

630^x
Д 22

БЕЛОРУССКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. С. М. КИРОВА

На правах рукописи

ДВАРАНАУСКАС ЭДУАРДАС АНТОНОВИЧ

УДК 630* 375.4

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТРЕЛЕВОЧНОГО
ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОГО МАНИПУЛЯТОРА И ЕГО
ПРИМЕНЕНИЕ НА РУБКАХ УХОДА
В СРЕДНЕВОЗРАСТНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ**

**Специальность 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

Работа выполнена в Латвийском научно-исследовательском институте лесохозяйственных проблем.

Научный руководитель — доктор технических наук,
профессор ИЕВИНЬ И. К.

Научный консультант — доктор технических наук,
ЖУКОВ А. В.

Официальные оппоненты — доктор технических наук,
профессор МАЛЮГИН Т. Т.,
кандидат технических наук,
доцент ГЕРМАЦКИЙ А. В.

Ведущая организация — Белорусский научно-исследовательский институт лесного хозяйства.

Защита состоится «15» *ноября*..... 1988 г.
в ..*14*... час. на заседании специализированного совета
К.056.01.01 в Белорусском технологическом институте имени
С. М. Кирова (220630, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, корпус
4, зал заседаний).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
Белорусского ордена Трудового Красного Знамени технологического
института имени С. М. Кирова.

Автореферат разослан «*4*» *октября*..... 1988 г.

**Ученый секретарь
специализированного совета**

ТРОФИМОВ С. П.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986-1990 годы, принятых XXVII съездом КПСС, ставится задача повысить производительность труда на 20-23 %. Для комплексной механизации лесохозяйственных и лесозаготовительных работ, обеспечивающих сохранение природной среды и восстановление леса на местах рубок, требуется ускорение в создании и внедрении новой техники и прогрессивной технологии.

В выполнении поставленных задач важную роль играют рубки ухода за лесом. Из-за коренного отличия условий производства на рубках ухода экономически неоправдана и практически невозможна работа машин, применяемых на сплошных рубках. Лесозаготовительные работы, проводимые на несплошных рубках, более трудоемкие, чем на сплошных, а предмет труда - выбираемое дерево закрыт стоящими деревьями. Наибольшую сложность составляет доставка дерева из древостоя на технологический коридор. Вопросу создания машин для механизации процесса подтрелевки должно быть уделено особое внимание. Механизация труда на подтрелевке древесины от рубок ухода должна способствовать повышению производительности труда, ликвидации тяжелого ручного труда при зацепке и отцепке древесины, улучшению условий труда оператора.

Цель исследования. Целью работы является обоснование параметров телескопического манипулятора на базе трактора "Беларусь" и выбор технологии для работы его в средневозрастных насаждениях.

Объект исследований. В качестве объекта исследований был выбран опытный образец трелевочного телескопического манипулятора МТТ-10, установленного на тракторе "Беларусь" МТЗ-52Д, предназначенный для сбора и трелевки древесины от рубок.

Методы исследования. При исследованиях по обоснованию технологического процесса работы трактора с телескопическим манипулятором изучались по комплексу показателей, основными из которых явились затраты времени на отдельные операции. Для этого использована регистрирующая аппаратура с автоматической регистрацией процессов измерений. Имитация работы манипулятора в средневозрастных насаждениях производилась с помощью математической модели, составленной на основе данных исследовательских испытаний.

Изучение эксплуатационных показателей телескопического ма- БТИ

Морова

нипулятора основано на разработанном комплексе математических моделей подтаскивания и пакетирования древесины (хлыстов). Расчеты производились на ЭВМ.

Исследовательские испытания по изучению процесса подтаскивания древесины манипулятором проводились на лесосеке с использованием методов тензометрирования. Применен метод математического планирования экспериментов. Обработка данных проводилась методами математической статистики.

Научная новизна заключается в разработке конструктивной схемы трелевочного телескопического манипулятора и технологии его применения при трелевке древесины от рубок ухода. Установлены основные параметры манипулятора МТТ-Ю при агрегатировании с трактором класса I,4 при использовании его на рубках ухода в средневозрастных насаждениях. Получены новые зависимости для определения силовых характеристик процесса подтаскивания древесины манипулятором к трактору. Разработана методика оценки динамических показателей с учетом конструктивных параметров машины, манипулятора, дерева и режима работы при пакетировании. Определено воздействие манипулятора на окружающую среду при сборе и трелевке древесины от рубок ухода и установлен режим труда и отдыха оператора.

Практическая ценность работы заключается в том, что при использовании результатов аналитических исследований и исследовательских испытаний, сокращаются сроки на проектирование телескопических манипуляторов для трелевки древесины от рубок ухода конструкторскими организациями и внедрения их в производство.

