

630^x
С 89

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 630*323.5

СУБОЧ Сергей Георгиевич

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ
МОБИЛЬНОГО ОКОРОЧНОГО АГРЕГАТА
С УСТРОЙСТВОМ ЗАГРУЗКИ**

05.21.01 – Технология и машины лесозаготовок и лесного
хозяйства

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Минск 2003

Работа выполнена в УО «Белорусский государственный технологический университет» на кафедре лесных машин и технологии лесозаготовок.

Научный руководитель доктор технических наук,
профессор Лебедь С.С.
(УО БГТУ, кафедра лесных машин и
технологии лесозаготовок)

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор Вавилов А.В.
(БНТУ, заведующий кафедрой
строительных и дорожных машин);

кандидат технических наук,
доцент Фридрих А.П.
(УО БГТУ, кафедра деревообрабаты-
вающих станков и инструментов)

Оппонирующая организация Комитет лесного хозяйства при Совете
Министров Республики Беларусь

Защита состоится «24» июня 2003г. в 14⁰⁰ часов на заседании совета по защите диссертаций Д 02.08.06 в УО «Белорусский государственный технологический университет» по адресу 220050, г. Минск, ул. Свердлова, 13а.

Телефон ученого секретаря совета: 227-83-41

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке УО «Белорусский государственный технологический университет».

Автореферат разослан «23» мая 2003г.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций  С. П. Мохов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Наиболее важной и перспективной задачей для лесного комплекса Республики Беларусь является переориентация процессов заготовки, переработки и утилизации древесины на ресурсосберегающие технологии. Решение поставленной задачи невозможно без новых, специализированных машин и механизмов, а также передовых технологий, разработанных с учетом природно-климатических и экономических условий Беларуси. Существующее ныне оборудование стационарного типа имеет высокий физический износ, низкий уровень автоматизации и не отвечает современным экономическим и природоохранным требованиям. Также является невозможным его применение в зоне радиоактивного загрязнения лесных массивов. Передвижные окорочные станки импортного производства с большей степенью автоматизации имеют высокую стоимость и являются недоступными отечественным потребителям. В связи с этим тема диссертационной работы является актуальной.

Разработанные опытные образцы оборудования показывают высокую эффективность на всех этапах лесопромышленного процесса. В их число входит мобильная система машин для окорки круглых лесоматериалов, созданная БГТУ совместно с АО «Амкодор». Базовая машина и агрегатируемый с ней передвижной окорочный станок АСО36-2П с устройством загрузки представляют собой мобильную окорочную систему машин. При этом базовая машина с окорочным станком рассматриваются как мобильный окорочный агрегат.

Связь работы с научными программами. Тема диссертационной работы соответствует научному направлению кафедры лесных машин и технологии лесозаготовок. Работа по созданию передвижного окорочного станка АСО36-2П для тонкомера с устройством загрузки выполнялась в соответствии с заданиями тем БС 97-217, БС 97-317, БС 97-417 Государственной научно-технической программы «Лес – экология и ресурсь», утвержденной Постановлением Правительства РБ от 3.01.97 №5.

Цель и задачи исследований. Целью диссертационной работы является повышение эффективности процесса окорки круглых лесоматериалов путем выбора и обоснования параметров мобильной окорочной системы машин и технологии ее применения.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести теоретические исследования по обоснованию и выбору энергетических параметров передвижного окорочного агрегата и загрузочного устройства как единой системы;

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ЭКОНОМІКА І АГРЫ
Экономічнага ўніверсітэта

500ар

- разработать математическую модель мобильного окорочного агрегата «МТЗ-82+АСОЗ6-2П», описывающую процесс окорки круглых лесоматериалов. Изучить влияние конструктивных параметров системы на характер протекающих динамических процессов. Обосновать возможность использования базовой машины как транспортного звена;
- провести лабораторные исследования технологической надежности загрузочного устройства бункерного типа и ее влияние на производительность и режимы работы мобильной окорочной системы машин;
- разработать технологию применения мобильной окорочной системы машин с учетом традиционных технологических потоков лесозаготовительных и нижнескладских работ. Обосновать применение мобильной окорочной системы машин в зоне радиоактивного загрязнения;
- внедрить в производство мобильную окорочную систему машин, позволяющую получать окоренные круглые лесоматериалы в условиях лесосеки;
- реализовать разработанную методологию в виде программного расчетного комплекса для обоснования параметров перспективного окорочного оборудования и выдачи практических рекомендаций.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования являлся мобильный окорочный агрегат с устройством загрузки в составе мобильной окорочной системы машин.

Методология и методы проведенного исследования. Общая методология работы предусматривала сочетание теоретических и экспериментальных исследований с опытно-промышленной эксплуатацией. Научное обоснование базировалось на применении методов системного анализа, математического моделирования, теории подобия и размерностей, теоретической механики.

Научная новизна и значимость полученных результатов.

- Впервые разработан технологический процесс и обоснована мобильная система машин, обеспечивающие безопасные условия труда и высокую производительность окорки круглых лесоматериалов в условиях лесосек, загрязненных радионуклидами.
- Разработана методика оценки технологической надежности загрузочного устройства бункерного типа, позволяющая учитывать его кинематические характеристики и параметры сырья, подаваемого на обработку, и их влияние на производительность системы машин для окорки круглых лесоматериалов.
- Впервые научно-обоснован процесс планирования технологических потоков верхнего лесного склада с учетом маневренных характеристик мобильной окорочной системы машин для окорки круглых лесоматериалов.
- С учетом разработанных математических моделей, описывающих работу мобильной окорочной системы машин, получены новые данные о динамике

ческой нагруженности, энергетической насыщенности и эксплуатационно-технологическим показателям.

Практическая значимость полученных результатов. Использование мобильной окорочной системы машин позволит внедрить новые передовые технологии эффективного освоения лесных ресурсов РБ, в том числе загрязненных радионуклидами. Разработаны математические модели, программный комплекс для расчета на ПЭВМ технологических и динамических параметров мобильной окорочной системы машин, позволяющие определять и прогнозировать показатели создаваемого оборудования с учетом реальных условий эксплуатации. Проведение технологического комплекса лесохозяйственных работ в загрязненных районах в сочетании с окоркой круглых лесоматериалов и последующим захоронением коры уменьшает распространение радионуклидов, увеличивает выход древесной продукции и снижает опасность возникновения на загрязненных территориях пожаров, являющихся одним из источников переноса радиоактивных веществ. Экономическая значимость заключается в снижении себестоимости заготовки круглых окоренных лесоматериалов на 5-7 %.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- технологический процесс и мобильная система машин для окорки круглых лесоматериалов в условиях лесосеки, включая территории, загрязненные радионуклидами;
- методика оценки и показатели технологической надежности загрузочного устройства бункерного типа, учитывающая его кинематические характеристики и параметры сырья, подаваемого на обработку;
- методика планирования технологического потока верхнего лесного склада, учитывающая маневренные характеристики мобильной системы машин для окорки круглых лесоматериалов;
- новые данные о динамической нагруженности, энергетической насыщенности и эксплуатационно-технологическим показателям, полученным посредством математического моделирования основных режимов работы мобильной окорочной системы машин.

