

630*3

У-92

БЕЛОРУССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ С.М. КИРОВА

630*383

на правах рукописи

ЧУПРАКОВ АЛЕКСАНДР МИХАЙЛОВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ ЛЕСОЗА -
ГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Специальность 05.21.01 "Технология и механизация
лесного хозяйства и лесозаготовок".

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени
кандидата технических наук

ММНСК 1978

Работа выполнена на кафедре сухопутного транспорта леса и дорожных машин БТИ им. С.М.Кирова

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор ЛЕОНИОВИЧ И.И.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор СИЛУКОВ Ю.Д.

кандидат технических наук,
доцент КОБАЛЕВ Н.Ф.

Ведущая организация - Всесоюзное производственное
объединение "Комилес-
пром".

Защита состоится " 17 " октября 1979 г.
на заседании специализированного совета К 056.01.01
Белорусского технологического института имени С.М.Кирова.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
Белорусского технологического института имени
С.М.Кирова.

Автореферат разослан " 9 " октября 1978 г.

Ученый секретарь специализированного совета,
к. с-х.н., доцент РИХТЕР И.Э.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

А к т у а л ь н о с т ь п р о б л е м ы. В соответствии с решениями XXV съезда КПСС о претворении в жизнь плана развития народного хозяйства в десятой пятилетке, перед работниками лесной промышленности стоят серьезные задачи в увеличении выпуска деловой древесины, в комплексном использовании сырья. При этом особое внимание уделяется развитию транспорта леса, улучшению состояния дорог и значительному увеличению темпов дорожного строительства.

В связи с тем, что большая часть трудовых затрат по лесным работам поглощается процессами, связанными с перемещениями древесины, технико-экономические показатели процесса лесозаготовок существенно зависят от принятых маршрутов перемещения древесины, определяемых схемой лесотранспортных путей в осваиваемом лесном массиве.

516749
Декабрьский (1977 года) Пленум ЦК КПСС уделил большое внимание более рациональному использованию трудовых, материальных и финансовых ресурсов, повышению эффективности капитальных вложений.

Большое значение в данных условиях приобретает дальнейшее совершенствование методов технико-экономических обоснований проектных решений, имея ввиду, что оценка их должна производиться с учетом взаимосвязи двух важнейших составляющих экономической эффективности - капитальных вложений и эксплуатационных затрат.

Показатели работы сухопутного транспорта леса, его ритmicность и эффективность во многом зависят от структуры и качества лесовозных дорог. В настоящее время планирование отдельных видов эксплуатационных расходов лесовозного автотранспорта и проведение различных технико-экономических расчетов проводится по нормам, разработанным для, так называемых, средних дорожных условий эксплуатации. За небольшим исключением, транспортные расходы на вывозке леса различными типами транспорта определяются расчетно-аналитическим методом на основе тарифных ставок и коэффициентов, применяемых на транспорте общего пользования, фактических данных по одной - двум дорогам, и как правило, носит приближенный ориентировочный характер.

Недостаточность исследований, имеющих целью выявления фактического уровня эксплуатационных затрат по вывозке древесины означает отсутствие надежного фундамента под нормативами, которые используются для расчетов по выявлению сравнительной экономической эффективности различных видов лесотранспорта, по обоснованию схем размещения транспортных путей в лесном массиве и для решения многих других задач.

Ц е л ь р а б о т ы. Настоящая работа посвящена исследованию эксплуатационных показателей лесовозных автомобильных дорог с целью определения их влияния на эффективность работы транспорта, способов их учета на различных этапах эксплуатации и обоснованию метода решения вопросов оптимизации дорожной сети лесозаготовительных предприятий, как единой комплексной задачи.

В диссертационной работе рассмотрены климатические, гидрологические и почвенно-грунтовые особенности районов строительства и эксплуатации лесовозных автомобильных дорог в условиях Коми АССР; исследовано влияние дорожных условий на показатели работы автотранспорта; разработана методика анализа структуры дорожной сети и способы ее оптимизации; оценена экономическая целесообразность применения типов покрытий лесовозных дорог для данного региона; освещены вопросы приложения результатов исследования к решению практических задач по повышению эффективности использования транспортных путей лесозаготовительных предприятий.

О б ъ е к т о м и с с л е д о в а н и я, базой экспериментальной проверки и внедрения результатов работы явились леспромхозы и технологические звенья основного производства лесозаготовительных предприятий объединения "Комилеспром", использованы также многочисленные данные о работе лесозаготовительных предприятий других производственных объединений.