Реализация работы. На основании результатов исследований разработан и опытно-механическими мастерскими ЛитНИИЛХа изготовлен опытный образец машины для рубок ухода в средневозрастных насаждениях на тракторе "Беларусь" МТЗ-52Л. Машина включена в "Систему машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства на 1981-1990 гг.", часть IV. - "Лесное хозяйство и защитное лесоразведение", поз. Л.62.04. На эту машину подготовлены лесотехнические требования и техническое задание на проектирование. Опытный образец манипулятора представлялся в 1982 году на государственные испытания. По результатам испытаний лесная МС рекомендовала изготовить опытную партию. Результаты, полученные в диссертационной работе, учтены при проектировании и изготовлении опытной партии из Ю манипуляторов в Вильнюсском ЭПКТБ (Экспериментальное проектно-конструкторско-

технологическое бюро) для тракторов "Беларусь" МТЗ-82 с унифицированной кабиной.

Апробация работы. Основные положения аналитических и экспериментальных исследований доложены и получили положительную оценку на ученых советах ЛитНИИЛХа (Каунас, 1979-1986), НПО "Силава" (Рига-Саласпилс, 1980-1983), научных конференциях Литовской ордена Трудового Красного Знамени сельскохозяйственной академии (Каунас, 1979, 1982). Фотоматериал основных фаз работы телескопического манипулятора в виде альбома демонстрировался в 1982 г. на тематической выставке "Современная технология рубок ухода за лесом" в павильоне "Лесное хозяйство и лесная промышленность" ВДНХ СССР. В 1984 г. манипулятор на тракторе МТЗ-82 демонстрировался на международной выставке "Лесдревмаш-84" и на тематической "Охрана труда" ВДНХ СССР.

Публикации. Содержание диссертации опубликовано в 14 научных работах, получены 3 авторских свидетельства на изобретения.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из общей характеристики работы, 5 разделов, выводов и предложений, списка использованной литературы, включающего 133 наименований, и предложений. Основной материал изложен на 164 страницах машинописного текста и содержит 61 рисунок, 33 таблиц. Общий объем диссертации составляет 267 страниц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе "Состояние технологии и оборудования рубок ухода" приведен обзор существующей технологии и оборудования для проведения рубок ухода в средневозрастных насаждениях, рассмотрены конструкции машин и проведен анализ исследований по расчету и выбору рациональных параметров телескопических гидроманипуляторов, а также сформулированы задачи исследований.

При заготовке древесины от рубок ухода в настоящее время в Советском Союзе существует узко-, средне- и широкопосечные технологии. В большинстве случаев, как правило, используются колесные сельскохозяйственные тракторы, оборудованные цитом и лебедкой для трелевки древесины, работающие по среднепосечной технологии. При такой технологии не исключается ручной труд. Такие операции, как разматывание троса до лежащей древесины, его зацепка и отцепка, можно исключить, применив гидроманипуляторы с телескопической трелой. В качестве рабочего органа может быть

использован клещевой захват, способный осуществлять зажим древесины во время подтаскивания к трактору. Вместо клещевого захвата может использоваться орезающее устройство, сучкорезная головка для обрезки сучьев и ряд других механизмов, позволяющих полностью механизировать технологический процесс заготовки древесины от рубок ухода.

Методике расчета шарнирно-сочлененных манипуляторов, применяемых для заготовки древесины, уделяется значительное внимание, что нашло отражение в работах: С.Ф. Орлова, В.И. Алябьева, А.В. Жукова, А.В. Александрова, В.И. Андреева, А.М. Артомонова, Г.М. Анисимова, Б.Г. Виногорова, А.В. Гермацкого, П.С. Бурмака, В.С. Чюева, С.Ф. Козьмина, В.Ю. Милюткина, Ю.И. Проворотова, П.Д. Безносенкова, С.А. Бушакова, И.В. Дямина, Э.М. Гусейнова и др.

Анализ литературных источников показал, что недостаточно изученными являются вопросы по динамическим процессам, нагруженности и устойчивости трактора с манипулятором при подтаскивании и пакетировании древесины телескопической стрелой. Результаты теоретических исследований динамических процессов по краям и экскаваторам не могут быть распространены на лесосечные машины манипуляторного типа с телескопической стрелой.

Для решения вопросов по выбору параметров телескопических манипуляторов для трелевки древесины и обоснования технологии рубок ухода были сформулированы следующие задачи исследований:

- провести анализ существующих технологических процессов и применения технических средств для заготовки древесины от рубок ухода;
- определить степень влияния работы телескопического манипулятора на лесную среду, т.е. на повреждаемость оставляемых деревьев, подроста, воздействие на водно-физические свойства почвы;
- провести технико-экономический анализ показателей работы телескопического устройства на рубках ухода, разработать математическую модель технологии, имитирующую работу манипулятора в различных природно-производственных условиях;
- провести теоретические исследования влияния режимов работы и параметров телескопического манипулятора на процесс подтаскивания и пакетирования древесины;
- провести исследовательские испытания по оценке точности разработанных расчетных моделей и определению рациональных режимов работы телескопического манипулятора при заготовке древесины от рубок ухода;

- провести психофизиологические исследования условий работы оператора манипулятора, определить эргономические характеристики органов управления манипулятором;

- разработать рекомендации по проектированию и внедрению телескопических манипуляторов в производство.

Во второй главе изложена методика проведения исследований по технологии работы манипулятора на лесосеке, влиянию трелевки леса трактором МТЗ-52Л с манипулятором МТТ-10 на окружающую среду и разработана математическая модель, имитирующая работу машины на рубках ухода.

