

630*
Б 72

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

УДК 630*37 4.4

БОБРОВСКИЙ СЕРГЕЙ ЭДУАРДОВИЧ

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКОЙ
НАГРУЖЕННОСТИ ТРАНСМИССИИ КОЛЕСНОГО ТРЕЛЕВОЧНОГО
ТРАКТОРА НА БАЗЕ МТЗ-82В

05.21.01 Технология и машины лесного
хозяйства и лесозаготовок

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

МИНСК - 1995

Работа выполнена в Белорусском государственном технологическом университете.

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор ЛУКОВ А.В.
Официальные оппоненты - доктор технических наук,
профессор ГУСЬКОВ В.В.
- кандидат технических наук
ПАШКОВСКИЙ М.Н.

Оппонирующая организация - ПО "Минский тракторный завод"

Защита состоится " 3 " октября 1996г. в 14 час.
на заседании совета по защите диссертаций К.056.01.01 в Белорусском государственном технологическом университете.

Адрес: 220630, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, ауд. 240,
корпус 4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского государственного технологического университета.

Автореферат разослан " 1 " сентября 1996г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах с заверенными подписями просим прислать по адресу: 220630, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, БГТУ, совет по защите диссертаций.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций, доцент *Трофимов* С.П. ТРОФИМОВ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В Республике Беларусь из-за сложной экономической ситуации возникли трудности с обеспечением лесопромышленных предприятий лесозаготовительной техникой.

Наиболее рациональным путем решения этой проблемы, в сложившейся ситуации, является создание семейства лесозаготовительных машин (ЛЗМ) на базе серийно выпускаемых в Республике Беларусь колесных тракторов.

В рамках решения этой задачи проводятся работы по разработке системы лесных машин на базе трактора МТЗ. В настоящее время уже созданы опытные образцы погрузочно-транспортной машины и проектируются трелевочные машины в чокерном варианте и с гидрозхватом. Такие системы колесных лесных машин, в отличие от традиционных, имеющих гусеничный движитель, могут обеспечить заготовку древесины по различным технологическим схемам на рубках главного и промежуточного пользования.

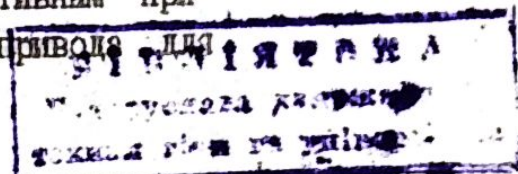
В систему машин входит бесчокерная колесная лесозаготовительная машина на базе трактора МТЗ-82В, предназначенная для трелевки древесины, созданная концерном Беллесбумпром и Белорусским государственным технологическим университетом. Она состоит из тягового и технологического модулей. Однако реализация концепции, основанной на агрегатировании сельскохозяйственного трактора с лесотехнологическим оборудованием различного назначения, требует проведения дополнительных исследований. Такая машина должна работать в сложных условиях и при эксплуатации испытывает большие динамические нагрузки. Поэтому требуются также исследования по оценке ее работоспособности, динамической нагруженности и уточнению параметров трансмиссии.

Целью работы является оценка эффективности создания колесной лесной бесчокерной трелевочной машины на базе серийного трактора МТЗ-82, агрегатированного с активным сцепным модулем, и обоснование параметров его привода для улучшения тягово-сцепных свойств.

Задачи исследований:

1) Разработать математическую модель системы "двигатель-трансмиссия-пачка древесины-волок".

2) Произвести теоретические исследования и обосновать рекомендации по эффективному применению предлагаемого треле-



вочного трактора.

3) Провести лабораторные испытания по определению общих весовых и геометрических параметров трактора, жесткостных характеристик трансмиссии, параметров микропрофиля опытных участков волоков и колебательных характеристик деревьев.

4) Провести экспериментальные исследования по оценке точности разработанной математической модели и нагруженности трансмиссии колесного треловочного трактора на базе МТЗ-82В.

5) Провести производственные испытания для установления технико-эксплуатационных показателей ЛЭМ применительно к условиям РБ.

Научная новизна работы заключается в разработке математической модели движения колесной бесчokerной треловочной машины с пачкой деревьев, учитывающей колебания в вертикальной плоскости, динамическую нагруженность трансмиссии, воздействия неровностей микропрофиля, сил сопротивления движению и двигателя, как источника заданной регулируемой мощности, в получении новых данных по нагруженности трансмиссии ЛЭМ с активным приводом технологического модуля.

Практическая значимость полученных результатов работы состоит в том, что разработанная математическая модель позволяет на этапе проектирования и доводки экспериментального образца производить обоснование и выбор основных рациональных параметров трансмиссии.

Результаты работы доказывают эффективность создания лесных машин на базе серийных тракторов МТЗ и могут использоваться при создании нового семейства лесных колесных машин. Подтверждена эффективность использования бесчokerного колесного трактора на базе МТЗ-82 в условиях лесозаготовок Республики Беларусь. Созданная ЛЭМ используется в Молодечненском производственном лесозаготовительном объединении.

Экономическая значимость полученных результатов. Разработанные методики и проведенные исследования сокращают сроки проектирования ЛЭМ и используются при создании погрузочно-транспортной машины и треловочных машин в чokerном варианте и с гидрозхватом на базе трактора МТЗ. Эксплуатация колесного треловочного трактора на базе трактора МТЗ в ПО "Молодечнoлес" позволила исключить ручной труд на трелевке древесины и повысить производительность труда. Фактический годовой экономический эффект от использования лесозаготови-

тельной машины в ценах 1989 г. составил 1932 руб.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту. На защиту выносятся: методика оценки динамических показателей нагруженности трансмиссии с учетом колебаний в продольной вертикальной плоскости при движении трелевочной машины, а также полученные экспериментальные и теоретические данные по нагруженности трансмиссии колесного трелевочного трактора.

Длительный вклад соискателя. Диссертация явилась результатом личной работы соискателя. Автором проведен анализ существующих технологических процессов по заготовке древесины. Показана возможность использования колесного трелевочного трактора в технологических процессах лесозаготовок. Разработана математическая модель, которая позволяет учитывать кинематическое рассогласование в приводе передних и задних колес, а также с достаточной точностью описывать динамическую нагруженность трансмиссии реальной системы с учетом вертикальной динамики ЛМ. Предложена методика оценки динамических показателей нагруженности трансмиссии, с учетом колебаний в продольной вертикальной плоскости при движении трелевочной машины. Создана конструкция бесчokerного трелевочного трактора на базе МТЗ-82В. Проведены лабораторные и производственные испытания лесозаготовительной машины и даны соответствующие рекомендации.

