

630^x
K78

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

КРАВЧЕНКО АНАТОЛИИ СЕРГЕЕВИЧ

УДК 630*361.7

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВ ЧИСТОВОЙ
ОКОРКИ ДРЕВЕСИНЫ ЩЕТОЧНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ.

Специальность 05.21.01-Технология
и машины лесного хозяйства и лесопереработки

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Минск 1994

Работа написана в Белорусском государственном технологическом университете.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор
С.С. ЛЕВЕДЬ

Официальные опоненты – доктор технических наук, профессор
В.И. ПАТЯКИН;
кандидат технических наук, доцент
Г.И. ЗАВОЙСКИХ.

Ведущая организация – концерн "БЕЛЛЕСВУМПРОМ".

Защита состоится "11" 10 1994 года в 14 час.
на заседании специализированного Совета К.056.01.01в Белорусском
государственном технологическом университете.
Адрес: 22 530, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, корпус 4, зал заседаний.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского
государственного технологического университета.

Автореферат разослан "6" 09 1994г.

Ученый секретарь
специализированного совета

С.П. ТРОФИМОВ.

Актуальность темы. В настоящее время основной целью научно-технического прогресса в лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности является внедрение прогрессивной технологии, направленной на рациональнее использование всей заготавливаемой древесины при минимальном загрязнении окружающей среды.

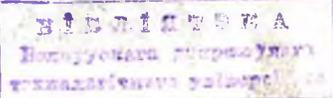
Оптимальная технологическая схема окорки, правильная организация производства, внедрение высокопроизводительного окорочного оборудования приводят к эффективному комплексному использованию древесины, поэтому проблема окорки лесоматериалов и комплексного использования коры представляет задачу большого хозяйственного значения.

Как показывает опыт эксплуатации отечественного и зарубежного окорочного оборудования, оно не всегда отвечает требованиям потребителя, а именно, при обработке заиленных, подсушенных и мерзлых лесоматериалов невозможно добиться удовлетворительного качества окорки без дополнительных трудовых и энергетических затрат. Поэтому исследования в области рационального проектирования, совершенства конструкций и создания нового инструмента и оборудования, способного окоривать лесоматериалы любого физического состояния с удовлетворительным качеством являются актуальными.

Цель работы. Повышение эффективности процессов окорки и технологии использования ее отходов путем создания и применения окорочного инструмента и станка, способных окоривать мерзлые и подсушенные лесоматериалы.

Задачи исследований:

- провести анализ конструкции отечественного и зарубежного окорочного оборудования с учетом его эксплуатационных особенностей и дать оценку их надежности работы;
- провести анализ литературных источников по методикам расчета и исследований напряженно-деформированного состояния окоривающих органов окорочных устройств;
- разработать математическую модель процесса окорки круглых лесоматериалов цилиндрическими щетками;
- определить зависимости параметров окорочного инструмента от прочности коры обрабатываемого материала;
- определить спектр частот колебания звеньев ротора окорочного устройства при окорке круглых лесоматериалов цилиндричес-



кими щетками;

-определить опытным путем производительность, технологическую надежность и качество окорки опытного образца окорочного устройства.

Научная новизна работы заключается в том, что предложен новый способ окорки круглых лесоматериалов.

Выявлены основные физико-механические параметры окорочной щетки, определяющие эффективность процесса окорки на роторных станках.

Впервые разработаны математические модели процесса окорки круглых лесоматериалов цилиндрическими щетками, на основе которых определены основные параметры окоривающих органов и частоты собственных колебаний ротора окорочного устройства.

Практическая ценность работы заключается в том, что результаты исследований могут быть использованы при проектировании окорочных станков и окоривающих органов, внедрение которых в производство позволит значительно повысить комплексное использование древесного сырья.

Реализация результатов работы. Разработанные в результате теоретических и экспериментальных исследований математические модели позволили определить основные параметры окоривающих органов и окорочных устройств на основании которых спроектирован и изготовлен окорочный станок с цилиндрическими проволочными щетками.

