

629  
П 30

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

УДК 630.31629.114.3

630\*377.45(043.3)

ПЕТРОВИЧ ОЛЕГ ВАСИЛЬЕВИЧ

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МАНЕВРЕННОСТИ  
ЛЕСОВОЗНОГО АВТОПОЕЗДА С РЕГУЛИРУЕМЫМ УСТРОЙСТВОМ  
УПРАВЛЕНИЯ ПРИЦЕПОМ-РОСПУСКОМ

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 ЖУКОВ А.В.

Официальные оппоненты - доктор технических наук,  
профессор ЛЕОНОВИЧ И.И.,  
кандидат технических наук,  
старший преподаватель  
НАСКОВЕЦ М.Т.

Ведущая организация - ПО "БелавтоМАЗ", Минский автомобильный завод (МАЗ)

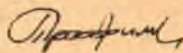
Защита диссертации состоится "20" июня 1995 года в 14<sup>00</sup> часов на заседании совета по защите диссертаций К.056.01.01 Белорусского государственного технологического университета.

Адрес: 220630, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, корпус 4, зал заседаний.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского государственного технологического университета.

Автореферат разослан "20" июня 1995 года

Ученый секретарь совета  
по защите диссертаций  
доцент



ТРОФИМОВ С.П.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

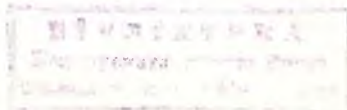
Актуальность работы. Транспорт древесины выполняет важную связующую роль между производствами лесопромышленного комплекса Беларуси. Одним из основных показателей работы лесовозного автопоезда является маневренность, которая в значительной мере определяется свойствами системы управления автопоездом.

Тема исследований является актуальной и направлена на улучшение маневренных свойств лесовозного автопоезда путем применения регулируемого привода управления прицепом-ропуском. Решение данной задачи позволяет существенно уменьшить ширину габаритной полосы движения автопоезда, повышает надежность работы системы управления и безопасность движения автопоезда в целом, обеспечивает комплексное улучшение технико-экономических показателей лесотранспортного средства.

Цель работы – повышение эксплуатационных свойств лесовозных автопоездов за счет улучшения их маневренности при использовании регулируемых устройств управления прицепом-ропуском.

### Задачи исследований:

- произвести классификацию систем и способов управления длиннобазными автопоездами;
- разработать кинематическую модель криволинейного движения лесовозного автопоезда;
- разработать динамическую модель поворота лесовозного автопоезда;
- разработать оптимальные способы управления лесовозными автопоездами;
- разработать методику расчета конструктивных, кинематических и динамических параметров системы управления лесовозного автопоезда;
- разработать и изготовить новую конструкцию системы управления прицепом-ропуском лесовозного автопоезда;
- провести исследовательские испытания маневренных свойств лесовозного автопоезда с регулируемым устройством управления прицепом-ропуском;



- установить кинематические и динамические характеристики системы управления лесовозным автопоездом;
- экспериментально проверить точность разработанных расчетных методик и математических моделей;
- дать рекомендации по улучшению маневренных свойств и безопасности эксплуатации лесовозных автопоездов.

Научная новизна. Предложены функциональные схемы и принципы управления прицепами автопоезда, которые обеспечивают контроль и необходимую корректировку траектории движения прицепного звена. Исследованы закономерности криволинейного движения лесовозного автопоезда и получены аналитические выражения, описывающие взаимодействие звеньев автопоезда и его системы управления. Разработана комплексная математическая модель криволинейного движения лесовозного автопоезда, которая позволяет учитывать связь между кинематическими и динамическими свойствами поворота автопоезда и работой его системы управления на всех этапах криволинейного движения. Созданная модель позволяет производить оценку маневренных свойств автопоезда и осуществлять выбор рациональных параметров его системы управления аналитически, не прибегая к графическим построениям.

Практическая значимость полученных результатов. Полученные в работе расчетные методики и рекомендации могут быть использованы для проектирования лесовозных автопоездов с различными техническими характеристиками. Использование разработанных методик, реализованных в виде программных средств для ЭВМ, позволяет прогнозировать и производить расчет маневренных свойств проектируемых автопоездов, делать выбор рациональных параметров системы управления автопоезда, сокращать сроки проектных работ.

Реализация результатов работы. Конструкция регулируемого устройства управления прицепом-ропуском лесовозного автопоезда МАЗ-5434+ГКБ-9362 и методика регулирования крестообразной сцепки внедрены на ПО "Борисовдрев". Фактический годовой экономический эффект по ценам 1991 года составил 10.374 руб.