Апробация результатов исследований. Результаты работы докладывались на V всесоюзной научно-технической конференции в Москве (25-27 октября 1989 г.), на международной научно-практической конференции: "Лес-95" в Минске (29 марта - 1 апреля 1995 г.) и на научно-технических конференциях БГТУ (БТИ им. С.М. Кирова) по итогам НИР за 1987 - 1994 г.г.

Опубликованность результатов. Результаты исследований опубликованы в 12 печатных работах. В их числе 7 статей, 3 тезисов конференций и 2 авторских свидетельства.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, списка использованной литературы и приложений, содержит 136 страниц машинописного текста, 11 таблиц, 32 рисунка. Список литературных источников составляет 102 наименования. Рисунки и приложения занимают 50 страниц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дана оценка современного состояния лесозаготовительного производства в Республике Беларусь. Показана основная тенденция развития конструкций лесозаготовительных машин.

В общей характеристике работы обоснована актуальность темы диссертационной работы, показана связь работы с крупными научными программами, приведена научная новизна исследований, изложены научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ применяемых способов рубок при заготовке древесины. Рассмотрено современное состояние лесозаготовок. Отмечены сложившиеся тенденции в создании лесозаготовительной техники. На основе проведенного обзора существующей отечественной и зарубежной техники для трелевки древесины установлено, что основные направления развития лесных машин состоят в повышении мощности, надежности и удобства в работе, а также в создании маневренных энергетических средств на базе сельскохозяйственных тракторов с активным шасси-модулем. Это особенно важно для сокращения сроков и уменьшения стоимости работ по созданию семейства лесных машин на базе серийных сельскохозяйственных тракторов, которые выпускаются в Республике Беларусь. Также показана эффективность применения бесчokerных трелевочных машин.

Первыми работами по исследованию динамической нагруженности транспортных средств являются работы А.К.Фрумкина, Н.Н.Яценко и В.С.Шулякова. Вопросы динамики колесных и гусеничных лесовозных транспортных средств в своих работах рассматривали В.А.Горбачевский, Б.Г.Гастев, В.И.Мельников, С.Ф.Орлов, М.И.Зайчик, А.М.Гольдберг, Г.М.Анисимов. Проходимость машин общего назначения рассмотрена в трудах В.А.Скотникова, А.В.Пономарева, В.И.Кнороза, В.В.Гуськова, В.Е.Абакумова, И.П.Ковневича. Совершенствование расчетных схем лесных транспортных средств, как сложных взаимосвязанных систем, получило развитие в трудах А.В.Жукова, Г.М.Анисимова, Ю.Д.Силукова, В.М.Семенова, Л.А.Калякина, Е.Н.Галлцкого, В.С.Николюка, В.А.Симановича. Вопросы ис-

следования физико-механических и колебательных характеристик пакета древесины посвящены работы: Б.Г.Гастева, С.Ф.Орлова, Н.И.Емолюка, В.К.Хегая, Е.В.Билька, А.В.Жукова, Л.М.Эмайкина, Е.М.Семенова, А.А.Фаденкова.

Проведенный обзор, существующей колесной техники для вывозки леса, показал, что, наряду с созданием специальных машин, большие резервы повышения их эффективности могут быть достигнуты при агрегатировании колесных сельскохозяйственных тракторов тяговых классов 1,4 - 3 с активным прицепным модулем.

Обзор литературных источников по исследованию эксплуатационных свойств специальных колесных машин показал, что проведено много исследований по оценке их параметров. Однако работы по обоснованию и выбору параметров трансмиссий тракторов, созданных путем агрегатирования сельскохозяйственного трактора с активным прицепным модулем, отсутствуют.

Во второй главе проведено обоснование разработанной математической модели. При составлении расчетной схемы лесозаготовительной машины основные узлы (двигатель, коробка передач (КП), приводы переднего и заднего мостов, движители) представлены в виде подсистем, соединенных между собой безинерционными упруго-демпфирующими элементами, обеспечивающими передачу крутящего момента к ведущим колесам. При создании математической модели динамической системы "двигатель-трансмиссия-пачка древесины-волок" учитывались возмущающие воздействия от двигателя и микропрофиля, имеющие случайный характер, учтены переходные процессы, происходящие в трансмиссии при трогании, торможении и переезде единичных неровностей. Расчетная схема, эквивалентная динамической системе с 12 степенями свободы, приведена на рис. 1. Математическая модель ЛЗМ описывает действительную систему, учитывая взаимодействие подсистем, воздействия микропрофиля и управляющих воздействий. При составлении математической модели приняты следующие обозначения: $\varphi_d, \varphi_{сц}, \varphi_{кп}, \varphi_{пм}, \varphi_{зм}, \varphi_t, \varphi_k$ - угловые перемещения валов двигателя, сцепления, коробки передач, привода переднего и заднего мостов, трактора и кабины; $I_d, I_{сц}, I_{кп}, I_{пм}, I_{зм}$ - моменты инерции двигателя, сцепления, коробки передач, привода переднего и заднего мостов, приведенные к двигателю; I_t, I_k - моменты инерции трактора и кабины; $C_{св}, C_{пм}, C_{зм}, C_{шк1}, C_{шк2}$ - жесткости силового ва-

