этого, а также для экономии тепловой энергии применяются рекуперативные теплообменники. Схема показана на рис. 1.

Применение рекуперативного теплообменника позволяет избежать конденсации влаги из воздуха в камере при поступлении в камеру свежего холодного воздуха (в зимний период), а также уменьшает потери тепла с выбросом отработанного влажного воздуха на 5-10%.

Процесс сушки в камере КСМ-25 организован следующим образом. Пиломатериал, уложенный в штабеля на трековые тележки, закатывается в сушильное пространство камеры. Схема циркуляции агента сушки горизонтально-поперечная, реверсивная. Агент сушки, подаваемый вентиляторами, циркулирует в горизонтальной плоскости поперек штабелей. Проходя через калориферы, агент сушки нагревается, а проходя через штабели, насыщается влагой из древесины и охлаждается. Часть агента сушки удаляется из камеры через вытяжные воздушные клапаны. Под действием образующегося при этом разрежения через приточные воздушные клапаны поступает свежий воздух.

Управление режимом сушки предполагается осуществлять с помощью автоматической системой управления на базе контролеров сушильных камер, состоящей из:

- промышленного компьютера;
- датчиков температуры в камере;
- датчиков влажности среды;
- датчиков измерения влажности древесины.

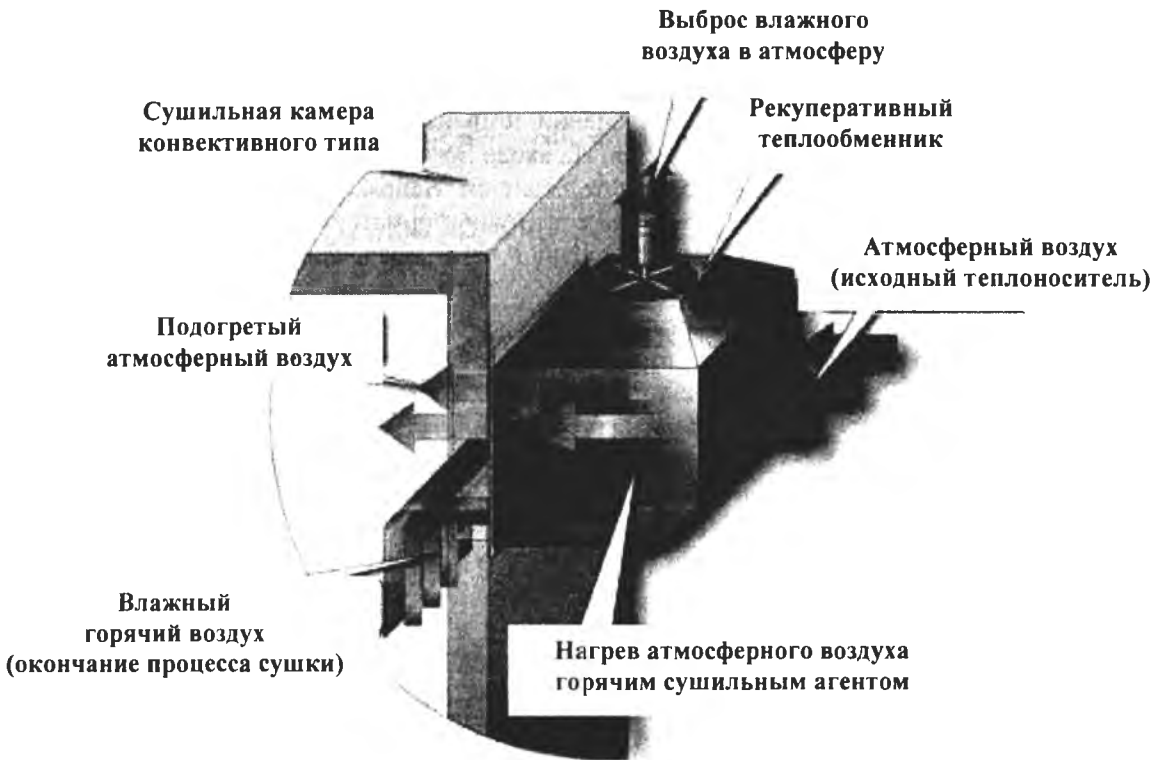


Рис. 1. Схема рекуперации тепловой энергии в процессе сушки

В настоящее время, в основном используется, так называемый, ступенчатый метод сушки древесины. Данный метод основан на том, что весь процесс сушки разбит на ступени определенной длительности. В пределах каждой ступени в сушильной камере температура и влажность сушильного агента поддерживается постоянной.

Регулирование температуры агента сушки осуществляется автоматически изменением количества подаваемого в калориферы теплоносителя. Регулирование влажности агента сушки автоматически открытием-закрытием приточно-вытяжных клапанов и включением системы увлажнения.

Возможным недорогим вариантом может служить схема, изображенная на рис. 2.

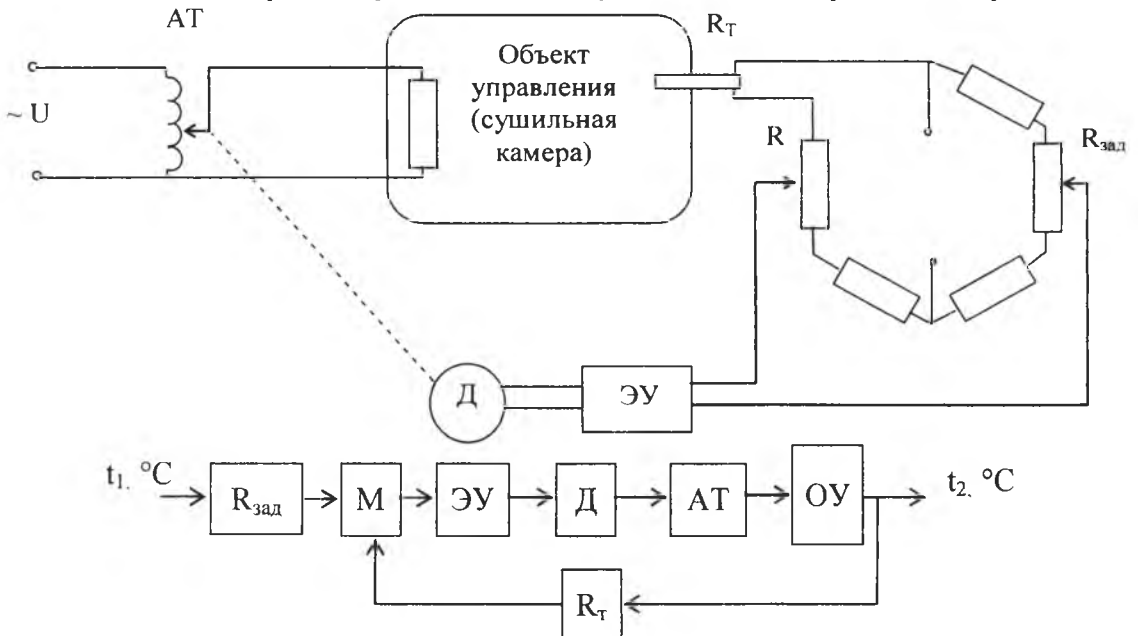


Рис. 2. Схема автоматизации контроля температуры сушильного агента

При температуре сушильного агента, равной заданной, измерительный мост M уравновешен, на вход электронного усилителя ЭУ сигнал не поступает и система находится в равновесии, так как ошибка системы равна нулю. При отклонении температуры изменяется сопротивление терморезистора R_T и равновесие моста нарушается. На входе ЭУ появляется напряжение, фаза которого зависит от знака отклонения температуры от заданной. Напряжение, усиленное в ЭУ, поступает на двигатель Д, который перемещает движок автотрансформатора АТ в соответствующую сторону. При достижении температуры, равной заданной, мост сбалансирован и двигатель отключится.

Таким образом имеем систему автоматического регулирования с обратной связью, которая позволяет следить за температурой сушки, которая является значимым параметром процесса.

Литература

1. Титов Д.В., Борисов Р.П., Маркер В.В. Внедрение ресурсосберегающих технологий в производстве сушильных камер на базе центра трудовой адаптации осужденных. // Вестник института: Преступление, наказание, исправление. № 11. 2010г. – С. 58-64.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗМЕРНО-КАЧЕСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ И ВЫХОДА ПИЛОПРОДУКЦИИ В ЛЕСООБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕХАХ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В.В. ЧАМЕЕВ, А.А. ЕРЕМЕЕВ

Россия, Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург

При проектировании технологических процессов лесобработывающих цехов лесопромышленных предприятий нужны сведения по сортовому составу сырья и выходу готовой продукции из него. Для определения посортного выхода пиломатериалов в ЦНИМОД разработаны Руководящие технико-экономические материалы по нормированию расхода сырья и материалов в производстве пиломатериалов (1983 г.), принятые в настоящее время в качестве российских нормативов. Однако нормативы разработаны для пиловочного сырья по ГОСТ 9463-72 и ГОСТ 9462-71. С 1990 г. действуют стандарты на круглые лесоматериалы по ГОСТ 9463-88 и ГОСТ 9462-88. Для разрешения сложившихся противоречий при определении посортного выхода пиломатериалов на кафедре ТиОЛП УГЛТУ разработаны программы «СЫРЬЕ» и «ПРОДУКЦИЯ».

Прототипом программ «СЫРЬЕ» и «ПРОДУКЦИЯ» является компонент-программа «SORT» комплекс-программы «ZESH» [1]. В новой версии программ введены дополнительные математические модели для достижения большей адекватности результатов моделирования реальному процессу.

Принципиальная схема моделирующего алгоритма компонент-программ «СЫРЬЕ» и «ПРОДУКЦИЯ» приведена на рис. 1 и 2. Основное принципиальное отличие программы «ПРОДУКЦИЯ» от программы «СЫРЬЕ» заключается в наличии блока 22 (см. рис. 2) по определению выхода готовой продукции.

В моделирующем алгоритме (рис. 1 и 2) введены следующие группы блоков:

- задания входных данных для решения задачи;
- генерации параметров сырья;
- определения выхода готовой продукции (для программы «ПРОДУКЦИЯ»);
- накопления, обработки результатов моделирования и выдачи выходных данных на печать.

Основные входные данные - объём моделирования сырья, толщина и длина сырья (среднее, среднее квадратическое отклонение, минимальное и максимальное значения случайной величины, тип вероятностного распределения); породный состав; ограничения по сортности сырья в целом и по основным сортообразующим порокам; толщина выпиливаемых заготовок для тарного потока и вид пиломатериалов (обрезные или необрезные) для лесопильного потока.

После ввода входных данных (блок 1) выполняются начальные условия, обнуляются сумматоры для накопления информации (блок 2) и определяются заданные объёмы моделирования

сырья по сортам V_{jc}^3 (блок 3), где $j = 1 \dots 6$ (1 – 1 сорт, ..., 4 – 4 сорт, 5 – сырьё для технологической переработки, 6 – дрова). В программе «СЫРЬЁ» 4 сорт равен нулю. Суммарный объём сырья всех сортов $\Sigma V_{jc}^3 = V_C^3$, где V_C^3 – заданный объём моделирования сырья, V_{jc}^3 принимает значения от 0 до V_C^3 .

Моделирующий алгоритм определяет и фиксирует размерно-качественные параметры бревен, выход готовой продукции из них в программе «ПРОДУКЦИЯ» через интервалы V_i в диапазоне $0 \dots V_C^3$, где V_i – объём i -го бревна. В блоках 4, 5 генерируется порода i -го бревна, его толщина d_i , длина l_i и объём V_i . Результаты моделирования сырья по объёму суммируются в блоках 6 (по общему объёму смоделированного сырья) и 8 (по объёму бревен, попавших в заданный диапазон толщин $d_{нг} \dots d_{вг}$). При достижении V_C^3 алгоритм управление передает на блоки 10, 11 для фиксации результатов моделирования, обработки и выдачи их на печать.

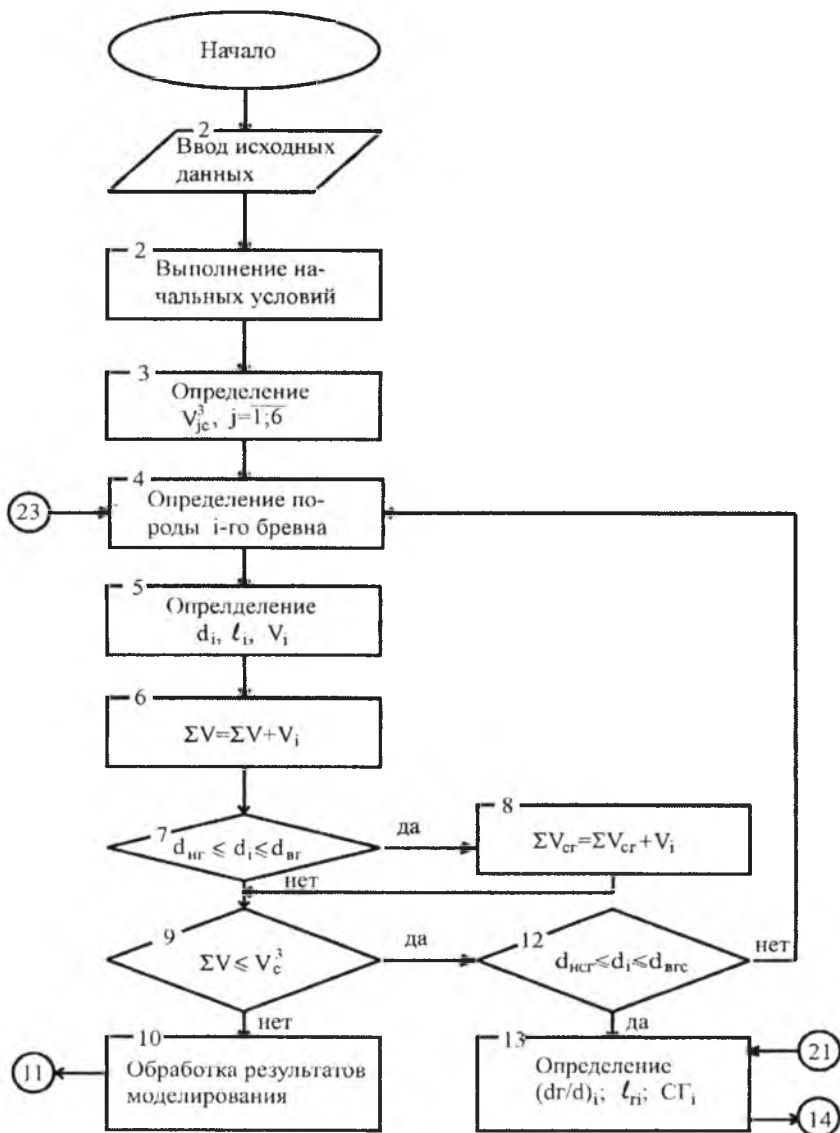


Рис. 1. Принципиальная схема компонент-программ «СЫРЬЁ» и «ПРОДУКЦИЯ»

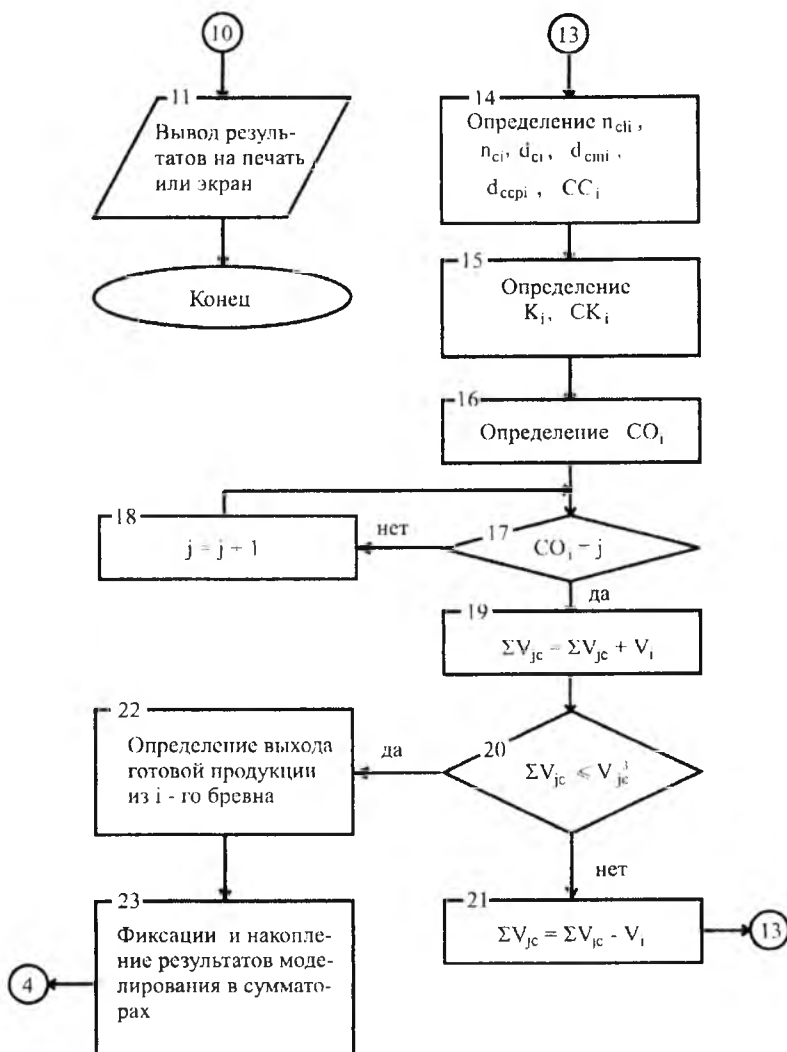


Рис. 2. Принципиальная схема компонент-программ «СЫРЬЁ» и «ПРОДУКЦИЯ» (продолжение)

В группе блоков 13, 14, 15, 16 определяются параметры основных сортообразующих пороков и сорт бревна: степень поражения торца i -го бревна гнилью $(d_r/d)_i$, протяженность гнили ℓ_r , сорт бревна по гнили CG_i ; число сучков на 1 м длины бревна n_{ci} , общее число сучков на бревне n_c , диаметры сучков на бревне d_{ci} , средний и максимальный диаметр сучка d_{ccpi} , d_{cmi} , сорт бревна по сучкам CC_i ; процент кривизны K_i , сорт бревна по кривизне SK_i . В блоке 16 определяется общий сорт i -го бревна CO_i . В блоках 17, 18, 19 проводится проверка на заданные объемы моделирования по сортам и фиксация этих объемов. В программе «СЫРЬЁ» сортность определяется по ГОСТ 9462-88 и ГОСТ 9463-88, а в программе «ПРОДУКЦИЯ» по ГОСТ 9462-71 и ГОСТ 9463-72. Определение сорта сырья по «старым» гостам связано с существующей до сих пор привязкой нормативов выхода готовой продукции к этим стандартам.

Выходная информация выдается в виде таблиц, содержащих данные по сортовому составу сырья, в т. ч. по гнили, сучкам и кривизне; совокупности пороков в сырье; вероятностей встречи пороков; средние значения и среднее квадратическое отклонение величин - d_r/d , n_c , d_{cmi} , d_{ccpi} , K ; для программы «ПРОДУКЦИЯ» объемные показатели выхода готовой продукции.

Результаты имитационного моделирования по определению сортового состава пиломатериала и выход пиломатериалов по программам «СЫРЬЁ» и «ПРОДУКЦИЯ» [2] не противоречат литературным данным.

Литература

1. Чамеев В.В. Задачи проектирования и управления производственными процессами лесопромышленных предприятий: метод. указания для студентов старших курсов специализации 260106 и рекомендации для аспирантов первого года обучения / В.В. Чамеев, В.В. Обвинцев, Б.Е. Меншиков, В.А. Азаренок; УГЛТА. – Екатеринбург, 1997.53с.
2. Чамеев В.В. Сортовой состав круглых лесоматериалов для выработки пиломатериалов и заготовок общего назначения // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: Материалы международной научно - технической конференции. - Вологда: ВоГТУ, 2006. - С. 42-44.

ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ЛЕСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ К СУЧКОВАТОСТИ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ

Ю.М. АВДЕЕВ

*Россия, Вологодская государственная молочнохозяйственная академия
им. Н.В. Верещагина*

Сложившаяся мировая тенденция в лесной промышленности в 80-х годах была ориентирована на производство пиловочника и балансов. В настоящее время эти виды сортиментов продолжают занимать ведущее место на рынке лесоматериалов, в связи с чем, далее приводятся требования целлюлозно-бумажной промышленности к сучковатости поставляемого древесного сырья. Из всех отраслей лесоперерабатывающей промышленности целлюлозно-бумажное производство является наиболее прогрессирующей в технологическом отношении (Полубояринов, 1971).

В соответствии с перечнем действующих в настоящее время стандартов, следует отметить ГОСТ 9463-88, регламентирующий требования к хвойным балансам 1-3 сорта, и ГОСТ 22296-89 на экспортируемые балансы 1 и 2 сорта. Анализ этих стандартов показывает, что качество балансов определяется породой; размерами и нормами: допускаемых по стандарту пороков.

Основным пороком, ограничивающим использование балансов, являются сучки, которые влияют как на выход, так и на качество целлюлозы. Стандартом 9463-88 для оценки сортности хвойных балансов предусматривается определение разновидности сучков (по ГОСТ 2140-81) и их диаметра у основания. Разновидности сучков (здоровые, загнившие, гнилые, табачные) имеют важное практическое значение при целлюлозно-бумажном производстве, косвенно позволяя определять наличие (отсутствие) гнили в древесине сортимента и общее состояние (качество) используемой древесной массы.

В балансах для выработки сульфатной целлюлозы стандартом допускаются сучки всех разновидностей и пасынок. Сучки отличаются пониженным содержанием целлюлозы и повышенным содержанием смол. Здоровые сучки при варке образуют непровар, засоряющий целлюлозу, мелкой, трудно отделимой кострой. Большое количество сучков вызывает дополнительные затруднения при окорке балансов, ухудшает качество вырабатываемой целлюлозы, повышая ее смолистость (Уголев, 1965). Сучковая древесина и завитки, окружающие сучки, вследствие пониженного содержания целлюлозы уменьшают общий выход целлюлозы по варке на 0,5-1%, а целлюлозы 1 и 2 сортов – примерно на 3-5% (Ерофеев, 1971). Из выше сказанного следует, что балансы с меньшим количеством и диаметром сучков будут отличаться лучшим качеством и позволят повысить выход целлюлозы из единицы объема древесного сырья.

Известно, что доля смолы, затрудняющей целлюлозно-бумажное производство, в бессучковой древесине в 7-8 раз меньше, чем в сучковатой, в связи с чем, переработка бессучковой древесины позволяет получить до 42-43% целлюлозы, сучковой - лишь 26% (Ерофеев, 1971). Поэтому, очищаемость стволов от сучьев, количество сучков на 1 п.м. ствола, косвенно влияя на выход целлюлозы, также являются важными показателями качества древесного сырья и требуют учета при выращивании балансовой древесины.

ГОСТ 22296-89 предъявляет более жесткие требования к экспортируемым балансам и ограничивает поставку сырья лишь 1 и 2 сорта диаметром от 6 до 24 см и длиной от 1,0 до 6,5 м. Стандар-

том несколько повышены требования к древесному сырью в части наличия и выраженности пороков.

Качество хвойного древесного сырья для лесопильной промышленности (далее пиловочник) регламентировано национальными стандартами 9463-88 и 22298-76 Э (на экспортируемые пиловочные бревна). Основные требования стандартов к сырью, также как и по балансам, сводятся к трем основным показателям: породе, размерам и нормами допускаемых по стандарту пороков.

Стандартом 9463-88 допускается заготовка пиловочных бревен 1, 2 и 3 сорта. Основной сортообразующий порок пиловочника - сучки различного состояния. Для сосны они являются сортоопределяющим фактором в 70 случаях из 100, для ели - в 2/3 случаев (Полубояринов, 1971). Сучки оказывают существенное влияние на прочностные характеристики древесины. По результатам исследований Н.Н. Буракова (1930), наличие здоровых, наиболее часто встречающихся сучков, снижает предел прочности при сжатии вдоль волокон древесины сосны и ели в пределах от 20 до 40%.

Стандартом 9463-88 ограничения по всем разновидностям сучков (за исключением табачных) введены лишь для 1 и 2 сорта, максимальный диаметр сучков не должен превышать 10 см. Для пиловочника 3 сорта допускаются сучки любой толщины. Максимально допустимый диаметр табачных сучков - 5 см.

Стандартом, также как и по балансам, не рассматриваются важные параметры сучковатости - степень очищаемости стволов от сучьев и количество сучков на 1 погонном метре ствола, выраженность которых может предопределить затраты на заготовку лесоматериалов, их стоимость и качество.

Выход высококачественных пиловочника общего назначения и балансов при увеличении на древесных стволах протяжённости бессучковой зоны и уменьшении площади поверхности ствола, занятой сучками на 1 п.м. будет возрастать. Всё выше сказанное должно учитываться при исследовании сучковатости древесины и её влиянии на качество и стоимость древесных сортиментов.

ВЛИЯНИЕ ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ СРЕДЫ ЖИДКОГО АЗОТА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИТА НА ПОЛИМЕРНОЙ ОСНОВЕ С ДИСПЕРСНЫМ НАПОЛНЕНИЕМ ДРЕВОСНОЙ МУКОЙ

Л.И. ОГОРОДОВ

Россия, Вологодский государственный технический университет

А.И. АЛЕКСЕЙЦЕВ

Россия, Алтайский государственный технический университет

Н.Н. КУРИЛОВИЧ

Беларусь, Могилевский государственный университет продовольствия

В [1] изложены результаты экспериментального исследования сопротивления деформированию и разрушению композиционного материала (К-211-2) на основе фенолформальдегидной смолы с наполнением древесной мукой (степень наполнения 30-35%) при одноосном растяжении и сжатии. Влияние размеров и формы образцов на механические характеристики при осевом сжатии композиционных материалов, в том числе и К-211-2, анализировалось в работе [2].

В данной работе сравниваются результаты испытаний композита К-211-2 при одноосном растяжении с различными скоростями деформирования V при температурах 60°C и 100°C в состоянии поставки (I) и после длительного естественного старения (II) в течении 18-19 лет. Плоские образцы длиной рабочей части 100мм, шириной 25,4мм и толщиной ~1мм растягивались на испытательной машине FPZ-100/1. Заданная температура ($\pm 1^\circ\text{C}$) поддерживалась в ходе опыта автоматически.

В табл.1 приведены механические характеристики при растяжении композита К-211-2 ($\sigma_{\text{лт}}$ – предел прочности; $\epsilon_{\text{лт}}$ – деформация, соответствующая пределу прочности; E_p - модуль упругости).

В табл. 2 представлены результаты обработки данных табл.1, показывающие изменение (в %) механических характеристик композита К-211-2 вследствие естественного старения материала в образцах.

Таблица 1

V _{мм/мин}	Состояние композита	Механические характеристики композитов при растяжении в условиях температур								
		20°C			60°C			100°C		
		$\sigma_{\text{лт}}$	$\epsilon_{\text{лт}}$	E_p	$\sigma_{\text{лт}}$	$\epsilon_{\text{лт}}$	E_p	$\sigma_{\text{лт}}$	$\epsilon_{\text{лт}}$	E_p
		МПа	%	МПа	МПа	%	МПа	МПа	%	МПа
2	I	41,9	0,6	6860	35,8	0,7	-	29,3	0,3	-
	II	56,1	1,3	4560	22,1	1,4	3100	9,8	2,2	600
20	I	43,7	0,6	7140	41,4	0,8	-	39,9	0,4	-
	II	46,5	0,9	5470	32,2	1,1	2920	12,4	1,3	950
100	I	48,9	0,6	7860	46,0	0,7	-	34,7	0,2	-
	II	35,6	0,9	5450	24,0	0,9	2660	19,3	1,04	1660

Таблица 2

V _{мм/мин}	Механические характеристики композитов при растяжении в условиях температур					
	20°C		60°C		100°C	
	$\sigma_{\text{лт}}$	$\epsilon_{\text{лт}}$	$\sigma_{\text{лт}}$	$\epsilon_{\text{лт}}$	$\sigma_{\text{лт}}$	$\epsilon_{\text{лт}}$
	МПа	%	МПа	%	МПа	%
2	+9,9	+116,7	-38,3	+36,4	-66,4	+540
20	+6,4	+50,0	-22,2	+37,5	-69,0	+225
100	-27,2	+50,0	-48,0	+28,6	-32,7	+600

Деформации $\epsilon_{\text{лт}}$ состаренных образцов практически во всем диапазоне изменения температур и скоростей деформирования больше на 28%...600%, чем деформации композитов в состоянии поставки. Естественное старение приводит к снижению предела прочности композита при температурах 60°C и 100°C.

Относительное изменение механических характеристик композита при растяжении с повышением температуры по сравнению с результатами, полученными при 20°C, можно проследить по данным табл.3.

Таблица 3

V _{мм/мин}	Состояние композита	Механические характеристики композитов при растяжении в условиях температур					
		60°C			100°C		
		$\sigma_{\text{лт}}$	$\epsilon_{\text{лт}}$	E_p	$\sigma_{\text{лт}}$	$\epsilon_{\text{лт}}$	E_p
		МПа	%	МПа	МПа	%	МПа
2	I	-14,5	+14,3	-	-30,1	-50	-
	II	-52,0	+7,7	-32,0	-78,6	+61,5	-86,8
20	I	-5,2	+33,3	-	-8,6	-33,3	-
	II	-30,7	+22,2	-46,6	-73,4	+44,4	-82,6
100	I	-5,9	+16,7	-	-29,1	-66,7	-
	II	-32,6	0,0	-51,2	-34,4	+55,6	-69,5

Отмечается снижение значений предела прочности и модуля упругости во всех случаях нагружения, причем на композите после старения влияние повышения температуры более существенно. Деформации состаренного композита с повышением температуры увеличиваются. Полученные результаты использованы для прогнозирования механических характеристик композита при промежуточных значениях повышенных температур.

Для решения технологических и конструкторских задач проведены исследования по оценке влияния низкотемпературного воздействия сред на механические характеристики полимерных и полимерных композиционных материалов [3-5]. Установлено, что после воздействия жидкого и испаряющегося азота (-170°C) повышается кратковременная и длительная прочность образцов полимерных материалов, в частности поливинилхлорида, при одноосном растяжении.