Основные положения, выносимые на защиту:  
классификация существующих систем и способов управления транспо-

ртными средствами по кинематическим, динамическим и функциональным свойствам;

математическая модель работы крестообразной сцепки лесовозного автопоезда, представленная как действие двух симметричных относительно дышла четырехшарнирных механизмов, работающих попеременно и в противофазе;

аналитические выражения, устанавливающие связь между параметрами работы системы управления и характеристиками курсового движения звеньев лесовозного автопоезда на различных участках криволинейной траектории;

кинематическая модель криволинейного движения лесовозного автопоезда, которая учитывает воздействие на управляемые колеса прицепа-ропуски передаточной функции его системы управления; динамическая модель поворота лесовозного автопоезда с управляемыми колесами прицепа-ропуски, которая учитывает четыре степени свободы каждого из звеньев автопоезда: продольное перемещение, поперечное перемещение, вращение вокруг вертикальной оси, проходящей через центр масс, а также крен поддрессоренных масс относительно неподдрессоренных;

способы оптимального управления длиннобазными автопоездами, позволяющие производить контроль и корректировку направления движения транспортного средства;

конструкция регулируемого устройства управления колесами прицепа-ропуски, учитывающая особенности эксплуатации лесовозного автопоезда и повышающая его маневренные качества.

Личный вклад соискателя. Диссертация является результатом непосредственной работы соискателя. Им проведена классификация систем и способов управления длиннобазными автопоездами по кинематическим, динамическим и функциональным свойствам. Разработаны кинематические и динамические модели криволинейного движения лесовозного автопоезда, позволяющие аналитическим путем производить оценку маневренных свойств лесовозного автопоезда. Предложена методика выбора рациональных параметров системы управления прицепом-ропуском лесовозного автопоезда. Разработаны принципы оптимального управления прицепным звеном. При участии автора со-

здана конструкция регулируемого привода управления прицепом-роспуском. Проведены лабораторные и производственные испытания лесовозного автопоезда с регулируемым приводом управления прицепом-роспуском и даны соответствующие рекомендации.

Апробация результатов исследований. Результаты диссертационной работы докладывались на ВНИИ "Повышение эффективности проектирования, испытаний, эксплуатации автомобилей и строительно-дорожных машин", ноябрь, 1988 г., г. Горький и научно-технических конференциях Белорусского государственного технологического университета по итогам научно-исследовательских работ за 1986-1995 гг.

Публикации. По результатам исследований опубликовано 4 статьи, 3 тезисов конференций, 1 депонированная рукопись, 9 авторских свидетельств и положительных решений на изобретения.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 192 страницах и состоит из введения, общей части, 5 глав, общих выводов, списка использованных источников (112 наименований), приложений. Работе иллюстрирована 8 таблицами и 42 рисунками. Рисунки и приложения занимают 72 страницы.

#### ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первая глава посвящена изучению состояния вопроса по исследованиям криволинейного движения длиннобазных автопоездов и связанных с ним проблем. Исследования криволинейного движения транспортных средств широко представлены в фундаментальных работах Е.А. Чудакова, А.С. Литвинова, Я.Е. Фаробина, Я.М. Певзнера, Я.Х. Закила и ряда других ученых. Вопросы криволинейного движения лесовозных автопоездов непосредственно рассматривались В.А. Горбачевским, В.И. Кувадиным, В.П. Лахио, И.И. Леоновичем и другими исследователями.

Обзор работ, выполненный этими авторами, а также анализ существующих систем и способов управления длиннобазными автопоездами показал, что одним из важнейших резервов повышения эффективности работы лесовозных автопоездов как длиннобазных транспорт-

ных средств является улучшение их маневренных свойств, достигаемое путем уменьшения габаритной полосы движения лесовозного автопоезда при его повороте с помощью регулируемых устройств управления прицепом-ропуском.

Вторая глава посвящена теоретическим исследованиям кинематики и динамики криволинейного движения лесовозного автопоезда.

Получены аналитические выражения, описывающие работу крестообразной сцепки автопоезда относительно продольной оси прицепа-ропусса как действие двух симметричных относительно дышла четырехшарнирных механизмов, работающих попеременно и в противофазе. Это позволило установить функциональную зависимость между углом  $\delta$  складывания автопоезда и углом  $\beta$  поворота управляемых колес прицепа-ропусса на повороте. Проведен анализ кинематики движения и взаимодействия звеньев лесовозного автопоезда на повороте в неподвижной и подвижных системах координат (рис. 1.). На разных этапах поворота автопоезда (вход в поворот, круговое движение и выход из поворота) вращения автомобиля-тягача и управляемой колесной тележки прицепа-ропусса происходят относительно мгновенных центров поворота:  $O_{a1}$ ,  $O_{a2}$ ,  $O_{a3}$ ,  $O_{T1}$ ,  $O_{T2}$ ,  $O_{T3}$ ,  $O_{T4}$ . Основные кинематические положения лесовозного автопоезда и его звеньев на повороте были определены с помощью коэффициентов маневрирования автопоезда  $k_M$  и управляемой колесной тележки  $k_{MT}$  прицепного звена:

$$k_M = \frac{\omega_a}{\omega_{\Pi}} = \frac{R_{\Pi}^C}{R_a^C}; \quad k_{MT} = \frac{\omega_T}{\omega_{\Pi}} = \frac{R_T^B}{R_T} \quad (1)$$