М е т о д и к а в ы п о л н е н и я и с с л е д о в а н и я. Для решения поставленных задач принят комплексный метод исследований, включающий анализ данных научно-технической литературы, теоретические разработки и экспериментальные исследования с последующей проверкой теоретических и лабораторных данных в производственных условиях.

При выполнении диссертационной работы использованы приемы системного анализа, теории экономико-математического моделирования и математического программирования. Информационной ба-

этой работы послужили отечественные и зарубежные публикации по различным научным и прикладным аспектам рассматриваемых задач, методические и инструктивные материалы Минлеспрома СССР, данные статической отчетности, перспективные и текущие планы, а также результаты научных исследований по затронутым вопросам, выполненных в Коми филиале АН СССР и Институте Коми ГипроНИИлеспром в 1974-1976 гг., в которых автор принимал непосредственное участие как исполнитель работ.

Для обработки опытных данных, построения экспериментальных зависимостей и анализа исследуемых процессов с помощью математических моделей широко использовалась вычислительная техника.

Н а у ч н а я н о в и з н а заключается в том, что:

- установлены численные критерии эксплуатационных качеств лесовозных автомобильных дорог ряда лесозаготовительных предприятий объединения "Комилеспром";
- получены экспериментальные зависимости, отражающие влияние качества дорог на эффективность работы лесовозного автомобильного транспорта;
- предложен метод оценки условий эксплуатации с учетом сложности продольного профиля дорог;
- разработана методика анализа структуры дорожной сети и способы ее оптимизации;
- выявлены зависимости технико-экономических показателей работы транспорта от соотношения протяженности дорог разных категорий и видов, входящих в транспортную сеть;
- уточнена методика технико-экономического обоснования эффективности использования лесовозных автомобильных дорог.

П р а к т и ч е с к а я ц е н н о с т ь работы состоит в том, что в ней даны рекомендации производству по оценке и прогнозированию закономерностей изменения эксплуатационных и технико-экономических показателей лесовозных автомобильных дорог. Результаты исследования влияния различных факторов на эксплуатационные скорости движения автопоездов рекомендованы для практического использования при нормировании выработки на вывозке леса, разработке графиков движения, расчете производительности автопоездов и потребности горюче-смазочных материалов. Составленные алгоритм и программа могут быть использованы для решения частных задач по оптимизации параметров дорожной сети применительно к конкретным лесозаготовительным условиям.

Р е а л и з а ц и я р а б о т ы в п р о м ы ш л е н н о с т и .

Результаты настоящей работы нашли отражение в акте ведомственной приемочной комиссии Минлеспрома СССР от 25 сентября 1975 года и в заключении Производственно-технологического управления того же министерства от 14 ноября 1977 года о внедрении их в лесную промышленность. Кроме того, предлагаемая методика определения средней технической скорости движения с помощью полученной эмпирической зависимости и номограммы была апробована в Комсомольском ЛПХ объединения "Печорлес".

Расчет показал, что экономический эффект от внедрения результатов исследования в практику обоснования расчета эксплуатационных показателей составил до 10000 рублей в год.

А п р о б а ц и я р а б о т ы . Результаты реферируемой работы были доложены и обсуждены:

- на У1-й Коми Республиканской молодежной научной конференции г.Сыктывкар, апрель, 1974г.;
- на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава БТИ им.С.М.Кирова. Минск, 1975-1977г.;
- на У1 Всесоюзной научно-технической конференции аспирантов, соискателей и молодых специалистов лесной промышленности. ЦНИИМЭ, Химки, Московская обл., октябрь, 1977г.;
- на техническом совещании отдела сухопутного транспорта леса института Коми ГипроНИИлеспром. Сыктывкар, ноябрь, 1977г.;
- на научных семинарах кафедры сухопутного транспорта леса и дорожных машин БТИ им.С.М.Кирова. Минск, 1975-1977гг.;
- на У Коми Республиканской научно-технической конференции. Ухта, УИИ, март, 1978г.

П у б л и к а ц и и . Основные положения диссертации опубликованы в 11 печатных работах.

О б ъ е м р а б о т ы . Весь экспериментально-теоретический материал диссертации состоит из введения, пяти глав основного текста, выводов, списка литературы и четырнадцати приложений в виде таблиц, расчетных и экспериментальных данных, графиков и актов внедрения. Основная часть диссертации изложена на 158 страницах машинописного текста, содержит 31 рисунок, 48 таблиц. Перечень использованной литературы включает 117 наименований.