Исследованиями установлено, что влияние трелевки леса манипулятором МТТ-10 на повреждаемость оставляемых деревьев зависит от ширины пасаки. При ширине 30 м между технологическими коридорами повреждаемость составляет 5,3%, а при ширине 20 м - 5,7% от общего количества деревьев.

Сохранность подроста после трелевки леса манипулятором зависит от ширины пасаки (рис.1). Исследования показали, что на

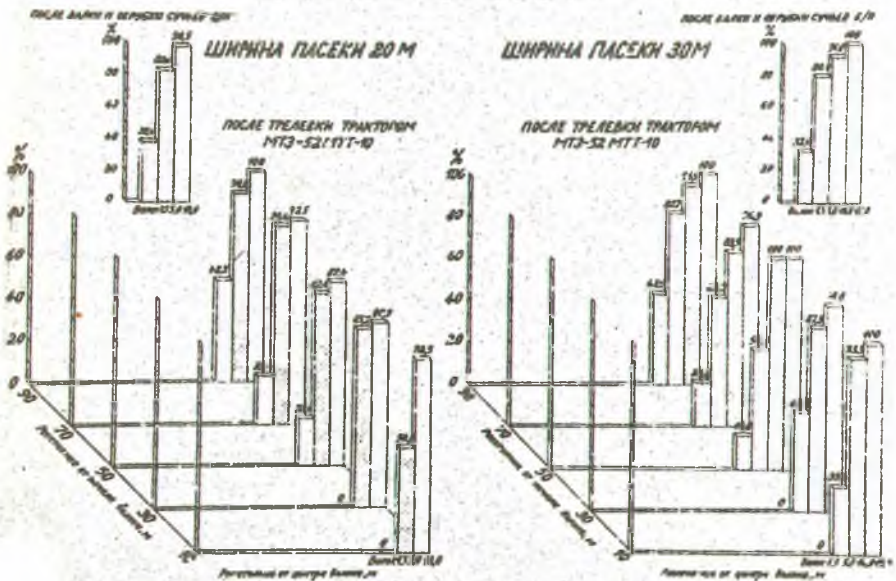


Рис.1. Сохранность крупного подроста в %.

проходных рубках наибольшее количество подроста на межволочной площади сохраняется при расстояниях между технологическими коридорами 20 м (88 %). С учетом доли волоков, приходящей на общую территорию лесосеки, примерно равный результат получается при расстоянии между волоками 20 и 30 м (сохранность подроста примерно 80%). Однако, учитывая меньшую долю территории, отведенную под волоки, предпочтение следует отдать расстоянию между волоками 30 м.

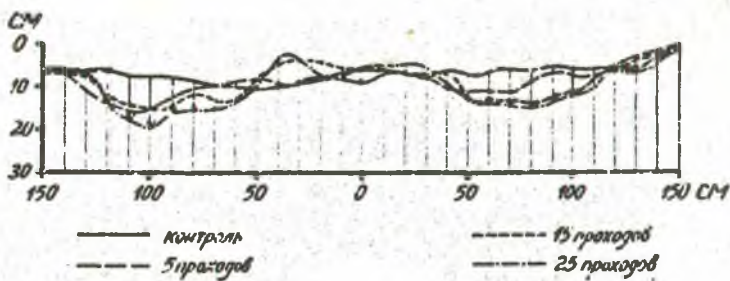
Разрушение напочвенного покрова начинается с первого прохода трактора МТЗ-52Д с манипулятором МТТ-10 и увеличивается с каждым последующим. Почва деформируется в основном от воздействия колес трактора и трелемой пачки. Результаты исследований показали, что при трелевке хлыстов манипулятором по волоку, покрытому порубочными остатками, водно-физические свойства почвы подвергаются меньшему ухудшению, чем при трелевке по непокрытому волоку (рис.2). Уменьшение количества проходов возможно за счет сокращения расстояния между технологическими коридорами или увеличения рейсовой нагрузки. Объем трелемой пачки на рубках ухода зависит от среднего объема хлыста (табл. I). Учитывая зависимость объема пачки от вида и интенсивности рубок ухода при расстоянии между технологическими коридорами 20 м протяженность укрепленного порубочными остатками пасечного волока может быть до 200 м, при расстоянии 30 м - 100-130 м, при расстоянии 40 м - 80-100 м. Если указанные расстояния пасечных волоков недостаточны для освоения лесосеки, следует прорубать магистральные волоки.

