

630^x
Б95

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

УДК 630*377.44

БЫЧЕК Андрей Николаевич

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ БЕСЧОКЕРНОЙ
ТРЕЛЕВОЧНОЙ МАШИНЫ НА БАЗЕ
ТРАКТОРА МТЗ-82**

05.21.01. - Технология и машины лесного
хозяйства и лесозаготовок

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

+

Минск 2000

Работа выполнена в Белорусском государственном
технологическом университете

Научный руководитель доктор технических наук,
профессор Жуков А.В.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор Вырко Н.П.;
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
Бернацкий А.К

Оппонирующая организация ПО "Минский тракторный
завод"

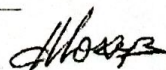
Защита состоится "20" июня 2000 г. в 14⁰⁰ часов на
заседании совета по защите диссертаций Д 02.08.06 в Белорусском
государственном технологическом университете по адресу: 220050,
г. Минск, ул. Свердлова, 13а.

Телефон ученого секретаря совета: 227-83-41

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
Белорусского государственного технологического университета.

Автореферат разослан "19" июня 2000 г.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций



С.П. Мохов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Современные тенденции эффективно-го использования энергоресурсов и внедрения малоэнергоемких технологий в области лесозаготовок ставят перед лесным комплексом Беларуси задачи по переходу на ресурсосберегающие методы заготовки, что требует технического переоснащения лесозаготовительных предприятий техникой, удовлетворяющей необходимым производственным и лесоводственно-экологическим требованиям. Приобретение такой техники за рубежом из-за ее высокой стоимости в настоящее время затруднено.

С учетом этого в Беларуси поставлена задача развития специального машиностроения, и наиболее приемлемым является создание специальной лесной техники на базе существующих в Республике Беларусь машиностроительных предприятий, таких, как Минский тракторный завод, Минский автомобильный завод, АО "Амкодор", Мозырский мелиоративный завод и др.

Минским тракторным заводом в настоящее время создается семейство специальных лесных машин на базе серийно выпускаемой техники. С учетом этого обоснование параметров новой бесчokerной трелевочной машины является актуальным.

Связь работы с крупными научными программами, темами. Работа выполнялась в соответствии с заданиями по теме: ГБ 12-96 "Разработать и внедрить новые ресурсосберегающие технологии и оборудование лесопромышленного производства" и входила составной частью в государственную научно-техническую программу ГР 19973221 "Лес-экология и ресурсы".

Цель и задачи исследований. Целью диссертационной работы является повышение эффективности лесозаготовительного процесса и расширение сферы использования лесных колесных машин на базе тракторов МТЗ за счет создания нового бесчokerного колесного трелевочного трактора.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить состояние вопроса и произвести анализ существующих конструкций трелевочных машин.

2. Разработать математическую модель процесса движения трелевочной машины в реальных условиях эксплуатации.

154 ар.

Минский тракторный завод
Конструкторское бюро
Минского тракторного завода

3. Провести теоретические исследования и обосновать параметры бесчokerной трелевочной машины на базе трактора МТЗ-82.1.

4. Разработать методики экспериментальной оценки динамической нагруженности машины и клещевого захвата, а также оценки достоверности разработанной математической модели.

5. Разработать методику оценки основных технико-эксплуатационных показателей и провести производственные испытания опытного образца трелевочной машины. Выполнить сравнительную оценку показателей технологических процессов заготовки древесины в условиях Республики Беларусь с использованием новой и применяемых в настоящее время трелевочных машин.

Объект и предмет исследования. Объектом исследований являлась колесная трелевочная система на базе трактора МТЗ-82, оснащенная клещевым захватом. При теоретических исследованиях рассматривалась сложная динамическая система—"Двигатель-трансмиссия-двигатели-поверхность движения-предмет труда" и ее основные подсистемы, адекватно отражающие конструктивные особенности бесчokerной трелевочной машины.

Методология и методы проведенного исследования. Теоретические и экспериментальные исследования базировались на применении теории случайных процессов, статистической динамики, методов системного анализа, теоретической механики и оптимального проектирования.

Научная новизна и значимость полученных результатов. Впервые разработана математическая модель процесса движения трелевочной машины с бесчokerным оборудованием, описывающая вертикальные, продольно-угловые колебания машины с учетом упругих свойств пачки хлыстов (деревьев) и комплексное воздействие на машину от неровностей опорной поверхности движения, двигателя, как источника заданной ограниченной мощности, отличающаяся введением подсистемы, учитывающей особенности связи трактора с пачкой посредством клещевого захвата. С использованием метода конечных элементов разработана методика оценки нагруженности клещевого захвата новой конструкции. Получены новые данные по динамической нагруженности и эксплуатационно-технологическим показателям трелевочной машины.

Практическая значимость полученных результатов. Разработанная математическая модель, реализованная в виде программ для ЭВМ, позволяет на стадии проектирования выбирать рациональные конструктивные параметры бесчokerных трелевочных машин, сократить сроки их создания и улучшить качество проектных работ. Использование новой трелевочной колесной машины с бесчokerным оборудованием в условиях лесохозяйственных и лесозаготовительных предприятий Республики повышает производительность и эффективность трелевки при ее использовании на сплошных и выборочных рубках.

Применение трелевочной машины ТТР-402 в сравнении с наиболее распространенными в Беларуси тракторами на рубках главного и промежуточного пользования в насаждениях с несущей способностью грунта 0,055...0,1 МПа и средним объемом хлыста 0,25...0,3 м³ позволяет снизить себестоимость трелевки на 12...20%.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту: методика оценки динамических показателей системы "двигатель-трансмиссия-двигатель-клещевой захват-пакет хлыстов-неровности поверхности движения", позволяющая учитывать динамические свойства трелевочной системы и комплексный характер возмущающих факторов; результаты по динамической нагруженности машины и элементов несущей системы клещевого захвата, эксплуатационно-технологическим показателям трелевочной машины.

Личный вклад соискателя. Диссертация явилась результатом личной работы автора. Им проведен анализ существующих конструкций колесных трелевочных машин и технологии их использования. Разработаны математическая модель процесса движения трелевочной машины и конечноэлементная модель клещевого захвата. Разработана методика и проведены производственно-технологические, исследовательские испытания. Разработаны практические рекомендации по рациональным параметрам, учитывающие улучшение эксплуатационных свойств и повышение эффективности работы трелевочной машины. Выполнена сравнительная оценка процесса заготовки древесины при рубках главного пользования, установлены технико-экономические показатели работы трелевочной машины ТТР-402.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты диссертационной работы докладывались и одобрены на международной научно-технической конференции «Машиноведение-98» (ГПИ, Гомель, 1998, 1999 г., республиканской научно-технической конференции «Разработка импортозамещающих технологий и материалов в химико-лесном комплексе» (БГТУ, Минск, 1997), а также научно-технических конференциях БГТУ 1996-1998 гг., международной научно-технической конференции "Лес-экология и ресурсы" (Минск, 1998 г.), 53-ей международной научно-технической конференции БГПА (Минск, 1999 г.), международной научной конференции молодых ученых "Лес-наука-молодежь" (Институт леса НАН Беларуси, Гомель, 1999).