На защиту выносятся: способ окорки лесоматериалов, реализованный в соответствующей конструкции разработанного и внедренного в производство окорочного станка; математическая модель колебаний ротора окорочного станка; математическая модель процесса окорки круглых лесоматериалов цилиндрическими щетками; методика определения параметров окорочного инструмента в зависимости от прочности коры обрабатываемого лесоматериала; методика определения частот собственных колебаний звеньев ротора окорочного устройства.

Апробация работ. Основное содержание работы доложено и обсуждено на Всесоюзных (Г.Братск, 1990г., Ивано-Франковск, 1990г.), республиканских и региональных (Г.Минск, 1993г.), институтских научно-технических конференциях (Г.Минск, 1990-1993 г.)

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 6 печатных работ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4 разделов, списка использованной литературы и приложений, содержит 140 страниц основного машинописного текста, 28 рисунков, 8 таблиц, 20 страниц приложений. Библиографический список состоит из 100 наименований литературных источников.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, дана общая характеристика работы; приведены научные положения, выносимые на защиту и изложены основные результаты исследований.

В первом разделе рассмотрено состояние вопроса окорки круглых лесоматериалов на современных лесоперерабатывающих предприятиях, проведен обзор конструктивных особенностей отечественного и зарубежного окорочного оборудования, их эксплуатационной надежности. Сформулированы цель и задачи исследований.

Уровень качества окорки зависит от множества факторов, большинство из которых в современных производственных условиях не учитываются. В связи с этим качество окорки на лесопильных предприятиях имеет различные уровни и нестабильно. Качество окорки в зимний период значительно ухудшается, необходимый уровень поддерживается за счет увеличения потерь древесины в отходы. Средние значения уровней качества окорки составляют 97-98% в летних и 80-97% в зимних условиях работы.

Анализ окорочного оборудования СССР, Швеции, США, Канады, Финляндии и других стран свидетельствует о том, что роторные станки наиболее удовлетворяют требованиям промышленности и являются наиболее перспективной конструкцией окорочных станков, которые получили наибольшее распространение для окорки брусчатого сырья. Они просты по конструкции, компактны, обладают высокой производительностью, имеют широкий диапазон длин диаметров и т.д. Не требуют больших капитальных вложений и расходов на обслуживание.

Отечественная промышленность изготавливает станки ОК-35М, ОК-36, ОК-35К, ОК40-2, 20К40-1, ОК-66М, ОК63-2, 20К63-1, ОК63Ф-2, ОК80-2, 20К80-1 и др., на предприятиях лесной отрасли эксплуатируются также финские станки Е-10, ВК-16, ВК-16 "Робуст", ВК-26, ВК-32 и шведской фирмы "САМГО" 70-35АА, 70-66ВА, 71 45СА, 71-75АА.

Окорочные станки моделей ОК-35, ОК-36, ОК-35К, ОК40-1, 20К40-1 и др., применяются для окорки балансов и рудстойки. Станок ОК-35К приспособлен для окорки короткомерных бревен от 0,8м, а станок ОК-36 дополнительно снабжен ножами для зачистки сучьев. Крупногабаритные станки ОК-66М, 20К63-1 и др., используют на предприятиях, где отходы лесопиления перерабатываются на технологическую щепу.

Все вышеназванные роторные станки, как отечественные, так и зарубежные хорошо окорят свежесрубленную древесину с высокой производительностью при качестве окорки 91-99%, без потерь древесины, пока лубяно, и камбиальный слой насыщены влагой. При влажности заболонной древесины ниже 40% снимается здоровая часть древесины и ее потери в отходы доходят до 3-4%. При окорке мерзлой и сухой древесины резко сокращается производительность окорочных станков.

В настоящее время в отечественных и зарубежных станках для окорки мерзлых и подсушенных лесоматериалов пробуют использовать в качестве режущего инструмента гибкие органы (цепи, канаты, щетки и др.). Опыт эксплуатации отечественного станка ОМШ-60 конструкции ИКТБ Пермлеспрома показал, что усилие прижима металлических щеток, при частоте вращения ротора 249 с⁻¹, составляет 0,24-0,30 кН на окорке мерзлого сырья. По данным ДальНИИЛП, долговечность щеток зависит от окружной скорости их вращения, усилия прижима к обрабатываемой поверхности и конструктивных параметров. Основной причиной разрушения щеток является усталостный излом вереток.