Таблица I

Зависимость объема трелемой пачки от среднего объема хлыста

Средний объем хлыста, м ³	Математическое ожидание среднего объема пачки, м ³	Среднеквадратичное отклонение объема пачки, м ³
0,01 - 0,17	1,106	0,308
0,18 - 0,29	1,306	0,243
0,30 - 0,49	1,473	0,400
0,50	1,685	0,353

а)



б)

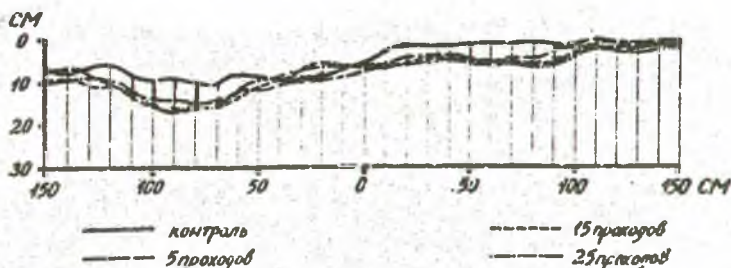


Рис. 2. Поперечные профилограммы волоков после трелевки
участков трактором МТЗ-52Л с манипулятором МТТ-10:
а - волок без порубочных остатков, б - волок,
покрытый порубочными остатками

Исследования влияния параметров лесосеки на работу машины велись с помощью математической имитационной модели процесса заготовки древесины хлыстами от рубок ухода, что позволило значительно сэкономить время и средства на разработку и совершенствование манипулятора. Хронометражные наблюдения проводились при работе опытного образца манипулятора на лесных предприятиях Ивановской ССР. Сравнение расчетных и экспериментальных данных (точность до 10,5%) показывает, что математическая модель заготовки древесины от рубок ухода учитывает основные закономерности процесса. Результаты исследований даны на рис. 3, 4, 5.

Сменная производительность манипулятора МТТ-10 по сравнению с тросочерным трелевочным оборудованием в аналогичных условиях больше на 20-30 %.

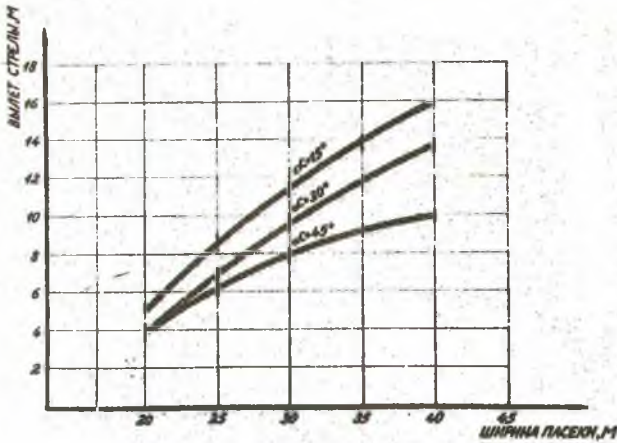


Рис.3. Зависимость вылета стрелы от угла валки деревьев и ширины пасеки

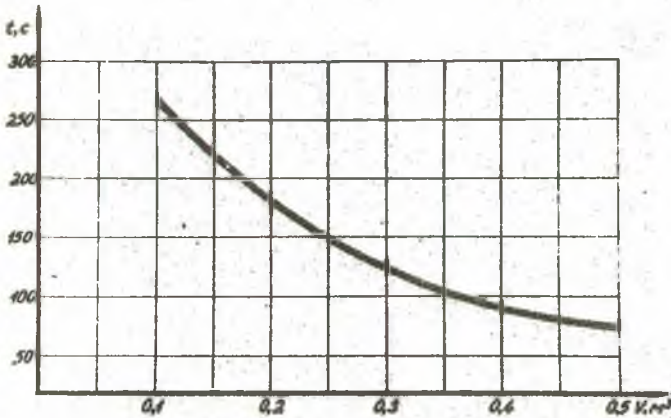


Рис.4. Зависимость затрат рабочего времени оператора на пакетирование от среднего объема хлыста

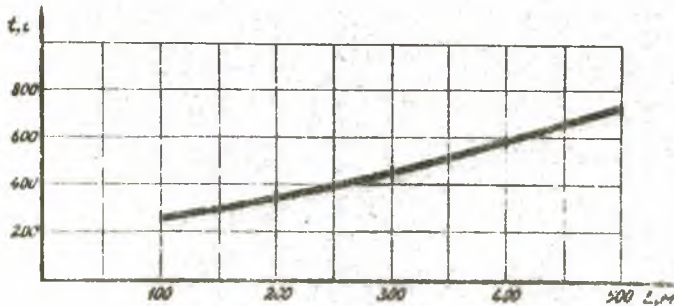


Рис.5. Зависимость затрат рабочего времени оператора на один рейс от расстояния трележки

Годовой экономический эффект от внедрения в производство манипулятора МТТ-10 на тракторе МТЗ-52Д при трелевке хлыстов со средним объемом $0,20 \text{ м}^3$ (расстояние трелевки 300 м) составил 1757 руб. и снизили годовые затраты труда на 289 чел.дней (годовой объем работы 4723 м^3).

Третья глава посвящена аналитическому исследованию процесса подтаскивания и пакетирования древесины в кониче. Для определения силовых характеристик процесса подтаскивания составлены математические модели различной степени сложности, позволяющие анализировать изменение силы подтаскивания, вертикальные реакции, действующие на колеса трактора при различных режимах его работы.

В элементах манипулятора, при пакетировании древесины, возникают динамические усилия, влияющие на нагруженность и устойчивость самого трактора. Расчетная схема оценки продольной динамической устойчивости трактора с манипулятором приведена на рис.6.