Опубликованность результатов. Основные положения диссертации опубликованы в 14 печатных работах, в том числе в 6 статьях (30 стр.), 4 материалах (12 стр.) и 4 тезисах докладов (7 стр.) на научных конференциях, а также имеется 1 акт внедрения.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, 5 глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Объем диссертации – 178 листов машинописного текста. Работа содержит 73 рисунка, 17 таблиц, 145 литературных источников, 4 приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе приводятся результаты анализа состояния парка машин и механизации лесозаготовительного процесса на предприятиях лесного комплекса Республики Беларусь. Дан обзор существующих конструкций трелевочных машин зарубежного и отечественного производства. Отмечено, что базой для создания колесных лесозаготовительных машин служат шасси промышленных и сельскохозяйственных тракторов, на которых монтируются различные типы технологического оборудования. Освещается актуальность вопросов по переоснащению лесозаготовительных предприятий Беларуси с целью обеспечения необходимых производственных и лесоводственно-экологических требований. Одним из направлений развития лесного машиностроения Беларуси на данном этапе является создание и внедрение в лесную промышленность трелевочных машин на базе сельскохозяйственного

трактора "Беларусь" с жесткой рамой, одной из которых является бесчokerная трелевочная машина ТТР-402, созданная на базе трактора МТЗ-82. Анализируются нормативные материалы по сплошным и выборочным рубкам. Приводятся возможные варианты использования трелевочной машины.

В главе рассмотрен опыт, накопленный при исследовании устойчивости и динамической нагруженности лесных, сельскохозяйственных и машинотракторных агрегатов авторами А.А. Хачатуровым, Д.А. Чудаковым, В.М. Семеновым, Е.Д. Львовым, В.В. Гуськовым, И.Б. Барским, В.П. Горячкиным, В.М. Коноваловым, А.В. Лурье, Б.В. Гольдом, А.А. Жоговым, Н.Н. Яценко. Основными работами в теории специальных лесных машин являются труды С.Ф. Орлова, В.А. Горбачевского, В.И. Мельникова, М.И. Зайчика, А.М. Гольдберга, Б.Г. Гастева, А.В. Жукова, Г.М. Анисимова, В.А. Александрова, В.Н. Андреева, Ю.Г. Артамонова, К.Н. Барина, В.М. Котикова, Ю.И. Провоторова, Е.Н. Галицко, В.С. Николюка, Б.Г. Перетятко, С.Г. Костогрыза, Н.И. Библиока, О.А. Стыранивского, А.М. Кочнева, М.К. Асмоловского, А.Р. Горонковского, С.Э. Бобровского.

Во второй главе изложена методика и приводятся результаты экспериментальных и теоретических исследований по определению эксплуатационно-технологических показателей трелевочной машины.

В результате статистической обработки данных хронометражных наблюдений с целью описания объекта получены регрессионные модели для затрат времени на формирование пачки (1) и скорости движения машины (2) при рабочем ходе от величины рейсовой нагрузки:

$$t_{н.п.} = 2,7 + 196,26 \cdot Q \quad r = 0,89; \quad (1)$$

$$V_{р.х.} = 2,2 - 0,93 \cdot Q \quad r = 0,89, \quad (2)$$

где $t_{н.п.}$ - время набора пачки, с; Q - объем трелеваемой пачки, м³; $V_{р.х.}$ - скорость движения с грузом, м/с; r - коэффициент корреляции.

Оценка эффективности работы колесной трелевочной машины ТТР-402 проводилась путем сопоставления ее показателей с показателями применяемых на предприятиях Беларуси трелевочного трактора ТДТ-55А и колесной машины ТТР-401.

Анализ экспериментальных данных показал, что удельные затраты времени на совершение рабочего и холостого хода, отнесенные к 1 м^3 при расстоянии трелевки до 300 м для ТТР-402 на 12...14% меньше по сравнению с трактором ТДТ-55А; при расстоянии трелевки 500 м его эффективность возрастает и затраты уменьшаются на 20...25%. Затраты времени для ТДТ-55А по сравнению с машиной ТТР-402 возрастают более интенсивно. Так с увеличением расстояния трелевки до 300 м затраты времени для ТТР-402 увеличиваются в 2,1 раза, для ТДТ-55А - в 2,3 раза.

Наиболее эффективно использование колесной трелевочной машины ТТР-402 в насаждениях со средним объемом хлыста $0,25...0,3 \text{ м}^3$ и с несущей способностью грунта $0,055...0,1 \text{ МПа}$ в равнинных условиях с сухими и непереувлажненными грунтами, а также в условиях пересеченной местности с уклонами в грузовом направлении на подъемах до 12° , на спусках до 17° .

Стоимость операции трелевки на расстояние 150..300 м для трелевочной машины ТТР-402 на 20-30 % ниже по сравнению с трактором ТДТ-55А и 5-8% по сравнению с машиной ТТР-401.

Третья глава посвящена рассмотрению вопросов, связанных с разработкой математической модели процесса движения трелевочной машины с пачкой деревьев. На рис. 1 приведена расчетная динамическая схема трелевочной машины с грузом, разработанная с учетом особенностей ее конструкции, кинематики движения звеньев и условий нагружения.

Расчетная динамическая модель "двигатель-трансмиссия-двигатель-технологическое оборудование предмет труда-поверхность движения" имеет 12 степеней свободы, позволяющих описать ее колебания в продольной вертикальной плоскости. Выбраны следующие обобщенные координаты: угол поворота коленчатого вала двигателя φ_d ; угол поворота элементов трансмиссии, соответственно, сцепления и выходного вала коробки передач $\varphi_{сш}$, φ_k ; угловые перемещения массы трактора φ_T ; угловые координаты переднего и заднего колес $\varphi_{кп}$, $\varphi_{кз}$; вертикальные перемещения центра тяжести машины и переднего моста Y_T , $Y_{мп}$; вертикальные перемещения трелевочного захвата и дискретной массы пакета хлыстов, центра тяжести пакета хлыстов Y_1 , Y_2 ; продольные перемещения трелевочного захвата и пачки хлыстов X_1 и машины X_T .