Представлены результаты испытаний на одноосное сжатие состаренных (18-19 лет) образцов композита К-211-2, причем одна партия этих образцов подвергалась воздействию жидкого азота

без приложения механических нагрузок. Продолжительность воздействия среды (до 10 мин) задавалась скоростью заполнения сосуда с образцами жидким азотом и скоростью его испарения. Образцы имели цилиндрическую форму диаметром 12мм и высотой 21мм. В табл.4 представлены результаты сопоставления механических характеристик композита до и после воздействия на них среды жидкого азота (сравниваются средние значения величин по данным 3-10 опытов на образцах до воздействия и 3 опытов – на образцах после воздействия азота, где σ_{uc} – предел прочности при сжатии, ϵ_{uc} – деформации, соответствующие σ_{uc} , ϵ_{pr} – предел пропорциональности, ϵ_r – остаточные деформации при разрушении, E_c – модуль упругости при сжатии).

Таблица 4

V мм/мин	Механические характеристики композитов при растяжении в условиях температур					
	σ_{uc} , МПа		Разница %	ϵ_{uc}		Разница %
	МПа	%		МПа	%	
2	194,6	198,2	+1,8	0,072	0,069	-4,2
20	186,7	185,8	-0,5	0,079	0,055	-30,4
-	ϵ_r		%	E_c , МПа		%
2	0,027	0,026	-3,7	4280	4390	+2,6
20	0,030	0,017	-43,3	3810	5200	+36,5

Предел пропорциональности (σ_{pr}) при сжатии композита К-211-2 составляет 58-67% от предела прочности σ_{uc} .

Низкотемпературное воздействие среды жидкого азота (-170°C) практически не сказывается на кратковременной прочности композита с армированием органическими частицами (древесной муки), но приводит к снижению предельных деформаций при повышении значений модуля упругости, особенно при более высокой скорости деформирования.

Литература

1. Огородов, Л.И. Работоспособность полимерного композиционного материала с наполнением древесной мукой/Л.И.Огородов// Актуальные проблемы развития лесного комплекса: ВоГТУ, 2007. – С.63-65.
2. Огородов, Л. Влияние размеров и форм образцов, а также скорости деформирования на механические характеристики при осевом сжатии композиционных материалов на основе фенолформальдегидной смолы/ Л.И.Огородов, А.А.Моисеев, С.В.Красиков// Технология. Сер. Конструкции из композиционных материалов. – 2001. -№2.С.41-44.
3. Огородов, Л.И. Оценка влияния среды и естественного старения на механические характеристики поливинилхлорида, изготовленного с использованием технологических и эксплуатационных отходов/ Л.И.Огородов// Технология. Сер. Конструкции из композиционных материалов. –М.:ВИМИ, 1997. -№3-4.-С.66-70.
4. Огородов, Л.И. Длительная прочность поливинилхлорида, изготовленного по технологии с использованием технологических и эксплуатационных отходов/ Л.И.Огородов//Технология. Сер. Конструкции из композиционных материалов. –М. :ВИМИ, 1997. -№1-2.-С.76-81.
5. Низкотемпературное воздействие и поверхностное пластическое деформирование образцов полимерных и полимерных композиционных материалов/ Л.И.Огородов, В.Н.Реутов, И.Л.Огородова// Современные технологии в машиностроении. – Пенза, 2006. – С.74-74.

СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ШИПОВ ТОРЦОВЫМ ПРЕССОВАНИЕМ

С.Г. ГАНАПОЛЬСКИЙ, О.А. РУБЛЕВА

Россия, Вятский государственный университет, г. Киров

Наиболее распространенным и изученным способом изготовления шипов для получения клеевых соединений является фрезерование. При фрезеровании образуются отходы в виде стружки, что вызывает необходимость использования систем аспирации и повышает энергоемкость процесса изготовления шиповых соединений. Кроме того, при фрезеровании перерезаются волокна древесины, что снижает качество поверхности шипов и увеличивает расход клея.

Перспективным способом изготовления шипов и проушин является холодное торцовое местное прессование, путем вдавливания в торцы заготовок пуансона с профилем, соответствующим форме шипов и проушин. По сравнению с фрезерованием данный способ требует меньших затрат на инструмент, при этом не образуются отходы в виде стружки. Таким образом, операция изготовления шипов и проушин с помощью торцового прессования является энергосберегающей и безотходной. Однако внедрение способа торцового прессования в производство сдерживалось в связи с недостаточным объемом исследований силовых и качественных показателей процесса.

Анализ опубликованных научно-исследовательских работ показал, что отсутствуют рекомендации по выбору режимов торцового прессования шипов, необходимого оборудования и оснастки, а также оценке качества шиповых соединений на прессованный шип.

В работе [1] приведены результаты экспериментальных исследований качественного изменения структуры древесины сосны, березы и дуба при внедрении призматического индентора в торцовую поверхность образцов. Выявлены стадии и зоны деформации древесины при формировании прямоугольной проушины, граничные условия процесса прессования, предельные глубины внедрения индентора. При наличии обжима заготовки, отсутствии косослоя в древесине и влажности древесины W от 8 до 18% возможно получение качественных прямоугольных проушин глубиной h_p , не превышающей двух с половиной ширины проушины B . Развиваемое при этом давление составило не более 60 МПа для сосны, 90 МПа для дуба, 66 МПа для березы. Результаты исследований использованы при разработке математических моделей, необходимых для расчета усилия прессования и значений показателей качества шипов.

На основе методики П.Н. Хухрянского разработана математическая модель, устанавливающая зависимость усилия прессования F проушины в заготовке определенной породы от наиболее существенных факторов: толщины заготовки S , ширины B и глубины h_p проушины, влажности W и температуры t древесины [2]. С целью определения возможности использования полученной модели для технологических расчетов проведена экспериментальная оценка усилия прессования прямоугольной проушины в заготовках из древесины сосны, березы, дуба и определены корректирующие коэффициенты влияния породы и влажности. Уточненная модель позволяет определять требуемое усилие прессования прямоугольных проушин в заготовках [3]. Наиболее существенное влияние на усилие прессования F оказывает влажность древесины W , при увеличении влажности W усилие прессования F снижается.

Выполнены экспериментальные исследования по определению значений следующих показателей качества шипов: шероховатости граней проушины $R_{m\max}$; качества макроструктуры пластически деформированной зоны; относительной глубины деформированной зоны h_3 ; твердости дна проушин HRL ; прочности шиповых соединений на растяжение σ_{rW} и изгиб σ_{izW} [4].

Оценка шероховатости граней проушины по параметру $R_{m\max}$ проведена по ГОСТ 7016-82. При исходной шероховатости торца заготовки $R_{m\max}=200$ мкм среднее значение шероховатости граней проушины для образцов из древесины сосны составило $R_{m\max}=80$ мкм, из древесины березы – $R_{m\max}=83$ мкм, из древесины дуба – $R_{m\max}=78$ мкм.

Оценка качества макроструктуры пластически деформированной зоны проведена по предложенной в работе пятибалльной шкале: от 5 баллов – «отличная структура» – видимые изменения макроструктуры отсутствуют, до 1 балла – «дефектная структура» – в зоне деформации наблюдается значительное изменение направления волокон и значительное изменение тона окраски, четко просматриваются границы деформированной зоны. В образцах из древесины сосны качество мак-

роструктуры деформированной зоны оценено в основном на 4 балла, из древесины березы и дуба - основном на 3-4 балла.

Получены математические модели для расчета твердости дна проушины HRL и относительной глубины деформированной зоны h_3 в заготовках из древесины сосны, березы и дуба. Модели имеют вид регрессионных зависимостей HRL и h_3 от влажности древесины W , ширины B и глубины h_n проушины. Увеличение глубины деформированной зоны снижает эстетичность внешнего вида соединения. Наибольшее влияние на глубину деформированной зоны оказывает глубина получаемой проушины, рекомендуемые размеры проушины - глубина $3 \div 10$ мм, ширина $2 \div 6$ мм. Увеличение твердости дна проушины на 100% снижает впитываемость клея и повышает прочность склеивания на $6 \div 8\%$. Наибольшее влияние на увеличение твердости оказывает влажность древесины, рекомендуемые значения влажности для изготовления шипов - от 8 до 16 %.

Результаты испытаний по ГОСТ 15613.5-79 и 15613.4-78 показали, что прочность шиповых соединений по длине на растяжение σ_{rW} и изгиб σ_{izW} составляет 38-58% от прочности массивной древесины и является достаточной для изготовления столярно-строительных изделий. Предложены модели для расчета прочности шиповых соединений, полученных способом торцового прессования, в зависимости от пределов прочности древесины при растяжении вдоль волокон σ_r и при статическом изгибе σ_{iz} . Модели позволяют с достаточной степенью точности рассчитать пределы прочности на растяжение σ_{rW} и на изгиб σ_{izW} шиповых соединений по длине, полученных на основе способа торцового прессования, в исследованном диапазоне размеров.

В работе [5] предложена методика выбора и расчета параметров шиповых соединений различного назначения, с использованием разработанных авторами математических моделей и дифференциального метода оценки качества технической продукции [6]. Проведена оценка технического уровня соединения на прессованный шип. Уровень качества соединения на прямоугольный прессованный шип составляет $Y_k=0,65$, что не уступает уровню качества аналогов.

Результаты научно-исследовательской работы рекомендуются для внедрения в производство столярно-строительных изделий. Замена операции фрезерования шипов в технологическом процессе сращивания заготовок по длине на операцию торцового прессования шипов позволит снизить энергоемкость процесса за счет отказа от использования систем аспирации, уменьшить расход клея и снизить себестоимость изготовления шиповых соединений. Для получения шиповых соединений высокого качества рекомендуется выбирать следующие параметры процесса: давление не более 60 МПа - для сосны, 90 МПа - для дуба, 66 МПа - для березы; влажность древесины от 8 до 16 %; глубина проушин $3 \div 10$ мм, ширина проушин $2 \div 6$ мм.

Литература

1. Кузнецов, Г.П. Изменение макроструктуры древесины при торцовом местном прессовании прямоугольной проушины / Г.П. Кузнецов, О.А. Рублева // Сборник материалов Всероссийской ежегодной научно-технической конференции "Наука - производство - технология - экология". - Киров, Изд-во ВятГУ. - 2004. - Т. 5. - С. 70-71.
2. Кузнецов, Г.П. Модель для расчета усилия прессования прямоугольной проушины в деревянной заготовке / Г.П. Кузнецов, О.А. Рублева // Сборник материалов Всероссийской ежегодной научно-технической конференции "Наука - производство - технология - экология". - Киров, Изд-во ВятГУ. - 2002. - Т. 3. - С. 59-60.
3. Рублева, О.А. Анализ моделей расчета силовых параметров при прессовании шиповых соединений деревянных заготовок / О.А. Рублева, Г.П. Кузнецов // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы международной научно-технической конференции. - Вологда: ВоГТУ. - 2005. - С. 83-84.
4. Рублева, О.А. Качество шипов, изготовленных холодным торцовым прессованием / О.А. Рублева, Г.П. Кузнецов // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. - М.: МГУЛ. - 2010. - вып.4. - С. 160-163.
5. Рублева, О.А. Методика проектирования технологического процесса изготовления прямоугольного шипового соединения способом прессования / О.А. Рублева // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы международной научно-технической конференции. - Вологда: ВоГТУ. - 2008. - С. 67-69.
6. ГОСТ 15467-79. (СТ СЭВ 3519-81). Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения.

АНАЛИЗ РАЗМЕРОВ ПОРОКОВ ДРЕВЕСИНЫ И ДЕФЕКТОВ ОБРАБОТКИ В РАЗЛИЧНЫХ СТАНДАРТАХ

Л.С. СУРОВЦЕВА, А.В. СТАРКОВА

Россия, Северный (Арктический) федеральный университет, г. Архангельск

Целью каждого предприятия является получение наибольшей прибыли. Одним из направлений эффективной работы лесопильных предприятий может быть расширение номенклатуры выпуска лесопроductии, которая отвечает потребности рынка.

Архангельские лесопильно-деревообрабатывающие предприятия специализируются на выпуске экспортных пиломатериалов северной сортировки [1]. Скандинавские страны выпускают пилопродукцию по своим скандинавским правилам – нордические пиломатериалы (Nordic timber) [2].

В соответствии с ГОСТ 26002-83 предусматривается 5 сортов – 1, 2, 3, 4, 5. По скандинавским правилам предусматривается 7 сортов – А1, А2, А3, А4, В, С, D.

По согласованию с покупателем лесозаводы могут сортировать пилопродукцию отдельно по каждому сорту или по сочетанию разных сортов в соответствии с их требованиями к товару.

Анализ пороков и дефектов обработки показал, что имеются различия в измерении пороков древесины и дефектов ее распиловки. Это, главным образом, относится к сучкам в ГОСТ 26002-83.

Для сорта D конкретные числовые значения для всех встречающихся пороков древесины и дефектов ее обработки не устанавливаются, но допускаются при условии сохранения целостности древесины.

По скандинавским правилам требования к порокам древесины и дефектам обработки более жесткие, чем ГОСТ 26002-83, за исключением дефекта покоробленности. По скандинавским правилам для каждого сорта в зависимости от сечений пиломатериалов устанавливается конкретно один размер порока или дефекта обработки для пиломатериалов северной сортировки указан диапазон размеров.

Для анализа за эталон приняты размеры пороков древесины и дефектов обработки по скандинавским правилам. В таблицах 1, 2, 3 даны размеры здоровых сучков для нордических пиломатериалов и отклонения размеров этих же сучков в ГОСТ 26002-83. Во всех таблицах \pm - отклонения размеров сучков в ГОСТ 26002-83 к Скандинавскому стандарту в зависимости от сорта.

Анализ показал, что в пиломатериалах северной сортировки размеры сучков имеют отклонения от эталона в основном в большую сторону. В толстых пиломатериалах размеры сучков имеют отклонения как в большую, так и меньшую сторону, за счет чего расширяется диапазон допускаемых сучков.

Гнилые и табачные сучки в высших сортах (А и б/с) обоих стандартов не допускаются как на пласти, так и на кромках. Для других сортов имеются отклонения для сучков на пласти меньше на 1...9 мм в 4 сорте по сравнению с сортом В. В 5 сорте и сорте D гнилые и табачные сучки на пластьях досок допускаются для всех сечений пиломатериалов. В сорте С размер данных сучков колеблется от 50 до 68 мм.

Загнившие, гнилые и табачные сучки допускаются с ограничениями в сортах В и С. В 4 сорте – на 8...30 мм, в 5 сорте – 5...36 мм больше, чем соответственно в сортах В и С.

Анализ размеров и отклонений размеров смоляных кармашков, также показал, что в пиломатериалах северной сортировки количество кармашков и их размеры больше, чем в пиломатериалах скандинавских правил (таблица 4).

Требования к покоробленности в пиломатериалах северной сортировки более жесткие, чем к нордическим пиломатериалам (таблица 5).

Таблица 1

**Размеры и отклонение размеров сросшихся здоровых пластевых сучков
в зависимости от стандартов, мм.**

Толщина доски, мм	Стандарт, сорт											
	сорт А1	± сорт 1	сорт А2	± сорт 2	сорт А3	± сорт 3	сорт А4*	сорт В	± сорт4	сорт С	± сорт5	сорт D
В узких пиломатериалах												
16-25	8 n=1	+2...6 n=1	10 n=2	+5...8 n=1	15 n=3	+4...7 n=2 или +7...17 n=1	25 n=4	40 n=5	Допускается	55 n=6	Допускается	
32-38			15 n=2	0...+3 n=1	20 n=3	-1...+5 n=3 или +5...12 n=1	30 n=4	45 n=5		60 n=6		
44-50	10 n=1	0...+4 n=1	20 n=2	5...+4 n=1	25 n=3	-6...0 n=3 или 0...+7 n=1	35 n=4	50 n=5		65 n=6		
63-75	15 n=1	-5...-1 n=1			30 n=3	-5 n=2 или -5...+8 n=2	40 n=4	55 n=5		70 n=6		
В широких пиломатериалах												
16-25	8 n=1	+2...6 n=1	15 n=2	0...+3 n=1	20 n=3	-1...+2 n=2 или +2...12 n=1	30 n=4	45 n=5	Допускается	60 n=6	Допускается	
32-38	10 n=1	0...+4 n=1			25 n=3	-6...0 n=3 или 0...+13 n=1	35 n=4	50 n=5		65 n=6		
44-50			20 n=2	-5...-3 n=1	30 n=3	-11...-5 n=3 или -5...+8 n=1	40 n=4	55 n=5		70 n=6		
63-75	15 n=1	2...+2 n=1	25 n=2	7...+2 n=1	35 n=3	-7...+3 n=2 или +3...+15 n=1	45 n=4	60 n=5		75 n=6		

В таблице 6 даны размеры трещин для нордических пиломатериалов и отклонения для пиломатериалов северной сортровки. Для пиломатериалов ГОСТ 26002-83 трещины допускаются по протяженности длиннее во всех сортах, чем в пиломатериалах скандинавских правил.

Таблица 2

**Размеры и отклонение размеров сросшихся здоровых кромочных сучков
в зависимости от стандартов, мм.**

Толщина Доски. мм	Стандарт, сорт											
	сорт А1	± сорт 1	сорт А2	± сорт 2	сорт А3	± сорт 3	сорт А4*	сорт В	± сорт 4	сорт С	± сорт 5	сорт D
16-19	Не допускается	0...+6 n=1-2	8 n=1	-1...+2 n=1-2	10 n=1	+1...+6 n=2	15 n=2	Допус- кается	Допускается	сорт С	± сорт 5	сорт D
22-25												
32-38		0...+6 n=2-3	10 n=1	-3...+2 n=1 или +3...+9 n=2-3	15 n=1	-2...+1 n=2-4 или +18...+22 n=2-4	25 n=2	30 n=3				
44-50												
63-75					15 n=1	-8...-3 n=3-5 или -2...+4 n=3-5	25 n=1	-12...-9 n=5- 6 или 0...+7 n=3-5				

Таблица 3

**Размеры и отклонение размеров несросшихся здоровых пластовых сучков
в зависимости от стандартов, мм.**

Толщина Доски, мм	Стандарт, сорт												
	сорт А1	± сорт1	сорт А2	± сорт2	сорт А3	сорт 3	сорт А4*	сорт В	± сорт4	сорт С	± сорт5	сорт D	
В узких пиломатериалах													
16-25	Не допускается		7 n=1	Не допускается	10 n=3	+3 n=1	17 n=4	28 n=5	+10 n=1	55 n=6	-5...+33 n=1	Допускается	
32-38			10 n=1		14 n=3	-1 n=1	21 n=4	32 n=5	+6 n=1	60 n=6	-10...+23 n=1		
44-50			17 n=3		-4 n=1	24 n=4	35 n=5	+3 n=1	65 n=6	-15...+18 n=1			
63-75			14 n=1		21 n=3	-2 n=1	28 n=4	38 n=5	+12 n=1	70 n=6	-20...+13 n=1		
В широких пиломатериалах													
16-25	Не допускается		10 n=1	Не допускается	14 n=3	-1 n=1	21 n=4	32 n=5	+6 n=1	60 n=6	-10...+23 n=1	Допускается	
32-38					17 n=3	+2 n=1	24 n=4	35 n=5	+15 n=1	65 n=6	-15... +18 n=1		
44-50					14 n=1	21 n=3	-2 n=1	28 n=4	38 n=5	+ 12 n=1	70 n=6		-20...+13 n=1
63-75					17 n=1	24 n=3	+1 n=1	32 n=4	42 n=5	+ 21 n=1	75 n=6		-25...+8 n=1

Таблица 4

Размеры и отклонение размеров смоляных кармашков в зависимости от стандартов, мм.

Толщина Доски, мм	Стандарт, сорт											
	сорт А1	± сорт 1	сорт А2	± сорт 2	сорт А3	± сорт 3	сорт А4*	сорт В	± сорт 4	сорт С	± сорт 5	сорт D
На пластях												
16-25	Не допускается	+25 n=2-3 (на пласти)	20 n=1 (на 1 метре длины)	+55 n=3-4 (на пласти)	40 n=1 (на 1 метре длины)	+85 n=5 (на пласти)	50 n=2 (на 1 метре длины)	100 n=2 (на 1 метре длины)	Допускается	150 n=2 (на 1 метре длины)	Допускается	

Таблица 5

Размеры и отклонение покоробленности в зависимости от стандартов, %.

Толщина Доски, мм	Стандарт, сорт											
	сорт А1	± сорт 1	сорт А2	± сорт 2	сорт А3	± сорт 3	сорт А4*	сорт В	± сорт 4	сорт С	± сорт 5	сорт D
Продольная покоробленность по пласти, % к измеряемому участку (2-1,5 м)												
До 44 мм	0,5	-0,1	0,5	-0,1	0,75	-0,35	0,75	0,75	+0,12	1,5	-0,63	
Свыше 44 мм	0,25	+0,15	0,25	+0,15	0,5	-0,1	0,5	0,5	+0,37	1	-0,13	+

Таблица 6

Размеры и отклонение размеров трещин в зависимости от стандартов, %.

Толщина Доски, мм	Стандарт, сорт											
	сорт А1	± сорт 1	сорт А2	± сорт 2	сорт А3	± сорт 3	сорт А4*	сорт В	± сорт 4	сорт С	± сорт 5	сорт D
Несквозные трещины усушки допускаются на протяжении доски не более в процентах:												
16-25					5	+62	15	25	+75 (п.с.ц.)	70	+30 (п.с.ц.)	100 (п.с.ц.)
32-50	0	+33	0	+50	15	+52	25	35	+65 (п.с.ц.)	90	+10 (п.с.ц.)	
63-75					25	+42	35	50	+50 (п.с.ц.)	100 (п.с.ц.)	0	
Сквозные без выхода в торец, отлупные												
16-25			-	-	-	-	-	-	-		-	100 (п.с.ц.)
32-50	-	-	0	+10	0	+10	-	0	+20	20	+80	
63-75			0	+20	0	+20		0	+33		(п.с.ц.)	
Кромочные												
	+(н.п. р.к)	+40 мм	+(н.п. р.к)	+40 мм	+(н.п. р.к)	+(н.п. р.к)	+(н.п. р.к)	+(н.п. р.к)	+(н.п. р.к)	+(н.п. р.к)	+(н.п. р.к)	Пересекающие ≤100 мм
Торцовые												
	-	-	-	-	0	+50% ширины доски	-	-	+	-	+	До ширины доски

Примечание:

1. п.с.ц – допускается при сохранении целостности пиломатериалов

2. н.п.р.к. – не пересекающие рёбра и кромки

Требования к прорости в высших сортах одинаковы в обоих стандартах, однако, в более низких сортах в нордических пиломатериалах требования более жесткие, чем в пиломатериалах северной сортировки (таблица 7).

Таблица 7

Размеры и отклонение размеров прорости в зависимости от стандартов.

Вид порока	Стандарт, сорт											
	сорт А1	И сорт 1	сорт А2	И сорт 2	сорт А3	И сорт 3	сорт А4*	сорт В	И сорт 4	сорт С	И сорт 5	сорт D
Прорость	Длина прорости, мм											
	Не допускается					-75 n=1 и +50 n=3 (на пла- стях) и +15 n=2 (на кромках)	100 n=1 (на метре длины)	200 n= 1 (на 1 метре дли- ны)	в толстых дос- ках – допуска- ется; в тонких и сред- них – (- 25)			300 n=1 (на метре длины)

Обзол тупой в пиломатериалах ГОСТ 26002-83 как по длине, так и по ширине допускается больших размеров, чем в нордических пиломатериалах. Требования к острому обзолу одинаковые в обоих стандартах (таблица 8).

Таблица 8

Размеры и отклонение обзола в зависимости от стандартов.

Толщина Доски, мм	Стандарт, сорт													
	сорт А1	И сорт 1	сорт А2	И сорт 2	сорт А3	И сорт 3	сорт А4*	сорт В	И сорт 4	сорт С	И сорт 5	сорт D		
Обзол тупой														
Длина обзола (процент от длины доски), %														
До 25 мм	кромка	одна	Не допус- кается	+20	Не допус- кается	+25	Не допус- кается	+33	30	40	+26	50	+50	Допускается
		каждая		+10		+20		+25	+25	20	30	+36	40	
Свыше 25 мм		одна	Не допус- кается	+20	Не допус- кается	+25	Не допус- кается	+33	20	30	+36	40	+60	
		каждая		+10		+20		+25	10	20	+46	30	+90	
Ширина обзола, в процентах от толщины пиломатериала														
До 25 мм	Не до- пус- кает- ся	+25	Не до- пус- кает- ся	+33	Не до- пус- кает- ся	+50	14	21	+46	28	+39	Допускается		
Свыше 25 мм		+20		+25		+33								
Обзол острый														
Не допускается											+10% от дли- ны доски на од- ной кромке	10% от длины доски		

Допускаемые размеры пороков древесины и дефектов обработки практически по всем видам и сортам в нордических пиломатериалах имеют требуемые параметры меньше, чем в пилома-

териалах северной сортировки. Однако, наличие семи сортов дает возможность удовлетворить большее количество потребителей с различными требованиями к пилопродукции, тем самым расширить рынок покупателей.

Литература

1. ГОСТ 26002-83 Пиломатериалы хвойных пород северной сортировки, поставляемые для экспорта. Технические условия. – Введ. 01.01.85 – М., Изд-во стандартов, 1985.–33с.
2. Нордические пиломатериалы (Nordic timber). Скандинавские правила сортировки сосновых и еловых пиломатериалов. – М., центр «Лес эксперт», 1994.–62 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОТОПЛИВА ДЛЯ СИСТЕМЫ ВОЗДУШНОГО ОТОПЛЕНИЯ

В.К. ЛЮБОВ

Россия, Северный (Арктический) федеральный университет, г. Архангельск

В технологическом цикле предприятий лесопромышленного комплекса образуется значительное количество побочных продуктов основного производства, которые относятся к вторичным топливно-энергетическим ресурсам (ВТЭР), однако в полном объеме не находят полезного применения. Одним из перспективных направлений использования ВТЭР, является их применение в качестве топлива для теплогенерирующих установок воздушных систем отопления.

Одна из таких установок была внедрена в ОАО «Лесозавод №3» г. Архангельска. Установка работает на древесном топливе и предназначена для подогрева воздуха, поступающего на отопление окорочной станции 1 (рис.). Сжигание топлива осуществляется на конусообразной колосниковой решетке циклонной топки 2. Загрузка топлива производится через верхнюю горловину с помощью транспортера 3. Воздух для горения подается двумя центробежными вентиляторами 4 и 5, при этом один из них обеспечивает его подачу под колосниковую решетку, а второй через тангенциально расположенные сопла в объем камеры сгорания. Образующиеся дымовые газы после топки поступают в воздухоподогреватель 6, затем в золоуловитель 7 (батареиный циклон) и с помощью дымососа 8 через дымовую трубу высотой 16 м выбрасываются в атмосферу. Подогрев воздуха для отопления осуществляется за счет теплоты дымовых газов в двухходовом стальном рекуперативном воздухоподогревателе, выполненном из труб диаметром 51 мм.

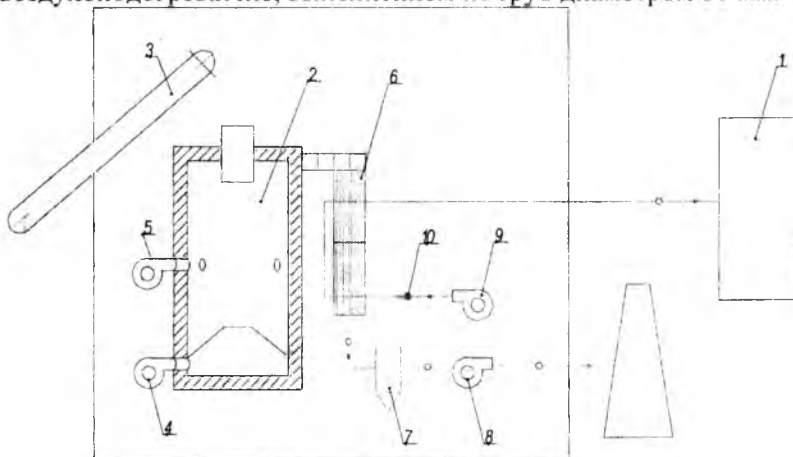


Рис. Принципиальная схема установки: 1 – окорочная станция; 2 – топка;
3 – транспортер; 4, 5 – вентиляторы первичного и вторичного воздуха;

6 – воздухоподогреватель; 7 – золоуловитель; 8 – дымосос;

9 – циркуляционный вентилятор подогретого воздуха; 10 – измерительные сечения

При проведении энергетического обследования выполнен анализ пяти режимов работы теплогенерирующей установки (на всех режимах циркуляционный вентилятор 9 линии подогрева

воздуха находился в работе): I режим – естественная тяга; II режим – искусственная тяга (дымосос включен, вентиляторы 4 и 5 выключены); III режим – включен дымосос и вентилятор 5, подающий воздух в надслоевую зону топки; IV режим – включен дымосос и вентиляторы 4 и 5; V режим – включен дымосос и вентилятор 4.

При исследовании работы теплогенерирующей установки в нее подавалась смесь древесного топлива, в которой преобладала кора. Испытания установки показали, что её теплопроизводительность ограничена температурными условиями надежной работы воздухоподогревателя и расходом организованно подаваемого воздуха на процесс горения. При теплотехнических характеристиках топлива, приведенных в таблице, максимальная теплопроизводительность составила 1,92 МВт. Однако для обеспечения надежной работы воздухоподогревателя теплопроизводительность установки не должна превышать 1,45 МВт.

Испытания теплогенерирующей установки проведены в диапазоне тепловых нагрузок от 0,185 до 1,92 МВт, при температурах горячего воздуха от 43 до 230 °С. Полный расход древесного топлива в исследованном диапазоне нагрузок составил 0,239...1,329 т/ч. Перетечки воздуха в воздухоподогревателе, неплотности газового тракта установки и отсутствие резерва по производительности вентиляторов, обеспечивающих подачу воздуха в топочную камеру, делают невозможным поддержание оптимального расхода организованно подаваемого воздуха при нагрузках более 1,49 МВт. Недостаточное количество воздуха, подаваемого в топку, явилось причиной повышенных потерь теплоты с химическим недожогом топлива ($q_3 = 4,29...6,24\%$) на IV и V режимах, обеспечивающих наибольшую производительность установки, при этом ее КПД составлял 69,15...67,55 %.

Сопротивление воздухоподогревателя по воздушной стороне составляло 570...635 Па. Величина сопротивления золоуловителя и воздухоподогревателя по газовой стороне в основном определяется нагрузкой установки (табл.). Экспериментальные исследования показали, что степень очистки продуктов сгорания от твердых частиц для режима V составила $\psi_{3y} = 74,8\%$.