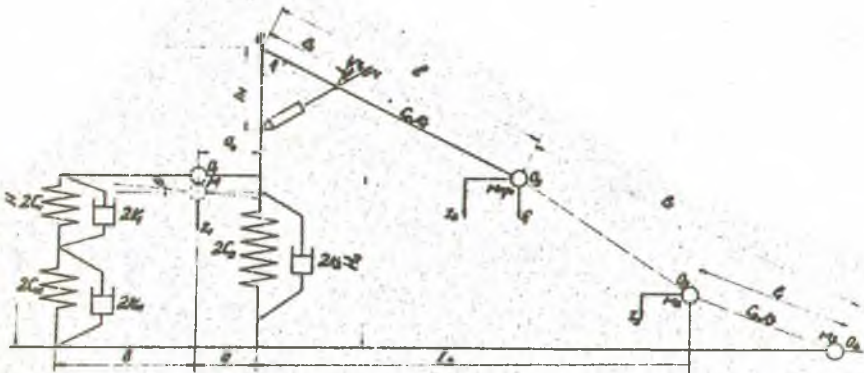


Рис.6. Расчетная схема эквивалентная колебаниям трактора с манипулятором при подъеме (опускании) вершинной части хлыста

Расчетная схема соответствует случаю, когда продольная ось трактора совпадает с вертикальной плоскостью колебаний манипулятора и хлыста, остов трактора (масса M) опирается на упругие элементы. В точке O_1 навешивается гидроманипулятор, который осуществляет подъем вершинной части хлыста O_2O_4 . Вследствие наличия упругих элементов система совершает вертикальные и угловые колебания в поперечной вертикальной плоскости. Передняя подвеска трактора опирается на кружку и шину с коэффициентами жесткости C_1 , $C_{ш}$, а задняя - на шину с коэффициентом жесткости C_2 . Соответствующие коэффициенты сопротивления - K_1 и K_2 . Жесткость стрелы C_0 с известным допущением считаем линейной. В точках O_2, O_3, O_4 приложены дискретные массы хлыста M_1, M_2, M_3 .

Рассматриваемая динамическая система имеет 4 степени свободы (Z_1, Z_2, Z_3, θ). Критическим случаем потери устойчивости считаем такой, когда реакция одной из опор трактора равна нулю (в данном случае левая опора).

Составив выражения кинетической, потенциальной энергии, диссипативной функции и применяя уравнение Лагранжа второго рода, после некоторых преобразований получаем уравнения движения системы "трактор-манипулятор-хлыст".

$$M\ddot{z} + (2C_{нр1} + 2C_2 + C_c) \cdot Z_1 - C_c \cdot Z_2 + [a(l_2 - 2b[C_{нр1} + C_c(a_0 + l \sin\varphi)])\theta + (2K_{нр1} + 2K_2 + K_c) \cdot \dot{Z}_1 + K_c \dot{Z}_2 + [2aK_2 - 2bK_{нр1} + K_c(a_0 + l \sin\varphi)]\theta = 0, \quad (1)$$

$$\begin{aligned} & J\ddot{\theta} [C_2 a - C_{нр1} b + C_c(a_0 + l \sin\varphi)] Z_1 + [C_{нр1} b^2 + C_2 \cdot a^2 + C_c(a_0 + l \sin\varphi)^2] \theta + \\ & + C_c(a_0 + l \sin\varphi) Z_2 + [K_2 a - K_{нр1} b + K_c(a_0 + l \sin\varphi)] Z_1 + [K_2 \cdot b^2 + K_2 a^2 + K_c(a_0 + l \sin\varphi)^2] \theta + K_c(a_0 + l \sin\varphi) Z_2 = 0, \quad (2) \end{aligned}$$

$$M_{нр} \ddot{Z}_2 + C_c Z_1 + C_c(a_0 + l \sin\varphi) \theta + \frac{2}{3} C_3 Z_2 + \frac{2}{3} C_3 Z_3 + K_c \dot{Z}_1 + \frac{1}{3} K_3 + K_c \dot{Z}_2 + K_c(a_0 + l \sin\varphi) \theta = P_1, \quad (3)$$

$$M_2 \ddot{Z}_3 + \frac{2}{3} C_3 Z_2 + C_3 Z_3 + \frac{2}{3} K_3 \dot{Z}_2 + K_3 \dot{Z}_3 = 0 \quad (4)$$

где $C_{нр1}, K_{нр1}$ - соответственно приведенная жесткость и приведенный коэффициент сопротивления передней подвески трактора;

C_3, K_3 - соответственно приведенная жесткость и сопротивление изгибным колебаниям хлыста;

K_c - коэффициент сопротивления изгибным колебаниям отрелы манипулятора;

J - момент инерции подрессорной массы трактора и манипулятора, относительно поперечной оси, проходящей через центр тяжести системы;

P_1 - ускоряющая (замедляющая) сила.

При определении скорости перемещения захвата в вертикальной плоскости, выбиралась скорость выдвигания (втягивания) штока гидроцилиндра в пределах от 0,01 до 0,1 м/с. Время полного закрытия полости гидрораспределителя установлено экспериментально и составляет $t = 0,25-0,30$ с.

Зависимости максимальных перемещений элементов манипулятора от жесткости стрелы даны в табл.3.