Аналитическим путем было установлено, что при входе лесовозного автопоезда в поворот коэффициент  $k_M > 1$ . В начальный период входа автопоезда в поворот абсолютные угловые скорости прицепа-ропусса  $\omega_{\Pi}$  и его управляемой колесной тележки  $\omega_T$  взаимно противоположнонаправлены, поэтому коэффициент  $k_{MT} < 0$ . Когда абсолютное значение угловой скорости  $\omega_{\Pi}$  достигнет значения угловой скорости  $\beta$  поворота колесной тележки относительно прицепа-ропусса, тогда  $\omega_T = 0$  и  $k_{MT} = 0$ . Происходит смена фаз в работе крестообразной сцепки лесовозного автопоезда, и колеса прицепа-ропусса совершают неуправляемое поступательное движение. Продолжи-

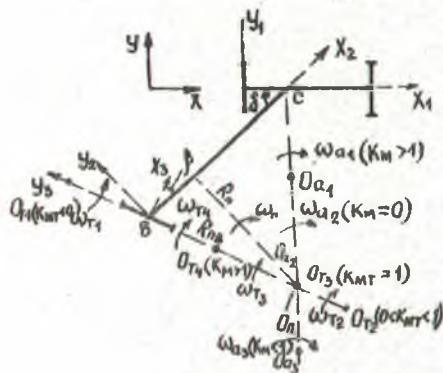


Рис. 1. Кинематическая схема поворота лесовозного автопоезда.

период выхода автопоезда из поворота, когда его ведущее и ведомое звенья движутся по криволинейной траектории,  $0 < k_M < 1$ . В дальнейшем, когда автомобиль-тягач движется по прямой траектории, а прицеп-роспуск находится еще на повороте,  $k_M = 0$ . Полученные аналитические соотношения позволяют определить основные кинематические положения лесовозного автопоезда при его движении по криволинейной траектории, продолжительность действия и смену фаз работы крестообразной сцепки автопоезда.

Для оценки маневренных свойств лесовозного автопоезда были получены аналитические функциональные зависимости, устанавливающие связь между траекториями движения звеньев лесовозного автопоезда (рис. 2) на повороте. В представленной схеме рассматриваются поступательные перемещения автомобиля-тягача и прицепа-рос-

пускательного периода неуправляемого движения прицепа-роспуска определяется конструктивными параметрами системы управления и ее регулировкой. После смены фаз работы системы управления направления угловых скоростей  $\omega_{II}$  и  $\omega_{T2}$  совпадут. Тогда на конечном этапе входа автопоезда в поворот  $0 < k_{MT} < 1$ , так как  $\omega_{T2} < \omega_{II}$ . Установившемуся движению автопоезда по окружности соответствуют значения коэффициентов  $k_M = 1$  и  $k_{MT} = 1$ , поскольку  $\omega_{T3} = \omega_{II} = \omega_a$ . При выходе автопоезда из поворота  $k_{MT} > 1$ , т.к.  $\omega_{T4} > \omega_{II}$ . В начальный



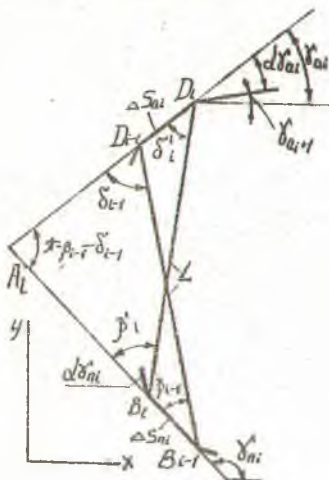


Рис. 2. Траектории звеньев автопоезда

пуска на элементарных участках траекторий их движения  $\Delta v_{a1}$  и  $\Delta v_{п1}$  относительно мгновенного центра А пересечения направлений движений звеньев автопоезда, которые определяются курсовыми углами  $\gamma_{a1}$  и  $\gamma_{п1}$  движения этих звеньев. Изменения  $dy_{a1}$  и  $dy_{п1}$  курсовых углов происходит дискретно в момент перехода звеньев автопоезда на последующие элементарные участки соответствующих траекторий. С помощью тригонометрических преобразований было установлено, что при известных значениях элементарного перемещения  $\Delta v_{a1}$ , длины L базы прицепа-ропуска, углов  $\delta_{i-1}$  складывания автопоезда и  $\beta_{i-1}$  поворота управляемых колес прицепа-ропуска элементарное перемещение  $\Delta v_{п1}$  определяется на основании выражения:

$$\Delta v_{п1} = \frac{L}{r \sin(\beta_{i-1} + \delta_{i-1})} (\sin \delta_{i-1} - \sin \delta'_i), \quad (2)$$