Анализ условий тепловой работы установки показал, что потери теплоты с уходящими газами изменялись от 10,33 до 30,59 %. Большие значения данной потери объясняются высокой температурой дымовых газов за воздухоподогревателем (до 350 °С, режим IV), а также высокими значениями коэффициента избытка воздуха (режимы I – III).

Потери теплоты с механической неполнотой сгорания и с физической теплотой шлака составили: $q_4 = 1,24\%$; $q_6 = 0,06\%$. Потери теплоты от наружного охлаждения превышали нормативные значения ($q_5^н = 3,8\%$ при номинальной нагрузке) и составляли $q_5 = 4,34...42,34\%$, что объясняется работой установки на нагрузках ниже номинальной (2,33 МВт) и отсутствием тепловой изоляции на всех элементах газового тракта.

В газовом тракте в зоне установки воздухоподогревателя выявлены перетечки воздуха на газовую сторону. Кроме этого, имеют место и присосы холодного воздуха в золоулавливающую установку ($\Delta\alpha_y = 0,18...0,29$), что в комплексе с отсутствием изоляции на корпусе золоуловителя и газоходе вызывает снижение температуры дымовых газов на 30...50 °С. Имеет место присос холодного воздуха и в корпус дымососа ($\Delta\alpha_d = 0,05...0,27$).

Для исследованных режимов работы установки удельный расход условного топлива на выработку 1 ГДж изменялся в диапазоне 49,31...91,78 кг, а эмиссия оксидов азота – 54...218 мг/МДж, при этом наибольшие значения она имела для режима III. Определяющее влияние на эмиссию оксида углерода оказывают: количество организованно подаваемого воздуха в топочную камеру, а также условия его распределения в топке. Пониженные значения коэффициента избытка воздуха, подаваемого в топку на IV и V режимах, явились причиной повышенной эмиссии угарного газа (14,06...6,78 г/МДж). Общий диапазон изменения которой, составил 0,71...14,06 г/МДж.

При работе установки на древесном топливе её теплопроизводительность зависит от двух факторов: теплотехнических характеристик топлива и расхода организованно подаваемого воздуха. Однако при существующем состоянии основного и вспомогательного оборудования, обеспечить работу установки с номинальной нагрузкой не удалось, что связано, в первую очередь, с ограничениями по «дутью». Теплоизоляция элементов газового тракта, в соответствии с действующими нормативными документами, позволит увеличить максимальную теплопроизводительность установки и обеспечит дальнейшее повышение ее экономических и экологических показателей. В

настоящее время на теплогенерирующей установке отсутствует возможность регулирования производительности вентиляторов и дымососа.

Таблица

Некоторые результаты испытаний теплогенерирующей установки

Наименование величины	Обозначение, размерность	Режим работы				
		I	II	III	IV	V
Теплопроизводительность	Q , МВт	0,185	0,813	0,876	1,917	1,498
Давление воздуха до и после воздухоподогревателя	$P_{х.в.}/P_{г.в.}$, кПа	0,73/0,14	0,73/0,10	0,69/0,12	0,68/0,1	0,71/0,12
Температура воздуха до и после воздухоподогревателя	$t_{х.в.}/t_{г.в.}$, °С	7/43	7/168	7/171	7/230	7/215
Влажность топлива	W_t^r , %	52,59				
Зольность топлива	A^r , %	1,06				
Низшая теплота сгорания	Q_{is} , МДж/кг	7,517				
Температура газов перед золоуловителем	ϑ_{yx} , °С	135	287	329	350	336
Разрежение газов до и после золоуловителя	S_{yx}/S_{zy} , Па	0/20	260/530	10/500	160/430	180/440
Избыток воздуха до и после золоуловителя	α_{yx}/α_{zy}	1,93/2,22	1,98/2,17	2,02/2,21	0,9/1,08	1,18/1,36
Потери теплоты: с уходящими газами	q_2 , %	10,33	25,83	30,59	18,97	21,40
с химнедожогом	q_3 , %	8,88	0,89	0,87	6,24	4,29
от наружного охлаждения	q_5 , %	42,34	9,44	8,78	4,34	5,46
КПД брутто установки	$\eta_{бв}$, %	37,15	62,54	58,47	69,15	67,55
Полный расход биотоплива	$V_{др}$, т/ч	0,239	0,623	0,718	1,329	1,063
Эмиссия NO_x	E_{NO_x} , мг/МДж	54	186	218	118	82
Эмиссия CO	CO, г/МДж	7,635	0,746	0,706	14,056	6,776

Анализ результатов, полученных в ходе комплексного энергетического обследования установки, позволил сделать следующие выводы:

- 1) наиболее экономичным является IV режим работы, однако он не позволяет обеспечить надежную работу воздухоподогревателя;
- 2) режим V позволяет получить приемлемую эффективность работы установки, однако для обеспечения надежной работы воздухоподогревателя необходимо организовать контроль температуры газов перед ним;
- 3) до оснащения установки необходимым парком КИП следует использовать II режим работы, обеспечив наличие в топливной смеси крупных фракций биотоплива.

ЖИДКОЕ БИОТОПЛИВО – ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ

Г.И. КОЛЬНИЧЕНКО, А.В. СИРОТОВ, Я.В. ТАРЛАКОВ
Россия. Московский государственный университет леса

Не подлежит сомнению, что в ближайшую четверть века нефть и продукты её переработки по-прежнему будут играть важную роль в энергетическом балансе мира. Это обусловлено тем, что у человечества на сегодняшний день отсутствует альтернативный экономичный источник для мобильной энергетики /1/. Несмотря на значительные усилия, предпринимаемые во всех странах, по созданию заменителей нефти, продукты ее переработки еще долго останутся основным видом сырья для транспорта, сельскохозяйственных машин, военной техники, сырьем для нефтехимического синтеза. Если ранее (т.е. в период с 1900 по 1980 г.г.) мировая нефтедобыча прогрессивно возрастала, то, начиная с 1980 года, темпы прироста разведанных запасов нефти снизились в несколько раз по сравнению с темпами ее добычи, что свидетельствует о грядущих трудностях мирового потребления нефти. За последнее время мировые тенденции в разведке запасов и объемах ежегодной добычи нефти становятся все более тревожными.

Поэтому XII международный энергетический форум единодушно высказался за развитие возобновляемых источников энергии. Президент России в своем послании к Федеральному собранию (декабрь 2009 г.) отметил, что России «нужно не только наращивать добычу полезных ископаемых, но и добиваться лидерства во внедрении инноваций – как в традиционной, так и в альтернативной энергетике».

Биоэнергетика является частью альтернативной – возобновляемой – энергетики.

Составные части современной промышленной биоэнергетики – это термохимические технологии (А) и биотехнологии (Б).

А. Термохимические технологии:

- прямое сжигание – получение тепловой и электрической энергии;
- производство пеллет – получение тепловой и электрической энергии, сингаза, водорода, жидких нефтеподобных углеводородов;
- газификация и пиролиз – производство сингаза, водорода, тепловой и электрической энергии;
- фест – пиролиз – получение жидких углеводородов;
- синтез – производство метанола.

Б. Биотехнологии:

- производство биоэтанола и биодизельного топлива для транспорта;
- производство биоводорода и биогаза для транспорта и получения тепловой и электрической энергии.

Биоэнергетика как самостоятельный сектор мировой энергетики активно развивается в постиндустриальных странах (США, ЕС и др.) и в развивающихся странах (Китай, Индия, Бразилия, Мексика и др.) /2/.

К 2020 г. в странах ЕС 20% всей потребляемой энергии будет вырабатываться без сжигания нефти и газа. В мире набирает обороты производство жидкого биотоплива. За четыре года (2004 – 2008гг.) производство биодизельного топлива увеличилось шестикратно, а производство этанола возросло почти в два раза.

Энергетика, как российская, так и мировая – единое целое и поэтому нельзя противопоставлять одно направление современной энергетики другому. Промышленность – основа экономического потенциала страны. Только конкурентоспособная промышленность в состоянии обеспечить конкурентоспособность экономики в целом. Основной целью энергетической политики России является эффективно развивающийся топливно – энергетический комплекс с его развивающимися внутренними топливно – энергетическими рынками. Биоэнергетика должна стать частью этого рынка, особенно в агропромышленном (АПК) и лесопромышленном комплексе (ЛПК).

В АПК существенный вклад в локальное производство топлива и энергии внесут технологии по переработке органических отходов АПК: отходы животноводства, птицеводства, растениеводства, требующие активной утилизации и переработки в целях защиты окружающей среды, т.е.

АПК - мощный производитель органических отходов, которые являются биотехнологическим сырьем.

Россия обладает также гигантскими запасами лесной древесины – 36 млрд. тонн с энерго-содержанием 27,4 млрд. тонн условного топлива. При ротации 40 лет и применении современных технологий переработки отходы могут составлять в год до 0,9 млрд. тонн с энергосодержанием 620 млн. тонн условного топлива (для сравнения – добыча нефти дает в год 890 млн. тонн условного топлива, а газа – 741 млн. тонн условного топлива). Таким образом, при рациональной переработке лесной фитомассы Россия будет в состоянии преодолеть растущий дефицит углеводородного сырья для внутреннего потребления /2/.

Биоэнергетика находит все более широкое применение в решении этой проблемы. В ее развитии должен активное участие принять, в основном, малый и средний бизнес.

Поучителен опыт Республики Татарстан, реализующий Государственную программу по биотехнологии и биотопливу, которая предусматривает создание плантаций быстрорастущих деревьев на площади не менее 10% лесного фонда, внедрение биоземледелия на площадях не менее 20% от сельхозугодий, производство аквакультур, микроводорослей, организация республиканского биоресурсного центра. Все перечисленное необходимо для получения, в том числе жидкого биотоплива.

В большинстве своем биотоплива значительно отличаются по своим физико – химическим свойствам от традиционных жидких углеводородных топлив. Поэтому весьма важной задачей является изучение влияния свойств биотоплива на итоговые показатели работы двигателя (эксплуатационные, экономические, экологические). В проведении указанной работы заинтересованы все отрасли, использующие двигатели внутреннего сгорания.

Общепризнано, что разработка и внедрение двигателей с использованием биотоплива, является одним из приоритетных направлений в области механизации, электрификации и автоматизации перечисленных выше секторов экономики страны. В первую очередь, это относится к дизельным двигателям, которые являются важнейшей составной частью дизельных электростанций (стационарных и передвижных), широко применяемых в лесных районах страны без централизованного электроснабжения.

Последний фактор является характерным для значительной части потребителей России, учитывая тот факт, что более 10% населения страны проживает в регионах, не присоединенных к централизованным системам электроснабжения, и пользуется дорогим привозным топливом, поставки которого зачастую не только дороги, но и не надежны.

В таких регионах, как правило, имеется весомый потенциал возобновляемых источников энергии, что позволяет их использовать как взамен, так и в комбинации с традиционными источниками энергии. Более того в стране уже есть и появляются все новые фирмы и предприятия, производящие технологии и оборудование для решения упомянутых задач. Факторами, препятствующими их решению, являются:

- недостаточная осведомленность руководителей регионов и населения о возможностях биотехнологий;
- более высокая цена на нетрадиционные виды топлива, которые делают их применение экономически неконкурентоспособным по сравнению с традиционным топливом;
- неплатежеспособность тех, кто нуждается в использовании биотоплива;
- отсутствие поощрительного законодательства для разработки и использования возобновляемых источников энергии.

Преодоление перечисленных трудностей будет способствовать созданию эффективных комплексов энергоснабжения (тепло – и электро -) для лесных регионов России на основе комбинированного использования местных ресурсов биомассы.

В условиях лесного комплекса страны имеются огромные возможности применения биотоплива в смеси с традиционным топливом. Проблема использования жидкого топлива с биодобавками в настоящее время изучается в МГУЛеса с проведением экспериментальных работ. В ее решении особенно заинтересованы энергопотребители лесных отраслей, которые располагаются в местах, удаленных от централизованных источников электроснабжения.

Литература

1. Энергетика России: проблемы и перспективы: тр. Науч. Сессии РАН: Общ. Собрание РАН 19-21 декабря 2005 г./ под ред. В.Е. Фортова, Ю.Г. Леонова; РАН. - М.: Наука, 2006-499с. – ISBN 5-02-034274 -2.
2. «Биоэнергетика и биотехнологии – эффективное использование отходов лесозаготовок и деревообработки»: тезисы докладов. – М ГОУ ВПО МГУЛ, 2009г., с 62.О. Валенчук. Не панацея, а реальная альтернатива// Независимая газета – 29 сентября 2008 год.
3. Лесная биоэнергетика: учебное пособие / под ред. Ю.П. Семенова. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. – 348 с.: ил.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА В ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Н.Н. КУЛЕВА, О.Б. КИРИК

Россия, Вологодский государственный технический университет

Производство качественного пиломатериала требует глубокой переработки древесины и, что особенно важно, – качественной сушки пиломатериалов. За всем за этим стоят энергоносители. Внедрение энергосберегающих технологий и их эффективность при выпуске качественных конкурентоспособных изделий из дерева снизит себестоимость. Необходимо, чтобы тепловая энергия была своя и дешевая. Данная проблема актуальна для ООО «Харовсклеспром».

Предприятие было основано в 1919 году. Завод построен на удобном и выгодном месте, на берегу реки Кубены, вблизи железнодорожной ветки «Москва-Архангельск». Параллельно развивались два производства- дровопильное и лесопильное. За годы становления предприятие сменило несколько названий - лесозавод № 45, Харовский ЛДК, ЛПК, ОАО «Лесдок».

Выпускаемая продукция ООО «Харовсклеспром»: шпала, пиломатериалы, щепя технологическая, оконные блоки, балконные блоки, дверные блоки, дверные блоки ДПФ, детали профильные, тара, поддоны на клюкву, клин, настилы ЛАДЕ, п/м экспортные сырые, п/м экспортные сухие, п/м экспортные боковые сухие, п/м экспортные боковые сырые, настилы Дания, тарная доска ВФ, пиломатериалы строг. сухие, пиломатериалы 5 сорт, решетки для поддонов, продукция ИКЕА, заготовки для поддонов, подставки елочные.

Продукция комбината реализуется в различные регионы России, в страны ближнего и дальнего зарубежья. На предприятии продолжается освоение производства экспортной продукции из лиственных пиломатериалов (европоддоны, настилы для кроватей, экспортные пиломатериалы).

При обследовании объекта на месте была выяснена следующая ситуация. Существующая котельная тепловой мощностью 0,5 Гкал/час с двумя водогрейными котлами отапливалась привозным углем.

Системы топливоподачи и золоудаления на котлах отсутствовали.

Назначение котельной - отопление производственных и складских помещений.

С другой стороны работает действующее деревообрабатывающее производство, и скопилось значительное количество древесных опил, стружки, щепы и кусковых отходов. На предприятии есть сушильные камеры для сушки пиломатериалов, и при их работе затрачивается большое количество электроэнергии.

Таким образом, предлагается модернизация существующих котлов с возможностью их работы на древесных отходах, то есть полностью исключить уголь как топливо.

В таблице 1 приведена характеристика различных видов топлива.

Проведя бальную оценку по каждому виду топлива, мы видим, что древесные отходы получили суммарную оценку в 7 баллов в рейтинге, а уголь - 3 балла.

Таблица 1

Сравнительная характеристика основных видов топлива

Вид топлива	теплота сгорания		содержание серы в дымовых газах		содержание золы		содержание CO ₂ в дымовых газах		сумма баллов
	МДж/кг	балльная оценка	%	балльная оценка	%	балльная оценка	кг/ГДж	балльная оценка	
Уголь	15-25	2	1-3	0	10-20	0	60	1	3
Мазут	42	4	1,2	2	1,5	2	78	0	8
Отходы древесные (опил, стружка, щепа)	10	0	0	3	2	1	0	3	7
Природный газ	36	3	0	3	0	4	57	2	12
Паллеты (древесные гранулы)	17,5	1	0,1	1	1	3	0	3	8

Таблица 2

Затраты на использование в качестве топлива угля и древесных отходов (без учета НДС):

Вид топлива	Теплотворная способность	Цена	Стоимость одного кВт*ч
Уголь	4 кВт*ч/кг	1,2 руб./кг	0,3 руб.
Древесные отходы	2,5 кВт*ч/кг	0,3 руб./кг	0,12 руб.

Таким образом, из таблицы следует, что при использовании котельных установок на древесных отходах в сравнении с угольными котельными мы получаем значительную экономию.

Но кроме цены непосредственно на топливо, необходимо принимать во внимание расходы, связанные с выбором котлов, а именно:

- затраты на подвоз топлива;
- стоимость обслуживания установки и дополнительного оборудования для функционирования котлов;
- повышение цены на топливо.

Кроме этого необходимо обеспечить не менее чем трехсуточный запас топлива (древесных отходов) и полностью механизировать процесс топливоподачи древесных отходов к котлам, создать запас тепловой мощности котельной для обеспечения отопительной нагрузки и отопления сушильных камер пиломатериалов, минимизировать расстояния от котельной до будущих сушильных камер для исключения теплотерь теплоносителя, а также для установки в самой котельной шкафов управления сушильными камерами, чтобы оператор котельной мог контролировать процесс сушки, выбрать модульный вариант основного котельного и вспомогательного оборудования для простоты монтажа и его минимальных сроков.

При этом однозначное условие - система топливоподачи древесных отходов к котлам должна быть механизирована для повышения уровня эксплуатации котельной.

В целях снижения затрат на реконструкцию можно оставить существующие котлы с незначительными техническими изменениями и использовать их в качестве теплообменников. Для возможности сжигания древесных отходов можно использовать газогенераторную топку, позволяющую сжигать отходы высокой влажности и различного состава от мелких опил до коры. Газогенераторную топку и теплообменник необходимо соединить жаровой трубой, где и будет происходить полное окончательное сгорание генераторного газа и из которой горячие газы с температурой 1100°C поступают в теплообменник. Теоретически общий вид реконструированного котельного агрегата с переводом отопления с угля на древесные отходы должен был выглядеть так, как представлено на рисунке 1:

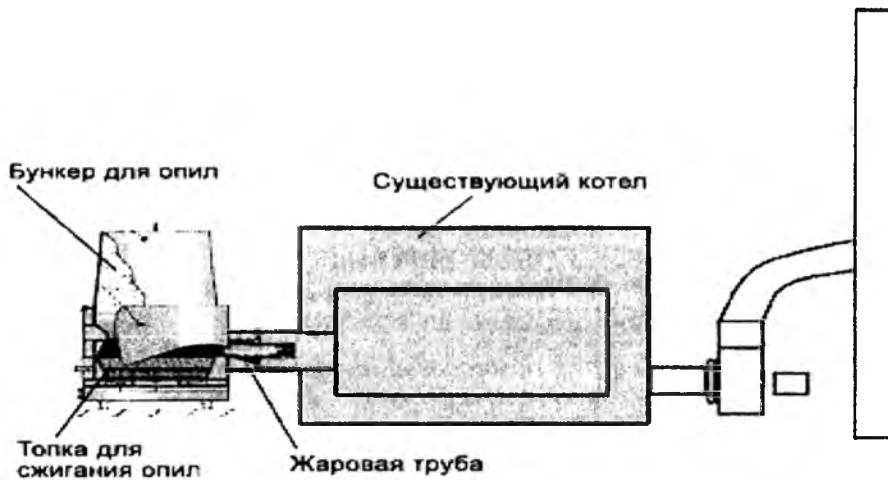


Рис. 1. Общий вид реконструированного котельного агрегата

Срок реконструкции от начала работ до розжига и вывод котельной на режим составляет 12 дней.

В конструкцию существующих угольных котлов, которые использовались как теплообменники, необходимо внести незначительные добавления, а именно установить взрывной клапан, удалить колосниковую решетку, выбрать и смонтировать дымосос с необходимым напором для обеспечения нормального разрежения.

Работы по подготовке оборудования к реконструкции спланированы таким образом, что остановка котельной составит 8 часов.

Далее рассчитаем эффективность использования древесных отходов в качестве топлива на ООО «Харовсклеспром».

Таблица 3

Расчёт эффективности модернизации котельной на ООО «Харовсклеспром»

Показатели	Вид топлива		Эффект от замены топлива
	Используемый (уголь)	Предлагаемый (древесные отходы)	
1. Площадь отапливаемых помещений, м ²	450	450	-
2. Стоимость 1кВт/ч, руб.	0,3	0,12	0,18
3. Стоимость отопления помещений, руб.-час/м ²	135	54	81
4. Время работы производственных и складских помещений в год, ч.	8760	8760	-
5. Стоимость топлива расходуемого на отопление, т.р.	1182,6	473,04	709,56
6. Затраты предприятия, т.р.	130441	118260	12181
в т.ч. на топливо, т.р.	1182,6	473,04	709,56
7. Прибыль, т.р.	3331	15512	12181
8. Рентабельность, %	2,6	13,1	10,5 п/п

Согласно данным таблицы 3, можно отметить, что в итоге рентабельность увеличится на 10,5 процентных пункта за счёт увеличения прибыли предприятия на 12181 тыс.руб. и снижения затрат на топливо в сумме 709,56 тыс.руб.

Таким образом, эффективность энергопотребления возможна за счет увеличения использования возобновляемых источников энергетических ресурсов в энергобалансе. Резервы древесных отходов как биологических ресурсов топлива для работы котельных велики. Экономическая выгода от внедрения энергетического оборудования, работающего на древесных отходах, очевидна. Не

стоит забывать также, что цены на покупное топливо будут постоянно расти до уровня мировых. Кроме этого, на предприятии решаются вопросы утилизации древесных отходов, как экологически чистого топлива.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОМАССЫ ДЛЯ ВЫРАБОТКИ ЭНЕРГИИ И ТЕПЛА. ОПЫТ ЕВРОПЫ

О.В. КОЧКИНА

Россия, Вологодский государственный технический университет

К.М. ЛАРСЕН

Дания, Justsen Energiteknik A/S

Нефтяной кризис 1973 г. стал стимулом для развития альтернативных источников энергии в Европе. Одним из наиболее эффективных решений в этой области стала выработка энергии из биомассы. Биомасса применительно к использованию в энергетике - весьма широкое понятие, включающее в себя отходы лесной и деревообрабатывающей промышленности, сельскохозяйственные отходы, твердые бытовые отходы (ТБО), жидкие стоки, различные промышленные отходы, содержащие органику. Основные методы энергетического использования биомассы - термохимические (сжигание, газификация, пиролиз) или биохимические (анаэробное сбраживание с получением биогаза, спиртовое брожение). Для электроэнергетики наибольшее значение имеет либо непосредственное сжигание биомассы, либо предварительная газификация с последующим сжиганием горючего газа. В настоящее время в Европе наиболее широкое применение при сжигании биомассы имеют древесные пеллеты, брикеты, щепа, солома. Их теплотворная способность приведена в таблице 1

Таблица 1

Древесная щепа	Солома	Древесные пеллеты
Средний расход древесной щепы обладающей теплотой сгорания 15,2 МДж/кг(3530 ккал/кг) и 20% влажностью, составляет 0,3 кг для производства 1кВт тепловой энергии. 1 литр жидкого топлива = 3 кг древесной щепы. Зола: 2,5%	Средний расход соломы, обладающей теплотой сгорания 15,0 МДж/кг (3585 ккал/кг) и 15% влажностью, составляет 0,28 кг для производства 1кВт тепловой энергии. 1 литр жидкого топлива = 2,8 кг соломы. Зола: 5%	Средний расход древесных пеллет, обладающих теплотой сгорания 17,5 МДж/кг(4185 ккал/кг) и 6% влажностью, составляет 0,22 кг для производства 1кВт тепловой энергии. 1 литр жидкого топлива = 2,2 кг древесных пеллет. Зола: 0,5%

Технология сжигания биотоплива значительно сложнее аналогичных технологий, использующих природный газ или жидкое топливо. Используя древесные пеллеты, щепу и солому в качестве экологически чистых альтернативных видов топлива, важно получить эффективное, полное сгорание топлива. В то же время, система должна быть энергоэкономичной и необходимо, чтобы сжигание топлива не загрязняло окружающую среду.

Уже в 80-х годах биомасса относительно широко использовалась для получения энергии и в целях отопления в таких странах как Швеция, Финляндия, Дания. Например, в Швеции с середины 80-х наблюдался рост использования биотоплива в централизованном теплоснабжении. В Финляндии ещё с 70-х вступила в действие программа по использованию торфа в качестве источника энергии, а к 1994 году доля биомассы страны в энергопотреблении составляла 14,5% а торфа 5%. Так же следует рассмотреть в качестве примера Данию. В этой стране с 1976 года принимались различные энергетические планы. Эти планы имели следующие цели: обезопасить страну от кризисов подобных 1973г; повышение налогов на нефть и уголь для обеспечения конкурентоспособности биомассы как топлива; увеличение использования экологически чистых видов топлива, в том числе биомассы. ¹

В 1997 г. Европейская Комиссия выпустила один из самых важных документов в биоэнергетики, т.н. Белую Книгу, которая не потеряла своего значения и сейчас основная роль среди всех возобновляемых источников энергии (ВИЭ) отводится биомассе. Если в 1995 г. ее доля составляла 60%, то в 2010 г. планировалось увеличение до 74%. Показатели по производству энергии из возобновляемых источников, запланированные в Белой Книге можно увидеть в таблице 2.

В настоящее время Еврокомиссия и множество государственных и частных компаний, считают, что биомасса, используемая для выработки энергии и тепла, имеет большое значение в достижении Европейской цели «2020». Согласно этой цели к 2020 году должны произойти следующие изменения: уменьшение выбросов парникового газа на 20%; источники альтернативной энергии должны обеспечивать 20% всего потребления энергии в Европе; увеличение энергоэффективности на 20%.

Таблица 2

ВИЭ	Вклад в энергопотребление		Вклад в производство энергии		Вклад в производство тепловой энергии	
	1995	2010	1995	2010	1995	2010
Биомасса	3,3%	8,5%	0,95%	8%	4,6%	7,9%
ВИЭ	6%	12%	14,3%	23,5%	4,7%	8,4%

Биомасса сегодня составляет больше половины все ВИЭ, используемых в ЕС. Такое широкое применение биомасса получила благодаря тому, что имеет относительно низкую стоимость, меньшую зависимость от поставщиков импортируемых топлив, локальное размещение, поддержку региональных финансовых структур в обеспечении альтернативных источников прибыли для предприятий, способствует сокращению выбросов парниковых газов. На данный момент биомасса удовлетворяет около 4% потребности стран ЕС в общем энергопотреблении и приблизительно 11% в производстве тепла.

Лидерами среди стран Евросоюза по производству тепловой энергии из биомассы являются Австрия, Дания, Швеция, Германия.

Швеция является европейским лидером по производству тепловой энергии из биомассы. Сегодня в Швеции работает более 100 котельных централизованного теплоснабжения, производя ежегодно около 25 ПДж тепловой энергии. Более 60 тыс. частных домовладельцев используют бытовые котлы на древесных гранулах. Эти показатели увеличиваются с каждым годом и как результат увеличивается производство энергии из биомассы на душу населения.

В Австрии существует план, согласно которому в 2010 году 40% потребности в тепловой энергии должны покрываться за счет использования биомассы. Основным направлением в развитии биоэнергетики Австрии является производство тепловой энергии из древесной биомассы, доля которой в общем потреблении биотоплива составляет почти 90%. Австрийская биоэнергетическая ассоциация в своей программе поставила такие цели: в 2010 году биомасса должна покрывать 40% потребности страны в тепловой энергии, 4% потребности в электроэнергии и 4% потребности в жидких топливах. Для достижения поставленных целей используются законодательные механизмы, экологические налоги, инвестиционные гранты, проведение информационных и рекламных компаний. Основными методами поддержки развития биоэнергетики сегодня являются: налог на ископаемые топлива, субсидирование строительства и расширение существующих систем центрального теплоснабжения, сжигающих биомассу.

Показательным является пример Дании. Дания на 25% обеспечивает себя энергией за счет ВИЭ. 70% от всей энергии выработанной с использованием ВИЭ приходится на долю биомассы. Дания обладает наибольшим в мире опытом по производству энергии из соломы. Здесь доля соломы в общем энергопотреблении составляет около 1,5% (а биомассы в целом – около 6%). При этом три четверти соломы остаются неиспользованными, то есть ее долю в энергопотреблении можно увеличить в четыре раза – примерно до 60 ПДж. Хорошо отработанные технологии по производству древесных пеллет, брикетов, технологии по сжиганию биомассы позволяют им выпускать широкий круг оборудования для этих целей, которое пользуется спросом во всем мире. Такие высокие результаты достигнуты благодаря целому ряду мероприятий, проводимых в стране:

борьба за энергосбережение, налог на выбросы CO₂, комбинированное производство тепла и электроэнергии из биотоплива, субсидирование в строительство и эксплуатацию систем центрального теплоснабжения и котлов на биомассе в сельских районах и т.д.

Европейские страны имеют значительный опыт и показательные успехи в развитии возобновляемых источников энергии и в особенности биоэнергетики. В частности это позволило довести потребление топливных гранул до 6 млн. тонн в год. Однако ежегодное производство топливных гранул в странах Евросоюза составляет 4 млн. тонн. И эта разница в производстве и потреблении создает возможность для торгового сотрудничества с другими странами.

Литература

1. Гелегуха Г.Г., Морозова А.В. Европа сделала ставку на биомассу// Комунальное хозяйство. – 2007. – №4 –С.25-27.
2. Олейник Е. Европейский опыт использования древесины для теплоснабжения. // Комунальное хозяйство. – 2008. – №2(10). –С.30-33
3. Желеная Т.А., Лезнова В.Е., Анализ современного состояния и перспектив развития энергетики в странах Европейского союза. // Пром. Теплотехника. – 2009. – т.31. –№3. –С.77-83

ПОВЫШЕНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ФАНЕРЫ МОДЕРНИЗАЦИЕЙ КЛЕЕВОЙ КОМПОЗИЦИИ ФУРАНОВОЙ СМОЛОЙ

Л.А. ТИХОМИРОВ

Россия, Костромской государственный технический университет

Применительно к конструктивным элементам из фанеры могут использоваться следующие методы огнезащиты:

Огнезащитные краски, лаки, эмали:

Задерживают воспламенение материалов, уменьшают распространение пламени по поверхности материалов. Они выполняют следующие функции: являются защитным слоем на поверхности материалов, поглощают тепло в результате разложения, выделяют ингибиторные газы, высвобождают воду, ускоряют образование коксового слоя на поверхности материала. Они подразделяются на две группы: невспучивающиеся и вспучивающиеся. Невспучивающиеся краски при нагревании не увеличивают толщину своего слоя. Вспучивающиеся краски при нагревании увеличивают толщину слоя в 10-40 раз. Как правило, вспучивающиеся краски более эффективны, так как при тепловых воздействиях происходит образование вспененного слоя, представляющего собой закоксованный расплав негорючих веществ (минеральный остаток). Образование этого слоя происходит за счет выделяющихся при нагревании газо- и парообразных веществ. Коксовый слой обладает высокими теплоизоляционными качествами.