Таблица 3

Зависимость максимальных значений перемещений элементов манипулятора при опускании хлыста за вершину от жесткости стрелы:

Параметры	Жесткость стрелы манипулятора, Н/м				
	20000	25000	30000	35000	40000
Z_A , м	0,00604	0,00539	0,00506	0,00433	0,00461
θ , рад	0,0295	0,0276	0,0256	0,0244	0,0236

Нагруженность узлов машины оценивалась коэффициентом динамичности K_d , изменившимся в пределах от 1,07 до 2. Оценка устойчивости производилась по условию $R_{ст} > R_g$ (рис.7).

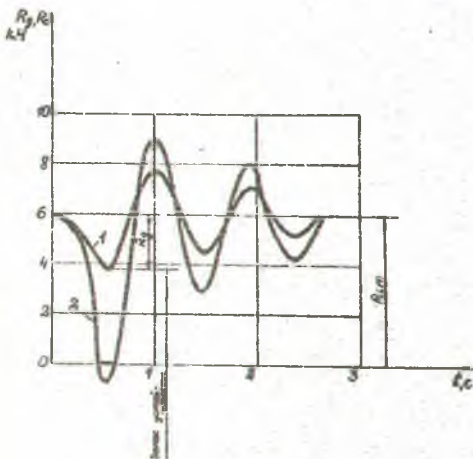


Рис.7. Зависимость изменения опорной реакции на переднюю ось трактора от времени при подъеме хлыста ($V = 1,01$ м³, $t = 0,3$ с, $v = 0,05$ м/с, $\psi \sin \gamma + a = 3,5$ м). 1 - устойчивое; 2 - неустойчивое положение машин.

При проведении исследований установлено, что подъем подтаскиваемого хлыста происходит при расстоянии хлыста до трактора около 5,5 м. Выбор рациональных параметров стрелы производился

при ее вылете 3,5-5 м.

Параметры стрелы манипулятора выбирались из условия нагружения его при подтаскивании хлыста за вершину. Анализ данных расчета позволил установить, что достаточный запас устойчивости и снижение динамических нагрузок на стреле имеет место при значениях C_c в пределах 25-30 кН/м. При этом значения рекомендуемых размеров диаметра внешней трубы стрелы составляют 130-25,2 см при толщине стенки 0,4-0,7 см (рис.8)

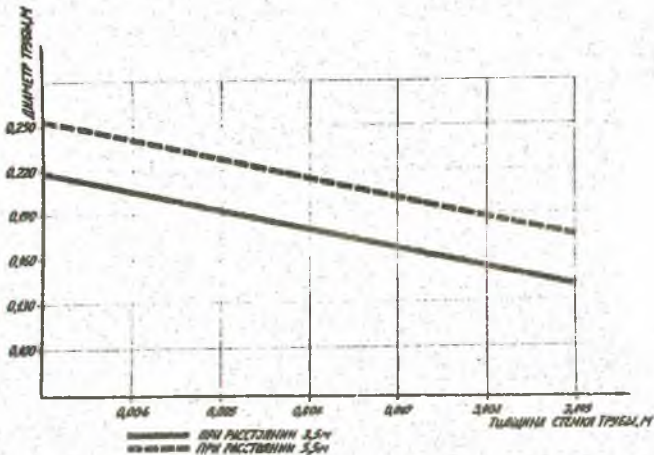


Рис.8. Зависимость диаметра внешней трубы от толщины стенки

В четвертой главе изложена методика и результаты экспериментальных исследований процесса подтаскивания древесины манипулятором.

Для регистрации вертикальных реакций, действующих на колеса трактора, силы подтаскивания, угла наклона стрелы в вертикальной плоскости и расстояния до трактора применялась аппаратура, позволяющая регистрировать изменение параметров по времени. Обработка данных велась на ЭВМ статическими методами.

Определение силовых характеристик процесса подтаскивания древесины производилось с использованием методов планирования эксперимента по центральному композиционному плану по трем факторам. Графики изменения силы подтаскивания, реакций, действующ-

щих на колеса трактора при подтаскивании древесины в зависимости от объема хлыста, его расположения на лесосеке относительно продольной оси трактора приведены в табл.2. Как видно из таблицы, усилия, действующие на колеса трактора при подтаскивании хлыста с объемом 1 м^3 , а также сила подтаскивания за вершину на 10-30% больше, чем при подтаскивании за комель. Это объясняется тем, что при подтаскивании хлыста за вершину за счет не гладко обрубленных ветвей создается дополнительное сопротивление волочению.