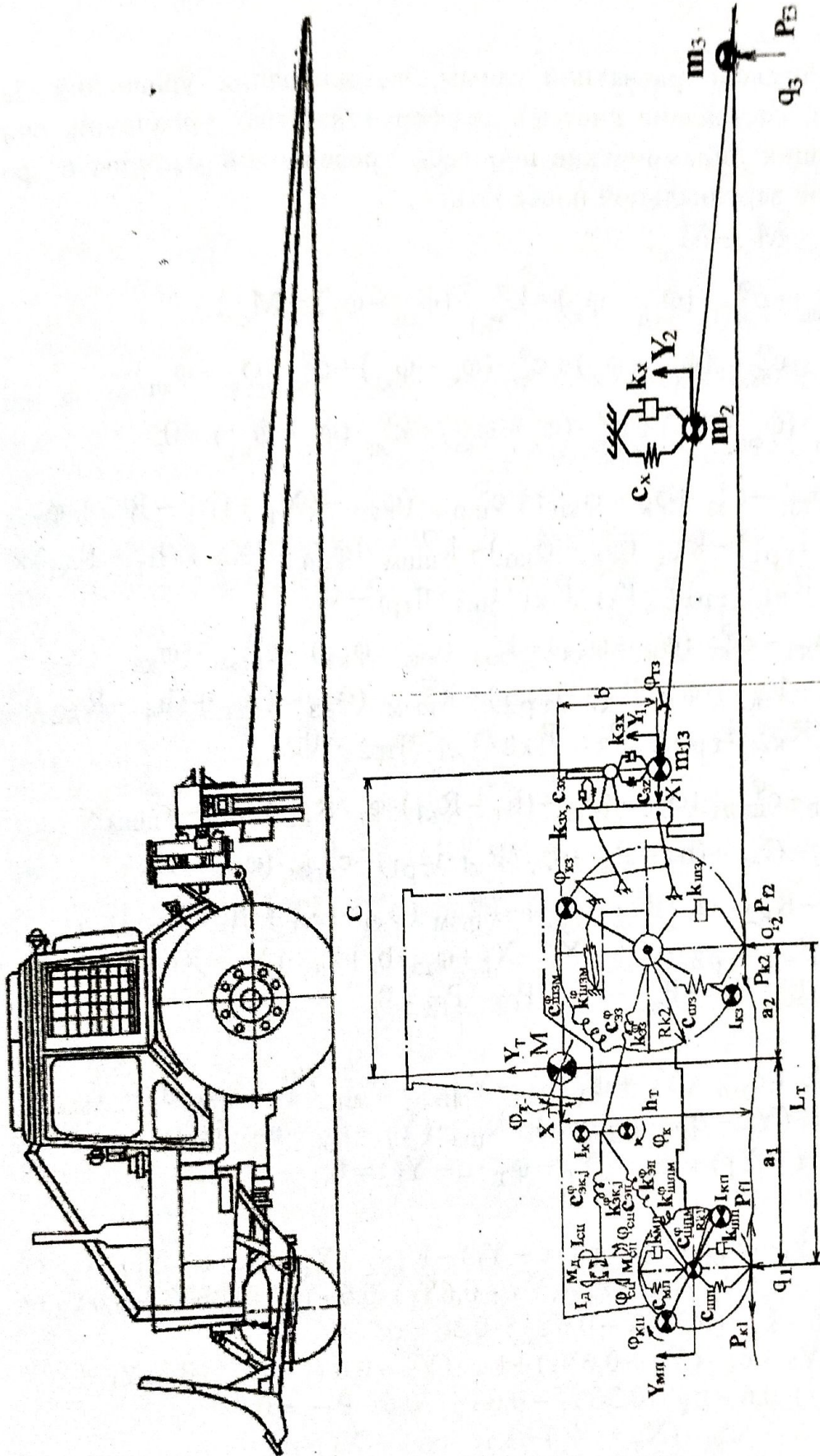


Рис. 1. Расчетная схема колебаний тросовочной машины

Согласно расчетной схемы, на основании уравнений Лагранжа, составлена система дифференциальных уравнений, описывающих динамические процессы трелевочной машины в продольной вертикальной плоскости:

$$I_{\text{д}} \cdot \ddot{\varphi}_{\text{д}} = M_{\text{д}} - M_{\text{сц}};$$

$$I_{\text{сц}} \cdot \ddot{\varphi}_{\text{сц}} + c_{\text{эк},j}^{\varphi} \cdot (\varphi_{\text{сц}} - \varphi_{\text{к}}) + k_{\text{эк},j}^{\varphi} \cdot (\dot{\varphi}_{\text{сц}} - \dot{\varphi}_{\text{к}}) = M_{\text{сц}};$$

$$I_{\text{к}} \cdot \ddot{\varphi}_{\text{к}} - c_{\text{эк},j}^{\varphi} \cdot (\varphi_{\text{сц}} - \varphi_{\text{к}}) + c_{\text{эз}}^{\varphi} \cdot (\varphi_{\text{к}} - \varphi_{\text{кз}}) + c_{\text{эп}}^{\varphi} \cdot (\varphi_{\text{к}} - \varphi_{\text{кп}}) - k_{\text{эк},j}^{\varphi} \cdot (\dot{\varphi}_{\text{сц}} - \dot{\varphi}_{\text{к}}) + k_{\text{эз}}^{\varphi} \cdot (\dot{\varphi}_{\text{к}} - \dot{\varphi}_{\text{кз}}) + k_{\text{эп}}^{\varphi} \cdot (\dot{\varphi}_{\text{к}} - \dot{\varphi}_{\text{кп}}) = 0;$$

$$I_{\text{кп}} \cdot \ddot{\varphi}_{\text{кп}} - c_{\text{эз}}^{\varphi} \cdot (\varphi_{\text{к}} - \varphi_{\text{кп}}) + c_{\text{шпм}}^{\varphi} \cdot (\varphi_{\text{кп}} - (X_{\text{т}} + (h_{\text{т}} - R_{\text{к1}}) \cdot \varphi_{\text{т}} : R_{\text{к1}} \cdot i_{\text{тп1}})) - k_{\text{эп}}^{\varphi} \cdot (\dot{\varphi}_{\text{к}} - \dot{\varphi}_{\text{кп}}) + k_{\text{шпм}}^{\varphi} \cdot (\dot{\varphi}_{\text{кп}} - (\dot{X}_{\text{т}} + (h_{\text{т}} - R_{\text{к1}}) \times \dot{\varphi}_{\text{т}} / R_{\text{к1}} \cdot i_{\text{тп1}})) - P_{\text{к1}} \cdot R_{\text{к1}} / i_{\text{п},j} \cdot \eta_{\text{тп1}} = 0;$$

$$I_{\text{кз}} \cdot \ddot{\varphi}_{\text{кз}} - c_{\text{эз}}^{\varphi} \cdot (\varphi_{\text{к}} - \varphi_{\text{кз}}) - k_{\text{эз}}^{\varphi} \cdot (\dot{\varphi}_{\text{к}} - \dot{\varphi}_{\text{кз}}) + c_{\text{шзм}}^{\varphi} \cdot (\varphi_{\text{кз}} - (X_{\text{т}} + (h_{\text{т}} - R_{\text{к2}}) \cdot \varphi_{\text{т}} / R_{\text{к2}} \cdot i_{\text{тп2}})) + k_{\text{шзм}}^{\varphi} \cdot (\dot{\varphi}_{\text{кз}} - (\dot{X}_{\text{т}} + (h_{\text{т}} - R_{\text{к2}}) \times \dot{\varphi}_{\text{т}} / R_{\text{к2}} \cdot i_{\text{тп2}})) - P_{\text{к2}} \cdot R_{\text{к2}} / i_{\text{з},j} \cdot \eta_{\text{тп2}} = 0;$$