Конструктивные методы огнезащиты:

Методы огнезащиты включают в себя: обетонирование; обкладка кирпичом; оштукатуривание поверхности элементов конструкций; использование крупноразмерных листовых и плитных огнезащитных облицовок; применение конструктивных огнезащитных элементов (например, подвесных потолков); заполнение внутренних полостей конструкций; подбор необходимых сечений элементов, обеспечивающих требуемые значения пределов огнестойкости конструкций. При этом используют те же марки бетона, кирпича и других материалов, что и при изготовлении защищаемой конструкции; разработка конструктивных решений узлов примыканий, сопряжений и соединений конструкций.

Пропитки материалов специальными составами:

Создание материалов пониженной горючести достигается путем поверхностной и глубокой пропитки материалов специальными составами, введения антипиренов в состав исходных композиций, использования различных минеральных наполнителей, а также путем использования разнообразных технологических приемов.

Создание покрытий на основе термореактивных смол с использованием различных огнезащитных наполнителей в процессе горячего прессования при производстве фанеры.

Эксперимент проводится на образцах фанеры, склеенных при определенных режимных факторах. Образцы изготавливались из березового шпона влажностью 3%, в качестве клеевой композиции применялась смесь фурановой и фенольной смолы в соотношении 50:50. Огнестойкость образцов определяется по методу «потери массы».

Матрица планирования эксперимента представлена в табл.1. Результат эксперимента представлен в таблице 2.

X_1 - температура плит пресса, °С;

X_2 - время выдержки под давлением, МПа.;

Y_1 - время воспламенения, с;

Y_2 - время горения, с

Таблица 1

Матрица планирования эксперимента

№	X_1	X_2	Y_1	Y_2
1	180	12	9,43	100
2	160	12	10,83	96,67
3	180	8	8,8	92,66
4	160	8	8,97	102
5	180	10	9,43	101,67
6	160	10	9,17	101,3
7	170	12	10,03	109,67
8	170	8	10	114,67

Таблица 2

Протокол испытаний фанерных образцов на огнестойкость

Номер образца	Время появления «языков» пламени, сек	Время самостоятельного горения, сек	Масса образца до сжигания m_1 , г	Масса образца после сжигания m_2 , г	Потеря массы Δ , г
1	2	3	4	5	6
1.5	9,2	101	1	0,6	0,4
2.5	9	100	1,1	0,55	0,55
3.5	10,2	110	1	0,5	0,5
4.4	10,1	102	1,05	0,6	0,45
5.4	11	100	0,95	0,75	0,2
6.5	8,7	89	1,05	0,55	0,5
7.4	9	98	0,5	0,15	0,35
8.3	9	97	0,85	0,3	0,5
9.3	8	120	1	0,55	0,45

Образец №9 фанера на основе фенольной смолы без добавления фурановой смолы.

После расчета коэффициентов регрессии математическая модель зависимости **времени воспламенения от температуры плит пресса и времени выдержки под давлением** приобретает вид:

$$Y_1 = 9,807 - 0,2183 \cdot x_1 + 0,42 \cdot x_2 - 0,5075 \cdot x_1^2 + 0,2075 \cdot x_2^2 - 0,3075 \cdot x_1 \cdot x_2$$

Проверка значимости коэффициентов регрессии математической модели показала значимость всех коэффициентов.

Расчет коэффициентов регрессионной модели зависимости **времени горения от температуры плит пресса и времени выдержки под давлением** приобретает вид:

$$Y_2 = 115,82 - 0,94 \cdot x_1 + 0,4983 \cdot x_2 - 14,34 \cdot x_1^2 - 3,655 \cdot x_2^2 + 3,1675 \cdot x_1 \cdot x_2$$

После проверки значимости коэффициентов уравнения регрессии примет вид:

$$Y_2 = 115,82 - 0,94 \cdot x_1 - 14,34 \cdot x_1^2 - 3,655 \cdot x_2^2 + 3,1675 \cdot x_1 \cdot x_2$$

Проверка адекватности показала, что квадратичные математические модель для времени воспламенения и времени горения адекватны, т. е. позволяет вычислить значения выходной величины с той же точностью, что и результаты эксперимента.

Вывод: Из полученных данных видно, что применение фурановой смолы даже в процентном соотношении к фенольной дает ощутимый огнезащитный эффект. Влияние оказывается и на время воспламенения, и на время самостоятельного горения, и на потерю массы при горении. По регрессионным моделям можно определить оптимальный режим производства фанеры на основе фурановой смолы. В дальнейших исследованиях, для усиления эффекта огнезащиты планируется использовать клеевую композицию на основе только фурановой смолы, отверждаемой сульфатными отвердителями (бензо и паротолуол сульфокислота).

Работа выполняется по ГРАНТ МК-898.2009.8

Литература

1. А.Н. Кириллов. Конструкционная фанера. - М.: Лесная промышленность, 1981. - 112 с.
2. Михайлов А.Н. Процессы, протекающие при склеивании. ЛТА, 1966 - 82 с.
3. Михайлов А.Н. Пути совершенствования технологии и техники склеивания фанеры. ВЗЛТИ, 1964 - 57 с.

ТЕРМОПЛАСТИЧЕСКИЙ СПОСОБ НАТЯЖЕНИЯ ПОЛОТНА КРУГЛОЙ ПИЛЫ

И.И. СОЛОВЬЕВ, В.И. МЕЛЕХОВ

Россия, Северный (Арктический) Федеральный университет, г. Архангельск

Диск круглой пилы в процессе работы подвергается сложному воздействию силовых и температурных факторов и требует специальной подготовки. Основными факторами, влияющими на состояние круглой пилы, являются: недостаточная устойчивость и большие колебания диска, неправильная подготовка и неточная установка инструмента.

В процессе работы круглые пилы воспринимают ряд разнохарактерных сложных нагрузок: от действия центробежных сил инерции, нагрева пыльного диска, возникающего при пилении, сил резания, боковых сил со стороны распиливаемого материала, касательных сил инерции, действующих при пуске и быстрой остановке пилы. Эти нагрузки вызывают в пыльном диске удлинение полотна и напряжения, выводящие его из плоской формы упругого равновесия.

Нагрев зубчатой кромки пилы происходит преимущественно под действием теплоты, эквивалентной работе сил трения на контактных поверхностях инструмента. Максимальная температура возникает непосредственно на режущей кромке пилы. Температура поля режущей кромки определяет температуру нагрева диска на внешнем контуре. Нагрев пыльного диска вызывает дополнительное удлинение, как кольца зубчатой кромки, так и части радиуса пилы в зоне, подверженной нагреву. Расчеты показывают [1], что радиусы у непрокованной пилы удлиняются на меньшую величину, чем требуется для беспрепятственного удлинения кольца зубчатой кромки и сохранения необходимого упругого равновесия и устойчивости пилы при работе.

Диск пилы может надёжно работать лишь в том случае, если положенная в основу эксплуатации форма равновесия устойчива. Устойчивой формы равновесия добиваются путём создания нормированных напряжений в определённых зонах пыльного диска.

Основными способами создания нормированных напряжений в пыльном диске, которые используются на практике, являются классическая проковка-вальцевание пыльного диска и термопластическая обработка посредством нагрева газовыми горелками или контактными электрическими нагревателями.

Термопластический способ натяжения основан на создании в диске неравномерных по радиусу температурных напряжений, превышающих предел упругости металла и приводящих к возникновению пластических деформаций, которые после остывания диска обеспечивают возникновение в нем благоприятных остаточных напряжений.

Возникновение остаточных напряжений в пильном диске при термическом воздействии обусловлено необратимыми объёмными изменениями в материале пилы [2]. Влияние температурных напряжений основано на том, что при определенном законе нагрева создаются напряжения сжатия и температурная деформация превышает упругую деформацию. В результате в материале пилы образуется остаточная пластическая деформация сжатия. После прекращения нагрева размеры диска возвращаются к прежним размерам, но наличие остаточной деформации сжатия вызывает появление остаточных напряжений растяжения.

Установлена взаимосвязь между шириной кольцевой зоны нагрева, параметрами диска пилы и минимальной температурой, способной привести к образованию остаточных напряжений [2]. При использовании термонатяжения с нагревом узкой кольцевой зоны эффективность термонатяжения повышается по мере приближения этой зоны к окружности впадин зубьев. При увеличении ширины зоны термонатяжения увеличивается нижний предел рабочего интервала температур до возникновения упруго-пластических деформаций.

В применяемых на практике способах нагрева для создания термопластических напряжений в пильном диске применяется эффект контактной теплопередачи от нагревательного устройства к поверхности диска пилы. Это увеличивает время нагрева и не позволяет обеспечить требуемый локальный нагрев по заданному тепловому следу.

В тоже время локальный подвод тепла к кольцевому следу на диске пилы и быстрый нагрев может быть осуществлён индукционным способом. Энергия при этом передаётся от индуктора к разогреваемой поверхности посредством электромагнитной волны. Такой способ передачи энергии фактически исключает потери и обладает высоким КПД. Индукционный нагрев широко применяется в промышленности для решения различных технологических задач [3], достаточно изучен и может быть применён для локального нагрева участков полотна круглой пилы при создании нормированных напряжений.

К достоинствам индукционного нагрева можно отнести:

- передача электрической энергии непосредственно в диск круглой пилы позволяет осуществить прямой нагрев пильного диска по тепловому следу заданного радиуса. При этом повышается скорость нагрева по сравнению с установками косвенного действия, в которых изделие нагревается только с поверхности;

- передача электрической энергии непосредственно в нагреваемое тело не требует контактных устройств;

- возможность равномерного прогрева поверхности диска круглой пилы по окружности заданного радиуса, с заданной шириной теплового следа с большой точностью путём изменения конфигурации полюсных наконечников индуктора;

- изменение частоты тока в индукторе при одновременном контроле состояния поверхности пильного диска позволяет регулировать в широком диапазоне мощность потоков энергии, направляемых на нагрев участков диска и управлять временными характеристиками процесса.

Для исследования процесса создания термопластических напряжений в дисках круглых пил индукционным нагревом была разработана и создана экспериментальная установка (рис.1), состоящая из устройства индукционного нагрева и механизма для установки диска круглой пилы.

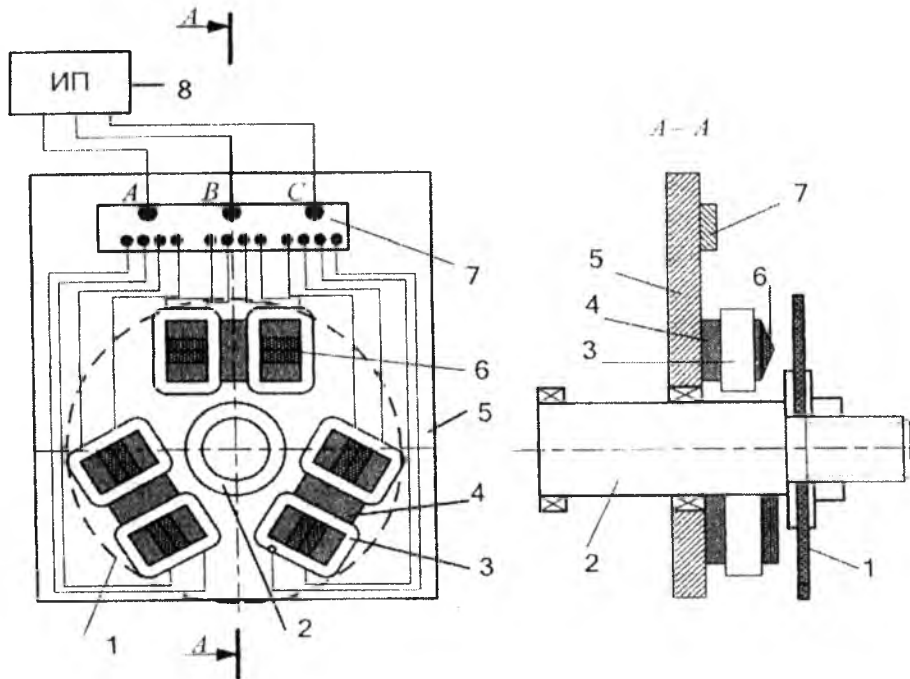


Рис. 1 – Устройство для создания термопластических напряжений в полотне круглой пилы:

1 – круглая пила; 2 – вал; 3 – трёхфазный индуктор переменного тока; 4 – магнитопроводы полюсов; 5 – станина; 6 – полюсные наконечники; 7 – плата клемм; 8 – источник питания

Круглая пила 1 устанавливается на валу 2 и приводится во вращение индуктором переменного тока 3. Полюса индуктора с магнитопроводами 4 установлены на станине 5. Питание на индуктор подаётся от источника питания 8 через клеммную плату 7. Магнитный поток, созданный индуктором, замыкается по пути магнитопроводы полюсов – окружность заданного радиуса, проходящую по поверхности диска круглой пилы. Вызванные переменным магнитным потоком вихревые токи приводят к разогреву кольцевой зоны диска пилы с заданным радиусом и шириной следа. Ширина теплового следа может быть достигнута 2-3 мм и определяется конфигурацией полюсных наконечников 6.

Применение устройства индукционного нагрева для создания нормированных напряжений в диске круглой пилы позволяет обеспечить равномерный локальный нагрев полотна пилы по концентрическому следу заданного радиуса пильного диска.

Литература

1. Якунин Н.К. Подготовка круглых пил к работе [Текст] / Н.К.Якунин – М.: Изд-во “Лесная промышленность”, 1980. – 153с.
2. Стахийев Ю.М. Устойчивость и колебания плоских круглых пил [Текст] / Ю.М. Стахийев – М.: Изд-во “Лесная промышленность”, 1977. – 296с.
3. Слуцкий А.Е. Установки индукционного нагрева [Текст] / А.Е. Слуцкий, В.С.Немков, Н.А.Павлов, А.В.Бамунэр: - Л.: Энергоиздат, Ленингр. отд – ние, 1981. – 328 с.

СРАВНЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ЛЕНТОЧНОЙ ПИЛЕ, ПРИ УСТАНОВКЕ РОЛИКОВЫХ И АЭРОСТАТИЧЕСКИХ ОТЖИМНЫХ НАПРАВЛЯЮЩИХ

М.В. ДЕРБИН

Россия, Северный (Арктический) Федеральный университет, г. Архангельск

В настоящее время в лесопильном и деревообрабатывающем производстве широко применяются ленточнопильные станки, у которых в качестве режущего инструмента используются бесконечные стальные ленты. Однако, при производстве пиломатериалов на ленточнопильных станках, низка точность пиления при больших скоростях подачи и недостаточна долговечность пил.

Для повышения точности пиления применяются отжимные ролики (узкие направляющие), устанавливаемые над и под распиливаемым материалом. К ним предъявляются следующие требования: высокая точность изготовления и монтажа, чтобы исключить их биение; использование подшипников, работающих при больших частотах вращения и имеющих одностороннюю нагрузку. Наиболее перспективным вариантом повышения жёсткости ленточных пил и точности вырабатываемых пиломатериалов является использование аэростатических направляющих (плоские направляющие длиной a). В этом случае значительно снижается трение полотна пилы и для изготовления аэростатических опор не требуются применение тепло- и износостойких материалов.

Для сравнения роликовых и аэростатических отжимных направляющих построены кривые изгиба пилы и рассчитаны максимальные напряжения. Для расчётов приняты следующие значения: толщина пилы $s = 1$ мм; ширина пилы $b = 100$ мм; натяжение пилы $N = 8000$ Н; модуль упругости $E = 215000$ Н/мм²; расстояние между шкивами $L = 1800$ мм; расстояние от левого шкива до первого и второго ролика $C_1 = 650$ мм и $C_2 = 1150$ мм соответственно. Нагрузку на отжимной ролик можно рассматривать как сосредоточенную, а нагрузку на аэростатическую направляющую – распределённую на длине a . Расчётные схемы приведены на рис 1 и 2.

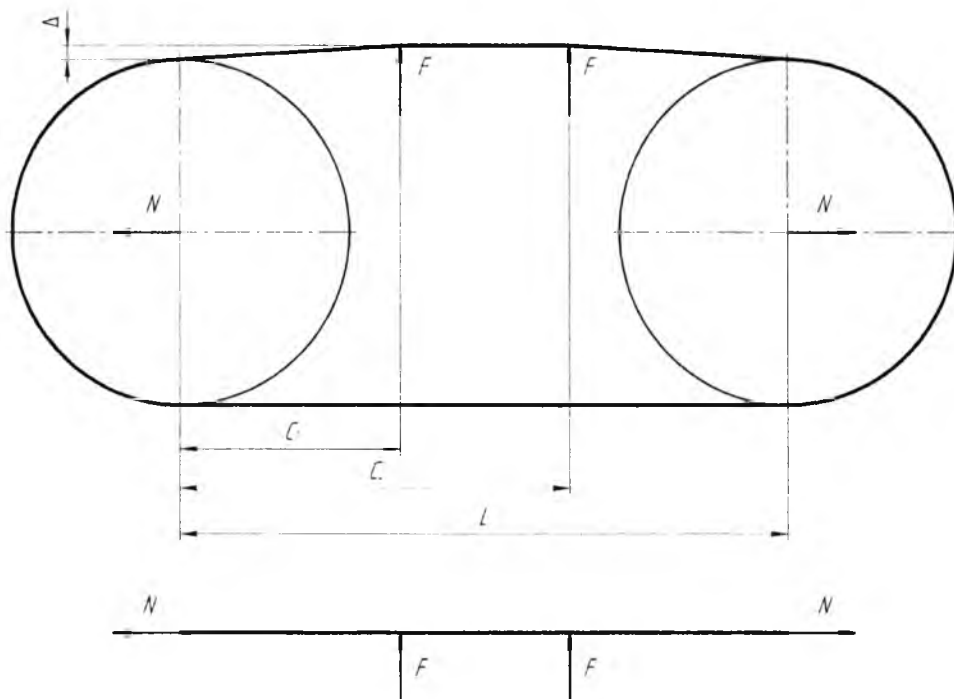


Рис. 1. Расчётная схема ленточной пилы с отжимными роликами

Расстояние от левого шкива до центра первой и второй опоры $C_1 = 575$ мм и $C_2 = 1225$ мм соответственно; длина опоры $a = 150$ мм.

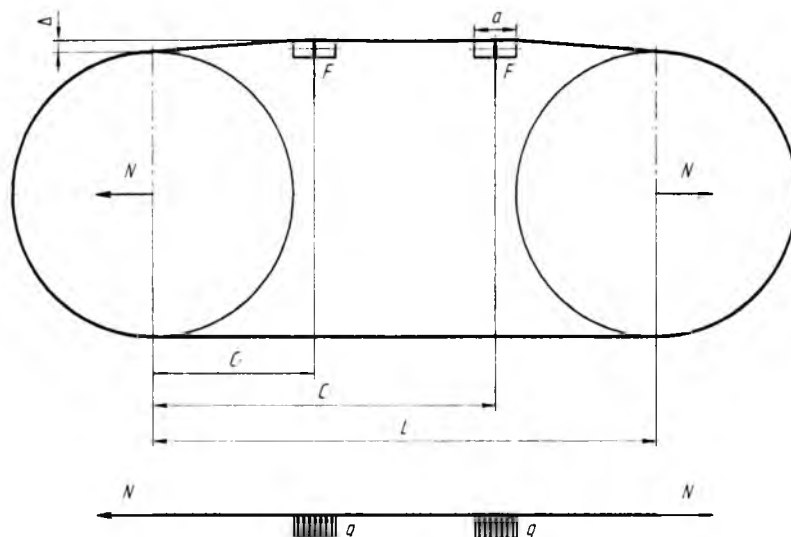


Рис. 2. Расчётная схема ленточной пилы с отжимными аэростатическими направляющими

Для вывода уравнений прогибов ленточной пилы был использован способ, предложенный в книге [1], в этом случае ленточную пилу была принята за растянутый стержень с поперечной нагрузкой.

Полученные уравнения были использованы в построении графиков прогибов ленточной пилы на направляющих обоих типов (рисунок 3, 4).

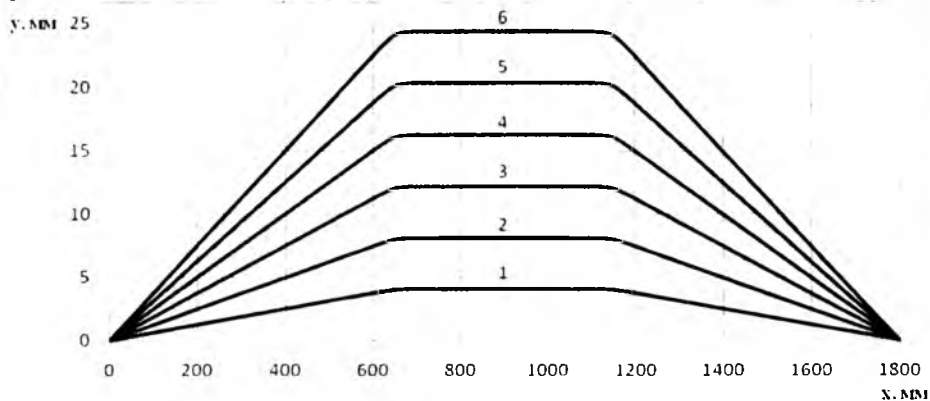


Рис. 3. Зависимость прогиба ленточной пилы (толщина $s = 1$ мм; ширина пилы $b = 100$ мм; натяжение пилы $N = 8000$ Н) от расстояния между осью шкива и точкой на пиле при установке отжимных роликов для следующих сил отжима: 1 – $F = 300$ Н; 2 – $F = 250$ Н; 3 – $F = 200$ Н; 4 – $F = 150$ Н; 5 – $F = 100$ Н; 6 – $F = 50$ Н

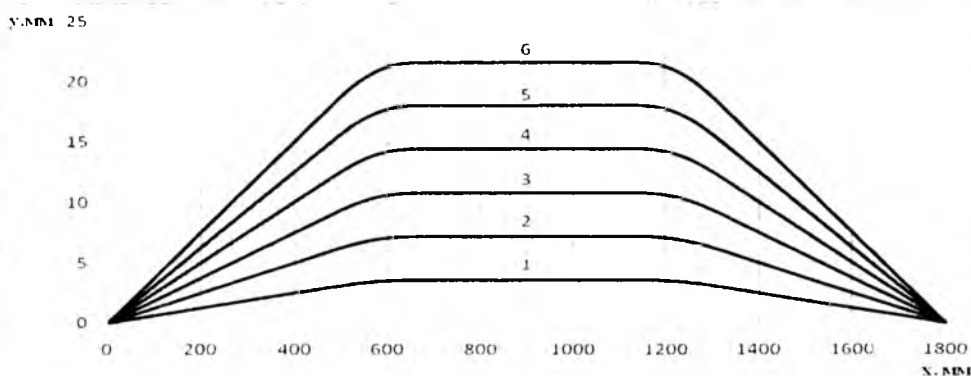


Рис. 4. Зависимость прогиба ленточной пилы (толщина $s = 1$ мм; ширина пилы $b = 100$ мм; натяжение пилы $N = 8000$ Н) от расстояния между точкой на пиле и осью шкива при установке плоских отжимных направляющих для следующих сил отжима: 1 – $F = 300$ Н; 2 – $F = 250$ Н; 3 – $F = 200$ Н; 4 – $F = 150$ Н; 5 – $F = 100$ Н; 6 – $F = 50$ Н

Из рисунков видно, что в случае использования аэростатических отжимных направляющих изгиб полотна ленточной пилы менее резкий, а, следовательно, и меньше напряжение изгиба.

Напряжение изгиба вычисляется по следующей формуле:

$$\sigma = \frac{M}{W_x} + \frac{N}{A},$$

где $W_x = \frac{b \cdot h^2}{6}$,

$$\frac{M}{E \cdot I} = - \frac{y''}{(1 + y')^{\frac{3}{2}}}$$

Выражение $(1 + y')^{\frac{3}{2}}$ приравняем к 1. Для вычисления изгибающего момента и напряжения были получены производные второго порядка для обоих случаев.

При определении максимального напряжения изгиба принято максимальное значение для отжимных роликов в точке контакта с роликом, а для отжимных аэростатических направляющих – в центре опоры. Результаты расчётов сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Результаты расчёта напряжений.

Прогиб y , мм	На отжимном ролике			На аэростатической отжимной направляющей длиной a		
	$\sigma_{\text{общ}}$, МПа	$\sigma_{\text{и}}$, МПа	$\frac{\sigma_{\text{и}}}{\sigma_{\text{общ}}}$, %	$\sigma_{\text{общ}}$, МПа	$\sigma_{\text{и}}$, МПа	$\frac{\sigma_{\text{и}}}{\sigma_{\text{общ}}}$, %
5	83,1	3,1	3,8	107,8	27,8	25,8
6	83,7	3,7	4,5	113,4	33,4	29,4
7	84,4	4,4	5,2	119,0	39,0	32,8
8	85,0	5,0	5,8	124,6	44,6	35,8
9	85,6	5,6	6,5	130,3	50,3	38,6
10	86,2	6,2	7,2	135,9	55,9	41,1

Из таблицы видно, что на отжимных аэростатических направляющих напряжение значительно меньше, чем на отжимных роликах.

Вывод: использование отжимных аэростатических направляющих позволяет снизить в значительной степени уровень циклических нагрузок и увеличить срок службы полотна ленточной пилы.

Литература

1. Прокофьев, Г.Ф. Повышение эффективности пиления древесины на лесопильных рамах и ленточнопильных станках: монография/Г.Ф. Прокофьев, И.И. Иванкин. – Архангельск: АГТУ, 2009. – 380 с. ISBN 978-5-261-00453-0;
2. Тимошенко С.П. Сопротивление материалов / С.П. Тимошенко. 3-е изд. – М.: Наука, 1965. – Т. 2. – 480 с.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ КОЛЕБАНИЙ ПОЛОТНА КРУГЛОЙ ПИЛЫ

А.В. ВЛАСОВ

Россия. Вятский государственный университет, г. Киров

Для рационального выбора частоты вращения круглой пилы необходимо знать её собственную частоту колебаний. С целью повышения устойчивости полотна круглой пилы, а, следовательно, и с целью повышения собственной частоты колебаний в полотне пилы выполняют компенсационные прорезы различной конфигурации. Для оценки собственных частот колебаний полотна пилы с прорезями необходимо применение численных методов, одним из которых является метод конечных элементов. Точность вычисления с помощью данного метода зависит от типа конечного элемента и его размера. Влияние размера конечного элемента на точность расчёта можно оценить, сравнивая решение методом конечных элементов для диска без прорезей и зубчатого венца с аналитическим решением [1].

При пилении древесины круглой пилой в зоне резания выделяется тепловая энергия, которая нагревает полотно пилы в его периферийной зоне, в результате чего возникают температурные напряжения. Также во вращающемся диске действуют напряжения от центробежных сил инерции. Данные напряжения изменяют жесткость пильного диска и тем самым оказывают влияние на собственную частоту колебаний.

Для определения собственной частоты колебаний первоначально определяется тепловое поле диска пилы. В качестве примера рассчитаем собственную частоту поперечных колебаний круглой пилы диаметром 360 мм и толщиной 2,5 мм жестко закреплённой в планшайбах диаметром 100 мм, вращающейся на спокойном воздухе (20 °С) с угловой скоростью 310 рад/с (ω). Полотно пилы изготовлено из стали 9ХФ имеющей плотность 7850 кг/м³; коэффициент теплопроводности 44,7 Вт/(м² °С); модуль упругости I рода 2,1·10¹¹ Па; коэффициент Пуассона 0,27; коэффициент линейного расширения материала 11,5·10⁻⁶ [2, 3]. Полагаем, что источник тепла, создаваемый в зоне резания, скользит по внешнему ободу диска, и в случае очень быстрого его вращения температура в любой точке на периферии диска (в основании зубьев R = 165 мм) будет иметь одно и то же значение 80 °С [2, 3]. Коэффициент теплоотдачи от диска воздуху α , Вт/(м²°С) зависит от радиуса r и определяется [2]:

$$\alpha = c \lambda_f \omega^n \nu_f^{-n} r^{2n-1}, \quad (1)$$

где c и n – коэффициенты, зависящие от вида и параметров охлаждающей среды и условий охлаждения; λ_f – коэффициент теплопроводности воздуха при температуре окружающей среды; ν_f – коэффициент кинематической вязкости воздуха при температуре окружающей среды. Численные значения коэффициентов: c=0,0287; n=0,8; $\lambda_f=2,59 \cdot 10^{-2}$ Вт/(м²°С); $\nu_f=15,06 \cdot 10^{-6}$ м²/с [2].

Реализация метода конечных элементов начинается с разбиения полотна пилы на конечное число подобластей, называемых элементами и определения координат их общих узловых точек. Искомая непрерывная величина аппроксимируется на каждом элементе полиномом. Полином подбирается таким образом, чтобы сохранялась непрерывность искомой величины вдоль границ элемента. Число степеней свободы элемента должно соответствовать числу неопределённых параметров в полиномиальном представлении функции.

Для решения поставленной задачи использовались двумерные четырёхугольные мультиплекс-элементы. При вычислении теплового поля интерполяционный полином для четырёхугольного элемента с четырьмя узлами имеет вид:

$$t = \alpha_1 + \alpha_2 x + \alpha_3 y + \alpha_4 xy, \quad (2)$$

где t – температура внутри элемента; $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – коэффициенты, определяющиеся из условий в узлах элемента.

Все расчёты производились в программном комплексе ANSYS. Расчёт теплового поля производился с использованием оболочечного конечного элемента SHELL157 [4] (рисунок 1).

Распределение температуры в пиле, механических напряжений от нагрева и центробежных сил инерции имеет осесимметричный характер. Система линейных уравнений, из которой определялась температура в узлах элементов, разрешалась итерационным методом обусловленных сопряжённых градиентов (Pre-Condition CG) [4]. Тепловое поле пильного диска представлено на рисунке 2.