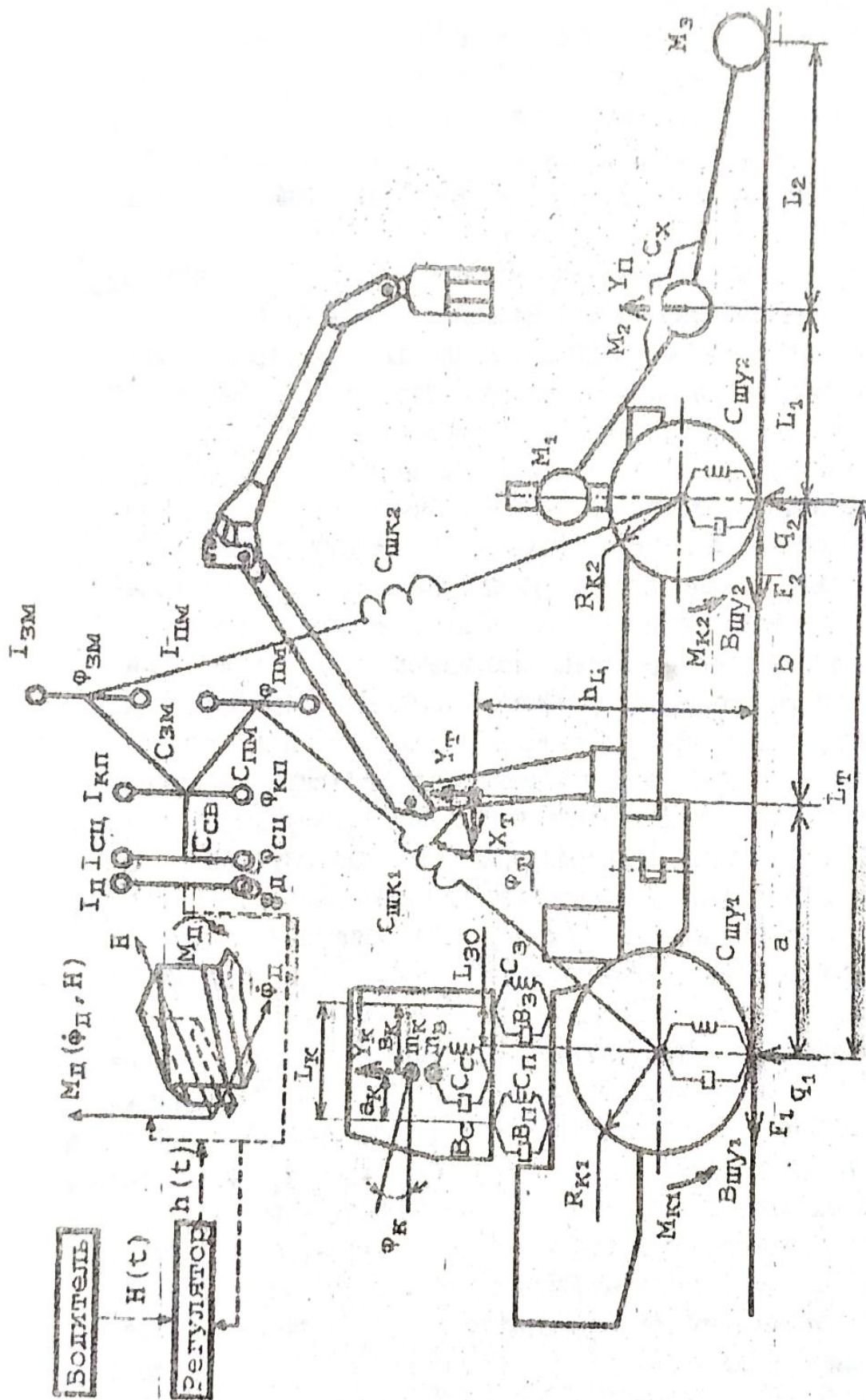


Рис 1. Расчетная схема колебаний ДЭМ.

ла, привода переднего и заднего мостов, касательные жесткости передних и задних шин, приведенные к двигателю; $C_{шy1}$, $C_{шy2}$, $C_{шo}$, $C_{шo}$, $C_{шo}$, C_o , C_x - вертикальные жесткости передних и задних шин, передних и задних опор кабины, сиденья трактора и хлыста; M , $M_{ш}$, M_k , M_B - массы трактора, пачки деревьев, кабины, водителя; $k_{тp1}$, $k_{тp2}$ - передаточные числа переднего и заднего приводов ведущих колес; R_{k1} , R_{k2} - радиусы передних и задних колес; X_T - горизонтальное перемещение центра тяжести трактора; Y_T , Y_k , $Y_{ш}$ - вертикальные перемещения центра тяжести трактора, кабины и пачки хлыстов; q_1 , q_2 - высоты неровностей микропрофиля волюка под передними и задними мостами трактора; $F_{тpх}$, $F_{тpу}$ - горизонтальная и вертикальная составляющие силы, возникающей в месте контакта пачки хлыстов с коником; F_1 , F_2 - силы тяги на передних и задних колесах.

Получена следующая система дифференциальных уравнений, описывающих движение реальной динамической системы в продольной вертикальной плоскости:

$$I_D \ddot{\varphi}_D = M_D - M_{сц} ;$$

$$I_{сц} \ddot{\varphi}_{сц} + C_{св} (\varphi_{сц} - \varphi_{кп}) + B_{св} (\dot{\varphi}_{сц} - \dot{\varphi}_{кп}) = M_{сц} ;$$

$$I_{кп} \ddot{\varphi}_{кп} - C_{св} (\varphi_{сц} - \varphi_{кп}) - B_{св} (\dot{\varphi}_{сц} - \dot{\varphi}_{кп}) + C_{эм} (\varphi_{кп} - \varphi_{эм}) + B_{эм} (\dot{\varphi}_{кп} - \dot{\varphi}_{эм}) + C_{пм} (\varphi_{кп} - \varphi_{пм}) + B_{пм} (\dot{\varphi}_{кп} - \dot{\varphi}_{пм}) = 0 ;$$

$$I_{пм} \ddot{\varphi}_{пм} - C_{пм} (\varphi_{кп} - \varphi_{пм}) - B_{пм} (\dot{\varphi}_{кп} - \dot{\varphi}_{пм}) + C_{шк1} (\varphi_{пм} - (X_T + (h_{ш} - R_{k1}) \times \varphi_T) / R_{k1} k_{тp1}) + B_{шк1} (\dot{\varphi}_{пм} - (\dot{X}_T + (h_{ш} - R_{k1}) \dot{\varphi}_T) / R_{k1} k_{тp1}) = 0 ;$$

$$I_{эм} \ddot{\varphi}_{эм} - C_{эм} (\varphi_{кп} - \varphi_{эм}) - B_{эм} (\dot{\varphi}_{кп} - \dot{\varphi}_{эм}) + C_{шк2} (\varphi_{эм} - (X_T + (h_{ш} - R_{k2}) \times \varphi_T) / R_{k2} k_{тp2}) + B_{шк2} (\dot{\varphi}_{эм} - (\dot{X}_T + (h_{ш} - R_{k2}) \dot{\varphi}_T) / R_{k2} k_{тp2}) = 0 ;$$