Личный вклад соискателя. Диссертация явилась результатом личной работы автора. Им сделан анализ современных технологических решений в машиностроении по окорочному оборудованию. Проведено экспериментальное исследование технологической надежности процесса подачи сырья на обработку загрузочным устройством бункерного типа. Выполнен энергетический расчет технологического процесса окорки и околостаночного оборудования. Разработаны математические модели режимов окорки и транспортировки окорочного агрегата, а также технологии его использования для различных видов

рубков. Обоснована возможность применения АСО36-2П в условиях радиоактивного загрязнения лесных массивов. Определены показатели маневренности в различных эксплуатационных условиях. Выполнена сравнительная оценка экономической эффективности применения мобильной окорочной системы.

Апробация результатов исследований. Результаты работы докладывались и одобрены на Международной научно-технической конференции «Лес – экология и ресурсы» (БГТУ, Минск, 1998 г.), «Леса Беларуси и их рациональное использование» (БГТУ, Минск, 2000г.), Международной научно-практической конференции «ЛЕС-97» (Минск 1997г.), Международной научно-технической конференции «Современные проблемы машиноведения» (ГПИ, Гомель, 1998), Международной конференции «Современные направления развития производственных технологий и робототехника» (Могилев, 1999), а также научно-технических конференциях БГТУ 1998-2003 гг.

Опубликованность результатов. Основные результаты опубликованы в 8 печатных работах, в том числе 4 статьях в сборниках научных трудов (18 стр.) и 4 материалах научных конференций (9 стр.).

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, 5 глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Работа содержит 133 страницы машинописного текста, 59 рисунков, 13 таблиц, 103 литературных источника и 6 приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе сделан анализ современного состояния лесной промышленности Республики Беларусь и перспектив ее развития. Отражена актуальность внедрения прогрессивных технологий и оснащения предприятий новой техникой с целью обеспечения производственных и лесоводственно-экологических требований. Обобщены данные по состоянию лесов, их породному составу и возрастной структуре. Изучено территориальное распределение радиоактивного загрязнения. Рассмотрено влияние породного и возрастного факторов на уровень и интенсивность накопления радиоактивных веществ различными частями дерева. На основе проведенного обзора отмечено, что окорка древесины на лесосеке позволит заготавливать и использовать древесину не влияя на общий радиационный фон.

Основополагающими в теории окорки древесины являются труды Шубина А. Д., Харитоновой В. В., Мирецкого В. О., Симонова М. Н., Пигильдина Н. Ф., Добрачева А. А., Соболева И. В., Шмелева Г. С., Фрида Л. Д., Мануйлова Н. А., Власова Г. Д., Сосунова А. С., Новикова А. Н., Югова В. Г., Рыбакова Д. М., Абрамова Е. Д., Покрышкина О. В., Орлова А. Т.

Дальнейшее развитие теории окорки и совершенствование оборудования отражены в трудах Некрасова А. С., Платонова Е. И., Сысоева Л. А., Торговникова Г. И., Дмитриева Г. Л., Саксина В. И., Мазуркина П. М., Галлеева С. Х., Бойкова С. П., Кравченко А. С. Авторами изучены теоретические основы процесса окорки и по их результатам предложены разнообразные технические решения.

Анализ окорочного оборудования СНГ, Канады, Финляндии, Швеции, США, Японии и других стран свидетельствует о том, что существует множество типов окорочного оборудования, отвечающих конкретным требованиям различных отраслей промышленности. Наибольшее распространение получили роторные станки с тупыми короснимателями, цепным окорочным механизмом, а также оборудование барабанного типа для групповой обработки. На основании изучения различных способов окорки произведена классификация мобильного оборудования по типу окорочного механизма (рис. 1). Наилучших успехов в проектировании и производстве достигли Петрозаводский станкостроительный завод, ЦНИИМЭ, Valon Kone, Peterson Pacific Corp., Continental Biomass Industries Inc., Morbark, Denharco Inc., Heavy Machines Inc., Carbotech Inc., Irving, Iggesund Tools и др.

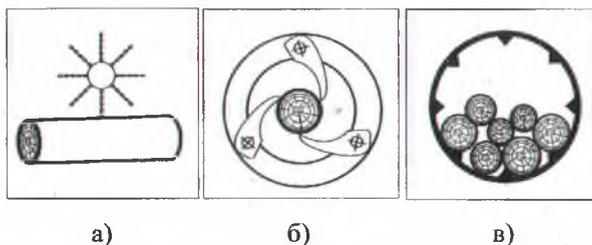


Рис. 1. Способы окорки: (а, б) фрикционный с продольной подачей единичной обработки, (в) фрикционный групповой обработки

Высокая начальная стоимость и последующие эксплуатационные затраты импортных образцов ведут к невысокой производственной эффективности. Отечественной промышленностью в настоящее время не выпускается мобильное окорочное оборудование.

Таким образом, обзор литературных источников, анализ отечественного и зарубежного опыта разработки окорочного оборудования и состояние лесного фонда республики показали, что разработка и создание окорочных систем мобильного типа должны базироваться на машинах, выпускаемых отечественными предприятиями. Применение в качестве тягового и приводного модуля тракторов на базе МТЗ является перспективным и совершенным решением

технического характера. Фрикционный способ окорки поперечно-скребковым режущим инструментом является наиболее рациональным и эффективным для последующего получения широкого спектра продукции. Качество окорки достигает 99% и в большой степени зависит от физико-механических свойств сырья. Станки этого типа просты по конструкции, компактны, высокопроизводительны. Внедрение такого оборудования не требует высоких капитальных вложений и последующих эксплуатационных затрат. Разработка лесосырьевых ресурсов на загрязненной территории позволит привлечь в народное хозяйство дополнительные объемы древесины, а ее первичная обработка на лесосеке не увеличит общий радиационный фон. Данный процесс должен обеспечиваться малолюдными системами машин с высоким уровнем механизации.

Во второй главе проведена оценка энергетической насыщенности мобильной системы машин для окорки круглых лесоматериалов. Входными параметрами являлись физико-механическое состояние окариваемого сырья и технические параметры машин. Изучено влияние отдельных модулей на уровень общих энергозатрат. Так, затраты мощности загрузочного устройства находятся в пределах 2,3-4,5 кВт в зависимости от угла его наклона и объема разбираемых сортиментов. Для окорочного модуля (рис. 2) затраты мощности находятся в интервале 2,9 и 21,9 кВт в зависимости от физического состояния и диаметра окариваемых сортиментов, что составляет до 86 % общей энергонасыщенности системы.