На основании вычисленного теплового поля пильного диска определяются механические напряжения, вызванные деформацией материала от нагрева. Также вычисляются напряжения в диске вызванные при вращении центробежными силами инерции. При вычислении механических напряжений использовался четырёхугольный оболочечный конечный элемент SHELL63 [4]. Интерполяционные полиномы при вычислении напряжений для данного элемента имеют вид:

$$u = \alpha_1 + \alpha_2 x + \alpha_3 y + \alpha_4 xy; \quad v = \alpha_5 + \alpha_6 x + \alpha_7 y + \alpha_8 xy, \quad (3)$$

где u и v – перемещения внутри элемента вдоль осей x и y .

По известным перемещениям различных точек внутри элемента вычисляются нормальные напряжения. При определении перемещений узлов конечных элементов при разрешении системы линейных уравнений использовался итерационный метод обусловленных сопряжённых градиентов (Pre-Condition CG) [4]. Распределение суммарных напряжений от центробежных сил инерции и теплового поля представлено на рисунках 4 и 5.

По известному распределению механических напряжений в пильном диске, используя блочный метод Ланцоша [4], вычисляются его собственные частоты колебаний (таблица 1). На рисунке 6 представлена первая форма колебаний пильного диска с двумя узловыми диаметрами.

Из расчётов видно, что использование четырёхугольных мультиплекс-элементов дает достаточно точное решение. С учётом данных работы [5] наиболее целесообразно применять для расчёта конечный элемент с размером ребра не более 5 мм.

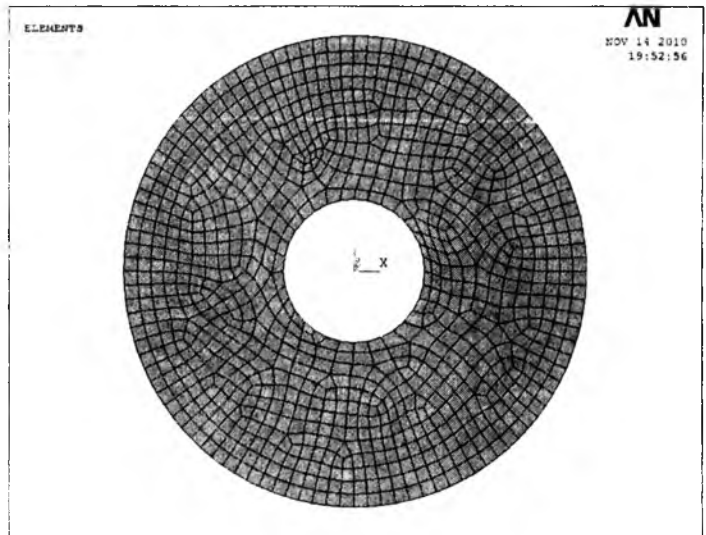


Рис. 1. Пильный диск, разбитый на конечные элементы с размером ребра 10 мм.

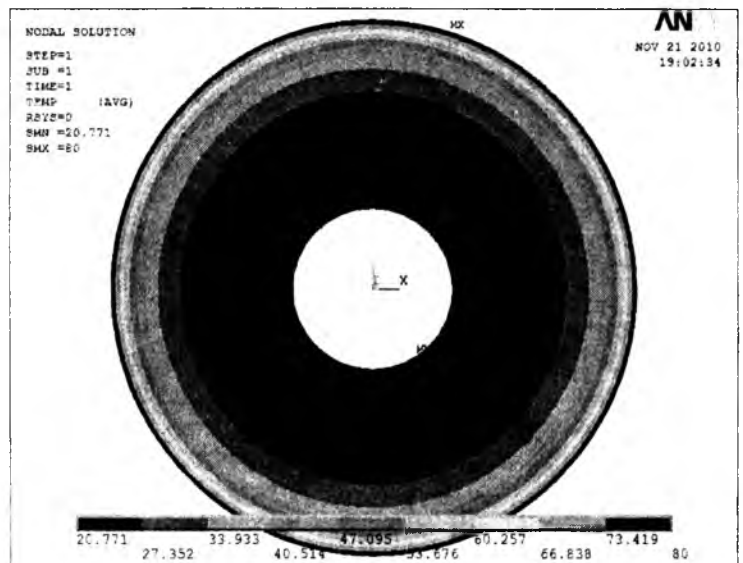


Рис. 2. Тепловое поле пильного диска

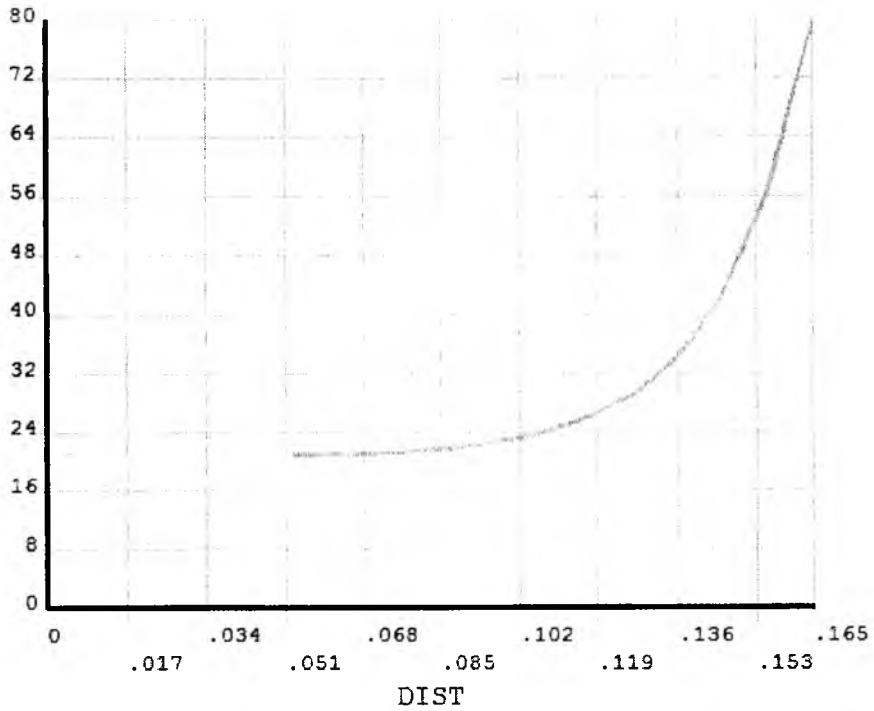


Рис. 3. График распределения температуры по радиусу диска пилы при размере ребра конечного элемента 10мм.

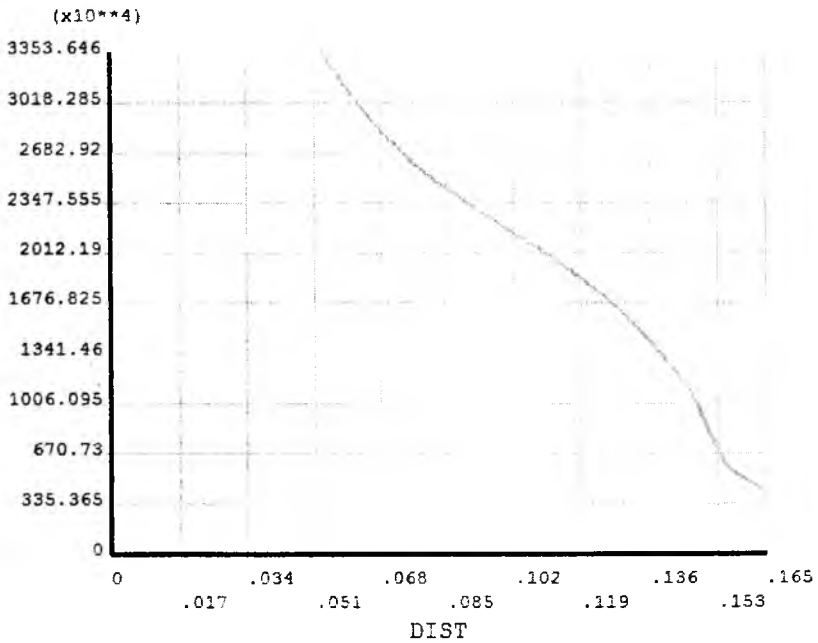


Рис. 4. График распределения радиальных напряжений (Па) по радиусу пильного диска (м)

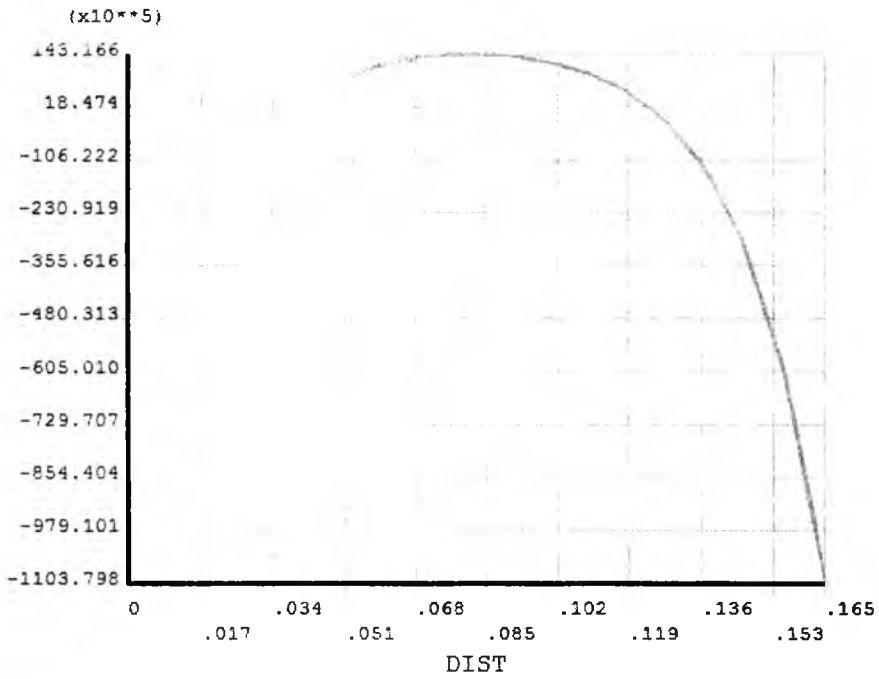


Рис. 5. График распределения окружных напряжений (Па) по радиусу тильного диска (м).

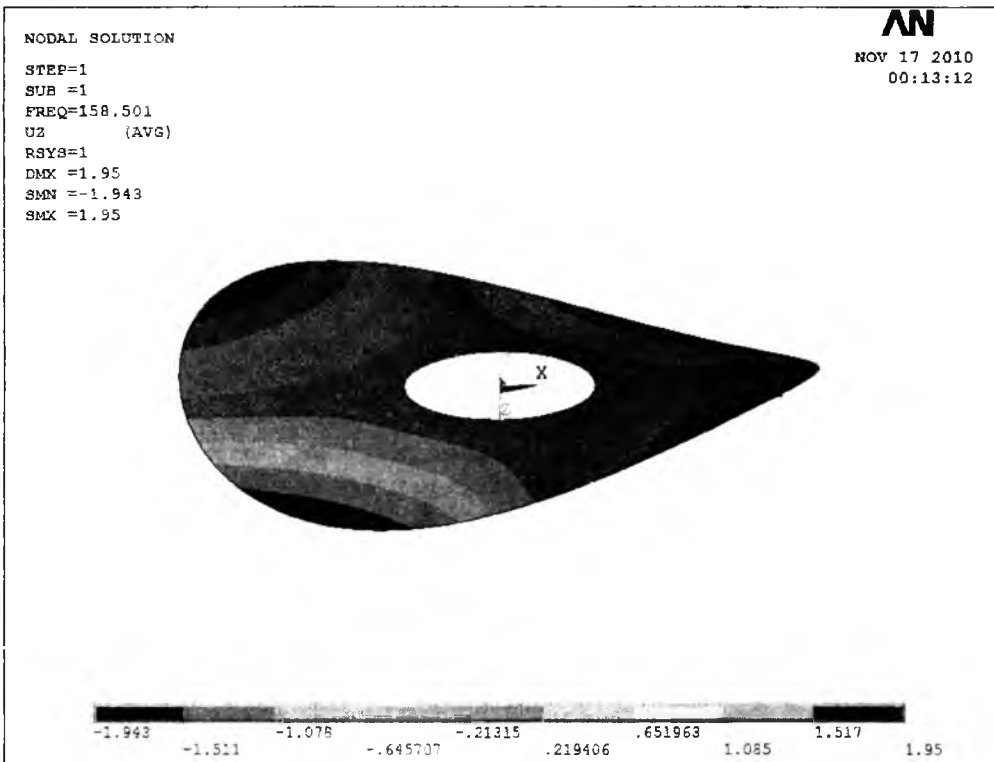


Рис. 6. Форма колебания тильного диска (два узловых диаметра) с частотой 158,5 Гц

Таблица 1

Численные значения собственных частот колебаний пильного диска, Гц

		Число узловых диаметров					
		2	1	0	3	4	5
Расчёт аналитическим методом [1]		157,3	174,6		233,8	416,6	671,1
Максимальная длина ребра конечного элемента, мм	1	159,6	172	187,3	239,8	421,7	672,4
	5	159,4	172,1	187,4	239,4	421,4	672,3
	10	158,5	172,3	187,5	238	420,2	671,8
	15	156,9	172,5	188,8	234,9	417,5	669,8
	20	154,6	172,6	189,5	231,3	414,8	668,7
	30	152	172,9	190,6	227,7	413,4	671
	50	147	173	193	225	418	685

Литература

1. Власов А.В. Влияние толщины и числа оборотов круглой пилы на её частоты собственных колебаний // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. Труды V международного евразийского симпозиума / Под научной ред. В.Г. Новосёлова – Екатеринбург, 2010. – с. 177-183. ISBN 978-5-94984-314-7
2. Пашков. В.К. Теплофизика резания древесины круглыми пилами: монография. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2007, 311 с. ISBN 978-5-94984-144-0.
3. Стахийев Ю.М. Работоспособность плоских круглых пил. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 384 с. ISBN 5 – 7120 – 0197 – 7.
4. ANSYS, Inc. Theory Reference. ANSYS Release 12. © 2009 SAS IP, Inc.
5. Власов А.В. Анализ влияния размера конечного элемента на точность расчёта теплового поля диска круглой пилы // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы международной научно-технической конференции. – Вологда: ВоГТУ, 2010. – с. 160-164. ISBN 978-5-87851-395-1.

ПОСЛОЙНАЯ ОКОРКА ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ НА ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ

И.В. ГРИГОРЬЕВ, О.М. ГУМЕРОВА, А.А. ТАМБИ, А.Е. ГУЛЬКО

Россия. Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия имени С.М. Кирова

Работа выполнена в рамках НИР по государственному контракту П.1209 по ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы», по направлению «Переработка и утилизация техногенных образований и отходов» в рамках мероприятия 1.3.1.

Окорка древесины является наиболее энерго- и трудоемкой операцией первичной лесопереработки, которая осуществляется на всех типах лесопромышленных складов. В результате ее выполнения образуются значительные объемы отходов, которые в настоящее время не находят эффективного применения. При современном состоянии окорки древесины в лесной, целлюлозно-бумажной промышленности нашей страны ресурсы коры, пригодной для использования, составляют свыше 6 млн. м³, в том числе около 2 млн. м³ коры образуется на лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях. Однако доля ее использования в промышленности составляет всего 12,7%. Остальная часть коры свозится на свалки или не эффективно сжигается, засоряя территорию регионов предприятий. Можно утверждать, что без возможности эффективной утилизации отходов окорки, особенно это касается отходов окорки хвойных пород, процесс окорки не может быть признан эффективным [2, 3, 4].

Проведенные отечественными и зарубежными учеными исследования свидетельствуют о ценности коры как сырья для выработки различного вида продуктов.

Кора состоит из двух сильно различающихся частей – корки и луба. Каждая из них имеет специфическую структуру, биологическую роль и химический состав. Соотношение этих частей тоже разное у различных пород. В среднем, доля корки от 20 до 45% от коры. В корке много лиг-

нина и мало целлюлозы, в лубе и того и другого немного, но больше гемицеллюлоз и экстрактивных веществ.

При сопоставлении группового состава липидов луба и корки выявлено, что содержание липидов в лубе практически одинаково по всей высоте ствола и составляет 7,1%; количество липидов в корке возрастает с высотой ствола и равно соответственно 1,39%, 4,35%, 6,75%. Следовательно, добывать липиды из луба коры гораздо выгоднее.

Сравнение химического состава луба и древесины показывает, что целлюлозы в лубе в 1,5 раза меньше, чем в древесине, но в литературе отмечается отсутствие принципиальной разницы между качеством целлюлозы, содержащейся в коре и древесине. Луб выгодно отличается значительной долей дубильных веществ. В целом луб содержит меньше целлюлозы и лигнина по сравнению с древесиной, но значительно больше веществ, экстрагируемых органическими растворителями и водой.

Соответственно, способы получения целлюлозы и волокнистого полуфабриката из древесины и из луба должны быть различны, т.е. целесообразно отдельно использовать лубяную и корковую части отходов окорки. Из всего вышеуказанного можно сделать вывод о том, что для повышения эффективности процесса окорки, по критерию возможности эффективной утилизации отходов, необходимо разработать и внедрить в производство новый способ высококачественной окорки, который бы позволил производить удаление коры с хвойных и лиственных пород древесины послойно – разделяя пробковый и лубяной слой – (например, селективную окорку).

Выполненные авторами ширококомасштабные исследования по определению толщин массива коры, а также пробкового и лубяного ее слоев [1, 2] позволяют утверждать, что для всех пород древесины, особенно хвойных можно получить расчетные эмпирические зависимости толщины коры в зависимости от диаметра бревна - $h_{\text{луба}} = f(d)$, $h_{\text{корки}} = f(d)$.

В настоящее время уже получены следующие эмпирические зависимости для слоев коры:

Для ели: $h_{\text{корки}} = -0,00038d^3 + 0,030d^2 - 0,644d + 5,689$, коэффициент аппроксимации $R^2 = 0,937$;
 $h_{\text{луба}} = 0,00026d^3 - 0,021d^2 + 0,578d - 3,077$, коэффициент аппроксимации $R^2 = 0,737$

Для сосны: $h_{\text{корки}} = 0,001d^2 - 0,046d + 1,666$, коэффициент аппроксимации $R^2 = 0,835$; $h_{\text{луба}} = 0,0001d^2 - 0,035d - 0,058$, коэффициент аппроксимации $R^2 = 0,812$

На основании имеющихся сведений о зависимости толщины слоев коры от диаметра, может быть рекомендовано использование различных датчиков, позволяющих определить диаметр и форму бревна, в зависимости от чего можно с использованием, например, гидравлических устройств перемещать фрезы окорочного станка вверх или вниз для снятия только пробки или только луба.

Рациональным является определение сбег и формы бревна непосредственно перед фрезерным станком. При этом, используя данные зависимостей толщины пробки и луба от диаметра бревна, можно перемещать фрезу в вертикальной плоскости, копируя форму боковых поверхностей бревен, осуществляя тем самым фрезерование на заданной глубине для отделения только пробки или луба, а также минимизируя потери древесины при очистке ее поверхности.

Для определения формы пиловочных бревен по всей длине могут применяться различные устройства, к основным из которых относятся: механические; оптико-электронные (обработка получаемых с видеокамер изображений при помощи информационного обеспечения); лазерные сканеры; рентгенографические устройства.

Данные устройства нашли широкое применение в лесопромышленном комплексе, однако наибольшее распространение получили оптико-электронные и лазерные установки, вследствие достаточной простоты их использования и обеспечения заданного уровня точности.

В последние годы компанией «Limab» предложены рентгенографические устройства, позволяющие определять форму и внутренние пороки строения древесины, однако их использование затруднено необходимостью использования защитных кожухов от рентгеновского излучения, а также высокой стоимостью.

Наиболее перспективной технологией, позволяющей определять размерные характеристики бревен по всей длине является использование лазерных 3D сканеров.

При 2D сканировании определяется размер и кривизна пиловочных бревен, а при 3D сканировании можно получить трехмерную модель бревна, на основании которой могут быть определены сплайн-линии перемещения фрезерных устройств при окорке.

При использовании таких моделей структурная схема отделения корки и луба примет следующий вид, рис. 1.

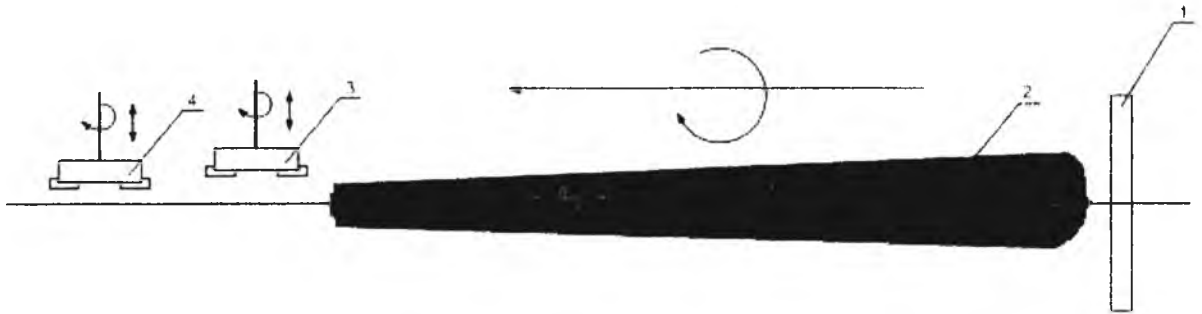


Рис. 1. Структурная схема послойного отделения пробки и луба при фрезерной окорке лесоматериалов

Круглые лесоматериалы перемещаются через измерительное 3D устройство 1, которое передает информацию в программу оптимизации построения сплайн-линий перемещения фрезерных головок на требуемую глубину. Программа работает на основании эмпирических расчетов зависимостей, приведенных выше. Требуется только вводить породу древесины, при смешанном потоке. Однако, в подавляющем большинстве случаев, фрезерной окорке подвергают только однотипные лесоматериалы, обычно, подлежащие пропитке. Лесоматериалы 2 перемещаются по продольному транспортеру с одновременным винтовым движением для обработки всей продольной поверхности бревен фрезами. Фрезы 3 и 4 на основании имеющихся сведений о толщинах пробки и луба в зависимости от диаметра, а также данных оптимизационной программы перемещаются на заданную высоту для их последовательного отдельного удаления.

Литература

1. Газизов А.М., Григорьев И.В., Ильющенко Д.А., Гумерова О.М. Статистические характеристики толщин слоев коры на пиловочных бревнах / Материалы второй международной научно-практической Интернет конференции «Леса России в XXI веке». СПб.: ЛТА, 2009. С. 96-100.
2. Газизов А.М., Григорьев И.В., Кацадзе В.А., и др. Повышение эффективности механической окорки лесоматериалов. Монография. СПб.: ЛТА, 2009. – 240 с.
3. Газизов А.М., Григорьев И.В., Гумерова О.М. Обоснование показателей качества работы окорочных станков / «Технология и оборудование лесопромышленного комплекса» Межвузовский сборник научных трудов. Выпуск 3. СПб.: ЛТА 2009 г. С. 81-85.
4. Газизов А.М., Григорьев И.В., Гумерова О.М. Повышение качества окорки лесоматериалов // Вестник КрасГАУ, № 10. 2009 г. С. 132-141.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕЙСОВЫХ НАГРУЗОК НА ТОПЛИВНУЮ ЭКОНОМИЧНОСТЬ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ ТРАКТОРОВ

В.Д. Валяжонков, А.В. Андронов

Россия, Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия им.С.М.Кирова

В себестоимости заготовительного кубометра древесины затраты на топливо при трелевке составляет 10...15 %. В связи с этим поиск резервов по снижению расхода топлива на первичном транспорте леса имеет весьма актуальное значение.

В качестве критерия топливной экономичности лесотранспортной машины профессор лесотехнической академии В. Б. Прохоров предложил ввести расход топлива на 1 м³ км транспортной работы – g_t , кг/м³·км. Этот показатель определяется отношением часового расхода топлива к транспортной производительности.

Рассмотрим динамику топливной экономичности на примере математической обработки опытных данных, полученных при испытании лесопромышленного транспорта ТДТ-55М. Испытания проводились на полигоне Онежского тракторного завода (пос. Нелгомозеро) в различных условиях эксплуатации (осень, зима). Условия эксплуатации (состояния трелевочного волока) оценивалась обобщенным классическим критерием – коэффициентом сопротивления движению ψ . Он определялся отношением касательной силы тяги к эксплуатационной массе лесопромышленного трактора. Опытные данные по скорости движения, расходу топлива касательной силы тяги определялись по пикетам (через каждые сто метров) и в целом за рейс (1500 м) [1].

Математическая обработка опытных данных за все циклы испытаний позволили установить зависимость топливной экономичности лесопромышленного трактора от величины рейсовых нагрузок и коэффициента сопротивления движению ψ в виде уравнения регрессии.

$$g_i = 0,535 - 0,275 \cdot Q + 7,4 \cdot \psi + 0,014 \cdot Q^2 - 3,73 \cdot \psi^2 + 0,057 \cdot Q \cdot \psi$$

На основании полученного уравнения построен график $g_i = f(\psi, Q)$ для трактора ТДТ-55М с удельной мощностью 6,0 кВт/т (рис. 1).

Как следует из рисунка 1, расход топлива на 1 кубокилометр снижается с ростом рейсовых нагрузок при $\psi = \text{const}$, достигая минимума при оптимальном объеме пачки для каждого значения ψ ($Q = 8-10 \text{ м}^3$).

Увеличение объема пачки выше оптимального с 10 до 12 м^3 приводит к ухудшению топливной экономичности. С повышением коэффициента сопротивления движению при $Q = \text{const}$ наблюдаются пропорциональное увеличение расхода топлива g_i .

Изменение показателей топливной экономичности при наиболее типичных значениях коэффициента сопротивления движению и величины рейсовой нагрузки показано на рисунке 1 штриховкой.

Вывод

Полученное уравнение регрессии по характеру изменения топливной экономичности в зависимости от состояния волока и величины рейсовых нагрузок позволит выбирать рациональные режимы производственной эксплуатации лесопромышленных тракторов с точки зрения расхода топлива.

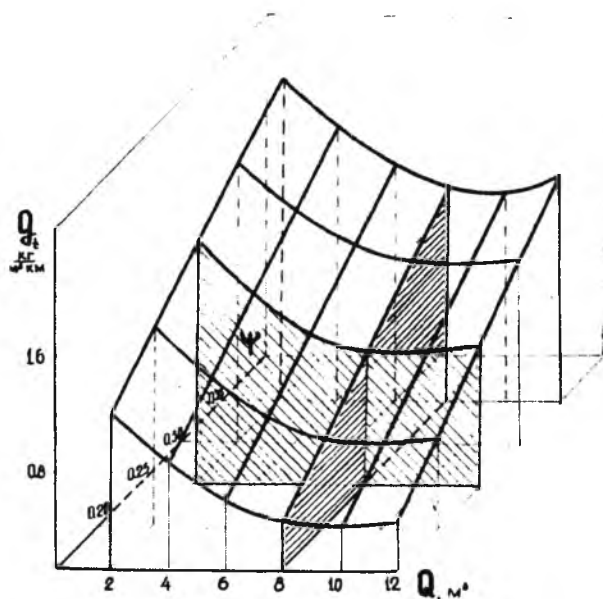


Рис. 1. Изменение расхода топлива на $1 \text{ м}^3 \cdot \text{км}$ у трактора ТДТ-55М с удельной мощностью 6,0 кВт/т в зависимости от рейсовых нагрузок и коэффициента сопротивления движению транспортной системы

Литература

1. Валяжонков В. Д. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Л, 1975-175с

ОЦЕНКА ЭНЕРГОПОГЛОЩАЮЩИХ СВОЙСТВ ЗАЩИТНОГО КАРКАСА КАБИНЫ КОЛЕСНОГО ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА

А.В. Питухин, И.Г. Скобцов, Д.А. Хвоин

Россия, Петрозаводский государственный университет

Производительность лесозаготовительных машин во многом определяется безопасностью и условиями труда оператора. Увеличение энергонасыщенности, скорости выполнения технологических и транспортных операций влечет за собой повышение напряженности труда, усложнение управления машинами.

ГОСТы, регламентирующие требования безопасности и методы испытаний лесозаготовительных машин [1 – 5], предписывают необходимость оснащения кабин колесных трелевочных тракторов устройствами защиты при опрокидывании (ROPS – roll-over protective structures), которые должны проходить статические лабораторные испытания. Испытания проводят на стендах при боковом и вертикальном нагружении, при этом деформация ROPS не должна допускать проникания своих элементов в объем ограничения деформации (DLV – deflection-limiting volume). Согласно [5], DLV – это фигура с прямоугольными очертаниями, по размерам приблизительно соответствующая антропометрическим данным оператора по ГОСТ Р ИСО 3411 (мужчина высокого роста в положении сидя в обычной рабочей одежде и защитном шлеме) и определяющая предельно допустимую деформацию (рисунок 1).

Величина усилия F при боковом нагружении колесной машины [1]

$$F = 60000 \cdot \left(\frac{M}{10000} \right)^{1.2}, \quad (1)$$

где M – масса колесной лесозаготовительной машины, кг.

Значение поглощаемой энергии во время боковой нагрузки должно быть не менее значения, определенного по формуле

$$U = 12500 \cdot \left(\frac{M}{10000} \right)^{1.25} \quad (2)$$

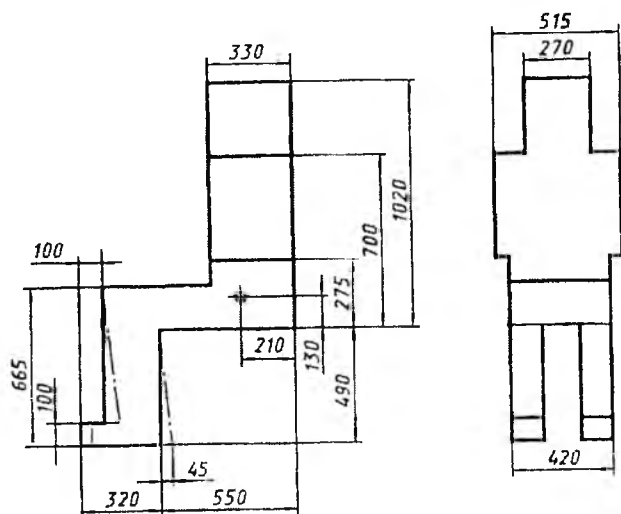


Рис. 1. Объем ограничения деформации (DLV)

Поглощение энергии при опрокидывании трактора обеспечивается как упругими, так и пластическими деформациями ROPS (защитного каркаса). Представив защитный каркас в виде стержневой конструкции, можем применить для оценки напряженно-деформированного состояния метод конечных элементов (МКЭ).