Таблица 2

Зависимость действующих нагрузок на колеса трактора от угла расположения хлыста на пасеке α_0 , расстояния S_0 при подтаскивании ($V = 1 \text{ м}^3$)

α_0 , град	S_0 , м	Параметры, Н			
		$R_{\text{под}}$	R_B	R_A	R_C
0	3,5	<u>5880</u>	<u>7980</u>	<u>18600</u>	<u>18600</u>
		<u>6360</u>	<u>5800</u>	<u>20600</u>	<u>20600</u>
	5,5	<u>5860</u>	<u>6940</u>	<u>20360</u>	<u>20460</u>
		<u>7000</u>	<u>3010</u>	<u>22100</u>	<u>22100</u>
	7,5	<u>5820</u>	<u>5840</u>	<u>20200</u>	<u>20200</u>
		<u>6910</u>	<u>2980</u>	<u>23010</u>	<u>23010</u>
30	3,5	<u>5850</u>	<u>8340</u>	<u>20930</u>	<u>18320</u>
		<u>6280</u>	<u>4250</u>	<u>23050</u>	<u>16120</u>
	5,5	<u>5760</u>	<u>6930</u>	<u>23090</u>	<u>19320</u>
		<u>6950</u>	<u>4940</u>	<u>29010</u>	<u>19910</u>
	7,5	<u>5860</u>	<u>7120</u>	<u>23210</u>	<u>19120</u>
		<u>6870</u>	<u>3880</u>	<u>27220</u>	<u>17060</u>
60	3,5	<u>5890</u>	<u>6860</u>	<u>23430</u>	<u>9130</u>
		<u>6230</u>	<u>6730</u>	<u>27240</u>	<u>6820</u>
	5,5	<u>5860</u>	<u>6810</u>	<u>24310</u>	<u>9560</u>
		<u>6340</u>	<u>5890</u>	<u>30950</u>	<u>7710</u>
	7,5	<u>5710</u>	<u>6750</u>	<u>23220</u>	<u>6330</u>
		<u>6730</u>	<u>5930</u>	<u>34030</u>	<u>5960</u>

Примечание: числитель - за комель, знаменатель - за вершину.

Точность выведенных уравнений оценивалась сравнением экспериментальных и расчетных данных. Несовпадение расчетных и экспериментальных данных составляет до 5,5 %.

В пятой главе изложена методика и результаты исследований рабочего места оператора. Исследования проводились с целью установления категории тяжести работы оператора и степени его утомления. Степень утомления оператора изучалась в динамике в течение рабочей смены.

При оценке условий труда на рабочем месте, с точки зрения темпа работы, было установлено, что на рубках ухода он составляет 520-540, на сплошных 590-607 движений в час, что соответствует 2 категории условий труда.

Изменения частоты пульса, режима труда и отдыха в течение смены оператора показаны на рис.9. На графике изменение пульса четко выделяются фазы работоспособности: вработываемости (9²⁰-10 и 14-15 ч), высокой работоспособности (10-12 и 15-17 ч) и снижение работоспособности (12-13 и 17-18 ч). Баланс рабочего времени оператора распределялся следующим образом: подготовительное заключительное время - 36 мин, обслуживание рабочего места - 16 мин, отдых - 32 мин и личные надобности-10 мин, оперативное время - 386 мин. Фаза высокой работоспособности составляет 243 мин за смену.

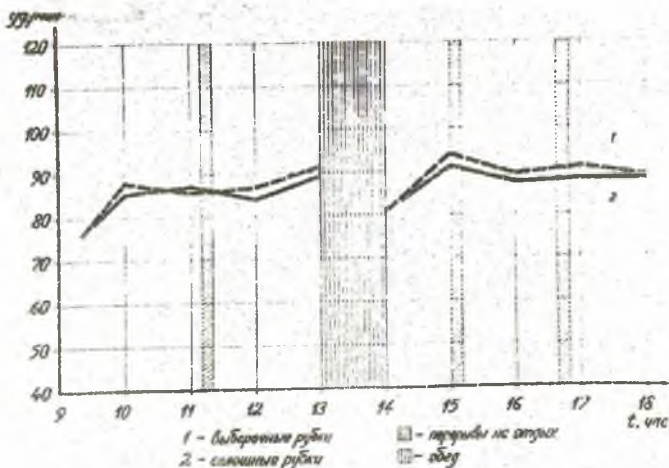


Рис.9. Изменение частоты пульса, режима труда и отдыха оператора телескопического манипулятора МТТ-10.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Анализ публикаций по вопросам технологий и оборудования для механизированной трелевки древесины о рубок ухода показывают, что манипуляторы с телескопическими стрелами, по сравнению со шарнирно-сочлененными, имеют ряд технических и технологических преимуществ. Прямолинейность подачи телескопической стрелы в насаждение облегчает работу оператора и способствует уменьшению повреждаемости оставленных деревьев. Возможность подтаскивания хлыстов по земле позволяет значительно уменьшить массу агрегата, что снижает его отрицательное воздействие на водно-физические свойства почвы и увеличивает маневренность трактора. Все это указывает, что для рубок в средневозрастных насаждениях манипулятор с телескопической стрелой является перспективным техническим средством.

2. Опубликованные результаты исследований по устойчивости и динамической нагруженности машин, оборудованных шарнирно-сочлененными стрелами, не могут быть полностью приняты для расчета телескопических стрел, так как не учитывают ряд важных параметров: меняющуюся зависимо от вылета жесткость стрелы, упруго-динамическую характеристику перемещаемого хлыста и т.д. Следовательно стали необходимыми специальные исследования манипулятора с телескопической стрелой.