$$(M + M_k + M_B) \ddot{X}_T - C_{шк1} (\varphi_{пм} - (X_T + (h_{ш} - R_{k1}) \varphi_T) / R_{k1} k_{тp1}) k_{тp1} / R_{k1} - B_{шк1} (\dot{\varphi}_{пм} - (\dot{X}_T + (h_{ш} - R_{k1}) \dot{\varphi}_T) / R_{k1} k_{тp1}) k_{тp1} / R_{k1} - C_{шк2} \times (\varphi_{эм} - (X_T + (h_{ш} - R_{k2}) \varphi_T) / R_{k2} k_{тp2}) k_{тp2} / R_{k2} - B_{шк2} (\dot{\varphi}_{эм} - (\dot{X}_T + (h_{ш} - R_{k2}) \dot{\varphi}_T) / R_{k2} k_{тp2}) k_{тp2} / R_{k2} + F_1 + F_2 + F_{тpх} = 0 ;$$

$$M \ddot{Y}_T - C_{шy1} (q_1 - Y_T - a \varphi_T) - B_{шy1} (\dot{q}_1 - \dot{Y}_T - a \dot{\varphi}_T) - C_{шy2} (q_2 - Y_T + B \times$$

$$\times \ddot{\varphi}_T) - B_{\text{шуга}} (\dot{q}_a - \dot{Y}_T + v \dot{\varphi}_T) - C_{\text{ПО}} (Y_T + \varphi_T (a - L_{30} + L_K) - Y_K - \varphi_K a_K) - \\ - B_{\text{ПО}} (\dot{Y}_T + \dot{\varphi}_T (a - L_{30} + L_K) - \dot{Y}_K - \dot{\varphi}_K a_K) - C_{30} (Y_T + \varphi_T (a - L_{30}) - Y_K + \\ + \varphi_K B_K) - B_{30} (\dot{Y}_T + \dot{\varphi}_T (a - L_{30}) - \dot{Y}_K + \dot{\varphi}_K B_K) - C_{\text{Х 2}} (Y_{\text{П 2}} - 2 (Y_T + v \times \\ \times \ddot{\varphi}_T) / 3) / 3 - B_{\text{Х 2}} (2 (\dot{Y}_{\text{П 2}} - 2 (\dot{Y}_T + v \dot{\varphi}_T) / 3) / 3) = 0 ;$$

$$L_T \ddot{\varphi}_T - C_{\text{шуга}} a (q_1 - Y_T - a \varphi_T) - B_{\text{шуга}} a (\dot{q}_1 - \dot{Y}_T - a \dot{\varphi}_T) + C_{\text{шуга}} (q_2 - \\ - Y_T + v \varphi_T) v + B_{\text{шуга}} (\dot{q}_2 - \dot{Y}_T + v \dot{\varphi}_T) v - C_{\text{ПО}} (Y_T + \varphi_T (a - L_{30} + L_K) - Y_K - \\ - \varphi_K a_K) (a - L_{30} + L_K) - B_{\text{ПО}} (\dot{Y}_T + \dot{\varphi}_T (a - L_{30} + L_K) - \dot{Y}_K - \dot{\varphi}_K a_K) (a - L_{30} + \\ + L_K) - C_{30} (Y_T + \varphi_T (a - L_{30}) - Y_K + \varphi_K B_K) (a - L_{30}) - B_{30} (\dot{Y}_T + \dot{\varphi}_T (a - L_{30}) - \\ - \dot{Y}_K + \dot{\varphi}_K B_K) (a - L_{30}) - C_{\text{шк1}} (\varphi_{\text{ПМ}} - (X_T + (h_{\text{Ц}} - R_{K1}) \varphi_T) / R_{K1} k_{\text{ТР1}}) (h_{\text{Ц}} - \\ - R_{K1}) k_{\text{ТР1}} / R_{K1} - B_{\text{шк1}} (\dot{\varphi}_{\text{ПМ}} - (\dot{X}_T + (h_{\text{Ц}} - R_{K1}) \dot{\varphi}_T) / R_{K1} k_{\text{ТР1}}) (h_{\text{Ц}} - \\ - R_{K1}) k_{\text{ТР1}} / R_{K1} - C_{\text{шк2}} (\varphi_{\text{ЗМ}} - (X_T + (h_{\text{Ц}} - R_{K2}) \varphi_T) / R_{K2} k_{\text{ТР2}}) (h_{\text{Ц}} - \\ - R_{K2}) k_{\text{ТР2}} / R_{K2} - B_{\text{шк2}} (\dot{\varphi}_{\text{ЗМ}} - (\dot{X}_T + (h_{\text{Ц}} - R_{K2}) \dot{\varphi}_T) / R_{K2} k_{\text{ТР2}}) (h_{\text{Ц}} - \\ - R_{K2}) k_{\text{ТР2}} / R_{K2} - C_{\text{Х 2}} v (Y_{\text{П 2}} - 2 (Y_T + v \varphi_T) / 3) / 3 - B_{\text{Х 2}} v (2 (\dot{Y}_{\text{П 2}} - 2 \times \\ \times (\dot{Y}_T + v \dot{\varphi}_T) / 3) / 3 + F_{\text{ТРУ}} v + F_{\text{ТРХ}} (h_K - h_{\text{Ц}})) = 0 ;$$

$$M_K \ddot{Y}_K - C_{\text{ПО}} (Y_T + \varphi_T (a - L_{30} + L_K) - Y_K - \varphi_K a_K) - B_{\text{ПО}} (\dot{Y}_T + \dot{\varphi}_T (a - L_{30} + \\ + L_K) - \dot{Y}_K - \dot{\varphi}_K a_K) - C_{30} (Y_T + \varphi_T (a - L_{30}) - Y_K + \varphi_K B_K) - B_{30} (\dot{Y}_T + \dot{\varphi}_T \times \\ \times (a - L_{30}) - \dot{Y}_K + \dot{\varphi}_K B_K) - C_C (Y_K - Y_B) - B_C (\dot{Y}_K - \dot{Y}_B) = 0 ;$$