где

$$\delta'_i = \beta_{i-1} + \varepsilon_{i-1} - \arcsin\left(\sin \beta_{i-1} + \frac{\Delta v_{a1}}{L} \sin(\beta_{i-1} + \delta_{i-1})\right). \quad (3)$$

Угол складывания  $\delta_i$  автопоезда на повороте определяется из уравнения:

$$\delta_i = \delta'_i - dy_{a1}. \quad (4)$$

Угол  $\beta_i$  поворота управляемых колес прицепа-ропуска находится с помощью передаточной функции  $\beta = f(\delta)$ . Таким образом, предложенный алгоритм позволяет последовательно по известным данным

первоначального положения автопоезда, а также данным продольной скорости автомобиля-тягача и закона изменения угловой скорости его управляемых колес либо траектории движения определять траектории поворота всех остальных точек проекции автопоезда на горизонтальную плоскость. С помощью предложенной методики определялись габаритная полоса движения автопоезда на повороте и кинематические параметры взаимодействия его звеньев и системы управления на повороте.

Динамическая модель криволинейного движения лесовозного автопоезда представлена на рис. 3 и описывается двумя системами уравнений: для системы координат  $X_1 O_1 Y_1$  и для системы координат  $X_2 O_2 Y_2$ .

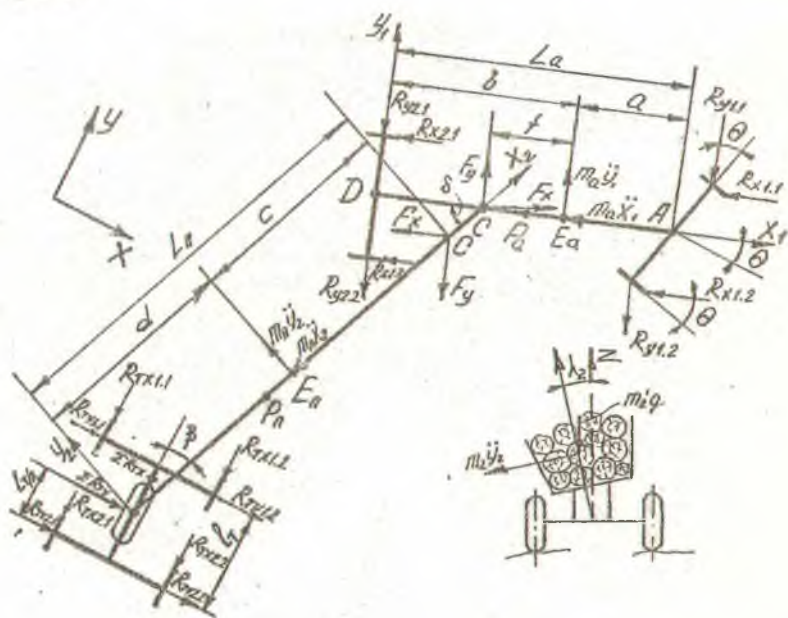


Рис. 3. Динамическая модель поворота лесовозного автопоезда.

В главе рассмотрено два подхода к решению динамической модели. В первом случае динамическая модель была представлена в виде системы дифференциальных уравнений, которая решалась методом Рунге-Кутты. Во втором случае динамические параметры поворота лесовозного автопоезда определялись на основании кинестатического расчета методом последовательных приближений.

Отличительной особенностью рассмотренной расчетной модели является то, что ее динамические показатели рассматриваются в зависимости от кинематики взаимодействия ее звеньев и работы системы управления.

Третья глава посвящена выбору и проектированию систем и способов оптимального управления прицепом-ропуском лесовозного автопоезда. Проведена классификация систем и способов управления транспортными средствами по их функциональным связям, которая показала, что наиболее перспективными системами управления прицепным звеном длиннобазного автопоезда являются системы управления замкнутого типа с обратной функциональной связью, которая позволяет производить корректировку направления движения прицепа-ропуски в случае его отклонения от заданной траектории. В системе управления прицепом-ропуском лесовозного автопоезда обратная связь осуществляется через устройство стабилизации, регулирующее взаимодействие между тросами в работе крестообразной сцепки автопоезда.

В главе предложены конструкции регулируемых приводов управления прицепом-ропуском незамкнутого и замкнутого типов, которые позволяют при необходимости изменять значение передаточной функции привода на различных этапах поворота лесовозного автопоезда. Осуществлен выбор конструкции регулируемой замкнутой системы управления прицепом-ропуском лесовозного автопоезда, которая обеспечивает контроль и регулировку работы системы управления на всех этапах криволинейного движения автопоезда и существенно улучшает его маневренные свойства.