Тема диссертационной работы совпадает с тематикой научно-

исследовательских работ кафедры сухопутного транспорта леса и дорожных машин БТИ им. С.М.Кирова и имсет связь с общей направленностью научных изысканий отрасли, так как велась в соответствии с координационным планом института Коми ГипроНИИлеспром и производственного объединения "Комилеспром".

В создании и подготовке аппаратуры, составлении методики и проведении экспериментальных работ, принимали участие сотрудники кафедры и научно-исследовательской лаборатории "Механизации лесозаготовок" БТИ им. С.М.Кирова проф. И.И.Леонovich, доц. Н.П.Выржо, доц. К.Б.Абрамович, с.н.с. А.П.Лашенко, ст.инж. А.В.Клименок и сотрудники отделения сухопутного транспорта леса института Коми ГипроНИИлеспром А.И.Гусев, В.И.Кириченко, Е.И.Копсов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дано обоснование темн исследования и краткая аннотация работы.

В первой главе содержится краткий обзор исследований существующих методов проектирования дорожно-транспортной сети в лесном массиве и критический анализ работ по исследованию системы эксплуатационных показателей дорожных одежд и лесотранспорта.

Лесная транспортная сеть неоднородна по своей структуре и разделяется на магистральные и подъездные пути - ветки и усов.

В работах многих авторов рекомендуются различные критерии оценки выгоды вариантов начертания сети лесовозных дорог.

Одни из них рассматривают оптимизацию магистрали: работы Н.М.Невесского, А.А.Ганцева, А.Г.Гараняна, другие - оптимизацию сети восток и усоб: работы С.А.Сиромятникова, Г.А.Порохова, Б.А.Ильина, М.М.Корунова, В.И.Мельникова, С.А.Палаева, Ю.Н.Денценосцева, третьи - оптимизацию сети усоб.

Из трех разновидностей путей оптимизацию сети усоб рассматривало наибольшее число исследователей. К ним относятся Д.А.Попов, С.К.Лебедев, В.Г.Нестеров, Л.Н.Сулимов, М.В.Плакин, В.В.Щелкунов, Ковалев Н.Ф. и др.

Собирательный характер лесозаготовительного производства определяет постоянное развитие транспортной сети вглубь осваиваемых лесных массивов. Поэтому даже на одной лесовозной магистральной дороге могут встречаться несколько типов покрытий. За

время одного рейса лесовозный автопоезд может пребывать в самых разнообразных дорожных условиях.

Из-за отсутствия единой объективной транспортно-эксплуатационной оценки лесовозных автомобильных дорог расчет отдельных элементов эксплуатационных расходов автомобильного транспорта производится с различной степенью дифференциации дорожных условий.

Между тем, транспортно-эксплуатационные качества дорог (продольный профиль, план дороги, дорожные одежды - тип, прочность, ровность, состояние покрытия), объединяемые обычно общим термином "дорожные условия", действуют комплексно и поэтому необходимо оценивать их совокупное влияние на экономические показатели использования подвижного состава.

Систему эксплуатационных показателей дорожных одежд строят в соответствии с задачами совместной эксплуатации автомобиля и дороги.

Фундаментальные отечественные исследования в области оценки качества дорожных одежд принадлежат Н.Н.Иванову, А.К.Бируля, Г.И.Покровскому, В.Ф.Бабкову, Н.А.Пузакову, В.М.Сиденко, В.К.Некрасову, М.М.Кривисскому, М.Б.Корсунскому и др.

Создание системы показателей, характеризующих качество жестких одежд, явилось важнейшим шагом в деле совершенствования и развития лесовозной дорожной сети.

Существенный вклад в решение проблем проектирования лесной дорожно-транспортной сети и технико-экономического обоснования типов и параметров лесовозного транспорта для различных условий эксплуатации внесли Д.А.Попов, В.В.Буверт, В.И.Гарузов, Б.Д.Монон, Н.Г.Корчунов, Э.А.Горбачевский, В.А.Ильин, М.М.Корунов, Г.И.Кувалдин, И.И.Леонovich, В.И.Мельников, С.А.Морозов, Ю.Д.Силунов, В.В.Сажунов и др.