$$L_K \ddot{\varphi}_K - C_{\text{ПО}} (Y_T + \varphi_T (a - L_{30} + L_K) - Y_K - \varphi_K a_K) a_K - B_{\text{ПО}} (\dot{Y}_T + \dot{\varphi}_T (a - \\ - L_{30} + L_K) - \dot{Y}_K - \dot{\varphi}_K a_K) a_K + C_{30} (Y_T + \varphi_T (a - L_{30}) - Y_K + \varphi_K B_K) B_K + \\ + B_{30} (\dot{Y}_T + \dot{\varphi}_T (a - L_{30}) - \dot{Y}_K + \dot{\varphi}_K B_K) B_K = 0 ;$$

$$M_B \ddot{Y}_B - C_C (Y_K - Y_B) - B_C (\dot{Y}_K - \dot{Y}_B) = 0 ;$$

$$M_A \ddot{Y}_{\text{П}} - C_{\text{Х}} (2 (Y_T + v \varphi_T) / 3 - Y_{\text{П}}) - B_{\text{Х}} (2 (\dot{Y}_T + v \dot{\varphi}_T) / 3 - \dot{Y}_{\text{П}}) = 0 .$$

Система дифференциальных уравнений решалась на ЭЭМ методом Рунге-Кутты четвертого порядка точности. Возмущающие воздействия от двигателя принимались по его регуляторной характеристике, а воздействие от микропрофиля дороги учитывались с учетом запаздывания и сглаживающей способности шин.

Оценка точности разработанной математической модели производилась сравнением теоретических и экспериментальных

домених. Максимальное расхождение их на разных передачах составляло 10-28%. Проверка адекватности разработанной математической модели проводилась по спектральным плотностям и средним квадратичным отклонениям расчетных и экспериментальных данных. Значения теоретических и экспериментальных данных также сверялись по критерию согласия χ^2 . При расчетах критерий согласия χ^2 не превышал 25,6 с областью принятия гипотезы $\chi_{13,0,01}^2 = 27,69$, что указывает на удовлетворительную сходимость результатов.

В третьей главе изложены цель, задачи и методика экспериментальных исследований по нагрузке трансмиссии и водителя. Основная цель исследований - оценка точности разработанной математической модели колесного бесчokerного трактора на базе МТЗ-82В при различных режимах эксплуатации.

Измеряемые параметры являлись: крутящий момент на вале полусоса трактора, вертикальное ускорение на сиденье водителя, продольное ускорение трактора, число оборотов двигателя, пройденный путь, время прохождения участка.

Статистическая обработка случайных процессов производилась с использованием комплексов программ, разработанного по модульному принципу и предусматривающему диалоговый режим работы. Обработка осциллограмм переходных процессов заключалась в общем анализе характера их протекания и получении значений последующих параметров. Общая суммарная погрешность измерений составляла не более 4,7%.

В результате проведенных испытаний установлено, что включение привода моста технологического модуля снижает нагрузку переднего моста трактора: при трогании с места на 45-55%, а при установившемся движении на 30-60%.

В четвертой главе приведены результаты производственных испытаний. Производственная проверка включала проведение двух видов испытаний: полигонных и эксплуатационно-технологических.

Полигонные испытания предусматривали определение работоспособности ЛЭМ.

Эксплуатационно-технологические испытания проводились с целью определения основных эксплуатационных показателей работы опытного образца колесной бесчokerной ЛЭМ, а также определения возможности ее использования на различных технологических операциях лесосечных работ.

Проведенные испытания на рубках главного и промежуточного пользования показали, что при использовании машины на трелевке древесины с активным приводом моста технологического модуля оптимальный объем трелемой пачки составляет 4 м^3 .

В результате проведенных испытаний установлено, что также целесообразно использовать машины данного типа для трелевки тонкомерных деревьев при проведении технологических операций по предварительной заготовке тонкомерных деревьев на лесосеке. Кроме того, данные машины целесообразно использовать при очистке делянок от порубочных остатков, а также при строительстве временных лесовозных дорог при сборе и транспортировке вершинок хлыстов и сучьев от сучкорезной машины и укладки их в качестве несущего основания временных лесовозных дорог.

ЛЗМ также работала на очистке делянок от порубочных остатков. Здесь ее производительность по сравнению с трактором ТДТ-55 в несколько раз выше и трудозатраты на очистку делянок значительно сокращаются. Также проводилась погрузка хвойной лапки на автомобиль. Время на загрузку хвойной лапки щеповоза ЛТ-7А составило 35-40 мин, а автомобиля КамАЗ-4310 - 20-25 мин.

Разработанная ЛЗМ использовалась на сплошных и выборочных рубках по различным технологическим схемам. Производительность машины при трелевке на расстояния 700 - 1500 м составляет в среднем $34\text{ м}^3/\text{смену}$, при среднем объеме хлыста $0,34\text{ м}^3$. При трелевке на 200-550 м ее производительность составила $38\text{ м}^3/\text{смену}$, а производительность трактора ТДТ-55 при работе в таких же условиях составила $40\text{ м}^3/\text{смену}$.

Пятая глава содержит результаты исследований по обоснованию параметров и оценке динамической нагруженности трансмиссии ЛЗМ на базе трактора МТЗ-82В. В результате проведенных исследований при установившемся движении и переходных процессах была проанализирована степень влияния момента инерции привода заднего моста, объема трелемой пачки, типа микропрофиля волокна, числа оборотов двигателя и передачи КП на динамическую нагруженность трансмиссии машины. Значительное влияние на нагруженность трансмиссии оказывает включение моста технологического модуля. На рис. 2 показаны зависимости среднего квадратичного отклонения крутящего момента σ_M на передней полуоси ЛЗМ от передачи КП и различных условий экс-