3. Наши исследования вертикальных нагрузок при подтаскивании древесины телескопическим манипулятором позволили установить:

- значения вертикальных реакций, действующих на колеса трактора, при подтаскивании хлыстов за комли на 10-30 % меньше, чем за вершины;

- устойчивость трактора существенно уменьшается при вылете стрелы более 6,5 м; особо опасное по условию устойчивости продольное положение, поэтому в продольном направлении подтаскивание с расстояния более 6,5 м допускается только хлыстов объемом 0,6 м³;

- численное значение вертикальных реакций на грунт от передних колес трактора, по сравнению с реакциями транспортного положения в зависимости от объема хлыста ($V = 0,1-1,00 \text{ м}^3$), уменьшаются в 2,45-4,65 раза.

4. Математическая модель, имитирующая работу манипулятора при пакетировании хлыстов, применима для определения основных конструктивных и экспериментальных данных находится в пределах 4,5-8,1 %.

По расчетам установлено:

- по условию продольной устойчивости трактора, рекомендуемое значение жесткости стрелы составляет 30000 Н/м. Динамическая нагруженность снижается в 1,5-2,0 раза при установке опирающегося на землю пакетоформирующего устройства или датригеров;
- оптимальная скорость движения штока цилиндра подъема (опускания) стрелы находится в пределах 0,01-0,05 м/с;
- максимальные амплитуды колебаний отдельных элементов в вертикальной плоскости при вылете стрелы $\alpha + \psi \sin \phi = 3,5$ м ($V = 0,1+1,00$ м³) и подъеме (опускании) вершинной части хлыста возрастают в 2,5-3,0 раза по сравнению с колебаниями при подтаскивании. С увеличением вылета стрелы от 3,5 до 7,5 м колебания возрастают в 2,7-3,5 раза.

5. Разработанная математическая модель имитации работы манипулятора применима для изучения технологии применения и эксплуатационных показателей машины, так как расхождения расчетных и экспериментальных данных находятся в пределах 0,9-10,6 %.

По расчетам установлено:

- оптимальная ширина пасеки при разработке лесосеки, телескопическим манипулятором МТТ-10 составляет 30 м. При такой ширине пасеки достигается наибольшая сохранность подроста (до 80%), минимальные повреждения деревьев (5,3 %), водно-физических свойств почвы;

- оптимальный вылет стрелы составляет 9,5-10 м.

6. Исследованиями рабочего места оператора установлено:

- затраты энергии оператором при трелевке леса телескопическим манипулятором на рубках ухода в среднем на 12,1% ниже, чем при трелевке трактором с тросочокерным оборудованием;
- занятость оператора управлением манипулятора при пакетировании 1 м³ древесины с объемом хлыста 0,1-0,5 м³ составляет 75-270 с, а затраты труда при трелевке древесины от рубок ухода 2,7 ниже по сравнению с тросочокерным оборудованием;
- установка телескопической стрелы на тракторе не увеличивает интенсивность шума и вибраций, концентрации вредных веществ в зоне дыхания оператора;

- с увеличением среднего объема хлыста от 0,24 до 0,70 м³, в 2,2 раза уменьшается время и в 2,44 раза количество включенных рычагов.

7. Сменная производительность трактора с манипулятором МТТ-10 на рубках ухода в нормальных условиях на 22,0-31,1 % выше по сравнению с тросочерным оборудованием, а при тяжелых условиях на 19,9-23,3 %.

8. Экономический эффект от внедрения в производство манипулятора МТТ-10 составил 1757 руб/год. Снижение годовых затрат труда составило 289 чел.дней при годовом объеме работ 4723 м³.

Практические рекомендации:

- телескопический манипулятор целесообразно использовать для трелевки леса от рубок ухода с объемом хлыста 0,1-1,0 м³;
- манипулятором рекомендуется пользоваться при наличии пакетирующего устройства или ауригеров;
- с целью обеспечения надежного зажима подтаскиваемого хлыста в захвате и зажима трелемой пачки в конике в гидросистему трактора необходимо включить гидроаккумулятор;
- прочность элементов манипулятора, его устойчивость и динамическая нагруженность обеспечивается при следующих параметрах: жесткость стрелы $C_c = 30000 \text{ Н/м}$, допустимые напряжения $[\sigma] = 10^8 \text{ Н/м}^2$, толщина стенки трубы $\delta = 6 \text{ мм}$, внешний диаметр 22 см;
- расстояние трелевки не должно превышать 300 м, т.к. с увеличением расстояния трелевки до 500 м производительность манипулятора снижается в 1,5-2,0 раза.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах с заверенными подписями просим прислать по адресу: 220630, г. Минск, ул. Свердлова, 13^а, БТИ.

Эванс

Эдуард Антонович Дваранаускас

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТРЕЛЕВОЧНОГО ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОГО
МАНИПУЛЯТОРА И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ НА РУБКАХ УХОДА В
СРЕДНЕВОЗРАСТНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ**

Подписано к печати 88.08.25 ЛВ 02369

Формат 60x84 1/16. Тираж 100 экз. 1 п.л. Бесплатно. Стпечатано
на ротопринтере типографии „Райде“ г. Каунас, ул. Спаустувиннику
11. Заказ № 22477