Энергию, поглощенную ROPS, определим по следующему алгоритму.

1) Определяется величина бокового усилия F по формуле (1).

2) Строится конечно-элементная модель защитного каркаса с приложением бокового усилия F .

3) В первом приближении решается упругая задача, т.е. методом конечных элементов определяется напряженно-деформированное состояние

без учета пластического течения материала защитной рамы.

4) Определяем переменные параметры упругости согласно методу, широко применяемому в инженерных приложениях теории пластичности [7 – 11] и предложенному И.А. Биргером [6]:

$$E^* = E \frac{3\varphi}{2(I + \mu) + (I - 2\mu)\varphi};$$

$$\mu^* = \frac{(I + \mu) - (I - 2\mu)\varphi}{2(I + \mu) + (I - 2\mu)\varphi},$$

где E – модуль Юнга; μ – коэффициент Пуассона; φ – функция пластичности, определяющая зависимость параметров упругости от свойств пластического деформирования,

$$\varphi = \frac{\bar{\sigma}_i}{\bar{\varepsilon}_i}.$$

Здесь $\bar{\sigma}_i = \frac{\sigma_i}{\sigma_T}$ – относительная интенсивность напряжений;

$\bar{\varepsilon}_i = \frac{\varepsilon_i}{\varepsilon_T}$ – относительная интенсивность деформаций;

σ_i, ε_i – соответственно интенсивности напряжений и деформаций;

σ_T, ε_T – соответственно предел текучести материала защитной рамы и деформация, соответствующая пределу текучести.

Расчет ведется по диаграмме деформирования $\sigma - \varepsilon$.

5) Используя вычисленные значения E^* и μ^* , повторно решаем задачу в упругой постановке МКЭ, определяем интенсивность напряжений второй итерации σ_i^{II} и новое значение переменного модуля упругости E^* . Количество итераций рекомендуется делать в зависимости от требуемой точности расчета. Как показывает практика, уже на третьем приближении различие в значениях переменного модуля упругости незначительно и составляет несколько процентов.

6) Совмещая модель DLV с конечно-элементной моделью защитного каркаса, определяем предельную деформацию $\Delta_{пр}$, при которой происходит касание элементом ROPS зоны DLV (рис. 2).

7) По диаграмме деформирования $\sigma - \varepsilon$ определяем величину энергии $U_{пр}$, поглощенной конструкцией защитного каркаса, соответствующую предельно допустимой деформации $\Delta_{пр}$.

8) Сравниваем полученную величину энергии $U_{пр}$ с величиной U , полученной в соответствии с требованиями стандарта по формуле (2). Если величина $U_{пр} \geq U$, значит энергопоглощающие свойства ROPS отвечают требованиям действующих стандартов.

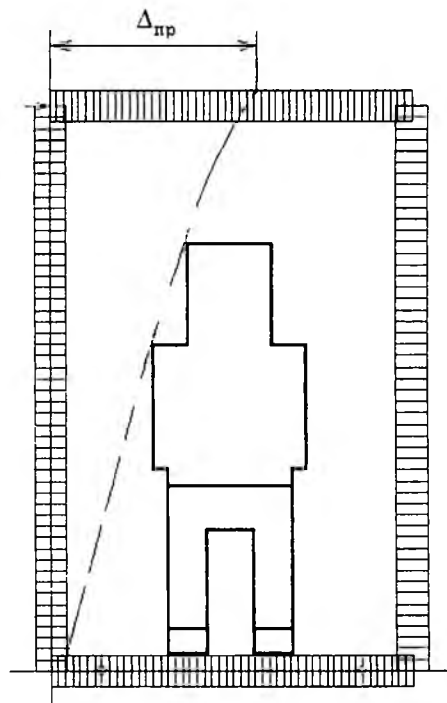


Рис. 2. Модель защитного каркаса и DLV

Литература

- ГОСТ Р 51863 – 2002 Машины лесозаготовительные, тракторы лесопромышленные и лесохозяйственные. Требования безопасности.
- ГОСТ Р ИСО 8082 – 99 Машины лесозаготовительные, тракторы лесопромышленные и лесохозяйственные. Устройство защиты при опрокидывании. Требования безопасности и методы испытаний.

3. ГОСТ Р ИСО 8083 – 99 Машины лесозаготовительные, тракторы лесопромышленные и лесохозяйственные. Устройство защиты от падающих предметов. Требования безопасности и методы испытаний.

4. ГОСТ Р ИСО 8084 – 99 Машины лесозаготовительные, тракторы лесопромышленные и лесохозяйственные. Устройство защиты оператора. Требования безопасности и методы испытаний.

5. ГОСТ Р ИСО 3164 – 99 Машины землеройные. Защитные устройства. Характеристика объема ограничения деформации при испытаниях.

6. Биргер И.А. Некоторые общие методы решения задач теории пластичности. // ПММ.-1951.- Т.15.-№6.-С.765-770.

7. Серенсен С.В., Когаев В.П., Шнейдерович Р.М. Несущая способность и расчеты деталей машин на прочность. - М.: Машиностроение.-1975.-488с.

8. Питухин А.В., Лобашев В.Д. К расчету упруго-пластических деформаций грунта под опорной поверхностью гусеничного движителя с использованием метода конечных элементов. // Машины и орудия для механизации лесозаготовок и лесного хозяйства. / Межвуз. сб. научн. тр. Л.: ЛТА, 1981, №10, С.29-31.

9. Питухин А.В., Ефимов Ю.Т. Расчет зубчатых колес трансмиссий лесотранспортных машин на статическую прочность по предельному состоянию. // Машины и орудия для механизации лесозаготовок и лесного хозяйства. / Межвуз. сб. научн. тр. Л.: ЛТА, 1983, №9, С.75-79.

10. Питухин А.В., Скобцов И.Г., Хвоин Д.А. Оценка эффективности защитного каркаса кабины колесного трелевочного трактора // Современные технологии в машиностроении: Сборник статей XIII Международной научно-практической конференции. – Пенза, 2009, С.154-156.

11. Питухин А.В., Скобцов И.Г., Хвоин Д.А. Программа-методика проведения испытаний макетного образца защитной рамы кабины колесного трелевочного трактора // Труды лесинженерного факультета ПетрГУ. – Вып.8. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2010. – С.117-119.

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ ДЛЯ РЕМОНТНЫХ МАСТЕРСКИХ

В.Н. БАРКОВ, С.А. УГРЮМОВ

Россия, Костромской государственный технологический университет

Летний отдых детей и студенческой молодёжи в оздоровительных лагерях связан с активным образом жизни, последствиями которого зачастую являются сломанные стулья, табуретки, кровати, двери, окна и другие изделия из древесины и древесных материалов. Кроме того, деревянные строительные конструкции зданий, летних домиков, павильонов, беседок, танцплощадок, лодочных причалов и прочее, имеют свойство приходить в негодность со временем, либо в результате порчи.

Как ни странно в условиях непосредственной близости от лесного массива у технического персонала ремонтных мастерских оздоровительных организаций возникает проблема с обработкой древесины своими силами на территории предприятия отдыха или загородного лечебного учреждения не только в силу недостаточной квалификации сотрудников, но и по чисто техническим причинам.

Для организации процесса изготовления и ремонта столярно-строительных и мебельных изделий любой сложности требуется наличие минимум четырех видов деревообрабатывающего оборудования – круглопильного (для продольного, поперечного и фигурного раскроя материалов), фуговального, рейсмусового, фрезерного. Общая стоимость такого набора из профессиональной серии составляет по современным ценам приблизительно 150 – 200 тыс. рублей. Для размещения и установки этого комплекта в соответствии с нормами расстановки технологического оборудования потребуется также помещение значительной площади. Для сезонного монтажа и демонтажа станков и транспортировки к месту зимнего хранения потребуются также специальные приспособления: катки, монтажные тележки – рохли и т.д.

Эксплуатационники и товаропроизводители всех форм собственности делают попытки решать проблемы повышенных затрат на эксплуатацию комплекта станков в условиях мастерских путем создания универсальных деревообрабатывающих станков с различными комбинациями основных операций, присущих процессу механической обработки древесины. Патентный обзор по конструкциям универсальных деревообрабатывающих станков показал, что проблема универсальности до настоящего времени не решена в полной мере и остается актуальной.

Известны технические решения универсальных деревообрабатывающих станков с горизонтальным расположением рабочего вала [1,2]. При детальном рассмотрении движения пиломатериалов при обработке на таких станках в динамике выясняется, что сила тяжести – вес тела, мешает осуществлению процесса резания. Возникающие во время работы прогибы и провисы длинномерного материала отрывают заготовку от ножей, особенно в операциях обработки кромки. Для компенсации этих явлений применяют разнообразные прижимные устройства, выносные опоры и другие специальные приспособления, что создаёт дополнительные трудности по размещению этих устройств на станине станка. Вышеозначенные недостатки станков, оснащённых исключительно горизонтальным рабочим валом, автоматически делают эти машины:

- малофункциональными;
- имеющими большую трудоёмкость и низкую точность изготовления деталей, высокий уровень промышленной (технической) опасности и собственной себестоимости;
- сложными в управлении;
- работа на них связана со значительными затратами времени на существенную переналадку.

Для обеспечения нормальной работы указанные станки требуют применения промышленных пылесосов с пневмотранспортом для удаления отходов обработки, значительных производственных площадей, затрат на приобретение этого оборудования и устройств, поддерживающих концы пиломатериалов, строительства этих площадей, а также специально обученного и аттестованного персонала. Данные затраты могут в несколько раз превысить стоимость самого оборудования.

Указанная проблема не снялась даже когда были предприняты попытки сделать деревообрабатывающие станки поворотными вокруг той или иной оси [3,4]:

- на угол 90° вокруг продольной оси для образования вертикально фрезерного станка;
- на угол 180° вокруг поперечной оси для образования горизонтально-рейсмусовой наладки.

Конструкции этих станков сложны в изготовлении, работа на них сопряжена с постоянной переналадкой. Горизонтально-рейсмусовый станок с верхним расположением фуговального вала обладает всеми присущими для этих машин недостатками и, прежде всего, в отношении удаления отходов обработки, которые скапливаются в рейсмусовом пространстве и могут воспрепятствовать работе.

Прогрессивным, несомненно, является возможность поворота режущего агрегата на 90° . В этом случае пильное устройство горизонтального станка достаточно просто преобразуется в вертикально-фрезерный вариант с нижним расположением шпинделя, очень удобного для проведения фрезерных работ. Они обладают широкими возможностями по обработке, в том числе при выполнении некоторых специфических фрезерных работ, например, изготовление багета на нем можно производить специальной фрезой, зажатой в патрон. При этом для удобства пользования станок поворачивают на 90° . После включения двигателя заготовку протягивают относительно вертикально расположенного инструмента, в качестве опорной поверхности используется съёмный фрезерный стол или боковая поверхность корпуса станка. Однако известный станок в режиме горизонтального положения рабочего вала с ножевым барабаном будет иметь те же недостатки, что и ранее указанные. Превращение его в вертикально-фрезерный станок осуществляется сложно, неудобно и опасно, так как расстояние от рабочего места до режущего инструмента очень велико (в зависимости от высоты опорной рамы порядка 800-1000 мм). Фуговальный вал с пильным диском не имеют ограждений, двигатель и клиноремённая передача не защищены от попадания отходов обработки. Для проведения фрезерных работ токарное приспособление должно быть демонтировано. Кроме этого в данной конструкции никак не используются возможности, которые может дать фуговальный вал - фугование, рейсмусование и другое.

Техническое решение, разработанное автором данной работы [5] предусматривает расширение функциональных возможностей, повышение качества обработки и производительности труда при упрощении технологии изготовления и обеспечении безопасности работ.

Технический результат связан с многоплановым использованием рабочего вала, расположенного вертикально, который, по крайней мере, не мешает процессу механической обработки древесины, а в некоторых случаях создаёт дополнительные благоприятные условия для осуществления этого процесса, в том числе ряда нетрадиционных приёмов, придающих станку действительно универсальные свойства и многофункциональные возможности.

Перечень возможностей включает в себя основной список операций, необходимых при изготовлении столярно-плотницких изделий и мебели любой сложности на высокоэффективной, высококачественной, высокопроизводительной и безопасной основе, а именно:

- сквозное и несквозное фрезерование (пиление) древесины вдоль волокон с повышенной точностью изготовления и безопасностью труда сменным дисковым инструментом различной конфигурации;
- сквозное и несквозное фрезерование (пиление) древесины поперёк волокон для формирования шипов и проушин в шиповых сопряжениях с повышенной чистотой обрабатываемой поверхности, обеспечивающее точную торцовку.
- оперативная обработка боковой поверхности (кромки) листовых и других материалов под углом 90°;
- удаление обзола необрезного пиломатериала в калибрующем устройстве (рейсмусе) с одновременным получением заданных размеров по всей длине;
- продольное фрезерование вращающимися прямыми и фасонными ножами в заданный размер (рейсмусование) по толщине и ширине обрабатываемого материала с гарантированным получением прямого угла между ними;
- устранение дефектов геометрической формы во всех направлениях;
- формирование четвертей дверных коробок и рам оконных блоков прямыми строгально-фрезерными (фуговальными) ножами калибрующего устройства (рейсмуса);
- обработка деталей, размеры которых в 2 раза превышают длину рабочей части строгально-фрезерных (фуговальных) ножей калибрующего устройства (рейсмуса);
- плоское шлифование цилиндром в калибрующем устройстве (рейсмусе).

Конструкция данного деревообрабатывающего станка, оснащённого вертикальным валом, позволяет на одном рабочем месте выполнять комплекс механической обработки древесины – пиление, фугование, рейсмусование, фрезерование. Таким образом решается проблема универсальности оборудования с возможностью снижения экономических затрат на обслуживание данной модели.

Литература

1. Худяков А.В. Деревообрабатывающие станки и работа на них. – М.: Высшая школа, 1976. – 209 с.
2. Погорелов В.С. Универсальный деревообрабатывающий станок. Патент на изобретение № 2064860.
3. Шурпанов Н.Е. Комбинированный деревообрабатывающий станок. Патент на изобретение № 2153979.
4. Пугачев В.В. Универсальный деревообрабатывающий станок. Патент на изобретение № 2055729.
5. Барков В.Н. Универсальный деревообрабатывающий станок. Патент на изобретение № 91689.

МЕТОДИКА СРАВНИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ КОНСЕРВАЦИОННЫХ СОСТАВОВ С НАНОМАТЕРИАЛАМИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЛЕСНЫХ МАШИН ОТ КОРРОЗИИ

В.В.БЫКОВ, М.И.ГОЛУБЕВ

Россия, Московский государственный университет леса

Ввиду специфики использования лесные машины в большой степени подвержены различным видам коррозии и биоповреждений. Для их защиты применяют различные технологии, в том числе основанные на нанесении консервационных составов. Большие перспективы в области защиты лесных машин от коррозии и биоповреждений имеют консервационные составы на основе отходов масел с добавлением в них наночастиц различных материалов.

Нами для исследований выбраны следующие консервационные материалы: отходы моторного и растительного масел, отходы моторного и растительного масел с добавлением наночастиц бемита, отходы моторного и растительного масел с добавлением нанопорошка серебра. Покрывают на стальные образцы размером 30x100x2 мм. После нанесения образцы хранились в закрытом помещении в течение 30 дней.

Эксперимент проводили следующим образом:

Линейные размеры 35 образцов замеряли с точностью до 0,1 мм, и заносили результаты в таблицу 1.

Таблица 1

Результаты замеров и взвешивания образцов

№ п/п	№ образца	Линейные размеры, мм			Площадь поверхности, см ²	Масса образцов, г		Коррозионные потери в расчете на год, г/м ²
		ширина	длина	высота		До эксперимента	После эксперимента	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

После снятия продуктов первичной коррозии с образцов и очистки поверхности с помощью чистой ветоши их взвешивали на аналитических весах ВР-310S с точностью до 0,00005 г.

С помощью кисти наносили на образцы сравниваемые консервационные составы (по 5 образцов на каждый состав и 5 образцов без покрытия). Помещали их на хранение.

Затем снимали продукты коррозии с помощью стеклянной шкурки и взвешивали образцы на аналитических весах.

Коррозионные потери в г/м² определяли в расчете на год (8760 ч).

Обработка результатов эксперимента сводилась к следующему:

1. Рассчитывали площадь поверхности образцов по формуле:

$$P = 2 \cdot a \cdot b + 2 \cdot (a + b) \cdot c,$$

где P – площадь поверхности образца, см²; a, b, c – ширина, длина и толщина образца, см.

2. Рассчитывали коррозионные потери образца по формуле:

$$y = \frac{M_1 - M_2}{P \cdot T} \cdot 8760 \cdot 10000,$$

где Y – коррозионные потери стали в расчете на год, г/м² (дать в целых числах); M₁ и M₂ – масса образца до и после испытания, г; T – продолжительность хранения, ч; 8760 – продолжительность года в часах; 10000 – коэффициент перевода см² в м².

3. Упорядочивали вариационный ряд методом ранжирования, выявляли и исключали «сомнительные» члены ряда, для чего рассчитывали отношения:

$$\text{для левого крайнего члена } \tau_p = \frac{y_2 - y_1}{y_n - y_1}$$

$$\text{для правого крайнего члена } \tau_p = \frac{y_n - y_{n-1}}{y_n - y_1}$$

где $y_n - y_1 = R$ – размах ряда.

Если ($\gamma = 0,95$; $\nu = n-1$), то взятый под «сомнение» член ряда является ошибкой эксперимента и его следует исключить из ряда, при этом $\gamma = 0,95$ – доверительная вероятность, ν – число степеней свободы; n – число членов ряда (количество образцов).

Критерии для исключения выскакивающих членов вариационного ряда следующие:

Таблица 2

Критерии для исключения выскакивающих членов вариационного ряда

n	τ	n	τ	n	τ
4	0,955	10	0,477	20	0,334
5	0,807	11	0,450	22	0,320
6	0,698	12	0,428	24	0,309
7	0,610	14	0,395	26	0,299
8	0,554	16	0,369	28	0,241
9	0,512	18	0,349	30	0,283

4. Вычисляли статистические характеристики вариационного ряда:

– среднюю арифметическую

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum y_i;$$

– дисперсию

$$s^2 = \frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n - 1};$$

– среднеквадратическое отклонение генеральной средней

$$S = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n - 1}};$$

– коэффициент вариации

$$\vartheta = \frac{S}{\bar{y}} \cdot 100\%$$

5. Подбирали закон распределения случайной величины:

– если $\vartheta \leq 33\%$, то ряд подчиняется закону нормального распределения;

– если $\vartheta \geq 50\%$, то применяется закон распределения Вейбулла-Гнеденко.

Литература

1. Северный А.Э., Пучин Е.А., Рязанов В.Е., Гайдар С.М., Павлов И.А., Павлов И.П., Павшинцев В.П., Икреников А.Е., Улюкина Е.А., Николотов И.Н., Корнеев А.В., Мельникова И.В., Юсипов И.С. Практикум по хранению и защите от коррозии сельскохозяйственной техники: учебно-методические рекомендации. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 160 с.

2. Князева Л.Г., Петрищева А.И., Прохоренков В.Д. Технологии приготовления и нанесения консервационных составов на основе отходов маслоочистки / В кн.: Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции - новые технологии и

техника нового поколения для растениеводства и животноводства. (Сборник научных докладов 15 международной конференции (18-19 сентября 2009 года г. Тамбов)). Тамбов, 2009. с. 405-408.

О СНИЖЕНИИ МЕТАЛЛОЕМКОСТИ МАНИПУЛЯТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Д.В. ЛЕБЕДЕВ

Россия, Северный (Арктический) федеральный университет, г. Архангельск

Лесной сектор играет важную роль в экономике страны и имеет существенное значение для социально-экономического развития более чем 40 субъектов Российской Федерации, в которых продукция лесной промышленности составляет от 10 до 50 процентов общего объема промышленной продукции соответствующих регионов [1].

Изменения в системе государственного управления, произошедшие в стране в ходе осуществления административной реформы, бюджетно-финансовой реформы, разграничения полномочий органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления, затронули и сферу лесных отношений. Указанные обстоятельства, а также необходимость существенного повышения эффективности и объемов использования лесов, совершенствования арендных отношений, решения задач по развитию объектов лесной и лесоперерабатывающей инфраструктуры, создания благоприятных условий для инвестиций в лесной сектор потребовали принятия нового Лесного кодекса Российской Федерации [1].

Это привело к увеличению спроса на высокотехнологичную продукцию. Данные свидетельствуют о том, что на международном рынке лесозаготовительной техники преобладающим типом машин являются харвестеры, предназначенные для хлыстового и сортиментного методов заготовки древесины, причем машины на гусеничном шасси составляют 56%, на колесном шасси – 44%. Скиддеры, предназначенные только для хлыстового метода заготовки древесины, составляют 25% от общего числа, при этом тракторы на гусеничном шасси в основном представлены моделями российского производства.

Погрузочно-транспортные машины (форвардеры), предназначенные для транспортировки сортиментов в полностью погруженном положении, представлены 32% от общего числа [2].

В России значительная часть этой техники закупается за границей. Часто малые и средние предприятия покупают машины, уже успевшие поработать на нескольких владельцев и значительно израсходовавшие свой ресурс. Кроме того, подобная техника, несмотря на свою востребованность на нашем рынке, на одно-два поколения отстает от актуальных машин, применяемых в Европе. Это отставание выражается в том, что они менее надежны, обладают худшим быстродействием и производительностью, тем самым значительно сокращая экономический эффект от их использования. Современная новая техника в основном приобретает только крупными предприятиями.

Технический уровень отечественного оборудования по причине отсутствия проработанной технической политики в области создания и производства российской лесозаготовительной техники по номенклатуре, типоразмерам базовых машин и технологическому оборудованию остается невысоким. Это приводит к вытеснению российских производителей с мировых рынков и даже снижению их присутствия внутри страны [2].

Манипуляторная техника, производимая в России, часто изготавливается по приобретенным иностранным патентам и технологиям, показавшим свою эффективность в прошлом и уже выходящим из широкого употребления в Европе. Разнообразие модельного ряда сводится к пропорциональному увеличению или уменьшению геометрических параметров изделия. Серьезной переработки, усовершенствования и использования появляющихся современных технологий не проводится. Отставание от европейских конкурентов все более увеличивается, конкурентоспособность снижается, себестоимость продукции растет, в том числе и в связи с подъемом цен на металл.

Исходя из этого, одним из перспективных направлений решения нарастающей проблемы является снижение металлоемкости манипуляторного оборудования.

Покупатель в этом случае получит в эксплуатацию более легкий манипулятор, не уступающий по прочностным и грузоподъемным параметрам ранее используемым моделям. Это позволит повысить допустимую массу перевозимого груза или снизить общий вес транспортного средства, что увеличит его маневренность и проходимость, а так же уменьшит разрушающее воздействие на почву (применительно к лесозаготовительной технике). Также это будет способствовать увеличению спектра применения манипуляторного оборудования, в том числе и в строительных целях, где до сих пор в большинстве случаев предпочтение подрядчиками отдается автокрану, несмотря на реальные условия и наличие необходимости его использования.

Снижение металлоемкости манипуляторного оборудования позволит производителю более экономно использовать материал, снизит себестоимость продукции, повысит конкурентоспособность и экономическую эффективность от ее использования. Это, в свою очередь, укрепит позиции изготовителя на отечественном рынке и даст возможность выйти на международную арену.

Литература

1. <http://www.rosleshoz.gov.ru/agency/strategy/0>
2. Статья «Динамика развития лесной техники в начале XXI века». Автор Э. Стрельцов. <http://www.osl.ru/article/market/>

ОПТИМИЗАЦИЯ КОЛИЧЕСТВА И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПЕРЕДВИЖНЫХ РУБИЛЬНЫХ МАШИН

Л.В. ЩЕГОЛЕВА

Россия, Петрозаводский государственный университет

Использование передвижных рубильных машин для обслуживания нескольких территориально удаленных котельных, работающих на топливной щепе, приводит к задаче определения оптимального количества передвижных машин для обеспечения бесперебойной работы котельных в разные сезоны, а также определения оптимальных режимов работы машин. В зависимости от условий работы были сформулированы две математические модели, описывающие работу передвижных машин в условиях стабильной работы и в условиях оперативных изменений [1].

Постановка задачи определения режимов работы машин в условиях оперативных изменений предполагает, что имеется несколько передвижных рубильных машин, обслуживающих несколько котельных, работающих на древесном топливе. Для каждой котельной известны суточные потребности в щепе для различных сезонов работы в течение календарного года – W_i^c (пл.м³), запас щепы на начало периода планирования – W_i^b (пл.м³) и запас щепы, который должен остаться в котельной на конец периода планирования – W_i^e (пл.м³). Для каждой рубильной машины известны ее производительность – R_k (пл.м³/час), время, необходимое для выполнения пусконаладочных работ – F_k (час), средняя скорость перемещения от одного пункта к другому – V_k (км/час), затраты на производство щепы – C_k^e (руб./ пл.м³), затраты на передвижение машины – C_k^p (руб./км). Каждая машина должна проходить техническое обслуживание в течение двух дней в сервисном центре, расположенном в отдельном населенном пункте, каждые 15 дней работы. Известны расстояния между всеми котельными – A_{ij} (км) и между котельной и сервисным центром – A_{0i} или A_{i0} (км).

Задача заключается в определении времени прибытия передвижных рубильных машин в котельные с минимальными суммарными затратами на передвижение и производство щепы. Последовательность обслуживания котельных одной машиной определяет маршрут движения этой машины. Все маршруты начинаются и заканчиваются в сервисном центре. В модели, предложенной в [1], предполагается, что каждую котельную обслуживает только одна рубильная машина, которая приезжает в нее только один раз. Это ограничение может привести к отсутствию допустимых решений задачи. В рассматриваемой модели предлагается заменить это ограничение следующим условием: только в одну из котельных можно приехать дважды, заранее не известно в

какую. Второй раз может приехать та же самая машина или другая машина. При первом посещении котельной машина должна произвести такой объем щепы, которого было бы достаточно для работы котельной до второго посещения. Математическая модель задачи имеет следующий вид (1)–(7):

$$\sum_{k=1}^n A_{0i_1^k} \cdot C_k^p + \sum_{k=1}^n A_{i_{m_k}^k 0} \cdot C_k^p + \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^{m_k-1} A_{i_j^k i_{j+1}^k} \cdot C_k^p + \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^{m_k} \left(T_c \cdot W_{i_j^k}^c + W_{i_j^k}^e - W_{i_j^k}^b \right) \cdot C_k^g \rightarrow \min; \quad (1)$$

$$\bigcup_{k=1}^n P_k = M \text{ и } P_k \cap P_r = \emptyset \text{ для } k \neq r, m_k = |P_k|, k = \overline{1, n}, \sum_{k=1}^n m_k = m; \quad (2)$$

$$t_j \leq \frac{W_j^b}{W_j^c} \cdot T_d, j=1..m; \quad (3)$$

$$t_{i_1^k} \geq \frac{A_{0i_1^k}}{V_k} \text{ для } m_k > 0, k=1..n; \quad (4)$$

$$t_{i_j^k} + \frac{T_c \cdot W_{i_j^k}^c + W_{i_j^k}^e - W_{i_j^k}^b}{R_k} + F_k + \frac{A_{i_j^k i_{j+1}^k}}{V_k} \leq t_{i_{j+1}^k} \text{ для } m_k > 0, k=1..n; \quad (5)$$

$$t_{i_{m_k}^k} + \frac{T_c \cdot W_{i_{m_k}^k}^c + W_{i_{m_k}^k}^e - W_{i_{m_k}^k}^b}{R_k} + F_k + \frac{A_{i_{m_k}^k 0}}{V_k} \leq T_p \text{ для } m_k > 0, k=1..n; \quad (6)$$

значения t_j должны быть целыми и неотрицательными. (7)

В модели (1)–(7) использованы следующие обозначения: M – множество котельных, m – количество котельных; n – количество машин; T_c – период планирования, включающий время, затрачиваемое на техническое обслуживание, (сутки); T_d – количество рабочих часов в день (час); T_p – полезное время работы машин в течение периода планирования (час), $T_p = T_d \cdot T_c$; P_k – подмножество котельных, обслуживаемых рубильной машиной с номером k ; $Z^k = (i_1^k, i_2^k, \dots, i_{m_k}^k)$ – перестановка элементов множества P_k (маршрут движения машины k).

Математическая задача заключается в определении разбиения $\{P_k\}$, перестановок $\{z^k\}$ для каждого подмножества в разбиении и значений времени прибытия мобильной машины в каждую котельную $\{t_j\}$, удовлетворяющих условиям (2)–(7) и минимизирующих функцию (1).

Ограничения (3)–(6) означают следующее: (3) – прибытие в котельную должно быть не позднее момента, когда от первоначального запаса щепы в котельной останется не менее суточного запаса; (4) – прибытие в первую котельную в маршруте должно быть равно времени на перемещение машины из сервисного центра в первую котельную, если машина имеет непустой маршрут; (5) – прибытие машины в следующую котельную маршрута должно быть позднее момента времени, когда машина произведет необходимое количество щепы в текущей котельной, включая время, потраченное на пуско-наладочные работы и перемещение машины из текущей котельной в следующую, для машин, имеющих непустой маршрут; (6) – прибытие в последний пункт маршрута должно быть не позднее момента времени, чтобы до окончания периода планирования установка успела произвести необходимый объем щепы в пункте и вернуться в сервисный центр, для машин, имеющих непустой маршрут. Целевая функция минимизирует суммарные по всем машинам затраты на перемещение машин между котельными и затраты на производство щепы в каждой котельной.

Для задачи разработан алгоритм решения, реализованный в виде программной системы. Модель (1)–(7) позволяет определить оптимальные режимы работы заданного количества передвижных рубильных машин в виде маршрута движения каждой машины, определяемого оптимальной перестановкой z^k , и в виде времени прибытия в каждую котельную – t_i , которое позволяет также вычислить время работы машины в каждой котельной в зависимости от потребностей котельной в щепе, определяемых сезоном.