В настоящее время ведутся поисковые и исследовательские работы по окорке круглых лесоматериалов без потерь древесины, в частности, с использованием кинетической энергии микропотока, имеющих вращательное движение. В качестве окорочного инструмента используется щетка, набранная из проволоки стальных канатов и вращающаяся с большой скоростью. В основе предполагаемого способа окорки лежит идея использования

центробежных сил при больших скоростях вращения с целью увеличения жесткости гибких режущих элементов, а также для предохранения их от остаточной деформации и самоочистки щетки. Регулируя скорость вращения приведенную жесткость элементов, можно достичь эффекта такого сильного контакта резцов на поверхность лесоматериала, при котором происходит чистая окорка без потерь древесины и хорошего копирования поверхности.

При малых, порядка 120-150 мм, диаметрах фрез и диаметре проволоки 0,5; 0,85; 1 мм происходит быстрое обламывание щети, особенно на высоких (порядка 10-11 тыс. об/мин.) скоростях вращения фрез, минимальный диаметр фрезы должен быть 350 мм, а оптимальный интервал частоты вращения ограничен пределами 1200-3000 об/мин.. При вращении с меньшей частотой или уменьшением диаметра происходит нагиб проволоки и заглаживание фрез, а увеличение частоты вращения свыше 3000 об./мин. влечет за собой резкое возрастание затрат мощности.

Таким образом, обзор литературы источников показал, что разработка нового инструмента и ставка для окорки круглых лесоматериалов является одним из перспективных направлений. Широкому внедрению щеточного инструмента при окорке круглых лесоматериалов препятствует его не долговечность, т.е. усталостный износ ворсиков, вследствие резонансных эффектов, возникающих от периодических воздействий воздушных факторов. Поэтому необходимо провести исследования в области взаимодействия корпуса окорочной щетки с обрабатываемым лесоматериалом и рассчитать собственные колебания вальцов ротора окорочного устройства с целью исключения резонансных явлений.

Второй раздел посвящен разработке математических моделей взаимодействия единичной ворсинки с обрабатываемым лесоматериалом. Основные параметры окорочной щетки определяются уравнениями (1)-(9), расчетная схема представлена на рис.1.

Замкнутая система уравнений (1)-(9) определяет интересующие нас неизвестные ω_0 , Θ_d , λ , P_1 , P_2 , Θ_0 , φ , λ , в зависимости от угла поворота окорочного инструмента α , что дает возможность в первом приближении моделировать процесс окорки круглых лесоматериалов щеточным инструментом

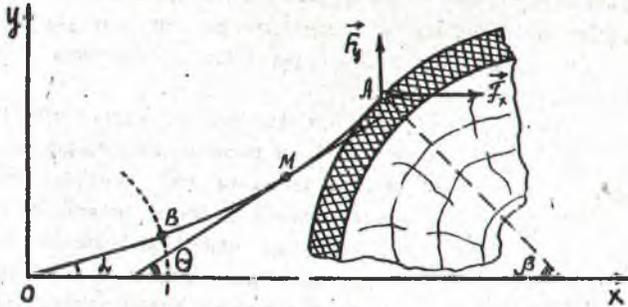


Рис. 1. Расчетная схема взаимодействия единичной ворсинки с обрабатываемым лесоматериалом.

$$a \cos \alpha + \frac{\lambda}{\pi_2} \int_{\Theta_0}^{\Theta_a} \frac{\cos \Theta d\Theta}{\sqrt{1 + \pi_2 \cos(\Theta + \gamma)}} + 0.5 D \cos \alpha = L \quad (1)$$

$$a \sin \alpha + \frac{\lambda}{\pi_2} \int_{\Theta_0}^{\Theta_a} \frac{\sin \Theta d\Theta}{\sqrt{1 + \pi_2 \cos(\Theta + \gamma)}} = 0.5 D \sin \alpha \quad (2)$$

$$\pi_1^2 = \Theta_0^2 - 2\sqrt{1 + \mu^2} \cos(\Theta_0 + \gamma) \quad (3)$$

$$\pi_2 = 2\sqrt{1 + \mu^2} / \pi_1^2 \quad (4)$$

$$\operatorname{tg}(\gamma) = \frac{\mu + \operatorname{Tg}(\beta)}{1 + \mu \operatorname{Tg}(\beta)} \quad (5)$$