В четвертой главе освещены вопросы планирования и проведения испытаний маневренных свойств лесовозного автопоезда. Испытания включали в себя два этапа исследований параметров маневре-

ности лесовозного автопоезда МАЗ-5434+ГКВ-9362: лабораторно-модельные и производственные.

Лабораторно-модельные испытания, выполненные с помощью модели лесовозного автопоезда, изготовленной в соответствии с основными критериями подобия, позволили в широком диапазоне осуществить исследования параметров маневренности лесовозного автопоезда и принципов работы его системы управления.

Производственные испытания показали, что в практическом применении принцип действия и свойства предложенной системы управления соответствуют описанию ее работы, данному в гл. 3. Конструкция устройства управления в полной мере удовлетворяет требованиям, предъявляемым к системам управления прицепным звеном лесовозного автопоезда по своим функциональным, конструктивно-компоновочным и эксплуатационным свойствам.

Пятая глава посвящена анализу результатов исследований. В экспериментальных исследованиях, определяющих маневренные свойства лесовозного автопоезда и параметры работы его системы управления, использовались два вида измерений: прямые и косвенные.

Для оценки погрешности результатов прямых измерений были проведены исследования отклонений радиуса траекторий автомобиля-тягача от радиуса кривизны кругового участка заданной траектории поворота автопоезда. Исследования показали, что максимальная относительная погрешность измерений была при минимальном радиусе поворота автопоезда ( $R = 12$  м) и равнялась 0.17% в лабораторно-модельных испытаниях и 0.58% в лабораторно-дорожных испытаниях, что не превышает допустимый по нормативным документам 2%-ый предел погрешностей данных линейных измерений.

Погрешность косвенных измерений углов поворота управляемых колес автомобиля-тягача составила 0.09°, что менее 0.5° допустимого максимального значения отклонений данных угловых измерений. В таких же пределах находились расхождения по линейным и угловым параметрам маневренности лесовозного автопоезда между их теоретическими и экспериментальными значениями.

Значения усилий в тросах системы управления достигали 80 кН. Расхождения между теоретическими и экспериментальными данными

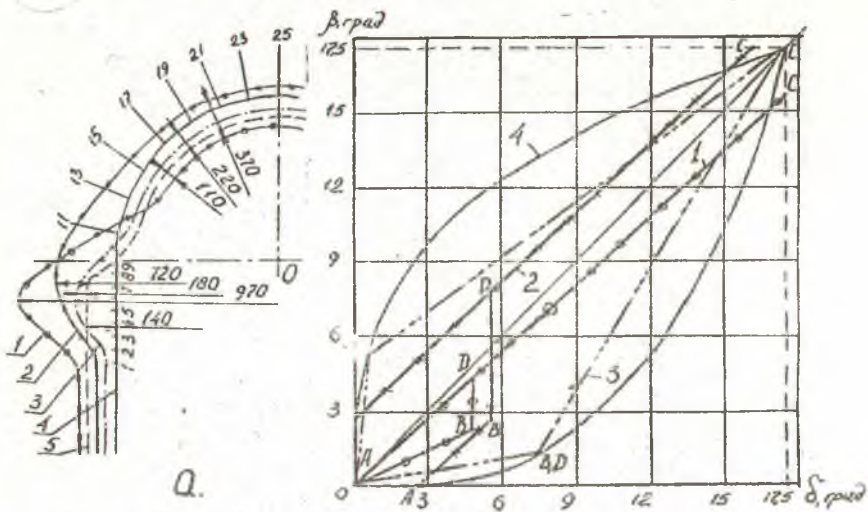


Рис. 4. Закономерности взаимодействия звеньев автопоезда на повороте: а – траектории поворота звеньев автопоезда, б – петля вписываемости автопоезда в поворот.

параметров динамической нагруженности системы управления не превышали 15%.

Планы вписывания в кривую с радиусом 20 м при повороте на 180° лесовозного автопоезда МЛЗ-5434+ГКБ-9362 с разными условиями регулировки его системы управления представлены на рис. 4а, на котором показаны участки входа автопоезда в поворот и его движения по окружности. Линии 1, 2, 3 описывают соответственно траектории заднего наружного колеса прицепа-ропуска при условии предварительного натяжения тросов крестообразной сцепки усилиями в 6 кН и 1 кН, а также в случае использования разработанной регулируемой крестообразной сцепки с обратной связью. Линии 4 и 5 описывают траектории наружных колес переднего и заднего мостов автомобиля-тягача. Показанным на рис. 4а траекториям 1, 2, 3 по-