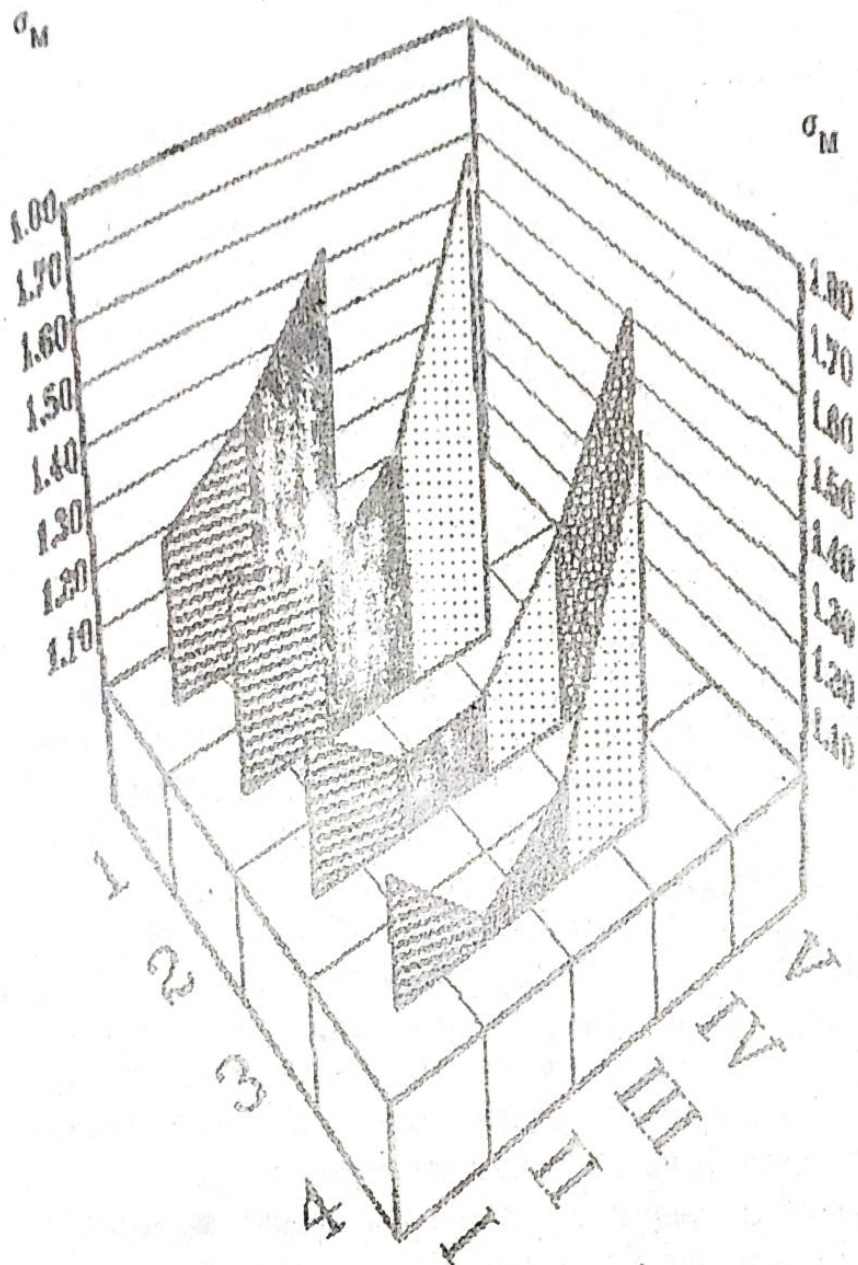


Рис.2. Средние квадратичные отклонения $M_{кр}$ на передней полуоси ЛЭМ, при разных заездах: 1 - без груза с выключенным приводом моста технологического модуля; 2 - с грузом с выключенным приводом; 3 - с грузом с включенным приводом; 4 - без груза с включенным приводом (I, II, III, IV, V - передачи КП).

плуатации (объем пачки $2,1 \text{ м}^3$). Установлено, что при увеличении σ_M более $1,6 \text{ кНм}$ происходят резкие колебания трактора в продольной горизонтальной плоскости. Включение моста технологического модуля при трелевке хлыстов позволяло увеличивать диапазон используемых передач, что давало возможность производить трелевку с большой скоростью движения.

На нагруженность трансмиссии при неустановившемся движении в значительной степени влияет момент инерции привода заднего моста, который зависит от параметров трансмиссии исследуемого трактора. С уменьшением момента инерции можно снизить динамическую нагруженность трансмиссии на 18-22%.

При движении на первой передаче по магистральному валу наблюдалось увеличение математического ожидания крутящих моментов ($M_{кр}$) на полусях ЛЭМ.

Результаты расчетов показали, что при увеличении оборотов двигателя особенно резко происходит увеличение σ_M на второй передаче с включенным приводом заднего моста в порожнем состоянии и на третьей передаче с выключенным приводом в груженом состоянии. В порожнем и груженом состояниях с выключенным приводом заднего моста происходит увеличение σ_M на трех передачах с увеличением числа оборотов коленчатого вала двигателя. При увеличении числа оборотов двигателя происходит более резкое возрастание значения σ_M при включении более высоких передач.

Исследования показывают, что с выключенным приводом заднего моста в груженом состоянии на второй и на третьей передачах происходит уменьшение среднего квадратичного отклонения $M_{кр}$ при увеличении объема трелемой пачки древесины.

Проведенный анализ результатов расчета показал, что при выключении привода моста технологического модуля максимальное значение нормированной спектральной плотности в порожнем состоянии уменьшается на 24,5%, а в груженом на 20,7% и сдвигается в область более высоких частот.

ВЫВОДЫ

1. Концепция создания лесозаготовительных машин на базе сельскохозяйственных тракторов путем их агрегатирования с активными прицепными модулями и специальными видами технологического лесозаготовительного оборудования является наиболее приемлемой, особенно в создавшихся условиях перехода к рыночным отношениям. При этом значительно снижается стоимость машины и сокращаются сроки создания, обеспечивается их достаточно высокий технический уровень, эксплуатационные показатели являются конкурентноспособными с известными образцами колесных лесозаготовительных машин.

2. Созданная колесная лесозаготовительная машина - бесчokerный трелевочный трактор на базе МТЗ-82В, по основным показателям соответствует предъявляемым требованиям и может эффективно использоваться на сплошных и выборочных рубках по различным технологическим схемам, в том числе и с созданием промежуточных складов. Производительность машины при трелевке на расстояния 700 - 1500 м составляет в среднем 34 м³/смену, при среднем объеме хлыста 0,34 м³. При трелевке на более короткие расстояния его производительность соизмерима с производительностью трактора ТДТ-55, при лучшем соответствии требованиям экологии и эргономики.