$$\Theta_0 = \alpha + \varphi \quad (6)$$

$$\cos(\Theta_a + \gamma) = -\frac{\Theta^2}{2\sqrt{1+\mu^2}} + \cos(\Theta_0 + \gamma) \quad (7)$$

$$w \varphi = -\frac{IE\Theta^2}{\lambda} \quad (8)$$

$$F(\Pi_1, \Theta_a + \gamma) - F(\Pi_2, \Theta_0 + \gamma) = \Pi_1 L / \lambda, \quad (9)$$

где E -модуль Юнга; I -момент инерции геометрического поперечного сечения единичной ворсинки относительно горизонтальной оси, проходящей через его центр масс; Θ - угол наклона касательной в данной точке; S -дуговая координата; F_x и F_y -составляющие реакции поверхности; X и Y -координаты точки M ; μ -коэффициент трения единичной ворсинки по поверхности обрабатываемого материала; α -ведущий параметр; φ -угол закручивания торсиона; F -обобщенная эллиптическая функция Якоби.

Динамика ворса окорочной щетки в поле центробежных сил и сил давления описывается уравнениями (10)-(13), расчетная схема представлена на рис. 2.

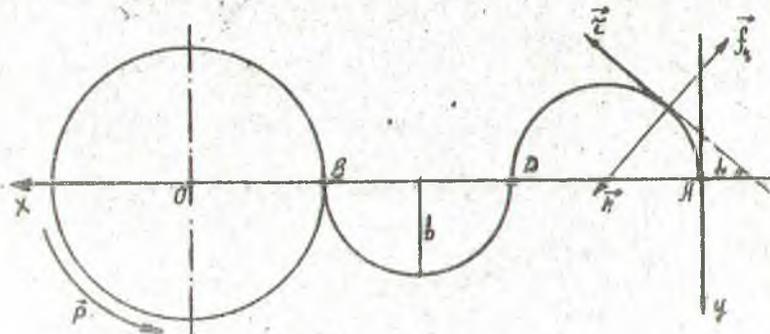


Рис. 2. Расчетная схема единичной ворсинки.

$$\left\{ \begin{aligned} \rho F \left[\frac{\partial V_1}{\partial t} - V_2 \omega \right] &= \frac{\partial Q_1}{\partial S} - Q_2 \kappa_3 + f_1, \\ \rho F \left[\frac{\partial V_2}{\partial t} + V_1 \omega \right] &= \frac{\partial Q_2}{\partial S} + Q_1 \kappa_3 + f_2; \end{aligned} \right. \quad (10)$$

$$EI \frac{\partial \Delta \kappa}{\partial S} = -Q_2, \quad \Delta \kappa_3 = \kappa_3 - \kappa_{30}; \quad (11)$$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial V}{\partial S} &= V_2 \kappa_3, \\ \frac{\partial V}{\partial S} &= -V_1 \kappa_3 + \omega; \end{aligned} \right. \quad (12)$$

$$\frac{\partial \kappa}{\partial t} = \frac{\partial \omega}{\partial S}. \quad (13)$$

Эти уравнения включают уравнения динамики элементарных масс (10), равновесия моментов (11) (предполагается, что инерционными моментами при вращении элементарных участков можно пренебречь) и уравнения кинематики (12), и (13). Вершинка при этом предполагается нерастяжимой. Индекс 1 соответствует проекция на направление касательной, 2-на нормаль. V -скорости частиц стержня, ω -угловая скорость движения элементарных участков.

Использование разработанных методик, реализованных в виде программных средств для ЭВМ, дает возможность обоснованного выбора параметров окорочного инструмента и позволяет сократить сроки его проектирования. Полученные данные внутренних напряжений по длине вorsa окорочной шет и дадут наиболее полное представление о работе окорочного инструмента.