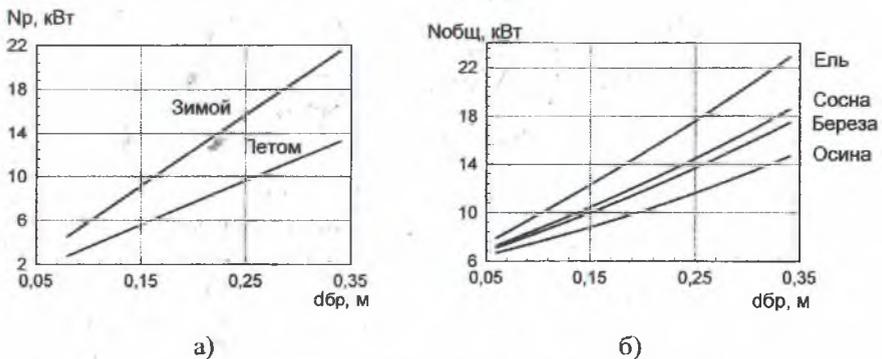


Рис. 2. Зависимость мощности ротора (а) и общей энергонасыщенности окорочной системы (б) от различных факторов

Варьирование затрат мощности в летних условиях ($t=+25^{\circ}\text{C}$) эксплуатации проявляется сильнее, чем в зимних ($t=-20^{\circ}\text{C}$). Окорка древесины в интервале диаметров от 0,05 м до 0,36 м летом проходит на уровне затрат 8-16 кВт для 48 % обрабатываемых сортиментов. Для зимних условий характерен более низкий уровень варьирования показателей затрачиваемой мощности по поро-

дам. Для 17 % обрабатываемых лесоматериалов необходима мощность более 25 кВт. При окорке лесоматериалов в летних условиях затраты мощности в зависимости от породы варьировались до 45 %. В условиях зимы этот показатель составил 23 %, что говорит о преобладании влияния физического состояния древесины (коры и камбиального слоя) над особенностями строения пород.

Третья глава посвящена рассмотрению вопросов, связанных с разработкой математической модели мобильного окорочного агрегата в режимах окорки и транспортировки. Для определения расчетных нагрузок в узлах и механизмах необходимо знать процесс их формирования. Частотная характеристика системы «предмет труда – режущий инструмент – трансмиссия базовой машины» была определена аналитически, используя уравнения Лагранжа II рода. Расчетная схема динамической системы мобильного окорочного агрегата (рис. 3) разработана с учетом принятых допущений на основе анализа его конструкции и кинематики движения звеньев. Исследуемая система имеет двенадцать степеней свободы. Положение звеньев мобильного окорочного агрегата определялось следующими обобщенными координатами: углом поворота колесчатого вала двигателя φ_d , угловым перемещением карданного вала от ВОМ базовой машины к приводу окорочного станка $\varphi_{кд}$, приводного механизма окорочного станка φ_u , окорочного ротора φ_p и колебаниями режущего инструмента φ_{ni} .

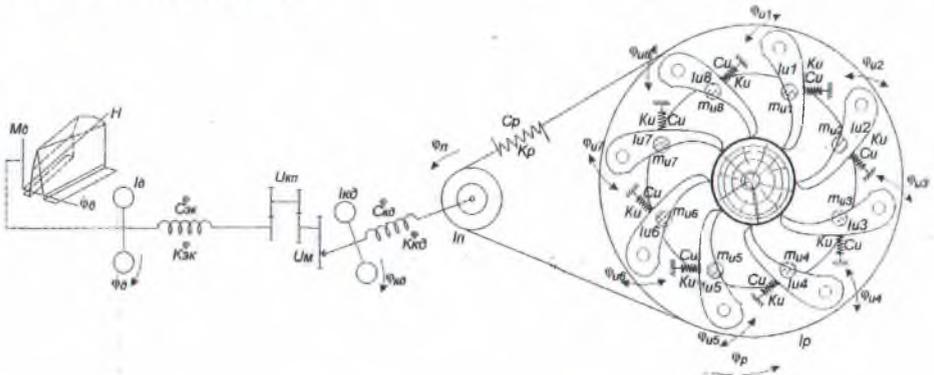


Рис. 3. Расчетная схема динамической системы мобильного окорочного агрегата в режиме окорки

На расчетной схеме приняты следующие обозначения: m_{ni} – масса i -го режущего инструмента, I_d – момент инерции вращающихся масс двигателя, ведущих частей сцепления и механизмов до вала отбора мощности, $I_{кд}$, I_p , $I_{и}$ – моменты инерции карданного вала, привода окорочного станка, ротора и

механизма режущего инструмента, $C_{\text{эк}}^{\varphi}, k_{\text{ж}}^{\varphi}$ – приведенные к первичному валу суммарная эквивалентная крутильная жесткость и демпфирование трансмиссии базовой машины, $C_{\text{кд}}^{\varphi}, k_{\text{кд}}^{\varphi}$ – приведенные к валу отбора мощности базовой машины крутильная жесткость и демпфирование карданной передачи, $C_{\text{п}}^{\varphi}, k_{\text{п}}^{\varphi}$ – крутильные жесткость и демпфирование механизмов привода станка, $C_{\text{р}}, k_{\text{р}}, C_{\text{и}}, k_{\text{и}}$ – жесткости и демпфирование ременной передачи окорочного модуля и упругих элементов механизма режущего инструмента, ℓ_1 – расстояние от оси качания режущего инструмента до упругого элемента, ℓ_2 – расстояние от упругого элемента до точки касания режущего инструмента с предметом труда, ℓ_3 – расстояние от оси качания режущего инструмента до точки его касания с предметом труда.

Система дифференциальных уравнений, описывающих динамические процессы мобильного окорочного агрегата в режиме окорки, имеет вид:

$$\begin{aligned}
 & I_{\text{д}} \ddot{\varphi}_{\text{д}} + C_{\text{эк}}^{\varphi} (\varphi_{\text{д}} - \varphi_{\text{к}}) - M_{\text{дн}} + k_{\text{ж}}^{\varphi} (\dot{\varphi}_{\text{д}} - \dot{\varphi}_{\text{к}}) = 0; \\
 & I_{\text{кд}} \ddot{\varphi}_{\text{кд}} - C_{\text{эк}}^{\varphi} (\varphi_{\text{д}} - \varphi_{\text{к}}) U_{\text{кп}} U_{\text{м}} + C_{\text{кд}}^{\varphi} (\varphi_{\text{кд}} - \varphi_{\text{п}}) - k_{\text{ж}}^{\varphi} (\dot{\varphi}_{\text{д}} - \dot{\varphi}_{\text{к}}) U_{\text{кп}} U_{\text{м}} + \\
 & + k_{\text{кд}}^{\varphi} (\dot{\varphi}_{\text{кд}} - \dot{\varphi}_{\text{п}}) = 0; \\
 & I_{\text{п}} \ddot{\varphi}_{\text{п}} - C_{\text{кд}}^{\varphi} (\varphi_{\text{кд}} - \varphi_{\text{п}}) + C_{\text{р}} \Delta R_{\text{п}} - k_{\text{кд}}^{\varphi} (\dot{\varphi}_{\text{кд}} - \dot{\varphi}_{\text{п}}) + k_{\text{р}} \Delta R_{\text{п}} = 0; \\
 & I_{\text{р}} \ddot{\varphi}_{\text{р}} - C_{\text{р}} \Delta R_{\text{р}} + \sum_{i=1}^8 \ell_1 C_{\text{у}} h_{\text{и}} \frac{\ell_1}{\ell_1 + \ell_2} - k_{\text{р}} \Delta R_{\text{р}} + \sum_{i=1}^8 \ell_1 k_{\text{у}} h_{\text{и}} \frac{\ell_1}{\ell_1 + \ell_2} = 0; \\
 & I_{\text{и}_1} \ddot{\varphi}_{\text{и}_1} - \ell_1 C_{\text{у}} h_{\text{и}} \frac{\ell_1}{\ell_1 + \ell_2} + C_{\text{эк}}^{\text{бп}} h_{\text{и}_1} \cos \psi_1 (\ell_1 + \ell_2) + F_{\text{п}_1} f_{\text{тп}} r_{\text{бп}} - \\
 & - \ell_1 k_{\text{у}} h_{\text{и}} \frac{\ell_1}{\ell_1 + \ell_2} + k_{\text{эк}}^{\text{бп}} h_{\text{и}_1} \cos \dot{\psi}_1 (\ell_1 + \ell_2) = 0; \\
 & I_{\text{и}_2} \ddot{\varphi}_{\text{и}_2} - \ell_1 C_{\text{у}} h_{\text{и}_2} \frac{\ell_1}{\ell_1 + \ell_2} + C_{\text{эк}}^{\text{бп}} h_{\text{и}_2} \cos \psi_2 (\ell_1 + \ell_2) + \\
 & + F_{\text{н}_2} f_{\text{тп}} r_{\text{бп}} - \ell_1 k_{\text{у}} h_{\text{и}_2} \frac{\ell_1}{\ell_1 + \ell_2} + k_{\text{эк}}^{\text{бп}} h_{\text{и}_2} \cos \dot{\psi}_2 (\ell_1 + \ell_2) = 0; \\
 & I_{\text{и}_3} \ddot{\varphi}_{\text{и}_3} - \ell_1 C_{\text{у}} h_{\text{и}_3} \frac{\ell_1}{\ell_1 + \ell_2} + C_{\text{эк}}^{\text{бп}} h_{\text{и}_3} \cos \psi_3 (\ell_1 + \ell_2) + F_{\text{н}_3} f_{\text{тп}} r_{\text{бп}} - \\
 & - \ell_1 k_{\text{у}} h_{\text{и}_3} \frac{\ell_1}{\ell_1 + \ell_2} + k_{\text{эк}}^{\text{бп}} h_{\text{и}_3} \cos \dot{\psi}_3 (\ell_1 + \ell_2) = 0; \\
 & I_{\text{и}_4} \ddot{\varphi}_{\text{и}_4} - \ell_1 C_{\text{у}} h_{\text{и}_4} \frac{\ell_1}{\ell_1 + \ell_2} + C_{\text{эк}}^{\text{бп}} h_{\text{и}_4} \cos \psi_4 (\ell_1 + \ell_2) + \\
 & + F_{\text{н}_4} f_{\text{тп}} r_{\text{бп}} - \ell_1 k_{\text{у}} h_{\text{и}_4} \frac{\ell_1}{\ell_1 + \ell_2} + k_{\text{эк}}^{\text{бп}} h_{\text{и}_4} \cos \dot{\psi}_4 (\ell_1 + \ell_2) = 0;
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
& I_{n_5} \ddot{\varphi}_{n_5} - \ell_1 C_y h_{n_5} \frac{\ell_1}{\ell_1 + \ell_2} + C_{\text{эж}}^{\text{бп}} h_{n_5} \cos \psi_5 (\ell_1 + \ell_2) + \\
& + F_{n_5} f_{\text{тр}} r_{\text{бп}} - \ell_1 k_y h_{n_5} \frac{\ell_1}{\ell_1 + \ell_2} + k_{\text{эж}}^{\text{бп}} h_{n_5} \cos \psi_5 (\ell_1 + \ell_2) = 0; \\
& I_{n_6} \ddot{\varphi}_{n_6} - \ell_1 C_y h_{n_6} \frac{\ell_1}{\ell_1 + \ell_2} + C_{\text{эж}}^{\text{бп}} h_{n_6} \cos \psi_6 (\ell_1 + \ell_2) + F_{n_6} f_{\text{тр}} r_{\text{бп}} - \\
& - \ell_1 k_y h_{n_6} \frac{\ell_1}{\ell_1 + \ell_2} + k_{\text{эж}}^{\text{бп}} h_{n_6} \cos \psi_6 (\ell_1 + \ell_2) = 0; \\
& I_{n_7} \ddot{\varphi}_{n_7} - \ell_1 C_y h_{n_7} \frac{\ell_1}{\ell_1 + \ell_2} + C_{\text{эж}}^{\text{бп}} h_{n_7} \cos \psi_7 (\ell_1 + \ell_2) + \\
& + F_{n_7} f_{\text{тр}} r_{\text{бп}} - \ell_1 k_y h_{n_7} \frac{\ell_1}{\ell_1 + \ell_2} + k_{\text{эж}}^{\text{бп}} h_{n_7} \cos \psi_7 (\ell_1 + \ell_2) = 0; \\
& I_{n_8} \ddot{\varphi}_{n_8} - \ell_1 C_y h_{n_8} \frac{\ell_1}{\ell_1 + \ell_2} + C_{\text{эж}}^{\text{бп}} h_{n_8} \cos \psi_8 (\ell_1 + \ell_2) + \\
& + F_{n_8} f_{\text{тр}} r_{\text{бп}} - \ell_1 k_y h_{n_8} \frac{\ell_1}{\ell_1 + \ell_2} + k_{\text{эж}}^{\text{бп}} h_{n_8} \cos \psi_8 (\ell_1 + \ell_2) = 0.
\end{aligned}$$

Расчетами установлено, что собственные колебания механизма режущего инструмента в большей степени зависят от параметров жесткости его упругого элемента и положения центра масс относительно оси качания. По результатам исследований выявлено пять значимых частот колебаний динамической системы: $f_d=2,7$ Гц, $f_{кл}=7,8$ Гц, $f_n=3,2$ Гц, $f_p=387$ Гц, $f_n=9,2$ Гц. Изменение собственных частот МРИ незначительны при различных параметрах (рис.4) и не превышает 4,7 %.