$$M \cdot \ddot{X}_{\text{т}} - c_{\text{шпм}}^{\varphi} \cdot (\varphi_{\text{кп}} - (X_{\text{т}} + (h_{\text{т}} - R_{\text{к1}}) \cdot \varphi_{\text{т}} / R_{\text{к1}} \cdot i_{\text{тп1}})) - k_{\text{шпм}}^{\varphi} \times (\dot{\varphi}_{\text{кп}} - (\dot{X}_{\text{т}} + (h_{\text{т}} - R_{\text{к1}}) \cdot \dot{\varphi}_{\text{т}} / R_{\text{к1}} \cdot i_{\text{тп1}})) - c_{\text{шзм}}^{\varphi} \cdot (\varphi_{\text{кз}} - (X_{\text{т}} + (h_{\text{т}} - R_{\text{к2}}) \cdot \varphi_{\text{т}} / R_{\text{к2}} \cdot i_{\text{тп2}})) - k_{\text{шзм}}^{\varphi} \cdot (\dot{\varphi}_{\text{кз}} - (\dot{X}_{\text{т}} + (h_{\text{т}} - R_{\text{к2}}) \times \dot{\varphi}_{\text{т}} / R_{\text{к2}} \cdot i_{\text{тп2}})) + c_{\text{3х}} \cdot (X_{\text{т}} - X_1 + \varphi_{\text{тз}} \cdot b) + k_{\text{3х}} \cdot (\dot{X}_{\text{т}} - \dot{X}_1 + \dot{\varphi}_{\text{тз}} \cdot b) + P_{\text{к1}} + P_{\text{к2}} - P_{\text{ф1}} - P_{\text{ф2}} - P_{\text{ф3}} = 0; \quad (1)$$

$$M \cdot \ddot{Y}_{\text{т}} + c_{\text{мп}} \cdot (Y_{\text{т}} + \varphi_{\text{т}} \cdot a_1 - Y_{\text{мп}}) + k_{\text{мп}} \cdot (\dot{Y}_{\text{т}} + \dot{\varphi}_{\text{т}} \cdot a_1 - \dot{Y}_{\text{мп}}) - c_{\text{шз}} \cdot (Y_{\text{т}} - q_2 - a_2 \cdot \varphi_{\text{т}}) - k_{\text{шз}} \cdot (\dot{Y}_{\text{т}} - \dot{q}_2 - a_2 \cdot \dot{\varphi}_{\text{т}}) + c_{\text{3з}} \cdot (Y_{\text{т}} - \varphi_{\text{т}} \cdot c - Y_1) + k_{\text{3з}} \cdot (\dot{Y}_{\text{т}} - \dot{\varphi}_{\text{т}} \cdot c - \dot{Y}_1) = 0;$$

$$m_{13} \cdot \ddot{Y}_1 - c_{\text{3з}} \cdot (Y_{\text{т}} - \varphi_{\text{т}} \cdot c - Y_1) - k_{\text{3з}} \cdot (\dot{Y}_{\text{т}} - \dot{\varphi}_{\text{т}} \cdot c - \dot{Y}_1) - c_{\text{х}} \times (Y_2 - 0,6Y_1) \cdot 0,6 - k_{\text{х}} \cdot (\dot{Y}_2 - 0,6\dot{Y}_1) \cdot 0,6 + c_{\text{х}} \cdot (0,36Y_1 - 0,6Y_2) \times 0,36 + k_{\text{х}} \cdot (0,36\dot{Y}_1 - 0,6\dot{Y}_2) \cdot 0,36 = 0;$$

$$m_2 \cdot \ddot{Y}_2 + c_{\text{х}} \cdot (Y_2 - 0,6Y_1) + k_{\text{х}} \cdot (\dot{Y}_2 - 0,6\dot{Y}_1) - c_{\text{х}} \cdot (0,36Y_1 - 0,6Y_2) \cdot 0,6 - k_{\text{х}} \cdot (0,36\dot{Y}_1 - 0,6\dot{Y}_2) \cdot 0,6 - P_{\text{ф3}} = 0;$$

$$m_{13} \cdot \ddot{X}_1 - c_{\text{3х}} \cdot (X_{\text{т}} - X_1) - k_{\text{3х}} \cdot (\dot{X}_{\text{т}} - \dot{X}_1) = 0;$$

$$m_{\text{мп}} \cdot \ddot{Y}_{\text{мп}} + c_{\text{шп}} \cdot (Y_{\text{мп}} - q_1) + k_{\text{шп}} \cdot (\dot{Y}_{\text{мп}} - \dot{q}_1) + c_{\text{мп}} \cdot (Y_{\text{т}} + \varphi_{\text{т}} \cdot a_1 - Y_{\text{мп}}) - k_{\text{мп}} \cdot (\dot{Y}_{\text{т}} + \dot{\varphi}_{\text{т}} \cdot a_1 - \dot{Y}_{\text{мп}}) = 0;$$

$$\begin{aligned}
& I_T \cdot \ddot{\phi}_T - c_{шпм}^{\phi} \cdot (\phi_{кп} - (X_T + (h_T - R_{к1}) \cdot \phi_T / R_{к1} \cdot i_{тp1}) \cdot (h_T - \\
& - R_{к1}) - k_{шпм}^{\phi} \cdot (\dot{\phi}_{кп} - (\dot{X}_T + (h_T - R_{к1}) \cdot \dot{\phi}_T / R_{к1} \cdot i_{тp1}) \cdot (h_T - \\
& - R_{к1}) + c_{мп} \cdot (Y_T + \phi_T \cdot a_1 - Y_{мп}) \cdot a_1 + k_{мп} \cdot (\dot{Y}_T + \dot{\phi}_T \cdot a_1 - \dot{Y}_{мп}) \times \\
& \times a_1 - c_{шзм}^{\phi} \cdot (\phi_{кз} - (X_T + (h_T - R_{к2}) \cdot \phi_T / R_{к2} \cdot i_{тp2}) \cdot (h_T - R_{к2}) - \\
& - k_{шзм}^{\phi} \cdot (\dot{\phi}_{кз} - (\dot{X}_T + (h_T - R_{к2}) \cdot \dot{\phi}_T / R_{к2} \cdot i_{тp2}) \cdot (h_T - R_{к2}) + \\
& + c_{шз} \cdot (q_2 - Y_T + a_2 \cdot \phi_T) \cdot a_2 + k_{шз} \cdot (q_2 - \dot{Y}_T + a_2 \cdot \dot{\phi}_T) \cdot a_2 - c_{3z} \times \\
& \times (Y_T - \phi_T \cdot c - Y_1) \cdot c - k_{3z} \cdot (Y_T - \dot{\phi}_T \cdot c - \dot{Y}_1) \cdot c + (P_{к1} + P_{к2} - P_{f1} - \\
& P_{f2}) \cdot h_T = 0,
\end{aligned}$$