Вместе с тем анализ имеющейся литературы показал, что в вопросах выбора типов лесовозных автопоездов и типов дорог нет единого мнения. В настоящее время отсутствуют четкие рекомендации о связи прочности дорожных одежд с изменением их эксплуатационного состояния, а следовательно, и с транспортно-эксплуатационными расходами. Кроме того, влияние климатических условий на прочность и надежность дорожных одежд обуславливает необходимость на определенном этапе исследований изучения указанных зависимостей раздельно для каждого региона.

Знакомство с развитием исследований эксплуатационных показателей лесовозных дорог позволило уточнить цель и задачи настоящей работы, обосновать методику и подобрать аппаратуру для экспериментальных исследований.

Осуществление поставленной цели потребовало решения следующих основных вопросов:

1. Исследования транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог, типизации и моделирования дорожных условий эксплуатации.

2. Организации и обобщения данных наблюдений по оценке прочности дорожных одежд и ровности покрытия, анализ их взаимосвязи с учетом изменения этой связи во времени.

3. Исследования технической скорости движения лесовозных автопоездов в зависимости от факторов ее определяющих: сложности продольного профиля, удельной мощности автопоезда и максимальной мощности двигателя.

4. Техничко-экономическое обоснование влияния эксплуатационных показателей на эффективность работы автотранспорта.

5. Построение математической модели и разработки метода решения задачи по обоснованию оптимального соотношения по протяженности лесовозных дорог при транспортном освоении лесных массивов.

Одним из необходимых условий правильного выбора проектных решений является анализ опыта строительства и эксплуатации лесовозных дорог в заданном районе.

Во второй главе рассматривается современное состояние лесосырьевых ресурсов Коми АССР, приведена структура лесозаготовительной отрасли промышленности и даны соответствующие рекомендации о ведении лесного хозяйства на генеральную перспективу. Наиболее подробно изложены дорожные вопросы. Анализ понятия дорог сделан в разрезе типов дорожных одежд, структурн развития дорожно-транспортной сети, грузооборота, категорий, грузонапряженности и других технических и технико-экономических показателей.

Цель содержания данной главы - теоретически обобщить накопленный опыт и внести по ряду актуальных вопросов практические предложения по рациональному освоению лесных ресурсов, которые могут быть использованы и другими крупнейшими лесозаготовительными районами страны.

Для Коми АССР характерно крайне неравномерное размещение лесопользования по территории. Чрезмерно интенсивно осваиваются леса, прилегающие к железнодорожным магистралям и крупным сплавным рекам. В то же время, ввиду отсутствия путей транспорта слабо осваиваются леса севера и востока Коми АССР.

Наращивание производственных мощностей по вывозке леса, вовлечение в лесозаготовку отдаленных от существующих путей транспорта лесных массивов, а отсюда и достигнутые объемы лесозаготовок по отдельным лесозаготовительным районам должны осуществляться с учетом наличия ликвидного запаса древесины, хорошо развитой сетью лесовозных дорог круглогодочного действия.

В десятой пятилетке в области лесозаготовок главным направлением остается концентрация производства, создание крупных лесозаготовительных предприятий на основе мощных нижних складов по разделке и первичной обработке древесины и грузосборочных лесовозных дорог.

Практически решая вопрос о повышении основных показателей работы лесовозного транспорта, следует особое внимание уделить улучшению состояния дорог. Создание устойчивой дорожной одежды явится одним из важнейших факторов быстрого доведения объемов вывозки на лесовозных дорогах до их проектных мощностей, значительного сокращения расходов на содержание дорог, а также продление срока эксплуатации и улучшения показателей транспортных средств.

Большое количество разнообразных факторов, влияющих на качество дорог, не позволяет дать единичных рекомендаций по устранению недостатков и улучшению качества дорожных одежд. Поэтому в каждом отдельном случае необходимо выявить и изучить конкретные причины неудовлетворительного состояния отдельных участков дорог и на этой основе разработать рекомендации по устранению факторов, способствующих снижению качества дороги в целом.

В третьей главе изложена методика экспериментальных исследований эксплуатационных показателей лесовозных автомобильных дорог региона Коми АССР. Наблюдения проведены с целью изучения математических связей между капиталовложениями, транспортно-эксплуатационными расходами и эксплуатационными показателями лесовозных дорог.

В настоящее время общепринятым методом исследования является моделирование. Это объясняется тем, что наличие объективных законов причинности и подобия позволяет свести изучение слож-

ных объектов к рассмотрению относительно простых и удобных моделей. Математическая модель может быть получена как теоретически, так и экспериментальным путем.