ворота прицепа-ропуса соответствуют линии 1, 2, 3 петель вписывания автопоезда в этот поворот, представленные на рис. 4б. Линия 4 характеризует идеальную петлю вписывания, когда автомобиль-тягач и прицеп-ропус движутся по единой траектории. Петля вписываемости автопоезда отражает связь между передаточной функцией

$$i = \frac{\beta}{\delta}$$
 системы управления и формой траектории поворота автопоезда, описывает конструктивные особенности автопоезда и его системы управления. Сравнение и анализ соответствующих кривых на рис. 4а и рис. 4б показал, что при входе автопоезда в поворот ( $k > 0$ ) последовательно выполняются условия:  $k_{MT} < 0$  и  $k_{MT} = 0$ , которые описываются участками АВ и ВD петель 1, 2, 3 (рис. 5б). Участок ОА петли 2 характеризует запаздывание в работе системы управления, которое является результатом провисания слабонатянутых тросов крестообразной сцепки автопоезда. Начальному этапу поворота автопоезда, описываемому участками АВ и ВD (рис. 4б), соответствует отклонение траекторий 1, 2, 3 (рис. 4а) прицепа-ропуса от траектории автомобиля-тягача на 0.97, 0.72 и 0.18 метра соответственно. Для петли 3 положение точек В и D совпадает, что свидетельствует об отсутствии неуправляемого движения прицепа-ропуса на повороте. Участки DC петель вписываемости соответствуют условию  $0 < k_{MT} < 1$ . Точки С петель вписываемости 1, 2, 3 характеризуют движение по круговой траектории ( $k_M = k_{MT} = 1$ ). Верхние участки СО петель 1, 2, 3 описывают выход автопоезда из поворота ( $k_M < 1, k_{MT} > 1$ ). Таким образом, на всех этапах криволинейного движения автопоезда последовательно выполняются условия взаимодействия звеньев автопоезда и его системы управления, описанные с помощью коэффициентов  $k_M$  и  $k_{MT}$  в гл. 2. Применение регулируемой крестообразной сцепки лесовозного автопоезда позволило путем изменения передаточного числа системы управления и использования функциональной обратной связи уменьшать внешнее отклонение прицепа-ропуса от колеи автомобиля-тягача на начальном этапе поворота автопоезда более, чем в пять раз, и устранить период неуправляемого движения автопоезда в момент смены фаз работы крестообразной сцепки.

На основании результатов теоретических и экспериментальных

исследований криволинейного движения лесовозного автопоезда в главе дается оценка маневренных свойств автопоезда и приводятся диаграммы вписываемости автопоезда в поворот при различных радиусах поворота и конструктивных параметрах системы управления.

#### ВЫВОДЫ

1. Проведенный в работе анализ систем и способов управления транспортными средствами показал, что наиболее высокие показатели маневрирования длиннобазными автопоездами достигаются при использовании систем управления с регулируемым передаточным отношением.

2. Моделирование работы крестообразной сцепки лесовозного автопоезда в виде действия двух симметричных относительно длины четырехшарнирных механизмов, работающих при криволинейном движении автопоезда попеременно и в противофазе позволило исследовать все этапы работы крестообразной сцепки автопоезда на повороте. Установлено, что смена фаз в работе крестообразной сцепки автопоезда происходит при его движении на входной траектории поворота. При смене фаз работы четырехшарнирных механизмов крестообразной сцепки возникает кинематическое рассогласование в ее работе, в результате чего нарушается фиксированная связь прицепа-ропуски с тягачом. Для автопоезда МАЗ-5434+ГКБ-9362 изменение угла складывания автопоезда при неуправляемом движении прицепа-ропуски достигает  $4^{\circ}$ .

3. Предложенная в работе классификация систем и способов управления прицепом-ропуском лесовозного автопоезда по их функциональным связям, а также результаты исследований позволили установить, что полностью устранить кинематическое рассогласование в работе системы управления и повысить ее надежность позволяет применение обратной функциональной связи, которая производит корректировку и контроль за траекторией движения прицепного звена.

4. Разработанная комплексная математическая модель кинематики и динамики криволинейного движения длиннобазного автопоезда

дает возможность на стадии проектирования, не прибегая к графическим построениям, производить оценку маневренных свойств лесовозного автопоезда. Расхождения расчетных и экспериментальных данных при оценке кинематических параметров находятся в пределах 0.3%-1%. Расхождения при оценке динамической нагруженности конструкции системы управления прицепом-роспуском не превышают 15%. Предложенные расчетные методики и их программное обеспечение внедрены на Минском автомобильном заводе.

5. Использование разработанного регулируемого устройства управления прицепом-роспуском лесовозного автопоезда МАЗ-5434-ГЭС-9362 позволило уменьшить на повороте максимальное значение отклонения траектории прицепа-ропуска от траектории автомобиля-тягача с 1.78 м до 0.38 м, т.е. более, чем в 5 раз. Конструкция внедрена в ПО Борисовдрев.