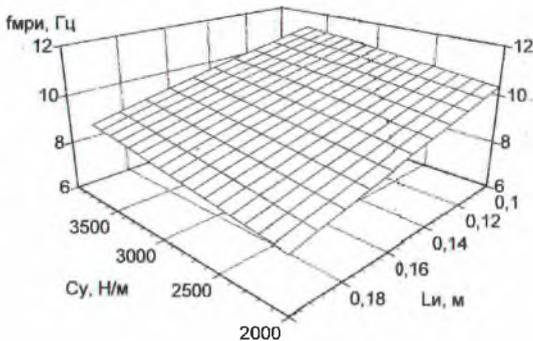


Рис. 4. Диаграмма частоты собственных колебаний МРИ

Передвижной окорочный станок АСО35-2П с устройством загрузки в составе мобильной окорочной системы машин находился в опытно-промышленной эксплуатации в Полесском государственном радиационно-

экологическом заповеднике. Данные исследований подтвердили достоверность теоретических решений. Количество сортиментов, отвечающих ГОСТ 15815-83, равно 98,5 %, а качество окорки составило соответственно для хвойных - 91 %, лиственных - 87 %, что является удовлетворительным показателем для роторных окорочных станков фрикционного типа.

Для изучения режима транспортировки была составлена математическая модель (2) и проведены экспериментальные исследования.

$$\begin{aligned}
 & I_{\text{сц}} \cdot \ddot{\varphi}_d - M_d + M_{\text{сц}} = 0; \\
 & I_{\text{сц}} \cdot \ddot{\varphi}_{\text{сц}} - M_{\text{сц}} + M_{\text{эк},j} = 0; \\
 & \left[(I'_{\text{сх},j} + I''_{\text{сх},j}) \cdot U_{\text{к},j}^2 + I_{\text{вк}} \right] \cdot \ddot{\varphi}_{\text{вк}} - M_{\text{эк},j} \cdot U_{\text{к},j} + M_{\text{вк}} - M_{\text{к}}^c = 0; \\
 & I_{\text{кп}} \cdot \ddot{\varphi}_{\text{кп}} - M_{\text{эп}} \cdot U_{\text{мп}} + M_{\text{шмп}} = -M_{\text{мп}}^c; \\
 & I_{\text{кз}} \cdot \ddot{\varphi}_{\text{кз}} - M_{\text{эз}} \cdot U_{\text{мз}} + M_{\text{шмз}} = -M_{\text{мз}}^c; \\
 & I_{\text{т}} \cdot \ddot{\varphi}_{\text{т}} - \frac{M_{\text{шмп}}}{I_{\text{кп}}} \cdot (h_{\text{т}} - r_{\text{кп}}) - \frac{M_{\text{шмз}}}{I_{\text{кз}}} \cdot (h_{\text{т}} - r_{\text{кз}}) - F_{\text{шмп}}^y \cdot a_{\text{т}} + F_{\text{шмз}}^y \cdot b_{\text{т}} + \\
 & + F_{\text{сц}}^x (h_{\text{т}} - r_{\text{сц}}) + F_{\text{сц}}^y \cdot L_{\text{сц}} = 0; \\
 & I_{\text{с}} \cdot \ddot{\varphi}_{\text{с}} - F_{\text{сц}}^y \cdot L_{\text{с}} - F_{\text{сц}}^x \cdot (h_{\text{с}} - r_{\text{сц}}) = 0; \\
 & m_{\text{мп}} \cdot \ddot{y}_{\text{мп}} - F_{\text{шмп}}^y + F_{\text{шмз}}^y = 0; \\
 & m_{\text{т}} \cdot \ddot{y}_{\text{т}} - F_{\text{шмп}}^y - F_{\text{шмз}}^y = 0; \\
 & (m_{\text{т}} + m_{\text{тп}} + m_{\text{тз}}) \cdot \ddot{x}_{\text{т}} - \frac{M_{\text{шмп}}}{I_{\text{кп}}} - \frac{M_{\text{шмз}}}{I_{\text{кз}}} + F_{\text{с}}^x = -F_{\text{вт}} - F_{\text{фп}} - F_{\text{фз}}; \\
 & (m_{\text{т}} + m_{\text{тп}} + m_{\text{тз}}) \cdot \ddot{y}_{\text{т}} - F_{\text{шмп}}^y - F_{\text{шмз}}^y + F_{\text{сц}}^y = 0; \\
 & (m_{\text{с}} + m_{\text{пб}} + m_{\text{зб}}) \cdot \ddot{x}_{\text{с}} - F_{\text{с}}^x = -F_{\text{втп}} - F_{\text{фпб}} - F_{\text{фзб}}; \\
 & (m_{\text{с}} + m_{\text{пб}} + m_{\text{зб}}) \cdot \ddot{y}_{\text{с}} - y_{\text{зб}} - y_{\text{пб}} = 0.
 \end{aligned} \tag{2}$$

Максимальное усилие в сцепном устройстве $F_{\text{кр}}$ при неустановившихся режимах движения составляет 15,8 кН. При этом максимальные крутящие моменты на передней $M_{\text{крп}}$ и задней $M_{\text{крз}}$ полуосях базовой машины достигали 3,88 кНм и 5,92 кНм соответственно. При установившемся движении рассматриваемые величины $F_{\text{кр}}$, $M_{\text{крп}}$ и $M_{\text{крз}}$ составили 7,6 кН, 2,28 кНм и 3,53 кНм соответственно при скорости движения 4,17 м/с. Экспериментальные испытания, проведенные на Западной МИС, подтвердили точность разработанной математической модели. Оценка точности производилась сравнением теоретических и экспериментальных данных. Коэффициент корреляции Пирсона составил 14,8. Максимальный разброс для теоретических и экспериментальных показателей составил 7-11 %.

Четвертая глава содержит методику и результаты экспериментальных исследований технологической надежности загрузочного устройства бункерного типа передвижного окорочного станка. Эксперимент проводился на модельной установке загрузочного устройства. Основной задачей являлось определение коэффициента надежности подачи сырья к окорочному модулю для получения достоверных данных о производительности мобильной окорочной системы машин. Оценочными показателями являлись приведенные коэффициенты эффективности $K1$ и отдачи $K2$ (рис. 5).