Для более объективной оценки состояния автомобильных лесовозных дорог в качестве исходного материала для расчета фактических эксплуатационных затрат по вывозке древесины использовались: данные по отдельным видам затрат на вывозку древесины, полученные из первичных документов; материалов бухгалтерского учета и отчетности леспромхоза (лесопункта); данные статистического учета и отчетности, относящиеся к вывозке древесины.

Для того, чтобы с достаточной степенью точности оценить изменение эксплуатационных и экономических показателей работы подвижного состава в зависимости от сложности дорожных условий была применена методика изучения продольного профиля по выполненным проектам автомобильных дорог.

В соответствии с этим изучена и систематизирована проектная документация, материалы, характеризующие конструкции, состояние и условия работы одежды и земляного полотна 57 лесовозных дорог общей протяженностью 1350 км.

При обработке собранных данных последние были приведены к сопоставимому виду и сгруппированы по типам дорожных покрытий, которые характеризуются технической категорией, типом рельефа местности и сложностью продольного профиля.

В связи с тем, что величины продольных уклонов, которые встречаются по длине дорог, являются случайными, изучение и установление их закономерностей производилось с помощью теории вероятности и математической статистики.

Одним из важнейших вопросов эксплуатации дорог - правильная и своевременная оценка состояния и качества дорожной одежды с точки зрения удовлетворения его эксплуатационных показателей: расчетной скорости и веса автопоезда.

С этой целью проводились рекогносцировочные обследования, по результатам которых были отобраны участки дорог и намечены поперечники, предназначенные для детальных испытаний. При проведении экспериментальных исследований прочностных показателей конструкций лесовозных дорожных одежд и ровности покрытия использовались как общепринятые методики определения параметров, характеризующих свойства одежд и условия их работы, так и уточненные автором.

Приборы перед каждым испытанием и после окончания тарировались в лабораторных условиях. Методика эксперимента и характеристика приборов обеспечили регистрацию основных показателей с относительной ошибкой не более 5%.

Для исследования фактической скорости движения автомобильных поездов и времени работы автомобильного тягача на каждой передаче совершались поездки на автопоездах, во время которых наблюдатели на каждом километре маршрута или характерном участке трассы, отмеченном специальными вешками, измеряли скорость и время хода с помощью скоростемера секундомерного типа. Предварительно перед этим производился выбор дорожных условий, которые отвечали бы задачам эксперимента.

В результате организованных наблюдений были установлены зависимости влияния элементов продольного уклона дороги на скорости движения автомобильных поездов с различной рейсовой погрузкой.

Минимальная длина мерного участка (базиса), необходимое число замеров, наблюдений, отсчетов и количество рейсов в каждом случае обоснованы методами математической статистики.

Рейсовые нагрузки принимались от минимальных до оптимально-возможных по условиям тягово-сцепных качеств эксплуатируемых автомобилей-тягачей. Фактическое число рейсов в каждом этапе испытаний превышало необходимое, что позволило отобрать для дальнейшей математической обработки рейсы, наиболее полные по содержанию измеряемых параметров. Экспериментатор не оказывал влияния на технологический процесс и приемы работы водителя, что повышало объективность опытного материала.

Экспериментальные данные обрабатывались с применением ЭВМ "Наири-2", "Мир-2" и "Минск-22".

В четвертой главе изложены результаты экспериментальных исследований, которые в качестве исходных данных легли в основу программы, для воспроизведения на ЭВМ условий движения автопоездов и проверки соответствия расчетных и экспериментальных исследований эксплуатационных показателей лесовозных автомобильных дорог.

Поскольку учесть все многообразие уклонов, составляющих различные продольные профили автомобильных дорог, чрезвычайно трудно и практически невозможно, то ставится задача на основе

соответствующей обработки продольных профилей существующих автомобильных дорог получить типовые, т.е. наиболее вероятные, распределения протяженности участков пути по различным уклонам продольного профиля для разных типов дорожных условий.

Целесообразно все разнообразие дорожных условий свести в определенные типовые группы по признаку их влияния на основные технические параметры автотранспортных средств и технико-эксплуатационные и экономические показатели их работы.

Проведенное исследование позволило установить аналитические зависимости для определения функций распределения относительной протяженности участков дорог по продольным уклонам в зависимости от технической категории дороги и типа рельефа местности:

$$L_{ji} = \frac{S_{ji} - S_{0j}}{1 - S_{0j}} = f(n_{г.к}; n_{г.р}; L_{р.ук}) \quad (1)$$

где: S_{ji} - удельная приближенность участков дорог нарастающим итогом для данного типа продольных профилей дорог; S_{0j} - удельная протяженность участков дорог при нулевом уклоне ($i=0$); $n_{г.к}$ - техническая категория дороги; $n_{г.р}$ - тип рельефа местности; $L_{р.ук}$ - величина руководящего уклона.