Определение оптимального количества машин можно сделать по следующему алгоритму: Шаг 1. Сформировать максимально возможный комплект передвижных рубильных машин. Отсортировать машины в порядке возрастания стоимости их работы. Шаг 2. Разбить календарный год на периоды, равные продолжительности работы машин между двумя последовательными техническими обслуживаниями в сервисном центре. Для каждого периода определить потребности в щепе и соответствующие объемы работы машин по ее производству. Установить продолжительность и количество смен работы. Шаг 3. Для каждого периода решить задачу (1)–(7). Шаг 4. Если задача имеет решение для каждого периода, то сохранить состав комплекта и его затраты. Шаг 5. Если список сохраненных комплектов не пуст, то среди сохраненных комплектов выбрать комплект с минимальными затратами, остальные комплекты удалить; на основе выбранного комплекта сформировать новые комплекты, в которых удалена одна из машин, и для каждого комплекта выполнить шаги 3–4 и снова перейти к шагу 5. Если список сохраненных комплектов пуст, то вернуться к предыдущему комплекту, который и является решением задачи.

В результате работы алгоритма будет определено оптимальное количество рубильных машин (комплект) и график работы оптимального комплекта передвижных рубильных машин в разные сезоны.

Литература

1. Полежаев К. В. Задача оптимизации функционирования передвижной рубильной машины для производства щепы в топливно-энергетическом комплексе Республики Карелия / К. В. Полежаев, Л. В. Щеголева // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – СПб.: СПбГЛТА, 2006. – Вып. 178. – С. 120–125.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БАРАБАННЫХ ТОРМОЗНЫХ МЕХАНИЗМОВ АВТОЛЕСОВОЗОВ

Д.Г. МЯСИЦЕВ, А.С. ВАШУТКИН

Россия, Северный (Арктический) федеральный университет, г. Архангельск

Тормозная система - это один из наиболее ответственных узлов транспортного средства определяющих надёжность, динамику, манёвренность и безопасность эксплуатации, поэтому повышение ее эффективности - актуально.

Цель работы. Улучшение эксплуатационных свойств автолесовозов обоснованием технических решений и параметров, влияющих на их тормозные качества.

Основными характеристиками барабанных тормозов являются эффективность и стабильность их работы [1].

Эффективность тормозных механизмов оценивается коэффициентом, представляющим собой отношение силы трения F_T к силе P_n , приложенной к колодке со стороны приводного устройства.

Стабильность работы тормоза характеризуется коэффициентом относительной чувствительности e , выражающим процентное изменение тормозного момента M_T при изменении коэффициента трения f на 1%.

Автомобили-лесовозы, автолесовозы, грузовые автомобили высокой грузоподъемности работают в ограниченных условиях, в которых требуется частое торможение. При этом некоторые из них эксплуатируются по грунтовым дорогам, на которых присутствует грязь, вода, которые в свою очередь попадают на рабочие элементы тормозных механизмов, ухудшая процесс торможе-

ния. Из-за резко переменного режима работы тормозов у такого подвижного состава, приводящего к термическим деформациям их элементов, непрерывно изменяются значения таких дестабилизирующих факторов, как коэффициент трения f , величина (угол обхвата накладок β) и положение (угол несимметричности накладок γ относительно оси максимального давления) зоны контакта, в связи с чем рекомендуется [3] применять фрикционные материалы с невысокими (0,25...0,35), но стабильными коэффициентами трения и уменьшать углы обхвата β , обеспечивая при этом положительную несимметричность накладок.

Для эффективной работы тормозной системы, ее тормозные механизмы должны иметь тепловой режим во время процесса торможения в определенных пределах, не превышающих предельно допустимых. Поэтому, задача, рассматривающая снижение теплового режима тормозных механизмов во время торможения является наиболее актуальной при совершенствовании тормозных систем автомобилей для повышения безопасности дорожного движения.

Наиболее характерные конструкции усовершенствований элементов барабанно-колодочных тормозов отечественных и зарубежных аналогов, которые показаны в работе А.И. Вольченко [2], направленных на интенсификацию их естественного охлаждения, можно классифицировать следующим образом:

Мероприятия, направленные на интенсификацию естественного охлаждения за счет элементов металлоконструкции и их конфигурации.

Изготовление тормозных накладок с вентилирующими канавками.

Установка центробежных вентиляторов в тормозной механизм или выполнение ребер внутри тормозного барабана, который будет работать как центробежный вентилятор.

Упрочнение элементов тормозного механизма, что приведет к устранению их деформаций и тепловой нагруженности.

Подвод охлаждающего агента во внутреннюю полость тормозных колодок.

Совершенствование механизма, автоматически регулирующего зазор между тормозным барабаном и тормозными колодками. Последнее мероприятие вытекает из работы Э.Н. Никульникова [6] в которой сказано, что барабанный тормозной механизм имеет высокую тепловую нагруженность из-за плохой работы механизма, автоматически регулирующего зазор между тормозным барабаном и тормозными колодками. Этот механизм плохо отходит на свое место после процесса торможения, что создает процесс подтормаживания.

Без искусственного охлаждения нельзя обеспечить надежной и эффективной работы фрикционных пар, поскольку между ними возникают разности температур и, следовательно, - термические напряжения в ободе барабана.

При охлаждении трущихся элементов барабанно-колодочного тормоза уменьшается их поверхностный нагрев, в результате чего повышаются коэффициент трения, стабильность и эффективность торможения.

Благодаря охлаждению поддерживается определенная, меняющаяся в узких пределах температура поверхностей трения, что способствует уменьшению термических напряжений и предупреждению их схватывания при перегреве.

Подача сжатого воздуха между тормозным барабаном и тормозными колодками способствует удалению грязи от поверхностей трения и быстрому просушиванию фрикционных пар после попадания на них влаги.

Исходя из анализа представленной информации, на автолесовозах, на наш взгляд, целесообразнее использовать воздушное принудительное охлаждение тормозных механизмов с подачей воздуха в процессе торможения.

Уместно кратко проанализировать следующий оптимизационный момент данной задачи. При подаче сжатого воздуха между фрикционными поверхностями тормозного механизма возникают противоречия.

1) С одной стороны, с увеличением давления подводимого воздуха будет улучшаться охлаждение поверхностей трения, их очищения и просушивание, что повысит эффективность и стабильность действия тормоза, но с другой стороны увеличенное давление будет противодействовать нарастанию тормозной силы, а значит снижать быстродействие и эффективность работы тормоза.

2) С увеличением диаметра отверстий, подводящих сжатый воздух между накладкой и барабаном, будет также улучшаться охлаждение, очистка и просушивание поверхностей трения, а значит, и повышаться эффективность и стабильность действий тормозного механизма, но при этом будет создаваться более мощная воздушная подушка, которая по аналогии с первым противоречием, будет снижать быстродействие и эффективность функционирования тормоза.

Объектом экспериментального исследования выбран автомобиль-самосвал ЗИЛ-ММЗ с задним ведущим приводом. Предметом экспериментального исследования являются его тормозные механизмы задних ведущих колес, как наиболее теплонапряженные, поскольку 2/3 массы данного автомобиля приходится на его заднюю ось.

Измеряемой величиной при испытаниях будет тормозная сила, P_T , H , задних ведущих колес автомобиля, по величине которой можно косвенно судить о коэффициентах эффективности тормоза C_m и относительной чувствительности e . При помощи эксперимента требуется доказать, что давление воздуха, создаваемое между тормозной колодкой и тормозным барабаном не будет противодействовать тормозной силе, прижимающей колодки к тормозному барабану во время процесса торможения. Также отмечалось, что подача воздуха будет происходить во время процесса торможения и прекращаться после его завершения. В ходе определения тормозной силы, на обоих колесах, параллельно регистрировалась и температура внутренних поверхностей тормозных барабанов.

С целью уменьшения количества весьма дорогих и трудоемких стендовых опытов за основу были приняты униформ-ротатбельные композиционные планы второго порядка (план Бокса-Хантера).

В качестве функций отклика требуется определить косвенные показатели: коэффициент эффективности тормоза C_m и относительной чувствительности e . Величина, которая оценивала косвенные показатели - тормозная сила, P_T , H , задних колес автомобиля.

Матрица опытов по плану Бокса-Хантера представлена в таблице 1 с результатами измерений прямого показателя P_T и $M_{ТОР.К}$, $H \cdot M$.

Таблица 1

Матрица факторного эксперимента (план Бокса-Хантера, ядро 2²), результаты тормозной силы P_T , H , и тормозного момента на экспериментальном колесе $M_{ТОР.К}$, $H \cdot M$

№ п/п	Кодированные факторы		Z_{1K1} , Z_{2K1}	$Z_{1^2 K1}$	$Z_{2^2 K1}$	Значение тормозной силы, P_T , H	$M_{ТОР.К}$ $H \cdot M$
	Z_{1K}	Z_{2K}					
1.	- 1	- 1	+ 1	+ 1	+ 1	936	196,56
2.	+ 1	- 1	- 1	+ 1	+ 1	981	206,01
3.	- 1	+ 1	- 1	+ 1	+ 1	975	204,75
4.	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	1014	212,94
5.	- 1,41	0	0	1,988	0	983	206,43
6.	+ 1,41	0	0	1,988	0	1010	212,1
7.	0	- 1,41	0	0	1,988	771	161,91
8.	0	+ 1,41	0	0	1,988	1059	229,39
9.	0	0	0	0	0	942	197,82
10.	0	0	0	0	0	1053	221,13
11.	0	0	0	0	0	965	202,65
12.	0	0	0	0	0	1176	246,96
13.	0	0	0	0	0	954	200,34

Литература

1. Александров, М. П. Тормозные устройства : справочник / М. П. Александров, А. Г. Лысяков, М.В. Новожилов ; под общ. ред. М. П. Александрова. – Москва : Машиностроение, 1985. – 312 с.: ил.

2. Вольченко, А. И. Барабанно-колодочные тормозные устройства / А. И. Вольченко, Ю. С. Замора. – Львов : Вища школа, 1980. – 108 с.

3. Генбом, Б. Б. К вопросу об оценке свойств по перспективности колодочных барабанных тормозных механизмов / Б. Б. Генбом, А. И. Гута // Автомоб. пром-сть. – 1972. - №6. – С. 16-22.

4. Метлюк, Н. Ф. Исследование и расчет тормозных механизмов / Н. Ф. Метлюк // Автомоб. пром-сть. – 1968. - №4. – С. 21-24 : №5. – С. 20-21.
5. Генбом, Б. Б. Вопросы динамики торможения и теории рабочих процессов тормозных систем автомобилей / Б. Б. Генбом. – Львов : Вища школа, 1974. – 234 с.
6. Никульников, Э. Н. Разработка методов экспериментально-расчетного определения режимов работы, путей повышения эффективности и снижения нагруженности автомобильных тормозных механизмов : дис. ... канд. техн. наук / Никульников Эдуард Николаевич. - Дмитров, 1984. – 194 с.

РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ ВИНТОВЫХ ПРУЖИН НА СТАДИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИ ОГРАНИЧЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ О ПАРАМЕТРАХ МОДЕЛИ

В.С.УТКИН, А.Н.РЕДЬКИН

Россия, Вологодский государственный технический университет

Винтовые пружины получили широкое применение в машинах и приборах. В последнее время их начали применять для защиты зданий и сооружений от вибрационных воздействий техногенного происхождения.

С 1 июля 2010г. вступил в силу закон Российской Федерации «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», в котором предусматривается безопасный для человека уровень вибрации в жилых, промышленных и общественных зданиях.

Мерой безопасности служит надежность P или риск. Под риском понимается произведение значения вероятности отказа Q на значение экономических потерь в случае отказа. В той и другой мере риска необходимо наличие значения надежности P (отказ $Q=1-P$). Известно, что надежность механической системы определяется надежностью её элементов и структурной схемой системы. В связи с этим основной задачей проблемы является разработка метода расчета надежности отдельной пружины, в частности в условиях циклического нагружения, как наиболее распространенной работы пружин. Математическая модель предельного состояния по критерию прочности пружины в детерминированном виде по [1] имеет вид

$$\tau_{\max} = k \frac{8FD}{\pi d^3} \leq \tau_{np}, \tag{1}$$

где F - сжимающее усилие на пружину, D - средний диаметр пружины, d - диаметр витка пружины, k - коэффициент зависящий [1] от соотношений D/d . Некоторые значения « k » приведены в таблице 1.

Таблица 1

D/d	3	4	5	6	7	8	10
k	1,58	1,40	1,31	1,25	1,21	1,18	1,14

С учетом изменчивости базовых параметров математическая модель (1) примет вид

$$\bar{\tau}_{\max} = k \frac{8\bar{F}D}{\pi d^3} \leq \bar{\tau}_{np}, \tag{2}$$

где в силу малой изменчивости для пружин одного вида и размеров D , d и соответственно « k » примем детерминированными величинами.

На практике значения силы F в условиях эксплуатации пружин определить трудно, а иногда невозможно в отличие от её осадки λ , которую удастся измерить в самых различных ситуациях.

По [1] осадка пружины $\lambda = \frac{8FD^3n}{Gd^4}$, где n - число витков пружины за вычетом 1,5 витков, G - модуль упругости материала пружины второго рода, который определяется через модуль упруго-

сти E первого рода и коэффициент Пуассона μ , которые определяются различными испытаниями стали пружин.

Известно, что коэффициент вариации E мал (0.03), поэтому его изменчивостью можно пренебречь и величину E будем принимать детерминированной величиной. Значение μ для стали ($\mu < 0.5$) также примем детерминированной величиной. Из последней формулы определения λ найдем $F = \lambda \frac{Gd^4}{8D^3n}$ и, подставляя в (1), получим математическую модель предельного состояния пружины по критерию её прочности в виде

$$\bar{\tau}_{\max} = k \frac{\bar{\lambda} G d}{\pi D^2 n} \leq \bar{\tau}_{\text{пр}} \quad (3)$$

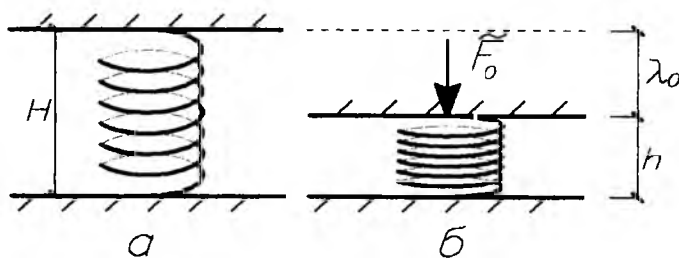


Рис.1 – Индивидуальная пружина
а – без нагрузки, б – под нагрузкой F_0 .

Значения λ состоят из статической составляющей λ_0 и составляющей от циклической нагрузки λ_f , т.е. $\bar{\lambda} = \lambda_0 + \bar{\lambda}_f$, λ_0 примем детерминированной величиной, которую на практике можно найти как $\lambda_0 = H - h$, при $\lambda_f = 0$ (см. рис.1).

Значения $\bar{\tau}_{\text{пр}}$ зависят от вида стали и циклов нагружения пружины. В данной статье будем рассматривать пульсирующий цикл нагружения с τ_0 в запас надежности. Значение τ_0 можно связать с τ_{-1} по [2] с помощью коэффициента чувствительности стали к асимметрии цикла при действии касательных напряжения ψ_τ , а именно:

$$\psi_\tau = \frac{2\tau_{-1} - \tau_0}{\tau_0}$$

Значения коэффициентов чувствительности к асимметрии цикла по [2] приведены в таблице 2.

Таблица 2

Предел прочности σ_B , МПа	Значения
	ψ_σ
350-500	0
520-750	0,05
700-1000	0,10
1000-1200	0,20
1200-1400	0,25

Предел прочности σ_B можно определить через твердость стали пружин, например методом царапания.

Рассмотрим ситуацию, в которой удастся найти выборочные математические ожидания m_λ и $m_{\tau_{\text{пр}}}$ для $\bar{\lambda}$ и $\bar{\tau}_{\text{пр}}$, а также средние квадратические отклонения S_λ и $S_{\tau_{\text{пр}}}$. Закон распределения $\bar{\lambda}$ и $\bar{\tau}_{\text{пр}}$ неизвестен. В этом случае для их описания можно использовать [3] распределения, полученные на основе неравенства Чебышева.

Рассмотрим методику определения расчетной надежности систем пружин по критерию усталостной прочности по условию

$$\bar{\tau}_{\max} \leq \bar{\tau}_{\text{пр}} \quad (4)$$

или $X \leq Y$, при обозначении $X = \tilde{x}_{\max}$, $Y = \tilde{y}_{\text{ГПР}}$.

Расчетные формулы для значений вероятностей безотказной работы $\underline{P}(x)$ и $\overline{P}(x)$ по событию (1) примут вид:

$$\begin{cases} P = \int_S \int \underline{\rho}_X(x) \overline{\rho}_Y(y) dy dx, \\ \overline{P} = \int_S \int \overline{\rho}_X(x) \underline{\rho}_Y(y) dy dx, \end{cases} \quad (5)$$

где S – область безотказной работы.

Для описания нечетких переменных X и Y воспользуемся границами функций распределения $\overline{P}(x)$ и $\underline{P}(x)$, построенных на основе неравенства Чебышева [4].

Для $\overline{P}(x)$ и $\underline{P}(x)$, найдем функции условных (нижней и верхней) плотностей распределения, представленных в (5) на примере нечеткой переменной X .

$$\left. \begin{aligned} \underline{\rho}_X(x) &= \begin{cases} 0, & \text{если } x < m_X \\ m_X / x^2, & \text{если } m_X < x < (m_X + S_x^2 / m_X) \\ \frac{-2(m_X - x)S_x^2}{[(m_X - x)^2 + S_x^2]^2}, & \text{если } x > (m_X + S_x^2 / m_X) \end{cases} \\ \overline{\rho}_X(x) &= \begin{cases} \frac{2(m_X - x)S_x^2}{[(m_X - x)^2 + S_x^2]^2}, & \text{если } x < m_X \\ 0, & \text{если } x \geq m_X \end{cases} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Расчетные формулы для значений вероятностей безотказной работы с учетом (4), (5), (6) примут вид:

$$\left\{ \begin{aligned} \overline{P} &= \int_0^{m_Y} \frac{2(m_X - x)S_x^2}{[(m_X - x)^2 + S_x^2]^2} \times \int_{m_Y}^{\infty} \frac{2(y - m_Y)S_Y^2}{[(m_Y - y)^2 + S_Y^2]^2} dy dx \\ P &= \int_{m_X}^{\infty} \frac{2(x - m_X)S_x^2}{[(m_X - x)^2 + S_x^2]^2} \times \int_{m_X}^{m_Y} \frac{2(m_Y - y)S_Y^2}{[(m_Y - y)^2 + S_Y^2]^2} dy dx \end{aligned} \right. \quad (7)$$

Пример: По результатам измерений найдем $D=200\text{мм}$, $d=16\text{мм}$, $n=10.5$, $k=1.14$, $G=8 \cdot 10^4 \text{МПа}$, $m_Y = 100 \text{МПа}$, $S_Y = 2 \text{МПа}$, $m_X = 60 \text{мм}$, тогда $m_X = 66.4 \text{МПа}$ и $S_X = 2 \text{МПа}$.

Тогда, подставляя числовые значения в (7), получим интервал надежности $[0.991, 0.999]$.

Рассмотрим еще один случай расчета надежности пружины, когда об одном из параметров математической модели предельного состояния известна полная статистическая информация, а о другом информация ограничена. Примем Y случайной величиной, например с нормальным законом распределения, а X нечеткой переменной, описываемой функциями (6). Формулы для значений вероятностей безотказной работы с учетом (4) будут

$$\begin{cases} P = \int_S \int \underline{\rho}_X(x) \rho_Y(y) dy dx, \\ \overline{P} = \int_S \int \overline{\rho}_X(x) \rho_Y(y) dy dx. \end{cases} \quad (8)$$

Подставляя в (8) функции (6) и функцию плотности нормального распределения

$$\rho_Y(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}S_Y} e^{-\left(\frac{(y-m_Y)^2}{2S_Y^2}\right)}$$

получим

$$\left\{ \begin{aligned} \bar{P} &= \int_0^{m_Y} \frac{2(m_X - x)S_X^2}{[(m_X - x)^2 + S_Y^2]^2} \times \int_x^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}S_Y} e^{-\left(\frac{(y-m_Y)^2}{2S_Y^2}\right)} dy dx = 0.997 \\ P &= \int_{m_Y}^{m_Y + S_Y/m_X} \frac{m_X}{x^2} \times \int_x^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}S_Y} e^{-\left(\frac{(y-m_Y)^2}{2S_Y^2}\right)} dy dx + \\ &+ \int_{m_Y + S_Y/m_X}^{\infty} \frac{2(x - m_Y)S_X^2}{[(m_X - x)^2 + S_Y^2]^2} \times \int_x^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}S_Y} e^{-\left(\frac{(y-m_Y)^2}{2S_Y^2}\right)} dy dx = 0.999 \end{aligned} \right.$$

Интервал надежности пружины будет [0.997, 0.999]

Выводы:

1. Приведен новый частный метод расчета надежности цилиндрической пружины при ограниченной статистической информации о параметрах с функциями распределения нечетких переменных, построенных на основе неравенства Чебышева.

2. Данная методика расчета надежности может быть использована для расчета любых несущих элементов машин и конструкций при различных математических моделях предельного состояния.

Литература

1. Иосилевич, Г.В. Детали машин. Учебник/ Г.В. Иосилевич. – М.: Машиностроение. 1988. – 368с.
2. Кравчук, В.С. Сопротивление деформированию и разрушению поверхностно-упрочненных деталей машин и элементов конструкций: монография / Кравчук В.С., Абу Айаш Юсеф, Кравчук А.В. – Одесса, Астропринт, 2000. – 158с.
3. Уткин, В.С. Расчет надежности механических систем при ограниченной статистической информации: монография / В.С. Уткин, Л.В. Уткин, – Вологда, ВоГТУ, 2008. – 188с.

ФОРМИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО УЧЕТА ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

О.Г. Колокольников

Россия, Вологодский государственный технический университет

С изменением рыночной ситуации и усложнением организационной структуры компаний требуется создание системы управления, позволяющей установить механизмы принятия решений, способные демонстрировать устойчивый рост компании при любых, даже самых сложных ситуациях и не допускать управленческих ошибок.

Стандартные и типичные методы не позволяют добиться максимального экономического результата. Для этого необходимо сформировать информационно-аналитическую систему способную оперативно реагировать на любые изменения во внешней и внутренней среде, направленную на создание и закрепление конкурентных преимуществ организации. В настоящее время большинство организаций все вопросы пытаются решать с использованием устоявшихся инструментов, когда руководитель считает, что приемы и методы принятия решений, проверенные временем как наилучшие и возможные к постоянному применению, не позволяет создание в полной мере инновационного и конкурентоспособного предприятия. Недостатки от использования таких управленческих решений чаще всего не заметны в условиях роста экономики, так как они сглаживаются общим ростом, а вот в кризисные времена и поворотные моменты развития бизнеса они проявляются особенно явно, становясь серьезным тормозом дальнейшего развития.

Без сомнения, такой платформой, с помощью которой возможен выбор и принятие наиболее эффективных производственных решений является управленческий учет. Однако, часто управленческий учет путают и считают частью бухгалтерского учета (рис. 1), что не позволяет сформировать необходимую управленческую систему.

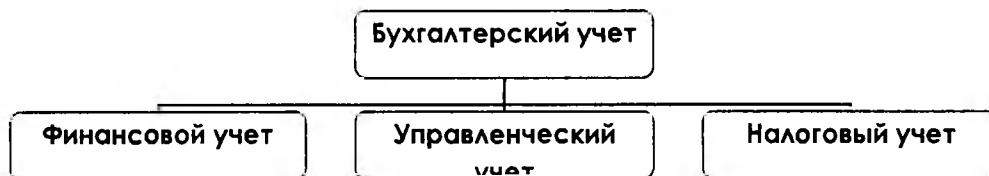


Рис. 1. Общепринятая классификация систем учета

Такое представление излишне повышает значимость бухгалтерского учета, основная цель которого состоит в предоставлении сведений об организации внешним пользователям, в том числе налоговым органам. А вот целью управленческого учета является получение информации, позволяющее принимать стратегические и управленческие решения. Поэтому необходимо разделять разные функции и принципы учета. Для этого важно правильно выделить основные учетные функции, и на их основе формировать учетные системы, способствующие успешному выполнению поставленной цели управления организацией.

В первую очередь выделяется функция контролера (рис. 2), на финансовом рынке она имеет другое название – клиринговая деятельность. Основная задача, которой состоит в составлении отчетности и учете всех хозяйственных операций. Данная функция требует знаний бухгалтерского и налогового учета, поэтому возлагается на бухгалтерию, которая подчиняется главному бухгалтеру. На фондовом рынке такой отдел называют бэк-офисом (back-office).

Особо надо отметить, что функции исполняемые контролером, направлены на организацию учета в соответствии с требованиями, установленными внешними пользователями (государством, банками, фондовыми биржами) и удовлетворяющими **их интересам**, снабжая информацией о деятельности организации и ее имущественном положении. Выполняя обязательные требования по ведению установленных форм отчетности и учета, большинство организаций этим и ограничивается, что позволяет бухгалтерскому учету занимать ключевое место в информационной системе. В итоге, на эти отделы возлагается большая ответственность за качество выдаваемых результатов,

требующее организации дополнительных подразделений внутреннего контроля и аудита, так как чаще всего они определяют цены на производимую продукцию и услуги, формирование бухгалтерской прибыли, а также налоговые платежи.

Однако, не смотря на то, что в соответствии с Федеральным законом № 129-ФЗ от 21 ноября 1996 г. «О бухгалтерском учете» под бухгалтерским учетом понимается упорядоченная система сбора, регистрации и обобщения информации в денежном выражении об имуществе, обязательствах организации и их движении путем сплошного, непрерывного и документального учета всех хозяйственных операций, в понятие движения, вкладывается смысл простого изменения контрольных параметров. Так как основными показателями деятельности организации по данным бухгалтерского учета являются значения валюты баланса, прибыль, структура капитала, активов и пассивов [1].

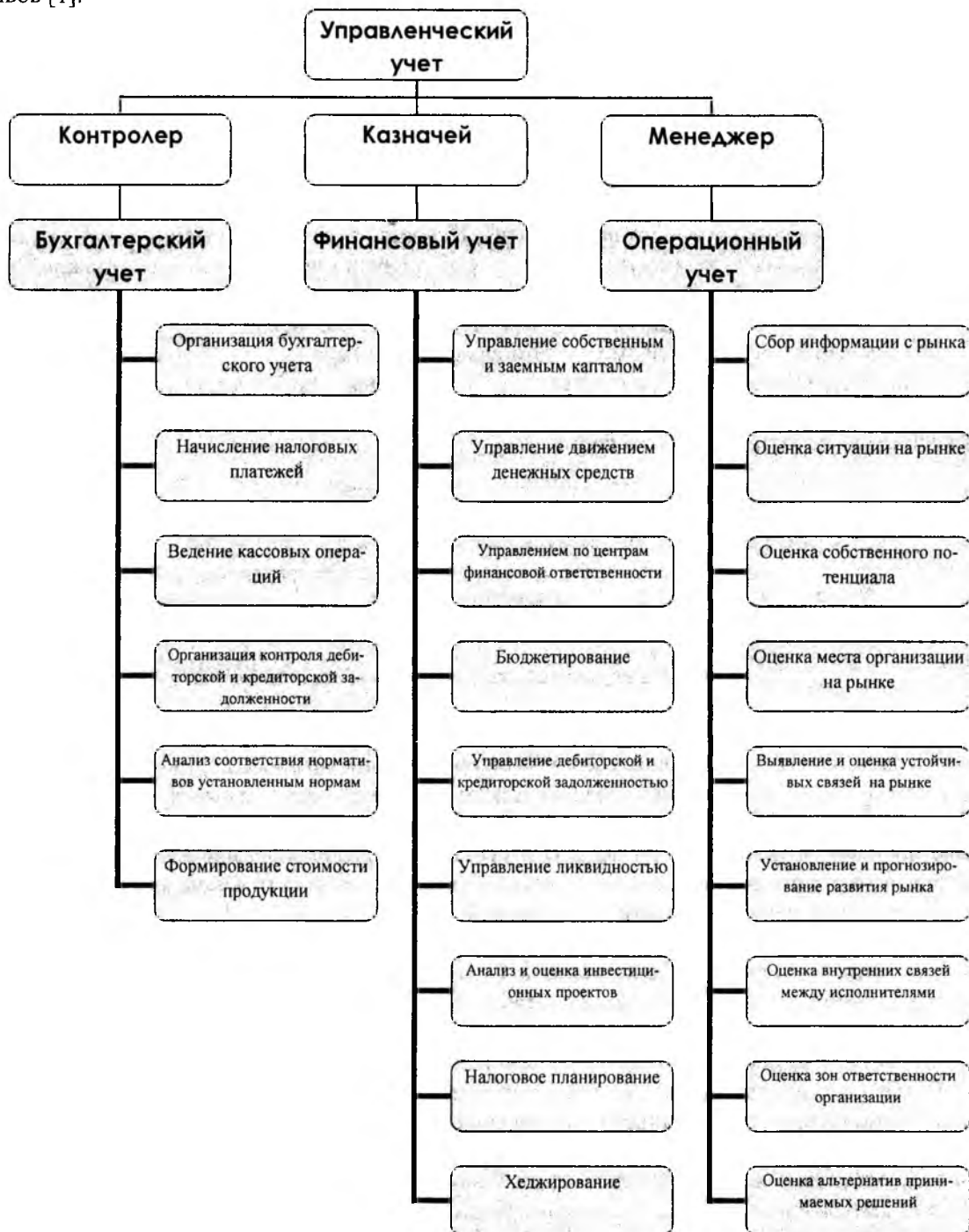


Рис. 2. Основные функции управленческого учета

Так что, во вторую очередь, выделяется учетная функция необходимая для получения динамичной информации обеспечения производства ресурсами и ведения непрерывного рабочего процесса в полном объеме без перерывов. Она осуществляется через контроль и управление за движением денежных потоков, как в текущем состоянии, так и в перспективе. Данная учетная функция, ориентирована на потребности не только внешних, но и внутренних пользователей и отвечает за финансирование и инвестирование, выступая в роли посредника между организацией и финансовыми и ресурсными рынками, и называется казначейской. Исполнение возлагается на казначейство, чьи функции выполняют чаще отделы финансового управления под руководством финансового директора. Чаще всего самостоятельные отделы казначейства создаются в банках, именно там где финансам уделяют достойное внимание. В небольших организациях эти обязанности частично или полностью исполняются бухгалтерией [2].