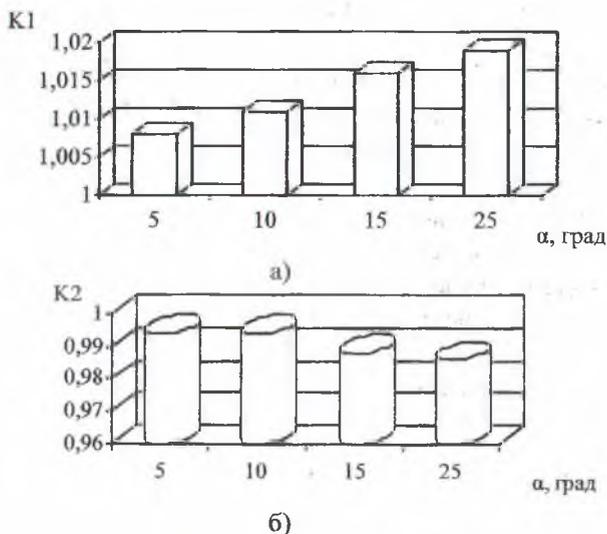


Рис. 5. Зависимость приведенного коэффициента эффективности (а) и отдачи (б) от угла выдачи сортиментов на обработку

Исследовательская часть включала определение параметров общей и абсолютной технологической надежности. Эксперимент проводился при различных углах наклона загрузочного устройства и диаметрах лесоматериалов, что позволило определить коэффициент отдачи оборудования, который составил в среднем 1,013. Показатель общей технологической надежности составил 0,92, а абсолютной технологической надежности – 0,97. По результатам исследований был определен коэффициент надежности подачи сырья на обработку $\varphi_{\text{м}}$, который составил 0,92.

С учетом случайности процесса работы оборудования, были отмечены характерные ситуации, возникающие при совпадении некоторых факторов. Холостой ход – ситуация, при которой выдача модельной заготовки не происходила. Она возникала при обвале пакета модельных заготовок и не происхо-

дила закономерно. При естественном угле откоса пачки близком к 90° и извлечении нижней заготовки из пакета, верхняя, обрушиваясь, утапливала захватный механизм. Наиболее устойчиво подача сырья к окорочному модулю происходит при угле выдачи 5° и 15° .

Основными направлениями совершенствования загрузочного устройства являлось повышение его надежности и производительности как основных составляющих вновь создаваемого оборудования. Достичь большей эксплуатационной производительности возможно путем совершенствования узлов и механизмов, а также повышения их прочности и надежности. Повышение производительности по чистому времени возможно при сокращении вспомогательных операций, а также за счет увеличения объема разобцаемых сортиментов.

Пятая глава отражает технологические вопросы применения мобильной системы машин для окорки круглых лесоматериалов, в том числе загрязненных радионуклидами.

Эффективное применение мобильной окорочной системы машин связано с исследованием ее маневренных характеристик. Аналитические уравнения положения звеньев на участках позволили установить кинематические зависимости между базой и центральными осями. Определены внутренние и внешние габариты в динамике траектории поворота, что позволило рекомендовать габаритные полосы движения (ГПД) мобильной окорочной системы для правильной организации технологического потока на верхнем складе и режима транспортировки. Схемы движения мобильно окорочной системы машин позволили установить ГПД при различных углах ее поворота. Для угла 90° значение ГПД составило 5,68 м, при повороте на 180° – 6,43 м. С учетом кинематических соотношений базовой машины и прицепных звеньев определены радиусы внешних и внутренних габаритов системы. При угле поворота на 90° радиус внешнего габарита составил 11,6 м, а внутреннего – 6,2 м.

На основе анализа полученных данных установлено, что применение мобильной окорочной системы машин в условиях Республики Беларусь соответствует требованиям по проектированию верхних лесных складов, а их размеры не превысят 25×40 м для производства окоренных лесоматериалов и 25×55 м для производства лесоматериалов и пиломатериалов.

Исследованиями установлено, что влияние ионизирующего излучения на здоровье человека является лимитирующим фактором при проведении технологического комплекса лесохозяйственных работ в лесных массивах, подвергшихся радиоактивному загрязнению. При плотности загрязнения до 40 Ки/км^2 продолжительность рабочей смены составляет не более 3 часов. При этом технология требует применения малолюдных систем машин и макси-

мальной автоматизации процесса. В таких условиях целесообразным будет использование 2-3 сменного графика работы.

При высоком уровне радиоактивного загрязнения территории (выше 15 Ки/км^2) использовать мобильные системы для получения пиломатериалов невозможно, так как не обеспечивается защита человека от воздействия внешнего облучения. По этой причине на верхнем складе целесообразно получать окоренные круглые лесоматериалы и производить их распиловку в чистой зоне. При этом в технологический поток верхнего склада включается только мобильная окорочная система.

При зараженности территории менее 15 Ки/км^2 возможно применение потоков получения пиломатериалов на верхнем складе, основными из которых являются: доска обрезная, брус, шпальный кряж, строительные пиломатериалы и другая продукция. Для их производства в настоящее время применяется оборудование отечественного и импортного производства. Эффективность его применения определяется размерно-качественной характеристикой сырья и продукции, формой организации производства, природно-климатическими условиями.

Себестоимость продукции при применении ленточнопильных станков несколько выше, чем при использовании лесопильных рам или круглопильных станков. Однако ввиду низких удельных потерь древесины и возможности индивидуального раскроя сортиментов им следует отдавать предпочтение. Поэтому при разработке технологических схем применения оборудования на верхнем складе оптимальным вариантом будет использование передвижных ленточнопильных станков невысокой мощности на базе бензиномоторных пил или ДВС.

Технико-экономическое обоснование применения машин в загрязненных районах, проведенное методом приведенных затрат, позволяет дать заключение о целесообразности использования перспективной системы машин, включающей в технологический процесс мобильную окорочную систему. Экономически эффективной в данных условиях будет система машин на базе харвестера Амкодор-2535 (АО «Амкодор»), форвардера МЛ-131 (МТЗ) и окорочной системы на базе АСО36-2П (АО «Амкодор»). Удельные капитальные вложения составят $24,91 \text{ тыс.руб/м}^3$, число рабочих – 5 чел. Срок возврата инвестиций не превысит 3,5 лет.

Производительность мобильной окорочной системы машин является функцией коэффициента надежности подачи сырья на обработку (φ_{gr}), коэффициента, учитывающего затраты времени на перебазировку с одной технологической стоянки на другую (φ_w), коэффициента загрузки с учетом межторцовых интервалов (φ_s), коэффициента использования рабочего времени (φ_n), коэффициента повторности обработки лесоматериалов (φ_n), скорости подачи

сортиментов (u), усредненного объема сортимента (V_6), усредненной длины сортимента (ℓ_6) (рис. 6) и может быть определена регрессионным выражением (3):

$$\ln z = a + b \ln x + c \ln y, \quad (3)$$

где $a=6,85$; $b=0,99$; $c=1,99$.