В связи с тем, что для обработки результатов экспериментальных и расчетных исследований показателей работы автомобильных посадок необходимо количественное выражение пересекаемости продольного профиля, то для ее характеристики предлагается использовать коэффициент сложности продольного профиля дорог „ $K_{сл}$ ”

$$K_{сл} = \frac{S_{0-20}}{S} \quad , \quad (2)$$

где: S_{0-20} - протяженность участков с элементами продольного профиля от 0 до 20°/00, при движении по которым практически отсутствуют затраты мощности на преодоление подъемов, км; S - общая протяженность рассматриваемой группы дорог, км.

В результате обработки проектной документации, выборочного обследования были получены для типовых групп коэффициенты сложности продольного профиля, которые характеризуются следующими значениями: из укрепленных грунтов $K_{сл} = 0,60$; ложневые - 0,55; гравийные - 0,50; грунтоволожневые - 0,45; колейные из ш/б плит $K_{сл} = 0,40$

Распределение относительной протяженности участков автомобильных дорог с продольными уклонами разной величины и коэффициент сложности $K_{сл}$ необходимы для определения степени влияния продольного профиля на показатели работы автопоездов в конкретных дорожных условиях.

Состояние дорожного покрытия, характеризуемое степенью ровности или скоростью движения транспортного потока, его изменение в период эксплуатации во многом зависит от характеристик прочности дорожной одежды.

Варьирование величины прогиба дорожной одежды по площади проезжей части обусловило применение при обработке результатов наблюдений методов математической статистики. Измеренные прогибы одежды, на участках характеризуемых однородными условиями, проверялись на соответствие нормальности распределения, используя критерии Пирсона и Колмогорова.

По результатам испытаний были построены эпюры фактических модулей упругости дорожных одежд. Нанесенные на график линии требуемых модулей упругости дорожных одежд ($E_{тр}$) позволили назначить границы участков усиления дорожных конструкций.

Анализ материалов наблюдений за степенью ровности на различных участках в течение продолжительного времени и результаты статистической обработки их послужили исходным материалом для оценки технико-экономических показателей работы лесовозного автотранспорта и дополняют имеющиеся в литературе данные о статистических характеристиках микропрофиля лесовозных автомобильных дорог.

Полученные данные позволили построить графическую зависимость изменения скорости движения автопоезда от степени ровности дорожного покрытия. Кривая с достаточной степенью точности аппроксимируется следующим уравнением

$$v = 13,98 - 1,29 G_n \quad \text{м/сек} \quad (3)$$

где: G_n - среднеквадратичная высота неровности.

Формулу (3) можно рекомендовать для приближенных эксплуатационных расчетов скорости движения в зависимости от степени ровности дорожного покрытия.

При выполнении настоящего исследования использована программа расчетного воспроизведения эксплуатационных режимов движе-

ния автопоездов, разработанная для ЭВМ "Минск-22", с целью анализа влияния на показатели движения лесовозных автопоездов следующих факторов: удельной мощности автопоезда; максимальной мощности двигателя; сложности продольного профиля.

Экспериментальные исследования были проведены с автомобилями типа ЗИЛ, МАЗ и КраЗ, используемыми в составе лесовозных автопоездов. Для каждого значения рейсовой нагрузки автопоездов и для каждого типа дорог были определены математические ожидания средней технической скорости движения.

С целью оценки точности расчета (моделирования) движения автотранспортных средств и выяснения возможностей использования математической модели для дальнейших исследований был выполнен расчет указанных выше показателей для лесовозных автопоездов, имеющих в своем составе автомобили-тягачи с двигателями мощностью 132 кВт, и сделано сопоставление расчетных и экспериментальных данных.

Обработка экспериментальных и расчетных данных методами математической статистики позволяла установить, что наилучшие результаты аппроксимации эмпирических данных, которые соединяют точки корреляционного поля, определяющие величину средней технической скорости, могут быть получены при использовании зависимости типа:

$$Y = aX^b, \quad (4)$$

где: Y - функция, в нашем случае средняя техническая скорость движения автопоездов $U_{ср\ тех}$, м/с,
 X - аргумент, удельная мощность лесовозного автопоезда ($N_{уд}$) или эффективная мощность двигателя автомобиля-тягача (N_E); a, b - переменные параметры.