6. Улучшение маневренных свойств лесовозного автопоезда при использовании регулируемого привода управления прицепом-роспуском позволило повысить среднетехническую скорость лесовозного автопоезда на 8%, снизить средний расход топлива на 2.3% и повысить среднюю годовую производительность на 4.1%.

#### СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Петрович О.В., Кирильчик А.И. Кинематический анализ работы системы управления лесовозного автопоезда с применением ЭВМ // Сб. Технология и оборудование заготовки и переработки древесины. Минск: Вышэйшая школа, 1988. - N 3. - С. 45-49.
2. Петрович О.В. Устройства копириного типа для управления прицепом-роспуском лесовозного автопоезда. // Сб. Технология и оборудование заготовки и переработки древесины. - Минск: Вышэйшая школа, 1989. - N 4. - С. 51-56.
3. Жуков А.В., Петрович О.В., Кирильчик А.В. Методика оценки кинематических параметров тросовой системы управления лесовозного автопоезда // Известия высших учебных заведений. Архангельск. Лесной журнал. - 1990. - N 1. - С. 29-34.
4. Жуков А.В., Петрович О.В. Определение положения прицепа-ро-



- спуска лесовозного автопоезда на траектории поворота. // Известия высших учебных заведений. Архангельск. Лесной журнал.- 1991.- № 6.- С. 45-49.
5. Жуков А.В., Петрович О.В., Кирильчик А.В. Проектирование систем управления автопоездов с использованием ЭВМ // Повышение эффективности проектирования, испытаний, эксплуатации автомобилей и строительско-дорожных машин: Тез. докл. конф.- Горький,- 1988.- С. 7.
6. Петрович О.В., Кирильчик А.В., Асмоловский М.К. Оценка надежности автопоездов с координатными системами управления // Повышение эффективности проектирования, испытаний, эксплуатации автомобилей и строительско-дорожных машин: Тез. докл. конф.- Горький,- 1988.- С. 9.
7. Петрович О.В. Особенности конструкций систем управления лесовозным автопоездом. // Материалы юбилейной НТК по итогам научно-исследовательских работ. БТИ им.Кирова-60: Тез. докл. конф.- Минск, 1990.- С. 59.
8. Петрович О.В., Кирильчик А.В. Особенности конструкций и требования, предъявляемые к системам управления лесовозных автопоездов. / Библиографический указатель "Депонированные научные работы".- М., 1989.- № 1.- С. 134.- Деп. в ВИНИТИ 23.09.88, № 2345- лб88.
9. А. с. 1475850 СССР, МКИЗ В 62 D 13/02. Устройство для управления колесами прицепа звена транспортного средства / А.И. Кирильчик, А.В. Жуков, О.В. Петрович, В.А. Симанович, А.И. Арабей, М.К. Асмоловский (СССР).- № 4016514/30-11; Заявлено 23.12.85; Опубл. 30.04.89, Бюл. № 16.- 4 с.
10. А. с. 1430307 СССР, МКИЗ В 62 D 13/02. Устройство для стабилизации движения длиннобазного автопоезда / А.В. Жуков, О.В. Петрович, А.И. Кирильчик, М.К. Асмоловский, В.П. Шило (СССР).- № 4249011/31-11; Заявлено 25.05.87; Опубл. 15.10.88, Бюл. № 38.- 4 с.
11. А. с. 1495193 СССР, МКИЗ В 62 D 13/02. Устройство для управления колесами прицепа-ропуски / А.И. Кирильчик, А.В. Жуков, О.В. Петрович, В.А. Симанович (СССР).- № 4343950/31-11;

- Заявлено 15.12.87; Оpubл. 23.07.89, Бюл. N 27.- 4 с.
12. А. с. 1592209 СССР, МКИЗ В 62 D 13/02. Способ управления движением транспортного средства / А.В. Жуков, О.В. Петрович, А.И. Кирильчик, М.К. Асмоловский (СССР).- N 4442441/31-11; Заявлено 14.06.88; Оpubл. 15.09.90, Бюл. N 34.- 4 с.
13. А. с. 1668196 СССР, МКИЗ В 62 D 13/02. Способ управления поворотом многоосевенного транспортного средства / А.И. Кирильчик, О.В. Петрович, А.В. Жуков, С.Э. Бобровский (СССР).- N 4638053/31-11; Заявлено 16.01.89; Оpubл. 07.08.91, Бюл. N 29.- 4 с.
14. А. с. 1729881 СССР, МКИЗ В 62 D 13/02. Устройство для стабилизации движения длиннобазного автопоезда / О.В. Петрович, А.В. Жуков, М.К. Асмоловский, А.И. Кирильчик, В.П. Швилю, В.А. Папко (СССР).- N 1430307, N 4809840/11; Заявлено 04.04.90; Оpubл. 03.01.92, Бюл. N 16.- 6 с.
15. А. с. 1754552 СССР, МКИЗ В 62 D 13/00. Способ управления транспортным средством / А.В. Жуков, М.С. Высоцкий, О.В. Петрович, В.П. Швилю (СССР).- N 4847489/31-11; Заявлено 09.07.90; Оpubл. 15.08.92, Бюл. N 30.- 8 с.
16. Полож. реш. от 21.01.92. по заявке N 4907505 (РФ). Способ регулирования крестообразной сцепки транспортного средства / О.В. Петрович, А.В. Жуков, А.И. Кирильчик, В.А. Папко (РФ)
17. Полож. реш. от 28.10.93. по заявке N 4942631 (РФ). Способ маневрирования транспортного средства / О.В. Петрович, А.И. Кирильчик (РФ)