3. Разработанная математическая модель колесного бесчokerного трактора имеет достаточно высокую точность и позволяет производить оценку динамической нагруженности несущей конструкции, трансмиссии и технологического оборудования трактора при неустановившихся и установившихся режимах движения с учетом вертикальных и продольно-угловых колебаний машины, кинематического рассогласования в приводе переднего и заднего мостов, двигателя, как источника заданной регулируемой мощности, стохастичности нагружения от волока и наличия упругих связей в шинах, трансмиссии, упругих и демпфирующих характеристик предмета труда.

Оценка точности математической модели, по тесту эквивалентности спектральных плотностей, составила 26,5, что указывает на удовлетворительную сходимость расчетных и экспериментальных данных.

4. Использование базового трактора с активным прицепным модулем позволяет при той же мощности двигателя значительно улучшить тягово-сцепные возможности машины. Включение заднего моста трактора обеспечивает трогание с места машины с весом пачки на 45-60% большей, чем с выключенным приводом заднего моста. При установившемся движении оптимальный объем пачки составляет 4 м³.

Включение заднего моста трактора с грузом обеспечивает больший диапазон использования передач. Например, при движении с выключенным задним мостом возможно движение на передачах не выше третьей со скоростью (v) до 4,1 км/ч, так как при переключении на более высокие передачи наблюдаются интенсивные продольные колебания трактора из-за резонансных явлений в трансмиссии. При движении с включенным задним мос-

том такие колебания наступают на шестой передаче ($v=11,2$ км/ч).

Применение активного привода моста прицепного модуля снижает нагруженность переднего моста трактора :

при трогании с места на 45-55%;

при установившемся движении на 30-60%.

6. Включение моста технологического модуля при трогании с места приводит к увеличению общего крутящего момента ($M_{кр}$) в трансмиссии на 20-25%, который может быть значительно уменьшен за счет снижения приведенного момента инерции привода. Так, при снижении момента инерции привода заднего моста на 34,6%, что легко осуществляется конструктивно, $M_{кр}$ в трансмиссии может быть снижен на 22%.

7. При установившемся движении машины с включенным задним мостом максимальные значения $M_{кр}$ на полуосях тягового модуля уменьшаются на 32-64%, а σ_M - на 4-12%. При этом экстремум нормированной спектральной плотности $M_{кр}$ смещается в область более высоких частот (с 0,25 Гц до 0,5 Гц).

8. По результатам расчетных исследований установлено, что в большинстве случаев при движении по магистральному волоку на первой передаче ($v=2,1$ км/ч) возможно увеличение значения $M_{кр}$ на полуосях ЛЗМ вследствие близкого совпадения частот собственных колебаний трансмиссии и частот воздействия от волока. При движении по пасечному волоку таких явлений не наблюдалось, что объясняется разным частотным составом воздействий магистрального и пасечного волоков.

9. При движении в порожнем состоянии общая динамическая нагруженность трансмиссии как при трогании с места, так и при установившемся движении снижается при выключении заднего моста. При этом улучшаются условия реализации скоростных возможностей трактора. Однако, при увеличении оборотов двигателя на второй передаче происходит наиболее резкое возрастание нагруженности трансмиссии (при 1600 об/мин - $\sigma_M = 1,22$, а при 2200 об/мин - $\sigma_M = 1,52$).

10. На основании проведенных исследований даны следующие рекомендации для уменьшения нагруженности трансмиссии ЛЗМ:

конструкция привода активного модуля должна иметь приведенный момент инерции не более $2,7 \cdot 10^{-6}$ кгм²;

при движении в порожнем состоянии следует выключать

привод заднего моста и исключить движение на второй передаче с максимальными оборотами двигателя;

для увеличения скорости движения за счет возможности использования более высоких передач в груженом состоянии, следует включать привод заднего моста технологического модуля;

при установившемся движении в груженом состоянии рекомендуется двигаться с меньшими оборотами двигателя, но не менее 1600 об/мин;

при движении по магистральному волоку как с включенным, так и с выключенным приводом заднего моста предпочтительно движение на передаче не ниже второй ($v=2,1$ км/ч);

11. Годовой экономический эффект от внедрения ЛЗМ составил 1932 руб. (в ценах 1989г.).

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Бобровский С.Э. Результаты экспериментальных исследований динамической нагруженности трансмиссии лесозаготовительной машины на базе трактора МТЗ-82В // Материалы юбилейной научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ. Тез. докл. конф. - Минск: БТИ, 1990. С.62.

2. Жуков А.В., Кирильчик А.И., Бобровский С.Э. Агрегатная лесопромышленная машина на базе трактора МТЗ. // Сб. Технология и оборудование заготовки и переработки древесины. - 1989. - №4. - С 31-33.

3. Кирильчик А.И., Залыгин В.А., Бобровский С.Э. Анализ перспективных вариантов применения трелевочных машин на базе колесных сельскохозяйственных тракторов. / Сб. Технология и оборудование заготовки и переработки древесины. - 1989. - №4. - С.33-37.

4. Жуков А.В., Турлай И.В., Кирильчик А.И., Рудницкий П.Ф., Бобровский С.Э. Агрегатная лесопромышленная машина на базе трактора МТЗ. // Механизация и автоматизация переместительных работ на предприятиях лесного комплекса: Тез. докл. конф. - Москва, 1989. - С. 40-42.

5. Жуков А.В., Кирильчик А.И., Залыгин В.А., Бобровский С.Э. Эксплуатационно-технологические испытания лесозаготовительной машины "Лес-10" на базе трактора МТЗ. // Сб. Технология и оборудование заготовки и переработки древесины. -

1990. - №5. - С.7-11.

6. Жуков А.В., Бобровский С.Э. Оценка динамики лесовозного колесного трактора типа 4К4 на режиме трогания с места. // Лесная и деревообрабатывающая промышленность. - Минск, 1993. - Вып.1. - С.52-55.

7. Жуков А.В., Кирильчик А.И., Бобровский С.Э. Лесозаготовительной машины на базе трактора МТЗ-82В. (Информационный сборник). М., 1990., с.3-4 с ил. и табл. (ВНИПИЭИлеспром. Сер. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. Вып.7).

8. А.с. 1530494, МКИЗ В 60 D 1/00. Сцепное устройство полурам сочленного транспортного средства / А.И.Кирильчик, А.В.Жуков, И.В.Турлай, С.Э.Бобровский, В.А.Залыгин (СССР). - N4407873/31-11; Заявлено 11.04.88; Оpubл.23.12.89, Бюл. N47.