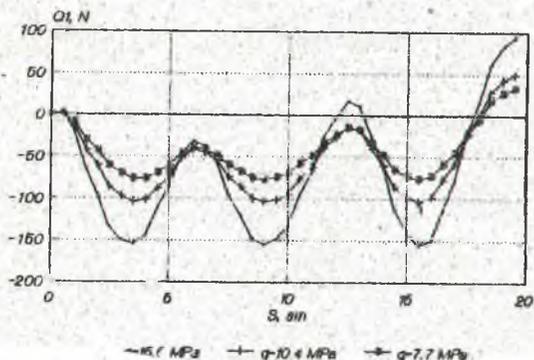


Рис. 3. Диаграмма распределения продольной силы в поперечном сечении ворса окорочной щетки, имеющей форму двух полуволи.

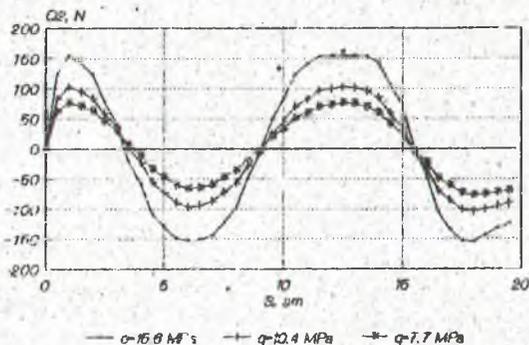


Рис. 4. Диаграмма распределения поперечной силы в поперечном сечении ворса окорочной щетки, имеющей форму двух полуволи.

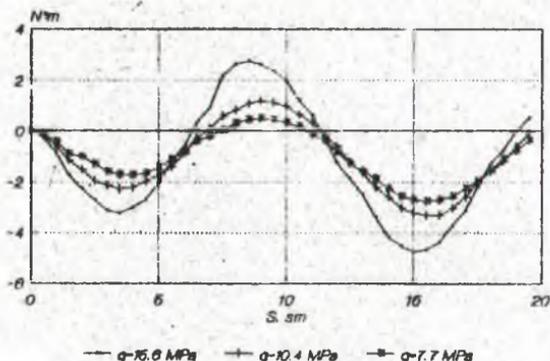


Рис.5. Диаграмма изгибающего момента в поперечном сечении ворса окорочной щетки, имеющей форму двух полуволн.

В третьем разделе изложена методика расчета собственных колебаний звеньев ротора окорочного устройства, с цилиндрическими проволочными щетками.

Для определения расчетных нагрузок в узлах и деталях роторных окорочных станков необходимо знать процесс формирования последних.

Частотная характеристика системы рабочий орган-привод, представленной на рис. 6, может быть определена аналитически. Используя уравнение Лагранжа

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_k} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_k} = - \frac{\partial \Pi}{\partial q_k} \quad (14)$$

где $k=1, 2, \dots, 14$, составим уравнения движения системы:

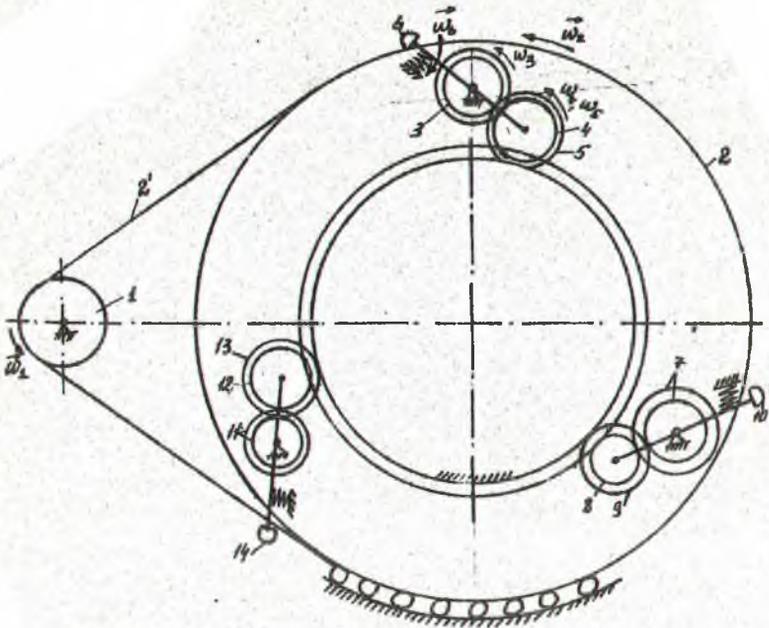


Рис.6.Схема окорочного устройства с цилиндрическими щетками.