где m , $m_{мп}$ - соответственно массы машины, переднего моста трактора; m_{13} , m_2 , m_3 - масса захвата и соответственно дискретные массы пакета хлыстов (в массу m_{13} входит также дискретная масса пачки m_1); I_d , $I_{сц}$, I_k , $I_{кп}$, $I_{кз}$, I_T - соответственно, моменты инерции вращающихся масс двигателя, ведущих и ведомых частей сцепления и вала сцепления, валов коробки передач приведенный к выходному валу (КП) на j - передаче, привода переднего моста приведенный к колесам, привода заднего моста приведенный к колесам, трактора в продольной плоскости; $c_{шп}$, $c_{шз}$, $c_{мп}$, c_{3z} , c_x , $k_{шп}$, $k_{шз}$, $k_{мп}$, k_{3z} , k_x - вертикальные жесткости и сопротивления соответственно передних шин, задних шин, переднего моста, пакета хлыстов; c_{3x} , k_{3x} - горизонтальная жесткость и сопротивление элементов клещевого захвата; $R_{к1}$, $R_{к2}$ - радиусы качения колес соответствующих ведущих мостов; размерные параметры L_T , h_T , a_1 , a_2 , c , b (см. рис. 1); $M_{сц}$ - момент сцепления.

В качестве воздействия при решении уравнений использовались дискретные массивы микропрофилей опытных участков волоков, полученные с учетом сглаживающей способности шин и кроны деревьев (кинематические воздействия q_1 , q_2 , q_3). Значение крутящего момента двигателя принималось из внешней скоростной характеристики и задавалось в виде кусочно-линейных функций. Так же при расчете учитывались силы сопротивления качению колес P_{f1} и P_{f2} , волочению пачки P_3 .

Для исследования напряженно-деформированного состояния конструкции клещевого захвата применен метод конечных элементов. Расчетная схема клещевого захвата (рис. 2) представляет собой комбинированную конечноэлементную модель, в которой навесное устройство, места крепления гидроцилиндров, крестовина, клыки моделируются стержневыми элементами, а корпус захвата - пластинчатыми.

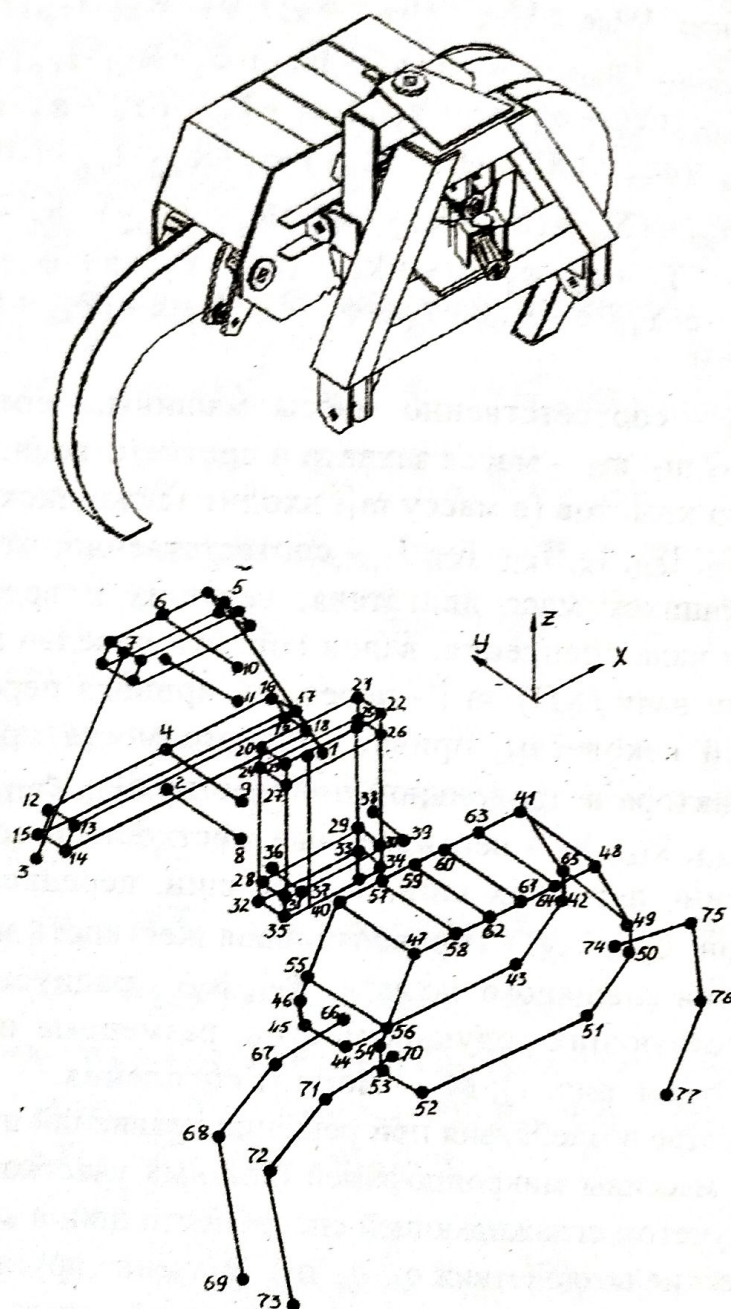


Рис. 2. Клещевой захват и его конечноэлементная модель

Оценка точности разработанных математических моделей производилась путем сравнения расчетных и экспериментальных энергетических спектров. Величина статистики D^2 сравниваемых параметров составляла 8,37..9,12 при значении области принятия гипотезы $\chi^2_{п, \alpha}$ равном 22,3.

В четвертой главе излагается методика проведения исследовательских испытаний трелевочной машины. Исследовательские испытания проходили на лесном полигоне испытательной станции ПО "МТЗ". Объектом испытаний являлся опытный образец треле-

вочной машины ТТР-402.

Экспериментальные исследования проводились с целью проверки работоспособности навесного оборудования в агрегате с трелевочной машиной, определения основных параметров и технико-эксплуатационных показателей, динамических параметров машины ТТР-402, оценки адекватности реальной динамической системе разработанных расчетно-математических моделей процесса движения трелевочной машины и нагруженности технологического оборудования.

В результате лабораторных исследований определены: момент инерции, координаты центра масс трактора; углы продольной и поперечной статической устойчивости; частоты собственных колебаний машины; коэффициент распределения массы пачки между трактором и поверхностью движения для различных способов трелевки (за комель $k = 0,17 \dots 0,39$, за вершину — $0,54 \dots 0,75$).