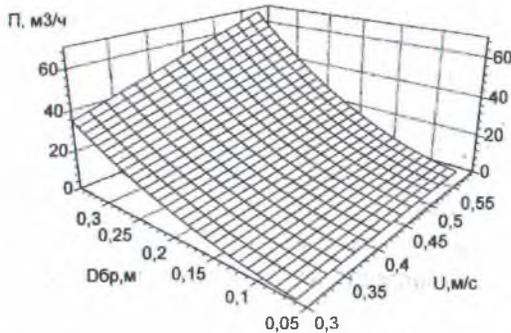


Рис. 6. Зависимость производительности мобильной окорочной системы машин от диаметра лесоматериала и скорости его подачи

При определении оптимальных значений факторов, влияющих на производительность и энергонасыщенность мобильной окорочной системы машин, решена задача однокритериальной многопараметрической оптимизации с граничными условиями. За основные факторы вариации принимались удельная сила прижима короснимателя $F_{уд}$, подача на коросниматель b и ширина его рабочей кромки B . Для исследуемого объекта данные показатели составили: усилие прижима короснимателя – 1400-1600 Н, ширина рабочей кромки режущего инструмента – 0,01-0,015 м. При окорке лесоматериалов в летних условиях: подача на режущий инструмент – 0,025-0,032 м, удельная сила прижима 18,5-19,8 кН/м. В зимних условиях интервалы указанных параметров составят 0,008-0,012 м и 37,2-39,6 кН/м соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Техническая и экономическая перспективы и направления совершенствования и создания нового оборудования для окорки круглых лесоматериалов должны базироваться на мобильных энергетических системах, работающих в различных эксплуатационных условиях. По такому пути возможно внедрение новых и передовых технологий использования и освоения лесных ресурсов РБ. Анализ энергетических параметров системы «базовая машина МТЗ-82 + окорочный станок АСОЗ6-2П + загрузочное устройство» показывает, что более эффективным является применение ее в летних условиях в лесонасаждениях с максимальным диаметром лесоматериалов до 36 см. С целью уменьшения затрат разработка лесосек с преобладанием лиственных пород должна производиться в летних условиях и хвойных зимой ввиду наименьшего удельного расхода мощности. Анализ силовых параметров работы станка показал, что момент сопротивления окорке в летних условиях находится в пределах 119,7 Нм - 223,5 Нм, в зимних условиях достигает значения 480,5 Нм. Движущий момент на валу двигателя базовой машины находится в интервале 41,1 Нм - 128 Нм в зависимости от диаметра окориваемого лесоматериала и усилия прижима режущего инструмента [1].

2. Моделирование динамических процессов окорки с учетом внутренних возмущающих факторов позволило установить значения собственных частот колебаний, характер возмущающего воздействия, а также силовые параметры процесса окорки. Собственная частота колебаний механизма режущего инструмента находится в интервале 4,09-4,39 Гц. При копировании поверхности сучка высотой 30 мм нагруженность режущего инструмента достигает 2,9 кН в интервале времени 0,02-0,03 с. Коэффициент динамичности достигает значения 4,6. Опытной-промышленной эксплуатацией в Полесском государственном радиационно-экологическом заповеднике подтверждена достоверность теоретических решений. Количество сортиментов, отвечающих ГОСТ 15815, составило 98,5 %, а качество окорки составило для хвойных – 91 %, лиственных – 87 %, что является удовлетворительным показателем для роторных окорочных станков фрикционного типа.

3. Моделирование динамических процессов транспортной системы «базовая машина МТЗ-82 + окорочный станок АСОЗ6-2П», а также исследовательские испытания показали, что транспортирование окорочного агрегата возможно по магистральным путям и веткам при скорости движения не выше 25 км/ч. Максимальное усилие в сцепном устройстве $F_{кр}$ при неустановившемся режиме движения составило 15,8 кН. При этом максимальные крутящие моменты на передних $M_{крп}$ и задних $M_{крз}$ полуосях составили 3,88 кНм и 5,92 кНм соответственно. При установившемся движении рассматриваемые

величины $F_{кр}$, $M_{крп}$ и $M_{кр2}$ составляли 7,6 кН, 2,28 кНм и 3,53 кНм соответственно при скорости движения 4,17 м/с. При сравнительной оценке теоретических и экспериментальных данных коэффициент корреляции Пирсона составил 14,8, стандартное отклонение σ равнялось 2,86 кН [2-5].

4. Загрузочное устройство позволяет производить выдачу лесоматериалов при различных углах наклона направляющих, что обеспечивает бесперебойную работу механизма окорки и высокую производительность всей системы машин для окорки круглых лесоматериалов. Приведенные коэффициенты отдачи и эффективности составляют 1,011 и 0,994 соответственно. В процессе эксплуатации загрузочное устройство необходимо устанавливать под углом выдачи 7-12°. В этом случае показатели общей и абсолютной технологической надежности составят 0,92, и 0,97 соответственно, что обеспечит высокую функциональную надежность [6].

5. Проведенные исследования маневренных характеристик мобильной окорочной системы позволяют рекомендовать габаритные полосы ее движения для правильной организации технологического потока на верхнем лесном складе и режима транспортировки. Значения величин габаритной полосы движения составили для угла поворота 90° – 5,68 м, 180° – 6,43 м. С учетом кинематических соотношений базовой машины и прицепных звеньев определены радиусы внешних и внутренних габаритов транспортной системы. При угле поворота на 90° радиус внешнего габарита составит 11,6 м, а внутренний габарит имеет радиус 6,2 м.

6. Приведенные величины плотности загрязнения позволили совершенствовать технологические схемы разработки лесосек при различных видах рубок, что дает возможность применения систем машин с меньшим количеством обслуживающего персонала. Обоснование применения машин позволяет дать заключение о целесообразности использования перспективной системы технологических машин, включающей мобильную окорочную систему. При плотности загрязнения выше 30 Кв/км² наиболее эффективной будет система машин на базе харвестера Амкодор-2535, форвардера МЛ-131 и окорочной системы машин МТЗ-82 + АСО36-2П + ЗУ. Удельные капитальные вложения составят 24,91 тыс.руб./м³, число рабочих на основных работах – 5 чел. Производительность труда – 9,61 м³/чел–день. Проведенные исследования подтвердили перспективность использования рекомендуемой технологии лесозаготовок и мобильной окорочной системы машин [7, 8].

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Субоч С.Г. Энергетические параметры передвижного окорочного станка АСО36-2П // Леса Беларуси и их рациональное использование: Материалы международной науч.-техн. конф. / Мин-во лесн. хоз-ва. Мн. 2000. с.430-431.
2. Лебедь С.С., Субоч С.Г., Симанович В.А., Бобрович В.А. Оценка динамической нагруженности передвижной окорочной системы при выполнении транспортных операций // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – Мн., 2002. – Вып.Х.- С.36-39.
3. Симанович В.А., Остриков Я.И., Субоч С. Г. Перспективные схемы прицепного трелевочного оборудования для колесных машин класса 1,4-2 // Ресурсосберегающие технологии в лесном хозяйстве, лесной и деревообрабатывающей промышленности / Материалы науч.-техн. конф., / М-во образования РБ; БГТУ – Мн., 1999 – С.188-190.
4. Симанович В.А., Остриков Я.И., Субоч С.Г. Эксплуатационная оценка работы колесных тракторов // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – Мн., 1998. – Вып. VI.-С.44-48.
5. Симанович В.А., Остриков Я.И., Исаченков В.С., Субоч С.Г. Обоснование основных параметров колесных тракторов кл. 1,4 // Лес-экология и ресурсы: Материалы межд.науч.-техн.конф., 17-18 ноября 1998г. – Мн., 1998. – С.314-317.
6. Субоч С.Г. Исследование технологической надежности загрузочного устройства бункерного типа // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – Мн., 2001. – Вып. IX. С.46-50.
7. Субоч С. Г. Анализ систем машин для окорки круглых лесоматериалов // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – Мн., 1999. – Вып. VII.-С.89-94.
8. Лебедь С. С., Субоч С. Г., Шаповалов О. А., Ходосовский В. М., Герман А. А. Станок окорочный передвижной с устройством загрузки // Лес-Экология и ресурсы / Материалы международной науч.-техн. конф./ БГТУ. – Мн., 1998.