#### РЕЗЮМЕ

диссертация Петровича Олега Васильевича

"Обоснование параметров маневренности лесовозного автопоезда с регулируемым устройством управления прицепом-роспуском"

автопоезд, поворот, управление, маневренность, кинематика, динамика

Целью работы являлось повышение эксплуатационных свойств лесовозного автопоезда за счет улучшения его маневренности при использовании регулируемых устройств управления прицепом-ропуском. Методика исследований заключалась в проведении теоретических и экспериментальных исследований кинематических и динамических свойств криволинейного движения лесовозного автопоезда и работы его системы управления, сопоставлении и анализе результатов исследований. Разработана комплексная математическая модель криволинейного движения лесовозного автопоезда, которая позволяет учитывать связь между кинематическими и динамическими свойствами поворота автопоезда и работы его системы управления на всех этапах криволинейного движения лесовозного автопоезда. Использование разработанных методик, реализованных в виде программных средств для ЭВМ, позволяет прогнозировать и производить расчет маневренных свойств проектируемых автопоездов, делать выбор рациональных параметров системы управления автопоезда, сокращать сроки проектных работ.

#### РЕЗЮМЕ

дисертації Пятровича Алеґа Васи́льовича

"Абґрунтаванне параметраў маневранасці лесавознага аўтацягніка  
в регуляруемых уст­ройствах кіравання прыцепам-ропускам"

аўтацягнік, паварот, кіраванне, маневранасць, кінематыка, дынаміка

Метай работы з'яўлялася павышэнне эксплуатацыйных уласцівасцяў лесавознага аўтацягніка за кошт паліпшэння яго маневранасці пры выкарыстанні регуляруемых уст­ройстваў кіравання прыцепам-ропускам. Методыка даследаванняў заключалася ў правядзенні тэарэтычных і эксперыментальных даследаванняў кінематычных і дынамічных уласцівасцяў криволинейнага руху лесавознага аўтацягніка і работы яго сістэмы кіравання, параўнанні і аналізе вынікаў дас-

ледавання. Розпрацьована комплексна математична модель криво-лінійного руху лесавозного аутацягніка, яка дозволяє улічувати зв'язок між кінематичними і динамічними властивостями повороту аутацягніка і роботи його системи керування на всіх етапах криво-лінійного руху лесавозного аутацягніка. Використання розпрацьованих методик, які реалізовані у вигляді програмних засобів для ЕВМ, дозволяє прогнозувати і проводити розліки маневрних властивостей працездатних аутацягніків, зробіть вибір раціональних параметрів системи керування аутацягніка, скоротити термін працездатних робіт.

#### SUMMARY

of the Oleg V. Petrovich's dissertation

"Verification of parameters of the manoeuvrability ratings of the timber truck equipped by the adjustable devices for the pole trailer control"

timber truck, turn, control, manoeuvrability, kinematics, dynamics

The topic of the research is to improve the operational characteristics of the timber truck in virtue of the improvement of its manoeuvrability using adjustable devices for the pole trailer control. The methods of the research include the theoretical and experimental investigation of the kinematical and dynamical characteristics of the curvilinear traffic of the timber truck and its control system serviceability, the comparison and analysis of the research results. The developed comprehensive mathematical model of the timber truck curvilinear traffic permit us to take into account the connection between kinematical and dynamical characteristics of the timber truck turn and its control systems serviceability on each step of the

curvilinear traffic. The use of the developed methods realized as the programmes for a computer allows to predict and to analyse the manoeuvrable characteristics of the timber truck, to choose judicious parameters of the control system, and to reduce a designing time.



ПЕТРОВИЧ Олег Васильевич

Обоснование параметров маневренности лесовозного автопоезда с регулируемым устройством управления прицепом-ропуском

Подписано в печать 18.05.95. Формат 60x84 1/16  
Печать офсетная. Усл.печ.л. 1.3. Усл.кр.-отт. 1.3.  
Уч.-изд.л. 1.1

Тираж 100 экз. Заказ 140

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

Отпечатано на ротапринтере Белорусского государственного  
технологического университета  
220630, Минск, Свердлова, 13.