Для решения поставленных задач при испытаниях измерялись и регистрировались следующие параметры: вертикальные ускорения переднего моста; вертикальные ускорения в кабине оператора машины; напряжения в элементах несущей конструкции клещевого захвата; давление в гидроприводе клещевого захвата; пройденный путь при трелевке; время.

Анализ результатов исследований показал, что необходимые показатели устойчивости и управляемости трелевочной машины с клещевым захватом при преодолении единичных неровностей (пни, порубочные остатки и т.д.) с пачкой хлыстов объемом до 2 м^3 , а также при движении на подъем с уклоном до 12° обеспечиваются.

Захват хлыста диаметром 35 см и более возможен под углом до 80° как с левой, так и с правой стороны от продольной оси трелевочной машины.

Уровень динамической нагруженности мостов машины, элементов технологического оборудования зависит от способа трелевки, объема пачки, скорости движения и неровности поверхности движения (пасечный, магистральный волок). С уменьшением объема пачки с $2,4$ до $1,2 \text{ м}^3$ уменьшаются значения вертикальной динамической реакции переднего моста при трелевке за комель на $15 \dots 20\%$, при трелевке за вершину уменьшаются на $8 \dots 14\%$. Наибольшее значение динамической реакции переднего моста зафиксировано при переезде

единичной неровности и равно 21,5 кН, что соответствует допустимым значениям и в 4 раза превышает максимальные значения, зафиксированные при установившемся движении.

Полученные результаты по напряженно-деформированному состоянию технологического оборудования следует показать, что в целом конструкция клещевого захвата для исследуемых условий эксплуатации имеет достаточный запас прочности. Наиболее нагруженным элементом несущей системы клещевого захвата является ведомый клык, расположенный справа по ходу движения трактора, максимальные динамические напряжения в нем достигали 114 МПа при установившемся движении по пасечному волоку и 96 МПа при переезде единичной неровности. Рекомендовано увеличить толщину материала клыка в 2 раза при сохранении его профиля.

Способ трелевки и объем пачки не оказывают значительного влияния на полосы преобладающих частот колебаний и они находятся в пределах до 7,5 Гц. В условиях проведения испытаний динамические параметры трактора исключают появление резонансных режимов.

Пятая глава содержит результаты теоретических исследований динамических процессов трелевочной машины на установившихся и неустановившихся режимах движения.

Для решения поставленных задач использовалась разработанная математическая модель процесса движения машины и математическая модель клещевого захвата, полученная с применением метода конечных элементов.

В результате исследований определены максимальные значения и кривые распределения амплитуд колебаний вертикальных реакций мостов, технологического оборудования при различных режимах движения, жесткостях шин и подвески, для разных вариантов конструкции машины и технологического оборудования.

Результаты проведенных расчетов показывают, что наряду со значительно нагруженными, в несущей системе клещевого захвата имеются элементы с весьма низким уровнем напряжений. Из всех элементов клещевого захвата наименьшие напряжения возникают в ведущем клыке (до 8 МПа). На рис. 3 представлено распределение напряжений по поверхности ведомого и ведущего клыков при статическом нагружении. Максимум эпюры эквивалентных напряжений (60 МПа) располагается на крайней части клыков. На-

пряжения в средней части несколько ниже – 30 МПа.

Наиболее нагруженным является ведомый клык клещевого захвата, напряжения в котором достигают 60 МПа. Причем напряжения достигают наибольших значений в случае, когда один хлыст при захвате пачки расположен сверху, а два снизу.

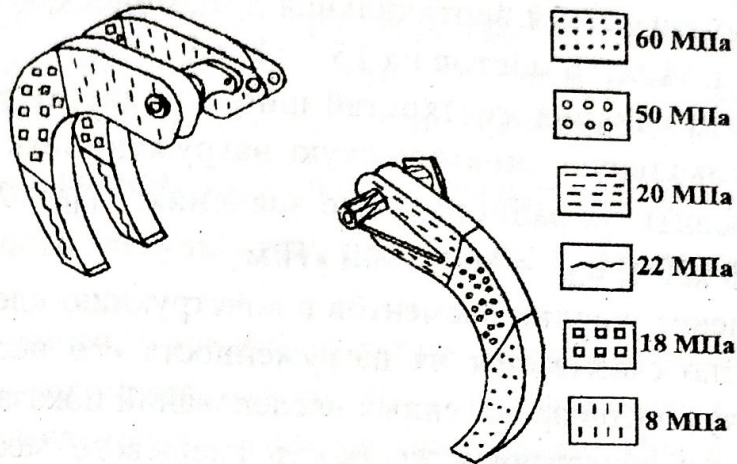


Рис. 3. Распределение напряжений на поверхности клыков

При моделировании процесса переезда единичных ступенчатых неровностей производилось варьирование скоростей движения в диапазоне от 2,5 до 10,5 км/ч. Параметры единичных неровностей принимались: высота h – 0,2 и 0,3 м, длина l – 0,3 и 0,6 м. На рис. 4 представлены зависимости вертикальных динамических реакций переднего моста от скорости движения при переезде неровностей.

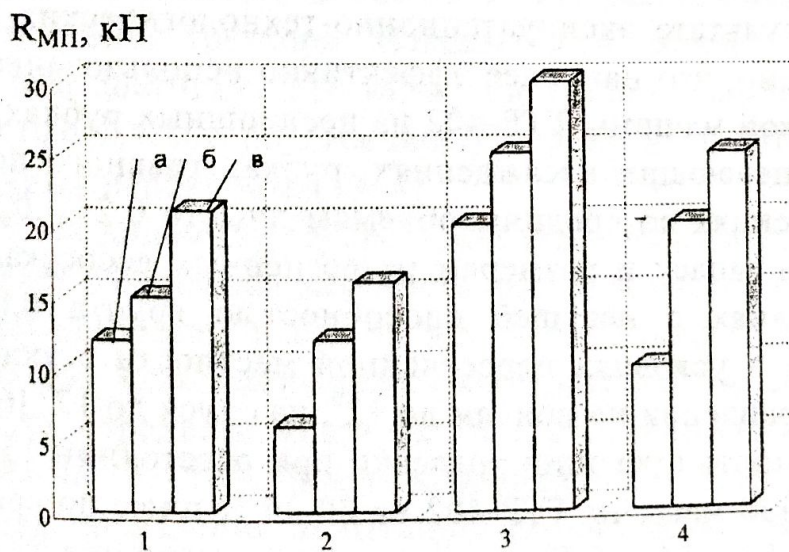


Рис. 4. Зависимости вертикальных динамических реакций переднего моста от скорости движения при переезде неровностей: 1 – $h = 0,2$ м, $l = 0,3$ м; 2 – $h = 0,2$ м, $l = 0,6$ м; 3 – $h = 0,3$ м, $l = 0,3$ м; 4 – $h = 0,3$ м, $l = 0,6$ м; а – 2,5 км/ч; б – 7,25 км/ч; в – 10,5 км/ч.