$$I_{11} \ddot{q}_1 = C_{1-2} (q_2 - q_1);$$

$$I_{22} \ddot{q}_2 + I_{2-3} (q_3 + q_4 + q_5 + q_6 + q_7 + q_8 + q_9 + q_{10} + q_{11} + q_{12} + q_{13} + q_{14}) = -C_{1-2} (q_2 - q_1) +$$

$$+ C_{2-3} (q_3 - q_2) + C_{2-3} (q_4 - q_2) + C_{2-3} (q_5 - q_2) +$$

$$+ C_{2-6} (q_6 - q_2) + C_{2-6} (q_{10} - q_2) + C_{2-6} (q_{14} - q_2);$$

$$I_{33} \ddot{q}_3 = -C_{2-3} (q_3 - q_2) + C_{3-4} (q_4 - q_3);$$

$$I_{14} \ddot{q}_4 + I_{46} \ddot{q}_6 = -C_{3-4} (q_4 - q_3) + C_{4-5} (q_5 - q_4);$$

$$I_{55} \ddot{q}_5 + I_{56} \ddot{q}_6 = -C_{4-5} (q_5 - q_4);$$

$$I_{36} \ddot{q}_6 + I_{26} \ddot{q}_2 + I_{46} \ddot{q}_4 + I_{56} \ddot{q}_5 = -C_{2-6} (q_6 - q_2);$$

$$I_{37} \ddot{q}_7 = -C_{2-3} (q_7 - q_3) + C_{3-4} (q_6 - q_7);$$

$$I_{44} \ddot{q}_8 + I_{56} \ddot{q}_{10} = -C_{3-4} (q_8 - q_7) + C_{4-5} (q_9 - q_8);$$

$$I_{55} \ddot{q}_9 + I_{56} \ddot{q}_{10} = -C_{4-5} (q_9 - q_8);$$

$$I_{66} \ddot{q}_{10} + I_{26} \ddot{q}_2 + I_{46} \ddot{q}_4 + I_{56} \ddot{q}_5 = -C_{2-6} (q_{10} - q_2);$$

$$I_{33} \ddot{q}_{11} = -C_{2-3} (q_{11} - q_2) + C_{3-4} (q_{12} - q_{11});$$

$$I_{44} \ddot{q}_{12} + I_{47} \ddot{q}_{14} = -C_{3-4} (q_{12} - q_{11}) + C_{4-5} (q_{13} - q_{12});$$

$$I_{55} \ddot{q}_{13} + I_{56} \ddot{q}_{14} = -C_{4-5} (q_{13} - q_{12});$$

$$I_{66} \ddot{q}_{14} + I_{26} \ddot{q}_2 + I_{46} \ddot{q}_{12} + I_{56} \ddot{q}_{13} = -C_{2-6} (q_{14} - q_2). \quad (15)$$

В результате решения этих уравнений находим пять частот (в Гц) $\nu_1 = 2,8$, $\nu_2 = 426$, $\nu_3 = 164$, $\nu_4 = 848$, $\nu_5 = 1401$. Как показывает расчет, изменение диаметра обрабатываемого лесоматериала, смещение центра масс балансира (АС) и расположенных на нем узлов приводят к изменению собственных частот системы, однако эти изменения незначительны и составляют десятые доли процента. Диаграммы высокочастотных составляющих представлены на рис. 7, 8 и 9.

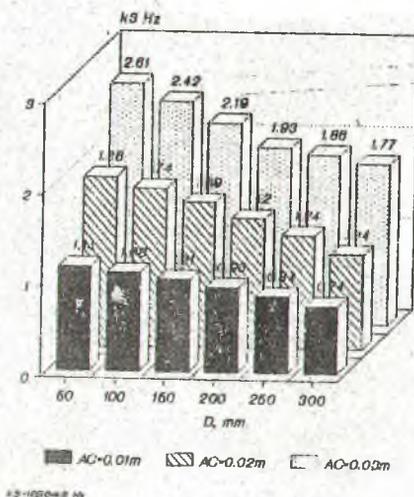


Рис. 7. Диаграмма высокочастотной составляющей k_3 .