В табл. 1 приведена серия уравнений, отражающих зависимость изменения средней технической скорости движения автопоездов от категории и вида лесовозных дорог, формирующих транспортную сеть лесозаготовительного предприятия. Полученные в результате исследования данные позволяют сделать анализ влияния удельной мощности на средние скорости движения лесовозных автопоездов в различных дорожных условиях

Таблица 1

Тип покрытия	Вид уравнения регрессии				Номер уравнения
	по дороге в целом	по магистральным	по ветке	по усу	
ж/б плиты	$2,78 N_{уд}^{0,72}$	$3,06 N_{уд}^{0,67}$	$1,81 N_{уд}^{0,74}$	—	(5)
из укрепленных грунтов	$2,42 N_{уд}^{0,76}$	$2,52 N_{уд}^{0,74}$	$1,53 N_{уд}^{0,77}$	—	(6)
гравийные	$2,23 N_{уд}^{0,77}$	$2,41 N_{уд}^{0,73}$	$1,62 N_{уд}^{0,75}$	—	(7)
лежневые	$2,05 N_{уд}^{0,76}$	$2,30 N_{уд}^{0,71}$	$1,35 N_{уд}^{0,76}$	$0,67 N_{уд}^{0,84}$	(8)
грунтолежневые	$1,91 N_{уд}^{0,78}$	$2,12 N_{уд}^{0,72}$	$1,41 N_{уд}^{0,72}$	$0,52 N_{уд}^{0,96}$	(9)

Аналитические зависимости изменения средней технической скорости движения автопоездов от коэффициента сложности продольного профиля дорог ($K_{сл}$) приведены в табл. 2 и от максимальной мощности двигателя (N_e) автомобиля-тягача - в табл. 3.

Таблица 2

Тип покрытия	Вид уравнения регрессии			Номер уравнения
	коэффициент сложности продольного профиля "К сл"			
	0,40	0,50	0,60	
ж/б плиты	$2,1 + 7,7 K_{сл}$	$3,8 + 12,2 K_{сл}$	$5,9 + 14,7 K_{сл}$	(10)
из укрепленных грунтов	$1,7 + 7,8 K_{сл}$	$3,8 + 11,1 K_{сл}$	$5,4 + 14,2 K_{сл}$	(11)
гравийные	$1,8 + 6,7 K_{сл}$	$2,4 + 12,5 K_{сл}$	$2,0 + 19,4 K_{сл}$	(12)
лежневые	$1,8 + 6,1 K_{сл}$	$1,6 + 12,2 K_{сл}$	$1,3 + 17,8 K_{сл}$	(13)
грунтолежневые	$1,6 + 6,1 K_{сл}$	$0,7 + 13,3 K_{сл}$	$0,3 + 20,3 K_{сл}$	(14)

Оценка сходимости полученных экспериментальных результатов с теоретическими производилась при помощи критерия Пирсона. Полученные уравнения регрессии (5) - (19) отличаются высокими значениями тесноты связи (корреляционное отношение 0,95) и надежности (средняя ошибка аппроксимация 1,8%). Сопоставление экспериментальных и расчетных данных свидетельствуют о возможности получения с помощью ЭВМ информации, необходимой для решения различных задач, связанных с эксплуатацией подвижного состава автомобильного транспорта.

Таблица 3

Тип покрытия	Вид уравнения регрессии			Номер уравнения
	максимальная мощность, N_e , кВт			
	88	132	176	
к/б плиты	$0.87 N_e^{0.39}$	$1.52 N_e^{0.39}$	$2.56 N_e^{0.32}$	(15)
из укрепленных грунтов	$0.74 N_e^{0.41}$	$1.53 N_e^{0.35}$	$2.38 N_e^{0.34}$	(16)
гравийные	$0.89 N_e^{0.36}$	$1.05 N_e^{0.43}$	$1.03 N_e^{0.30}$	(17)
лежневые	$0.30 N_e^{0.34}$	$0.74 N_e^{0.48}$	$0.75 N_e^{0.53}$	(18)
грунтолежневые	$0.80 N_e^{0.35}$	$0.47 N_e^{0.56}$	$0.41 N_e^{0.55}$	(19)

Дальнейшая математическая обработка экспериментальных и расчетных данных позволила получить уравнения для определения средней технической скорости движения лесовозных автопоездов с учетом рассмотренных факторов, влияющих на ее изменение. В качестве аппроксимирующей была выбрана степенная зависимость

$$v_{ср.тех.} = 1.35 N_{уд}^{0.20} \cdot N_e^{0.24} \cdot K_{ср}^{0.52} \quad (20)$$

где: N_e - максимальная эффективная мощность двигателя автомобиля-тягача, кВт; $N_{уд}$ - удельная мощность лесовозного автопоезда, определяемая отношением мощности двигателя к общей массе автопоезда, Вт/кг ($N_{уд} = \frac{N_e}{G}$, где G - общая масса автопоезда, т).