Анализ графиков показывает, что с увеличением высоты неровности от 0,2 до 0,3 м значения вертикальных реакций переднего моста увеличиваются на 30...35%. Также заметное влияние на их величину оказывает длина неровности и скорость движения.

При снижении значений жесткостей шин и подвески на 25...40% уменьшается вертикальная динамическая нагруженность переднего и заднего мостов на 15...18 и 5...8%.

Анализ влияния жесткостей шин и подвески переднего моста на вертикальную динамическую нагруженность мостов позволил определить их рациональные значения: $C_{шп} = 200...300$ кН/м; $C_{пмп} = 200$ кН/м; $C_{шз} = 300...400$ кН/м.

Введение упругих элементов в конструкцию клещевого захвата благоприятно сказывается на нагруженности его несущей системы. Анализ результатов проведенных исследований показал, что наиболее рациональная приведенная жесткость клещевого захвата 300 кН/м. Увеличение жесткости относительно указанного значения приводит к возрастанию динамической нагруженности. Так, при жесткости $C_{зз}$, равной 400 кН/м величина динамической реакции возрастает на 20-25%.

Рекомендуемые скорости преодоления препятствий высотой 0,2...0,3 м составляют 2...7 км/ч.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате эксплуатационно-технологических испытаний установлено, что наиболее эффективно использование колесной трелевочной машины ТТР-402 на несплошных рубках, рубках ухода в приспевающих насаждениях, рубках главного пользования в насаждениях со средним объемом хлыста 0,25...0,3 м³, на небольших по запасу и размерам разрозненных лесосеках в равнинных условиях с несущей способностью грунта 0,055...0,1 МПа, а также в условиях пересеченной местности с уклонами в грузовом направлении на подъем до 12°, на спуск до 17° [6,7].

2. Стоимость операции трелевки при расстоянии 150...300 м для трелевочной машины ТТР-402 на 20-30 % ниже по сравнению с трактором ТДТ-55А и 5-8% по сравнению с машиной ТТР-401.

Удельные энергозатраты на выполнение транспортной работы для ТДТ-55А в 1,25 раза больше чем для машины ТТР-402. Удельный расход топлива для ТДТ-55А и ТТР-402 составляют со-

ответственно 1,5 и 0,8 кг/м³·км [14].

3. Разработанная математическая модель процесса движения трелевочной машины с пачкой по волоку позволяет произвести всестороннюю оценку динамики исследуемого объекта.

Оценка точности разработанной математической модели производилась путем сравнения расчетных и экспериментальных энергетических спектров. Величина статистики D^2 сравниваемых параметров составляла 8,37..9,12 при значении области принятия гипотезы $\chi^2_{n,\alpha}$ равном 22,3, что указывает на удовлетворительную сходимость результатов расчетных и экспериментальных данных.

Разработанная конечноэлементная модель позволяет оценить динамическую нагруженность технологического оборудования и степень соответствия модели реальной конструкции. Среднее расхождение находилось в пределах 8...16 % [1, 11].

4. В наиболее типичных для Беларуси условиях эксплуатации значения динамических параметров трелевочной машины находятся в допустимых пределах. При увеличении объема пачки с 1,2 м³ до 2,4 м³ динамические нагрузки на передний мост возрастают на 15...20%, причем при трелевке за комель в большей степени, чем за вершину.

Наиболее нагруженным элементом несущей системы клещевого захвата является ведомый клык, расположенный справа по ходу движения трактора. Максимальные динамические напряжения в нем достигали 114 МПа при установившемся движении со скоростью 2,5 м/с по пасечному волоку и 96 МПа при переезде единичных неровностей [3, 4].

5. На динамику трелевочной машины существенное влияние оказывает радиальная жесткость шин и подвеска переднего моста. Так при снижении значений жесткостей подвески на 25...40 % и шин на 25...35%, уменьшается вертикальная динамическая нагруженность переднего моста на 18...20%, технологического оборудования на 10...14%. Частотный анализ колебаний показал, что в условиях проведения испытаний динамические параметры машины исключают появление резонансных режимов работы [11].

6. Необходимые показатели устойчивости и управляемости трелевочной машины с клещевым захватом при преодолении единичных неровностей (пни, порубочные остатки и т.д.) с пачкой хлы-

стов объемом до 2 м^3 , а также при движении на подъем с уклоном до 12° обеспечиваются. Минимальный радиус поворота составляет: без груза - 6,4 м, с хлыстами - 12,5 м [5].

В результате проведенных исследований сформулированы следующие рекомендации, направленные на повышение эффективности работы трелевочной машины ТТР-402 и снижения ее динамической нагруженности:

- рекомендуемое значение рейсовой нагрузки более $0,8 \text{ м}^3$;
- захват клыками хлыста должен быть на расстоянии не более 500 мм от комля по условию его расположения относительно центральной тяги навесного устройства;
- при эксплуатации на грунтах со слабой несущей способностью целесообразна трелевка за комель, выстилание волока и использование цепей;
- рекомендуемые значения рабочих скоростей движения составляют 5...10 км/ч, скорость преодоления единичных неровностей не более 6 км/ч;

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Асмоловский М.К., Малец Е.А., Бычек А.Н., Жорин А.В. Имитационная модель процесса движения колесной трелевочной машины. // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – 1998. – Вып. VI. – С. 54-59.
2. Асмоловский М.К., Бычек А.Н., Клоков Д.В. Оценка показателей проходимости лесных машин. // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – 1998. – Вып. VI. – С. 49-54.
3. Бычек А.Н. Исследовательские испытания колесной бесчokerной трелевочной машины на базе трактора МТЗ-82.1. // "Лес-экология и ресурсы": Материалы Международной научно-технической конференции. БГТУ. – Минск, 1998. – С. 302-304.
4. Бычек А.Н., Асмоловский М.К. Экспериментальные исследования динамики колесной бесчokerной трелевочной машины ТТР-402. // Материалы Международной 53-ей научно-технической конференции. БГПА. – Минск, 1999. – ч. I. – С. 71.
5. Бычек А.Н. Исследовательские испытания бесчokerной трелевочной машины ТТР-402. // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – 1999. – Вып. VII. – С. 39-45.

6. Бычек А.Н., Асмоловский М.К., Клоков Д.В. Эксплуатационно-технологические испытания трелевочной машины ТТР-402. // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – 1999. – Вып. VII. – С. 64-70.

7. Бычек А.Н., Гороновский А.Р. Результаты производственно-технологических испытаний бесчokerной трелевочной машины ТТР-402. // Материалы Международной научной конференции молодых ученых "Лес-наука-молодежь". Институт леса НАН Беларуси. – Гомель, 1999. – Т.2. – С. 115-117.