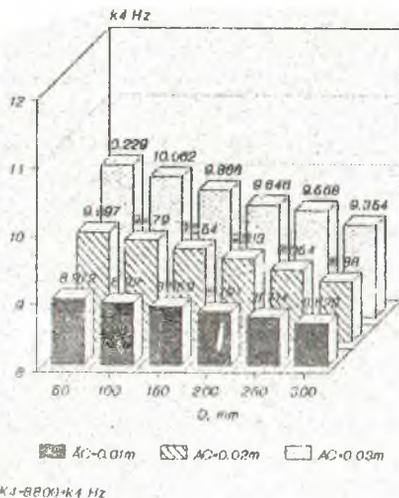
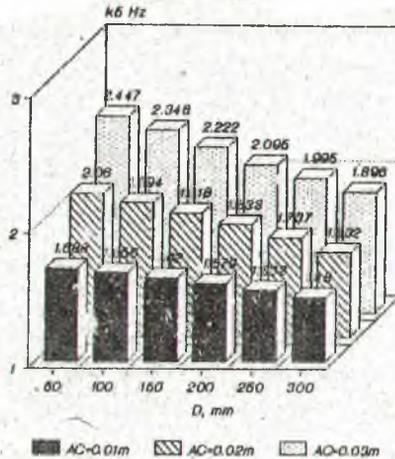


Рис. 8. Диаграмма высокочастотной составляющей k_4 .



К6-6320-к6 Hz

Рис. 9. Диаграмма высокочастотной составляющей к₆.

Четвертый раздел посвящен экспериментальным исследованиям.

Процесс окорки щеточным инструментом является весьма сложным, т.к. на качество окорки и работоспособность последнего большое влияние оказывают параметры самого инструмента, которые зависят от усилия срезания коры. Поэтому для расчета усилий, возникающих в поперечных сечениях ворса окорочной щетки и более полного обоснования выбора параметров последнего, был поставлен ряд экспериментов, предусматривающих определение усилий резания коры единичной ворсинкой щеточного окорочного инструмента.

Решение поставленных задач проводится в следующей последовательности:

1. Обоснование определенных условий проведения эксперимента, позволяющих более полно охарактеризовать исследуемый объект.
 2. Разработка конструкции экспериментальной установки.
 3. Выбор соответствующей измерительной аппаратуры.
 4. Проведение эксперимента и обработка его результатов.
- В результате проведения экспериментальных исследований

было определено усилие сопротивления коры внедрению единичной ворсинки окорочной щетки. Усилие определялось для древесины хвойных пород. Результаты испытаний для ели представлены в таблице 1.

Таблица 1
Результаты испытаний для ели

Результаты испытаний				n	a	σ^2
1.51	1.51	1.52	1.53	24	1.56	0.0014
1.53	1.54	1.54	1.55			
1.56	1.56	1.56	1.56			
1.56	1.57	1.57	1.57			
1.57	1.58	1.58	1.61			
1.63	1.65	1.65	1.65			

Таким образом в результате проведения лабораторного эксперимента определено усилие срыва коры ели единичной ворсинкой, что дает возможность рассчитать основные параметры окорочной щетки.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ.

1. Результаты сравнительного анализа существующих технологий и оборудования для окорки круглых лесоматериалов показывают, что наиболее перспективными являются окорочные станки роторного типа, однако они не решают проблему чистой и окорки лесоматериалов.

2. Предложенное конструктивное решение станка с приводными окорочными щетками решает проблему 100%-ой очистки бревна от коры.

3. Разработанные математические модели предложенных рабочих органов окорочного станка позволили установить их основные геометрические и механические характеристики:

- радиус корпуса щетки равен 0,050 метра;
- длина ворса щетки равна 0,200 метра;
- диаметр ворса 0,002 метра;
- частота вращения щетки 1,5...3 с⁻¹;

-модуль Юнга материала верса $18206 \times 10^7 \text{ Н/м}^2$;

-плотность материала верса $7,8 \times 10^3$.

4. Проведенными на основании методов аналитической механики исследованиями предложенной механической системы с 14 степенями свободы (моделирующей конструкцию привод-ротор-щетка), установлено, что наиболее значимыми в рабочей области параметров системы являются пять степеней свободы.