Исполнение казначейских функций в отличие от бухгалтерских, предоставляющих статическую информацию на конкретную дату, направлено на получение динамических показателей, выражаемых в объемах производственного процесса за определенный интервал времени. В этом и есть основное противоречие, не позволяющее рассматривать эти два вида учета вместе, один учет направлен на контроль текущих операций, а другой на учет результатов и эффективности производственной деятельности.

Казначейская функция учета направляется на определение способности организации исполнять в полном объеме и в срок свои финансовые, производственные и прочие обязательства, а также на их оценку. Основные показатели, используемые в финансовом учете можно сгруппировать по определяемым параметрам: доходность, оборачиваемость, ликвидность, платежеспособность, устойчивость, активность. Таким образом, основной единицей такого учета является % (доля), а главной задачей является предупреждение негативных явлений в финансово-хозяйственной деятельности организации.

Однако для принятия управленческих решений необходимо использование также информации из внешних источников. Таким образом, третья выделяемая учетная функция, должна быть направлена на учет внешних информационных факторов и использование их в формировании производственной стратегии и тактики. Такая функция может носить название менеджерская (администратор).

Данная учетная функция и должна более глубоко развиваться в системе управленческого учета, ведь основной целью управленческого учета является обеспечение информацией руководителей (менеджеров), ответственных за достижение конкретных целей. Основной единицей такого учета должны быть натуральные показатели, объем рынка, темпы роста, а также тонны, киловатты, метры и пр.

Управленческий учет законодательно ничем не ограничивается и должен соответствовать только требованиям конкретного руководителя. Поэтому ошибочно привлекать к построению управленческого учета в качестве основного звена отдел бухгалтерии. Как не способного быстро и гибко перестраивать мышление, и весьма далекого от инновационной деятельности. Постановка управленческого учета требует иных специалистов нежели тех, которые обслуживают бухгалтерский и управленческий учет.

Система управленческого учета в целом, должна состоять из двух взаимосвязанных подсистем, одна из которых, обрабатывающая и учитывающая информацию по ситуации на рынке (отвечающая за внешние связи), затем передает в другую подсистему, где обрабатывается, в соответствии с имеющимся потенциалом у организации и выдается в виде управленческих решений. При этом сказать какая система является ведущей весьма сложно. Так обрабатывающая подсистема достаточно важна, так как она отвечает за правильный отбор и выделение тех критериев, которые в будущем развитии будут играть основные роли. Другая, генерирующая подсистема, на основе полученной информации разрабатывает необходимые конкретные производственные решения. И здесь сложно отметить, что важнее, правильно отобранная информация или принятое решение. В целом должна быть такая фильтрация при отборе информации, которая позволяла бы принимать верное решение. Необходимо создание такой самонастраивающей системы способной трансформироваться в соответствии с изменением рыночной среды.

Литература

1. О бухгалтерском учете, Федеральный закон № 129-ФЗ от 21 ноября 1996 г. // электронный ресурс Консультант плюс. - <http://www.consultant.ru>
2. Лобанова, Е.Н.. Финансовый менеджер. Изд. 2-е, дополн. и перераб. / Е.Н. Лобанова, М.А. Лимитовский – М.: ООО Издательско-Консалтинговая Компания «ДеКА», 2001. – 416 с.

СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ВЫБОР ПРЕДПРИЯТИЙ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ

Г. БЕЛЕХОВА, Н. ПУШКИНА, О.Б. КИРИК

Россия, Вологодский государственный технический университет

Предприятия в рыночной экономике подвергаются воздействиям внешней среды, в которой происходят быстрые изменения, повышающие степень неопределенности при принятии решений и увеличивающие хозяйственные риски. Поэтому предприятиям необходимо иметь ориентиры движения вперед, т.е. стратегический план развития. Он даёт возможность предприятиям определиться с направлением развития бизнеса, понять, какие организационные и структурные изменения должны произойти на предприятии, чтобы оно стало конкурентоспособным, сформировать меры по защите от возможных угроз.

Стратегический выбор предполагает формирование стратегии развития предприятия. Это ключевой момент в процессе разработки стратегического плана. Фундамент для формирования стратегии при всей своей значимости создают остальные элементы плана – стратегический анализ и целеполагание.

При проведении стратегического анализа ЗАО «Вологодский Подшипниковый завод» с помощью SWOT-метода были выявлены сильные и слабые стороны предприятия, возможности его развития и угрозы внешней среды (табл. 1).

Исходя из результатов SWOT-анализа можно сказать, что стратегия развития ЗАО «ВПЗ» должна быть ориентирована на повышение технического, профессионального и организационного уровня деятельности для усиления конкурентных преимуществ и роста доходов предприятия.

В качестве стратегической альтернативы рассмотрим модель Hofer-Schendel, в которой положение вида бизнеса определяется степенью развития его рынка и конкурентоспособностью бизнеса относительно конкурентов.

Конкурентные позиции ЗАО «ВПЗ» оценим с помощью следующего набора переменных (табл. 2).

Следовательно, уровень относительной конкурентной позиции ЗАО «ВПЗ» можно охарактеризовать как средний, близкий к сильному.

Стадия эволюции рынка подшипниковой продукции – зрелость.

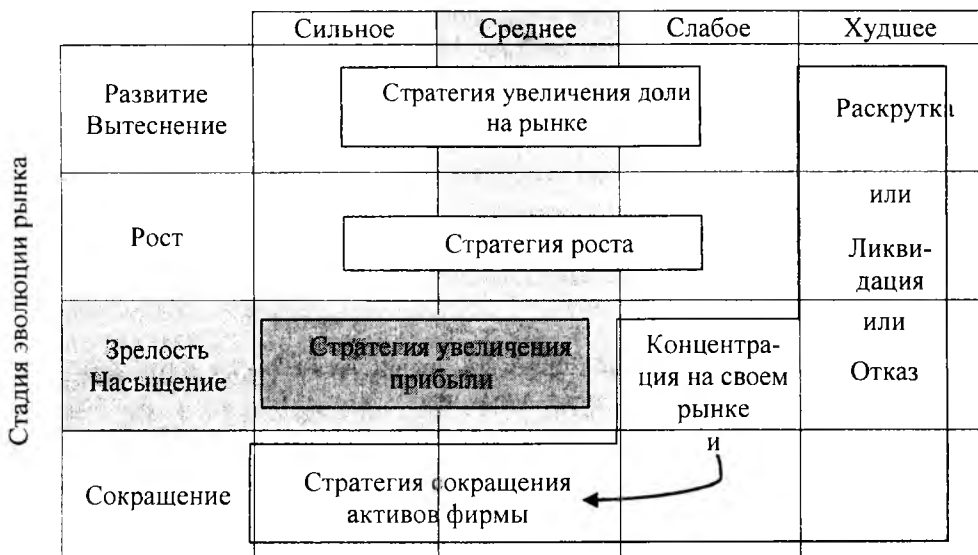
Используя модель Хофера-Шенделя, определили, что в качестве стратегии развития для ЗАО «ВПЗ» подходит стратегия увеличения прибыли (рис. 1).

При использовании стратегии увеличения прибыли, основной целью развития предприятия должна стать повышение его рентабельности. Стратегия увеличения прибыли предполагает, что прибыль и рентабельность должны быть доведены до максимума, расходы снижены, а положительные потоки денежной наличности должны быть направлены в растущие виды бизнеса.

Таблица 1

SWOT-анализ ЗАО «ВПЗ»

Сильные стороны	Слабые стороны
1) широкий ассортимент продукции; 2) узнаваемость марки и развитая дилерская сеть; 3) стабильное финансовое положение и гибкая ценовая политика; 4) активное продвижение продукции на внешний рынок; 5) постоянное повышение качества продукции; 6) возможность доработки изделий под специфические требования заказчика; 7) собственная система по обучению и переподготовке рабочих	1) устаревшие информационные технологии; 2) недостаточное техническое и кадровое (профессиональное) обеспечение процесса разработки новой продукции и НИОКР; 3) моральный и физический износ оборудования; 4) старение персонала и нехватка высококвалифицированных ИТР; 5) слабая организационная культура; 6) низкая загруженность производственных мощностей; 7) нехватка собственных средств для проведения активной инвестиционной и инновационной деятельности
Возможности	Угрозы
1) выход на новые рынки сбыта или сегменты рынка (производство железнодорожных подшипников и комплектов ГРМ); 2) дальнейшее улучшение качества и конструкции выпускаемых подшипников и создание на этой основе конкурентных преимуществ; 3) получение государственной поддержки (для проведения НИОКР и привлечения на предприятие молодых специалистов); 4) повышение уровня квалификации персонала (в первую очередь инженерно-технических кадров, а также рабочих производств для работы на современном оборудовании); 5) модернизация производства (новые технологии, способы обработки)	1) последствия мирового финансово-экономического кризиса (закрытие или сокращение объемов производства на многих предприятиях-потребителях); 2) резкое повышение стандартов качества (в связи с приходом на российский авторынок и рынок комплектующих изделий иностранных производителей); 3) возрастающее влияние поставщиков на цены и качество материалов и комплектующих; 4) угроза возникновения дефицита персонала (в связи с массовым выходом на пенсию или падением привлекательности отрасли)



Относительная конкурентная позиция вида бизнеса

Рис. 1. Модель Хофера-Шенделя для ЗАО «ВПЗ»

Таблица 2

Переменные для определения конкурентоспособности ЗАО «ВПЗ»

Переменные	Характеристика
Относительная доля рынка	20-25% (один из крупнейших производителей подшипниковой продукции)
Охват системой распределения	развитая дилерская сеть (более 60 Торговых Домов «Вологодские подшипники» в различных регионах страны и в странах Ближнего зарубежья)
Разнообразии ассортимента	любые конструктивные и размерные группы подшипников (более 1700 типоразмеров шариковых, роликовых, радиальных, ж/д подшипников)
Качество продукции	высокое; используются современные системы качества ISO; работы по постоянному повышению качества (продукции, системы управления охраной окружающей среды, системы управления промышленной безопасностью и здоровьем)
Количество продукта	производится порядка 40 млн. шт. подшипников в год на сумму более 2,5 млрд. руб.: подшипники выпускается партиями в соответствии с заказами и на свободную продажу
Производственные мощности	проектная мощность завода 100 млн. подшипников в год; в настоящее время используется на 48-50%
Производственный опыт и технологические навыки	большой опыт работы; вся необходимая технология, но устаревшая, следовательно, средний уровень технологических навыков
НИОКР	осуществляются, но незначительные (новые конструкции станков, улучшения в технологии производства, изменения конструкции выпускаемых подшипников под требования заказчика), с 2008 г. осуществляются более активно; проблема – нехватка квалифицированных инженерно-технических кадров
Ценовая политика (конкурентоспособность цен)	гибкая ценовая политика, цены устанавливаются по себестоимости с учетом необходимой прибыли; система скидок; индивидуальный подход к потребителю
Рекламные мероприятия	активное продвижение продукции через Интернет: участие в выставках, ярмарках, форумах (буклеты и презентации); личные продажи и почтовая рассылка м/с предприятиям
Вертикальная интеграция	полный технологический цикл производства и самостоятельный выпуск всех составляющих деталей для подшипников
Эффективность производства	средняя
Имидж (репутация)	известная марка, вызывает доверие у потребителей; продукция известна за рубежом

Ввиду особенностей формирования прибыли предприятия, рассмотрим два варианта стратегии прибыльности: наступательную и защитную (рис. 2).

В соответствии с текущим положением ЗАО «ВПЗ» следует выбрать наступательную стратегию прибыльности. Обязательной составляющей этой стратегии будет стратегия инновационной деятельности, которая может быть реализована двумя путями:

- инновационное применение НИОКР – создание и производственное освоение нововведений, эффективно в долгосрочной перспективе.
- имитационное применение НИОКР – экономический результат достигается за счет обновления ассортимента продукции и «косметических» улучшений в продуктах; краткосрочная прибыльность.

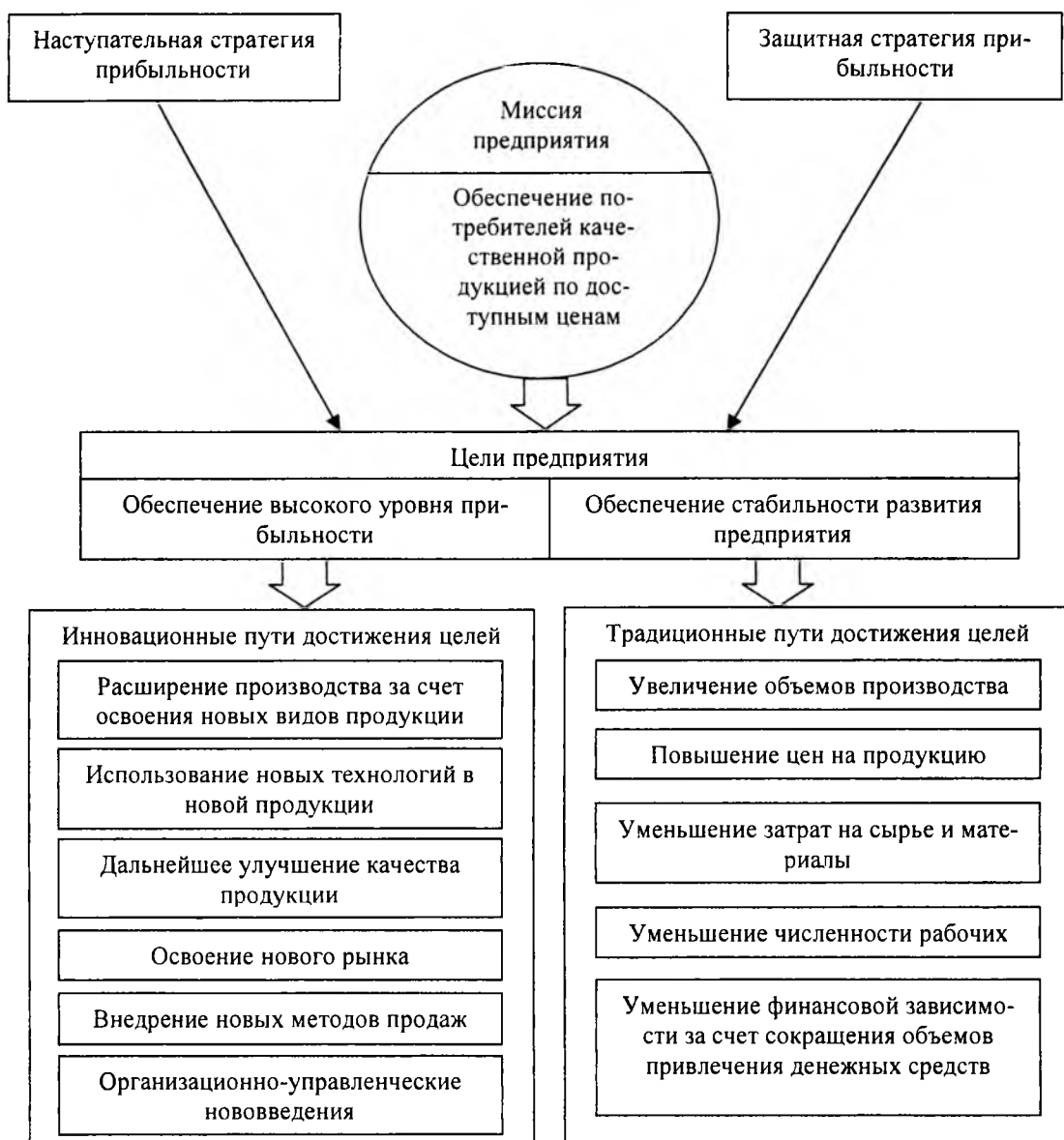


Рис. 2. Варианты стратегии прибыльности

Поскольку разрабатываем стратегию на долгосрочную перспективу с целью усиления конкурентных позиций и получения стабильно высоких доходов, то следует выбрать наступательную стратегию увеличения прибыли, основанную на инновационном применении НИОКР.

Миссия ЗАО «ВПЗ» заключается в максимально возможном удовлетворении возрастающего спроса отечественных и зарубежных потребителей качественной подшипниковой продукцией.

Видение ЗАО «ВПЗ»: «Управляй движением».

Основные стратегические цели:

- 1) занять лидирующие позиции на российском рынке по производству подшипниковой продукции для машиностроительных предприятий;
- 2) повысить эффективность производственных процессов и рентабельность деятельности до 25%;
- 3) обеспечить потребителей подшипниковой продукцией превосходного качества;
- 4) совершенствовать технологические процессы путем расширения НИОКР и активного внедрения инновационных научно-технических решений, проведения технического перевооружения и освоения ресурсо- и энергосберегающих технологий;

- 5) обеспечить поступление инвестиций для развития предприятия;
- 6) создать новые рабочие места, в том числе для лиц с пониженной трудоспособностью;
- 7) повысить корпоративную культуру предприятия, основываясь на открытости, доверии и сотрудничестве;
- 8) расширить ассортимент продукции станкостроения путем освоения серийного производства контрольно-измерительной техники и поточных линий (для собственных нужд и на продажу);
- 9) повысить экологическую безопасность производства (путем внедрения малоотходных технологий, использования вторсырья);
- 10) установить прочные и взаимовыгодные партнерские отношения с работниками, профсоюзами, дилерами, поставщиками, постоянными клиентами.

В условиях современной конкуренции одним из условий формирования конкурентоспособной стратегической перспективы и поддержания высоких темпов развития машиностроительного предприятия становится его инновационная активность. Во всем мире инновации сегодня – необходимость выживания, сохранения конкурентоспособности и дальнейшего процветания.

ЗАО «ВПЗ» осуществляет инновационную деятельность. Но объемы этой деятельности невелики. Кроме того, инновационной деятельностью занимается небольшое количество работников, и на заводе не осуществляются фундаментальные и крупные прикладные исследования. Поэтому внедряемые инновации в основном локальны и касаются улучшения конструкции выпускаемых подшипников и модернизации имеющегося оборудования. Такое положение дел пока позволяет ЗАО «ВПЗ» держаться в кругу лидеров отрасли. Но могут появиться угрозы, которые приведут к потере конкурентных преимуществ, а именно:

- угроза устаревания выпускаемых видов подшипниковой продукции;
- возникновение новых потребностей у покупателей;
- ужесточение конкуренции (появление новых заводов);
- усиление инновационной активности конкурентов и внедрение ими принципиально новой и дешевой технологии изготовления продукции.

Поэтому особое внимание уделим инновационной стратегии ЗАО «ВПЗ».

Основные цели инновационной стратегии ЗАО «ВПЗ»:

- повышение конкурентоспособности продукции и прибыльности производства;
- закрепление на новых сегментах путем совершенствования выпускаемых подшипников или создания принципиально новых конструкций подшипников;
- сокращение издержек путем экономии исходного сырья, энергии на основе использования ресурсосберегающих и малоотходных технологий;
- обеспечение экологической безопасности инновационной деятельности;
- повышение качественного уровня технико-технологической, научно-исследовательской и опытно-конструкторской базы производства;
- рационализация ресурсной базы.

В качестве основного пути реализации инновационной стратегии ЗАО «ВПЗ» может быть выбрано:

- ✓ приобретение инноваций на стороне;
- ✓ самостоятельная разработка инновационных решений и продуктов.

В первом случае ЗАО «ВПЗ» может установить стратегическое партнерство со специализированной научно-исследовательской организацией (например, с Всероссийским научно-исследовательским институтом подшипниковой промышленности). При этом следует иметь в виду, что единовременное приобретение технологии потребует аккумулирования значительных финансовых средств за достаточно короткий срок.

Во втором случае предполагается создание собственного научно-исследовательского инновационного подразделения на ЗАО «ВПЗ». Такой подход позволяет избежать крупных единовременных затрат, так как суммы инвестиций будут растянуты во времени.

Наличие инновационного подразделения позволит ЗАО «ВПЗ»:

- приблизить научно-исследовательский поиск к возможностям и потребностям подшипникового производства и нуждам конечного потребителя;
- привлечь высококвалифицированные научные кадры;
- быть более уверенными в сохранении коммерческой тайны;
- сэкономить ресурсы и повысить эффективность конечного результата;
- получить налоговые и иные льготы, установленные законодательством.

Для создания инновационного подразделения на ЗАО «ВПЗ» необходимо соблюдение следующих условий:

- ✓ желание и стремление руководства осуществлять инновационную деятельность;
- ✓ наличие эффективной системы маркетинга;
- ✓ наличие инновационного потенциала предприятия.

Таким образом, наиболее привлекательным является второй вариант – создание на базе ЗАО «ВПЗ» собственного научно-исследовательского подразделения. В перспективе возможно выделение его в самостоятельную бизнес-отрасль, которая будет выполнять фундаментальные исследования, разработки новых технологий и испытания новых продуктов не только для подшипниковой отрасли, но и для других областей машиностроения. Необходимо учитывать, что такое развитие событий потребует значительных вложений денежных средств, а также повышения профессионально-квалификационного уровня и творческой инициативы работников завода.

Применение разработанной стратегии прибыльности в долгосрочной перспективе окажет положительное воздействие на динамику эффективности производства за счет снижения затрат, освоения новых технологий, увеличения прибыли и денежной наличности, развития научно-технического и кадрового потенциала, укрепления организационной культуры и отношений с клиентами и поставщиками.

Содержание

СЕКЦИЯ «ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО»

Гоголевский А.С., Уткин Л.В. Постановка задачи классификации различных объектов лесных систем при дистанционном зондировании и малом объеме обучающей выборки	3
Мильченко И.В. Организация использования земель лесного фонда Архангельской области.....	5
Дербин В.М. Добровольная лесная сертификация в условиях ООО «Управляющая компания «Соломбалалес»	7
Яковлев В.Н., Яковлева Н.А. Использование функций пространственного анализа в лесных геоинформационных системах.....	9
Миронов А.В. Актуальные проблемы в сфере воспроизводства лесов.....	11
Трубин Ю.Г., Царев Е.Г., Галашев А.Н. К вопросу об использовании древесины усыхающих лесов Междуречья	14
Беляева Н.В., Григорьева О.И., Ищук Т.А. Влияние рубок ухода разной интенсивности на величину отпада в еловых и смешанных древостоях.....	16
Беляев И.Н., Морозов В.С. Встречаемость основных пороков в стволах сухостойной ели обыкновенной, произрастающей на территории Архангельской области.....	23
Батурина С.Е., Барайщук Г.В. Выращивание черенковых саженцев с закрытой корневой системой и применением биологических препаратов в условиях южной лесостепи Омской области.....	25
Родионов А.В., Цыпук А.М. Определение коэффициента жесткости почвы	27
Новосёлов А.С., Вернодубенко В.С. Зависимость смоловыделения осушаемых сосняков от прироста по диаметру	30
Авдеев Ю.М. Сучковатость древесных стволов в смешанных культурах ели и лиственницы	33
Посметьев В.И., Зеликов В.А., Третьяков А.И., Латышева М.А. Лесной дисковый культиватор с повышенными эксплуатационными свойствами	34
Никифоров А.А., Жукова А.А. Обнаружение и наблюдение за лесными пожарами и ветровалами с применением беспилотных летательных аппаратов	39
Елфимова Т.А., Забуга Г.А. Эмиссия оксида углерода, образующегося при низовых лесных пожарах в пределах читинского территориального отдела Забайкальского края.....	41

СЕКЦИЯ "ТЕХНОЛОГИЯ ЛЕСОЗАГОТОВОК"

Тихонов И.И., Теппоев А.В., Коков С.В. Как обеспечить выполнение правил заготовки древесины при работе ВСРМ.....	44
Будник П.В., Баклагин В.Н. Совершенствование сквозного технологического процесса заготовки сортиментов и щепы энергетического назначения на лесосеке с использованием теории массового обслуживания и имитационного моделирования	46
Суханов Ю.В. Выбор оптимальной технологии сбора отходов лесозаготовок для получения топливной щепы.....	49
Баклагии В.Н. Экспериментальные исследования процесса производства щепы энергетического назначения из смеси дровяной древесины и лесосечных отходов.....	51
Коломинова М.В. Определение удельных энерго- и трудозатрат технологического процесса заготовки сортиментов при использовании бензопилы и форвардера.....	53
Ковязин В.Ф., Любимцев А.В. Влияние механизированных технологий проходных рубок на древостой ели	56
Цыгарова М.В., Локштанов Б.М., Бирман А.Р., Багаев А.А. Выбор лесозаготовительных комплексов для освоения лесосек предприятия ОАО «Лесопромышленная компания Сыктывкарский ЛДК» филиал «Междуреченский».....	59
Локштанов Б.М., Бирман А.Р., Багаев А.А. Очистка водоемов от нефтепродуктов отходами окорки	61
Бирман А.Р., Локштанов Б.М., Коршак А.В., Селимов А.М., Хитров Е.Г. Устройство для модификации древесины.....	64
Локштанов Б.М., Теппоев А.В., Бирман А.Р., Орлов В. Поточная линия производства технологической щепы марок Ц-1, Ц-2, Ц-3	66

Агеев С.П., Мелехов В.И. Многокритериальная оптимизация раскроя пиловочного сырья с учетом энергетического фактора.....	69
Куницкая О.А. Выбор наполнителя для создания конструкционных материалов на основе отходов окорки.....	72

СЕКЦИЯ "ТЕХНОЛОГИЯ ДЕРЕВООБРАБОТКИ"

Илющенко В.В., Уткин Л.В. Анализ признаков сортообразующих дефектов для обучающейся системы автоматической сортировки	75
Агапов А.И. Влияние ширины пропила на оптимальные размеры двух брусьев и двух пар боковых досок, получаемых при раскрое пиловочника брусом – развальным способом.....	77
Сардак С.И. Технологии продольного раскроя бревен на однопильных горизонтальных ленточнопильных станках	80
Дерягин Р.В. Основные тенденции посткризисного развития лесного комплекса Европы	82
Веселков В.И. Российское лесопиление: варианты грядущей модернизации.....	86
Мелехов В.И., Бызов В.Е. Влияние макроструктуры древесины на прочностные характеристики конструкционных пиломатериалов	89
Царев Е.Г., Горбатов А.П. Совершенствование технологии продольного раскроя бревен на ленточнопильных станках при осевой ориентации	91
Царев А.С. Утилизация древесных отходов в удаленных населенных пунктах для теплоснабжения	93
Бутаков С.В. Уточнение параметров процесса возгорания древесных материалов при высоковольтных испытаниях	95
Деснев А.Н. Обоснование метода оценки пожарной опасности отходов лесопиления.....	97
Угрюмов С.А. Модифицированный фенолформальдегидный клей для производства кистроплит.....	99
Зайцева К.В. Теплопроводность клееного бруса с ламелями разной толщины	101
Вахнина Т.Н. Повышение водостойкости древесно-стружечных плит строительного назначения на фенолоформальдегидном связующем	104
Нгуен Ван Лок, Ле Чунг Хиеу, Нгуен Тхи Няп Потребность в МДФ во Вьетнаме.....	105
Данилов Ю.П. Использование атмосферной подсушки пиломатериалов с целью повышения мощности сушильного цеха.....	106
Саликова Е.В., Чулков В.П. Ультразвуковая дефектоскопия шпонируемых изделий	109
Титунин А.А. Применение вероятностного подхода к моделированию сучковатости клееного бруса	112
Титов Д.В., Стребков Н.Н., Швецов П.А., Глазов А.В. Внедрение ресурсосберегающих технологий в производстве пиломатериалов с использованием информационных моделей	114
Чамеев В.В., Еремеев А.А. Имитационное моделирование размерно-качественных параметров круглых лесоматериалов и выхода пилопродукции в лесопромышленных предприятиях.....	116
Авдеев Ю.М. Обоснование требований лесоперерабатывающей промышленности к сучковатости древесного сырья	119
Огородов Л.И., Алексейцев А.И., Курилович Н.Н. Влияние повышенной температуры среды жидкого азота на механические характеристики композита на полимерной основе с дисперсным наполнением древесной мукой.....	120
Ганопольский С.Г., Рублева О.А. Способ изготовления прямоугольных шипов торцовым прессованием.....	123
Суровцева Л.С., Старкова А.В. Анализ размеров пороков древесины и дефектов обработки в различных стандартах	125
Любов В.К. Использование биотоплива для системы воздушного отопления.....	130
Кольниченко Г.И., Сиротов А.В., Тарлаков Я.В. Жидкое биотопливо – проблемы и перспективы создания и применения	133
Кулева Н.Н., Кирик О.Б. Оценка эффективности использования древесных отходов в качестве топлива в деревообрабатывающей промышленности	135

Кочкина О.В., Ларсен К.М. Использование биомассы для выработки энергии и тепла. Опыт Европы.....	138
Тихомиров Л.А. Повышение огнестойкости строительной фанеры модернизацией клеевой композиции фурановой смолой.....	140

СЕКЦИЯ "МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА"

Соловьев И.И., Мелехов В.И. Термопластический способ натяжения полотна круглой пилы	142
Дербин М.В. Сравнение напряжений, возникающих в ленточной пиле, при установке роликовых и аэростатических отжимных направляющих.....	145
Власов А.В. Применение метода конечных элементов для определения собственных частот колебаний полотна круглой пилы	148
Григорьев И.В., Гумерова О.М., Тамби А.А., Гулько А.Е. Послойная окорка лесоматериалов на фрезерных станках.....	152
Валяжонков В.Д., Андронов А.В. Влияние условий эксплуатации и рейсовых нагрузок на топливную экономичность лесопромышленных тракторов.....	154
Питухин А.В., Скобцов И.Г., Хвоин Д.А. Оценка энергопоглощающих свойств защитного каркаса кабины колесного трелевочного трактора.....	156
Барков В.Н., Угрюмов С.А. Конструктивные решения универсальных деревообрабатывающих станков для ремонтных мастерских.....	158
Быков В.В., Голубев М.И. Методика сравнительных испытаний консервационных составов с наноматериалами для защиты лесных машин от коррозии	161
Лебедев Д.В. О снижении металлоемкости манипуляторного оборудования	163
Щеголева Л.В. Оптимизация количества и режимов работы передвижных рубильных машин..	164
Мясищев Д.Г., Вашуткин А.С. Экспериментальное исследование функционирования барабанных тормозных механизмов автолесовозов.....	166
Уткин В.С., Редькин А.Н. Расчет надежности винтовых пружин на стадии эксплуатации при ограниченной информации о параметрах модели.....	169

СЕКЦИЯ "ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯМИ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА"

Колокольников О.Г. Формирование управленческого учета для принятия решений в производственной деятельности	173
Белехова Г, Пушкина Н, Кирик О.Б. Стратегический выбор предприятий в современных условиях хозяйствования	176