8. Бычек А.Н., Асмоловский М.К., Клоков Д.В. Оценка напряженно-деформированного состояния технологического оборудования трелевочной машины ТТР-402. // Материалы Международной научно-технической конференции "Ресурсосберегающие технологии в лесной и деревообрабатывающей промышленности", БГТУ. – Минск, 1999. – С. 208-211.

9. Жорин А.В., Клоков Д.В., Бобровский С.Э., Бычек А.Н. Динамика колесных трелевочных машин. // Тез. докл. Всероссийской научно-технической конференции "Теория, проектирование и методы расчета лесных и деревообрабатывающих машин". М., 1997. – С. 43.

10. Жуков А.В., Асмоловский М.К., Бычек А.Н. Перспективы применения колесных трелевочных машин отечественного производства в условиях Республики Беларусь. // Материалы Международной научно-технической конференции "Разработка импортозамещающих технологий и материалов в химико-лесном комплексе". БГТУ. – Минск, 1997. – С. 233-235.

11. Жуков А.В., Бычек А.Н., Клоков Д.В. Математическая модель процесса движения трелевочной машины. // Материалы Международной научно-технической конференции "Машиноведение". ГПИ. – Гомель, 1998. – Т.2. – С. 28-30.

12. Жуков А.В., Гороновский А.Р., Клоков Д.В., Бычек А.Н. Моделирование процесса движения лесных машин на базе мобильного энергетического средства. // Тез. докл. науч. конф. "Моделирование сельскохозяйственных процессов и машин". БАТУ. – Минск, 1996. – С. 82

13. Жуков А.В., Клоков Д.В., Лой В.Н., Бычек А.Н. Моделирование процесса взаимодействия колесных трелевочных машин с лесными почвогрунтами. // Материалы Международной научно-технической конференции "Современные проблемы агротехниче-

ской проходимости и экологии сельскохозяйственных ландшафтов". БАТУ. – Минск, 1999. – С. 38-41.

14. Жуков А.В., Бычек А.Н. Результаты эксплуатационных испытаний новой трелевочной машины ТТР-402. // Материалы международной научно-технической конференции "Ресурсосберегающие технологии в лесной и деревообрабатывающей промышленности", БГТУ – Минск, 1999. – С. 200-203.

Рэзюме

Бычак Андрэй Мікалаевіч

Абгрунтаванне параметраў бясчokerнай тралёўнай машыны на базе трактара МТЗ-82

Ключавыя словы: бясчokerная тралёўная машына, тэхналогія лесанарыхтовак, эканамічная эфектыўнасць, дынаміка, матэматычная мадэль

Аб'ект даследавання – колавая тралёўная сістэма на базе трактара МТЗ-82, аснашчаная абцуговым захоцам.

Мэта работы – павялічэнне эфектыўнасці лесанарыхтоўчага працэсу і пашырэнне сферы выкарыстання лясных колавых машын на базе трактароў МТЗ коштам стварэння новага бясчokerнага колавага тралёўнага трактара.

Тэарэтычныя і эксперыментальныя даследаванні базаваліся на выкарыстанні метадаў сістэмнага аналізу, тэорыі выпадковых працэсаў, статыстычнай дынамікі і аптымальнага праектавання.

Вынікі даследаванняў і іх навізна: распрацавана матэматычная мадэль, якая рэалізавана ў выглядзе праграм для ЭВМ, дазваляе на стадыі праектавання выбіраць рацыянальныя канструктыўныя параметры бясчokerных тралёўных машын, скараціць тэрміны іх стварэння і палепшыць якасць праектных прац.

Сфера ўжывання: выкарыстанне новай тралёўнай колавай машыны з бясчokerным абсталяваннем ва ўмовах лесагаспадарчых і лесанарыхтоўчых прадпрыемстваў Рэспублікі Беларусь павялічвае прадукцыйнасць і эфектыўнасць тралёўкі пры суцэльных і выбаркавых высечках.

РЕЗЮМЕ

Бычек Андрей Николаевич

**Обоснование параметров бесчokerной трелевочной
машины на базе трактора МТЗ-82**

Ключевые слова: бесчokerная трелевочная машина, технология лесозаготовок, экономическая эффективность, динамика, математическая модель

Объект исследования - колесная трелевочная система на базе трактора МТЗ-82, оснащенная клещевым захватом.

Цель работы - повышение эффективности лесозаготовительного процесса и расширение сферы использования лесных колесных машин на базе тракторов МТЗ за счет создания нового бесчokerного колесного трелевочного трактора.

Теоретические и экспериментальные исследования базировались на применении методов системного анализа, теории случайных процессов, статистической динамики, теоретической механики и оптимального проектирования.

Результаты исследований и их новизна: разработана математическая модель, реализованная в виде программ для ЭВМ, позволяет на стадии проектирования выбирать рациональные конструктивные параметры бесчokerных трелевочных машин, сократить сроки их создания и улучшить качество проектных работ.

Область применения: использование новой трелевочной колесной машины с бесчokerным оборудованием в условиях лесохозяйственных и лесозаготовительных предприятий Республики повышает производительность и эффективность трелевки при ее применении на сплошных и выборочных рубках.

SUMMARY

of the Andrey N. Bychek dissertation
**Justification of the parameters of a skidder
 based on the MTZ-82**

Key word: skidder , logging technology, economic efficiency, dynamics, mathematical model

Object of the research - wheeled skidder a system on the basis the tractor MTZ-82, equipped kletch by grab.

The purpose of the work - increase of the efficiency logging of process and extension of using the wheeled machines on the basis of tractors MTZ at the expense of the creation new skidder.

Theoretical and the experimental researches are based on the application of methods of the systematic analysis, theory of casual processes, statistical dynamics, theoretical mechanics and optimum designing.

Result of researches and their novelty: the mathematical model is realized as the developed computer programs allows at the stage of designing to select rational design data the skidder of machines, to reduce terms of their creation and to improve quality of design work.

Area of application: the use new of the wheeled machine with skidder equipment in conditions forestry and logging of the enterprises of Republic increases productivity and efficiency skidding for it's application on continuous and selective cabins.

15.05.85

154 ap



Бычек Андрей Николаевич

ОБОСНОВАНИЕ ПАРМЕТРОВ БЕСЧОКЕРНОЙ
ТРЕЛЕВОЧНОЙ МАШИНЫ НА БАЗЕ
ТРАКТОРА МТЗ-82

Подписано в печать 11.05.2000. Формат 60x84 1/16. Печать
офсетная.

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

Тираж 70 экз.

Заказ 213.

Белорусский государственный технологический университет.
Лицензия ЛВ №276 от 15.04.98. 220050, Минск, Свердлова,
13а.

Отпечатано на ротапринте Белорусского государственного
технологического университета.
220050, Минск, Свердлова, 13.