5. Анализ полученных уравнений автоколебаний системы скорочного устройства позволил выявить пять значимых частот собственных колебаний системы $V_1 = 2,8 \text{ Гц}$; $V_2 = 425 \text{ Гц}$; $V_3 = 164 \text{ Гц}$; $V_4 = 848 \text{ Гц}$; $V_5 = 1401 \text{ Гц}$.

6. Анализ влияния смещения центра масс балансира и расположенных на нем уадов показал, что хотя оно и вызывает изменение значения элемента a матрицы коэффициентов инерции, но в виду малости последнего практически не влияет на собственные частоты системы - последние изменяются в пределах десятой доли процента.

7. Полученные результаты теоретических и экспериментальных исследований явились научной основой разработки новых устройств для окорки лесоматериалов.

8. На основании полученных результатов были разработаны техническое решение и конструкторская документация на опытный образец скорочного устройства с цилиндрическими щетками с диапазоном диаметров обрабатываемых бревен от 6 см до 55 см, которое изготовлено и внедрено в технологической линии переработки круглых лесоматериалов Полеского Государственного радиационно-экологического заповедника.

9. Производственными испытаниями установлено, что опытный образец скорочного устройства АСОБЗ-1 производит качественную окорку лесоматериалов без предварительной их подготовки. Производительность устройства равна 13,2 куб. метров в час, а показатель технологической надежности (общий) - 0,97, что отвечает требованиям, предъявляемым к скорочному оборудованию.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Кравченко А.С. Теоретические исследования окорки круглых лесоматериалов цилиндрическими иглофрезами. Белорус. технолог. журн. - Мн., 1990-10с. - Деп. во ВНИПИЗилеспром

05.06.90. N2656-л690.

2. Лебедь С.С., Кравченко А.С., Ячковский Ю.В. Оценка изгиба и кручения иглореза иглофрезерного инструмента в линейной теории. - Белорус. технol. ин-т. - Мн., 1990- 5с. - Деп. во ВНИПИЭилеспром 05.06.90. N2657-л690.

3. Лебедь С.С., Кравченко А.С., Ячковский Ю.В. Приложение теории для случая малого изгиба иглореза при окорке круглых лесоматериалов иглофрезами. Белорус. технol. ин-т. - Мн., 1990-7с. - Деп. во ВНИПИЭилеспром 05.06.90. N2658-л690.

4. Лебедь С.С., Кравченко А.С., Ячковский Ю.В. Математическая модель расчета цилиндрических щеток для окорки лесоматериалов /Материалы юбилейной научно-техн. конференции по итогам научно-исследоват. работ/- Мн. 1990. С.64-65.

5. Лебедь С.С., Ячковский Ю.В., Кравченко А.С. Комплексное использование древесного сырья при окорке тонкомерных лесоматериалов /Лесоэксплуатация и лесосплав. Вып. 7-8. М., 1991. С.38-39.

6. Лебедь С.С., Кравченко А.С. Теоретические исследования параметров иглофрезерного окорочного инструмента. /Технология и оборудование заготовки и переработки древесины. - Мн. 1990. С.115-121.

7. Лебедь С.С., Кравченко А.С., Ячковский Ю.В. Окорка тонкомерных лесоматериалов иглофрезами. /Совершенствование ресурсосбер. технологий и охраны окружающей среды лесопромышленных предприятий. -Ивано-Франковск, 1990. С.68.

8. Вихренко В.С., Кравченко А.С., Лебедь С.С. Собственные колебания механизма окорочного станка. -/Труды Белорусского технологического института. Вып.1.-Мн. 1993. С.65-69.

Кравченко Анатолия Сергеевич

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВ ЧИСТОВОЙ
ОКОРКИ ДРЕВЕСИНЫ ЩЕТОЧНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ.

Подписано в печать 21.07.94. Формат 60x84¹/₁₆.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,3. Усл. кр.-отт. 1,3. Уч.-изд. л. 1,1.

Тираж 100 экз. Заказ 226.

Белорусский государственный технологический университет.
220630. Минск, Свердлова, 13^а.

Отпечатано на ротаприте Белорусского государственного
технологического университета.

220630. Минск, Свердлова, 13.