БІБЛІЯТЭКА
Беларускага дзяржаўнага
тэхналагічнага ўніверсітэта

500ар

РЭЗЬЮМЭ

Субач Сягрой Георгіевіч

Абгрунтаванне параметраў і тэхналогіі работы мабільнага акорачнага аграгата з устройствам загрузкі

Мабільная акорачная сістэма машын, тэхналагічны працэс, дынаміка, эфектыўнасць, матэматычная мадэль.

Аб'ектам даследаванняў з'яўляюся мабільны акорачны аграгат з устройствам загрузкі ў складзе сістэмы машын для акорвання круглых лесаматэрыялаў.

Мэтай дысертацыйнай работы з'яўляецца павышэнне эфектыўнасці акорвання круглых лесаматэрыялаў і прыцягненне ў тавараабарот забруджаных радыенуклідамі лясных масіваў шляхам абгрунтавання параметраў і тэхналогіі працы і стварэння перамяшчальнага акорачнага станка АСОЗ6-2П з устройствам загрузкі ў складзе мабільнай сістэмы машын.

Тэарэтычныя і эксперыментальныя даследаванні базаваліся на метадах фізічнага і матэматычнага мадэлявання, сістэмнага аналізу, тэорыі выпадковых працэсаў і тэарэтычнай механікі.

Распрацаваны тэхналагічны працэс і абгрунтавана мабільная акорачная сістэма машын, якая забяспечвае высокую прадукцыйнасць акорвання круглых лесаматэрыялаў ва ўмовах лесасекі, бяспечныя ўмовы працы на тэрыторыях, забруджаных радыенуклідамі. Распрацавана метадыка ацэнкі тэхналагічнай надзейнасці загрузачнага ўстройства бункернага тыпу. Упершыню навукова абгрунтаваны працэс планавання тэхналагічнага патоку верхняга ляснога склада. Атрыманы новыя даныя аб энергетычнай насычанасці, дынамічнай нагужанасці і эксплуатацыйна-тэхналагічных паказчыках мабільнай акорачнай сістэмы машын.

Выкарыстанне прапанаванай мабільнай акорачнай сістэмы машын ва ўмовах лесагаспадарчых прадпрыемстваў Рэспублікі Беларусь павышае вытворчасць і эфектыўнасць працэсу акорвання круглых лесаматэрыялаў на месцы іх здабычы, уключаючы тэрыторыі, якія забруджаны радыеактыўнымі рэчывамі.

РЕЗЮМЕ

Субоч Сергей Георгиевич

Обоснование параметров и технологии работы мобильного окорочного агрегата с устройством загрузки

Мобильная окорочная система машин, технологический процесс, динамика, эффективность, математическая модель.

Объектом являлся мобильный окорочный агрегат с устройством загрузки в составе мобильной окорочной системы машин.

Целью диссертационной работы является повышение эффективности процесса окорки круглых лесоматериалов и привлечение в товароборот загрязненных радионуклидами лесных массивов путем обоснования параметров и технологии работы и создания передвижного окорочного станка АСОЗ6-2П с устройством загрузки в составе мобильной системы машин.

Теоретические и экспериментальные исследования базировались на методах физического и математического моделирования, системного анализа, теории случайных процессов, теоретической механики.

Разработан технологический процесс и обоснована мобильная окорочная система машин, обеспечивающие высокую производительность окорки круглых лесоматериалов в условиях лесосеки и безопасные условия труда на территориях, загрязненных радионуклидами. Разработана методика оценки технологической надежности загрузочного устройства бункерного типа. Впервые научно обоснован процесс планирования технологического потока верхнего лесного склада. Получены новые данные об энергетической насыщенности, динамической нагруженности и эксплуатационно-технологических показателях мобильной окорочной системы машин.

Использование предлагаемой мобильной окорочной системы машин в условиях лесохозяйственных предприятий Республики Беларусь повышает производительность и эффективность процесса окорки круглых лесоматериалов на месте их добычи, включая территории, загрязненные радиоактивными веществами.

SUMMARY
Sergey Suboch G

**Substantiation of parameters and technologies of work
mobile debarking machine tool with the loading unit**

A mobile debarking machine tool, a loading unit, technological process, dynamics, efficiency, mathematic model.

Object of research was the mobile debarking machine tool with the loading unit in structure mobile debarking system of machines.

The purpose of dissertation work was to increase the efficiency in the process log's debarking and involve in commodity polluted with radioactive particles forests by substantiation of parameters and technology of work and creation of the mobile debarking machine tool ACO36-2II with the loading unit in structure of mobile debarking system of machines.

Theoretical and experimental researches were based on methods of physical and mathematical modeling, the system analysis, the theory of casual processes, the theoretical mechanics.

Technological process is developed and the system of machines, providing high efficiency log's debarking in conditions of felling area and safe working conditions in territories polluted radioactive particles. The technique of an estimation of technological reliability of the loading unit of bunker type is developed. The process of planning for a technological stream of the upper log warehouse has been scientifically proved for the first time. The new data on power saturation, dynamic forces and other operational and technological parameters of mobile debarking system of machines are received.

Using mobile debarking system of machines in conditions of Byelorussian forest industry plants increase productivity and efficiency of process log's debarking on a place of their extraction, including territories polluted with radioactive particles.

Субоч Сергей Георгиевич

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ТЕХНОЛОГИИ
РАБОТЫ МОБИЛЬНОГО ОКОРОЧНОГО АГРЕГАТА
С УСТРОЙСТВОМ ЗАГРУЗКИ**

Подписано в печать 18.05.2003. Формат 60x84 1/16. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 1,4. Усл. кр.-отт. 1,4. Уч.-изд. л. 1,2.

Тираж 75 экз. Заказ

Учреждение образования

«Белорусский государственный технологический университет»
Лицензия ЛВ №276 от 15.04.03. 220050, Минск, Свердлова, 13а.

Отпечатано на ротапринтере УО «Белорусский государственный
технологический университет».
220050, г.Минск, ул.Свердлова, 13.