9. А.с. 1668196, МКИЗ В 62 D 13/02. Способ управления поворотом многозвенного транспортного средства / А.И.Кирильчик, О.В.Петрович, А.В.Жуков, С.Э.Бобровский, (СССР). - N 4638053/11; Заявлено 16.01.89; Оpubл. 07.08.91, Бюл. N 29.

10. Бобровский С.Э., Клоков Д.В., Жорин А.В. Обоснование параметров мобильного энергетического средства на базе трактора МТЗ. // Секция лесная промышленность: Тез. докл. конф. - Минск, 1995. - С. 41.

11. Гороновский А.Р., Бобровский С.Э. Моделирование нагруженности трансмиссии колесной лесозаготовительной машины. // Лесная и деревообрабатывающая промышленность. - Минск, 1994. - Вып.2. - С.32-36.

12. Жуков А.В., Бобровский С.Э. Исследование динамической нагруженности трансмиссии колесного лесного трактора на базе МТЗ-82. - Известия ВУЗов. Лесной журнал. 1994, N1. - С.38-40.

РЕЗЮМЕ

диссертации Бобровского Сергея Эдуардовича
"Обоснование параметров и оценка динамической нагруженности трансмиссии колесного трелевочного трактора на базе МТЗ-82В"

трактор, трансмиссия, динамика, волок, момент инерции, привод, лесозаготовительная машина

Целью работы являлась оценка эффективности создания колесного лесного бесчokerного трелевочного трактора путем использования серийного трактора МТЗ-82, агрегатированного с активным прицепным модулем и обоснование параметров его привода для улучшения тягово-сцепных свойств. Исследования предусматривали проведение теоретических и экспериментальных исследований динамической нагруженности трансмиссии колесного трелевочного трактора, проверку точности результатов исследований. Разработанная математическая модель колесного бесчokerного трактора позволяет производить оценку динамической нагруженности несущей конструкции, трансмиссии и технологического оборудования трактора при неустановившихся и установившихся режимах движения с учетом вертикальных и продольно-угловых колебаний машины, кинематического рассогласования в приводе переднего и заднего мостов, двигателя, как источника заданной регулируемой мощности, стохастичности нагружения от волока и наличия упругих связей в шинах, трансмиссии, упругих и демпфирующих характеристик предмета труда. Предложенная методика позволяет на этапе проектирования и доводки экспериментального образца производить обоснование и выбор основных рациональных параметров трансмиссии. Результаты работы доказали эффективность создания лесных машин на базе тракторов МТЗ и показали работоспособность созданного трелевочного трактора.

ABSTRACTION

of the Sergey.E.Bobrovski's dissertation
"Verification of parameters and an evaluation of the dynamical load of the transmission of the wheel skider tractor designed on the base of the MTZ-82V"

tractor, transmission, dynamics, strip road, inertia moment, drive, skider

The topic of the reseach is an evaluation of the designing efficiency of the wheel skidder tractor designed on the base of the MTZ-82V been geared to a driving trailed module equiped by the manipulator. The verification of the

parameters of the drive of the driving trailed module have been made. The methods of the research include the theoretical and experimental researches of the dynamical load of the wheel skidder tractor transmission and the check of the accuracy of the research results. The developed comprehensive mathematical model of the skidder permit us to evaluate the dynamical load of the carrier construction, transmission, basic equipment of the skidder during the steady state and not the steady state operating conditions taking into account the vertical vibrations, the kinematic mismatch between the front and rear axles, the engine as the source of the controlled power, the restoring characteristics of the tyres, transmission, skidding logs. The offered technique permit us to verify and choose the parameters of the transmission during a designing. Results of the research validated an efficiency of the designing of the skidder on the tractor MTZ base and showed us a normal operation of the designed skidder.

РЭЗЮМЕ

дисертацыі Баброўскага Сяргея Эдуардавіча
"Абгрунтаванне параметраў і ацэнка дынамічнай нагруканасці
трансмiсiі колавага тралевачнага трактара на базе МТЗ-82В"

трактар, трансмісія, дынаміка, волак, момант інерцыі,
прывод, лесанарыхтоўчая машына

Мэтай работы з'яўлялася ацэнка эфектыўнасці стварэння колавага ляснога бязчочернага тралевачнага трактара шляхам выкарыстання сярэйнага трактара МТЗ-82, аграгатыраванага з актыўным прычэпным модулем, і абгрунтаванне параметраў яго прывода для палепшэння цягава-сцяпных уласцівасцяў. Методыка даследаванняў прадугледжвала правядзенне тэарэтычных і эксперыментальных даследаванняў дынамічнай нагруканасці трансмісiі колавага тралевачнага трактара, праверку дакладнасці вынікаў даследаванняў. Разпрацаваная матэматычная мадэль колавага бязчочернага трактара дазваляе праводзіць счэнку дынамічнай нагруканасці нясухай канструкцыі, трансмісiі і тэхналагічнага абсталявання трактара пры неусталяваных і уста-

ляваных рэжымах руху з улікам вертыкальных і прадоўжна-вуглавых ваганняў машыны, кінематычнага разузгаднення ў прыводзе перадняга і задняга мастоў, рукавіка, як крыніцы заданай рэгулюемай магутнасці, стыхастычнасці нагружэння ад волака і няўнасці пругкіх сувязяў у шынах, трансмісіі, пругкіх і демпфіруючых характарыстык прадмета працы. Прапанаваная метадыка дазваляе на этапе праектавання і даводкі эксперыментальнага ўзора рабіць абгрунтаванне і выбар асноўных параметраў трансмісіі. Вынікі працы даказалі эфектыўнасць стварэння лясных машынаў на базе трактароў МТЗ і паказалі працаздольнасць створанага тралевачнага трактара.

Гасиц

БОБРОВСКИЙ Сергей Эдуардович
Обоснование параметров и оценка динамической
нагруженности трансмиссии колесного трелевочного
трактора на базе МТЗ-82В

Подписано в печать 04.07.95. Формат 60x84 1/16
Печать офсетная. Усл.печ.л. 1.3. Усл.кр.-отт. 1.3
Уч. -изд.л. 1.1

Тираж 140 экз. Заказ 195.

Белорусский государственный технологический университет
220630, Минск, Свердлова, 13а.
Отпечатано на ротационной машине Белорусского государственного
технологического университета
220630, Минск, Свердлова, 13.