Полученная эмпирическая зависимость и, построенная на ее основе, номограмма (рис.1) предназначены для определения значений средних технических скоростей движения автопоездов, необходимых для планирования и организации вывозки леса, расчета производительности подвижного состава и экономической оценки способов использования лесовозных автомобильных поездов в конкретных эксплуатационных условиях.

Результаты изложенных исследований были внедрены в производственных условиях лесозаготовительных предприятий объединения "Комилеспром". Применение обоснованных числовых критериев средней технической скорости движения лесовозных автопоездов с учетом реальных дорожных условий позволили выявить резервы повышения сменной производительности на вывозке леса, сократить время пробега лесовозного автопоезда, снизить показатель транспортной составляющей себестоимости вывозки 1 м³ древесины, что сказалось на

снижении полной себестоимости и отразилось на дорожно-транспортные расходы. Экономический эффект в результате апробации данных рекомендаций в Комсомольском ЛПХ объединения "Печорлес", за период внедрения, составил около 10 тыс.рублей.

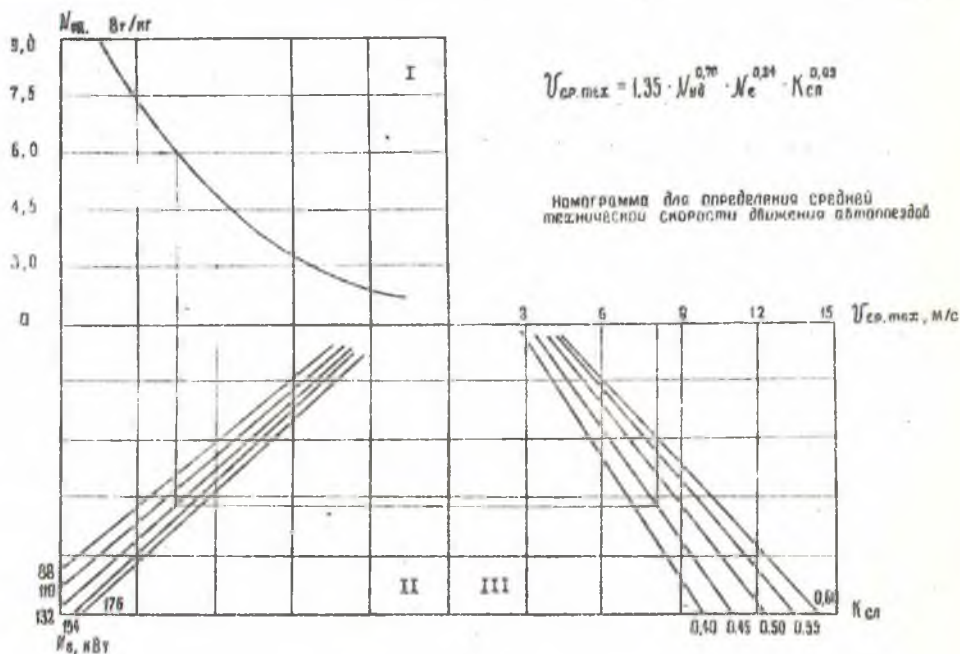


Рис.1 Номотрама для определения средней технической скорости движения автопоездов

Пятая глава посвящена анализу и исследованию зависимости капитальных и эксплуатационных затрат на вывозку леса от протяженности сети транспортных путей по освоению лесного массива.

Объем дополнительных капиталовложений определяется протяженностью дорог, которые необходимо строить одновременно с тем, чтобы обеспечить непрерывность лесозаготовительного процесса в соответствии с заданной годовой программой производства.

В более общей постановке проблемы обоснования оптимального варианта транспортного освоения сырьевой базы необходимо исследовать целесообразность изменения параметров составляющих по протяженности видов дорог, входящих в транспортную сеть и их

влияние на дорожную и транспортную составляющие себестоимости вывозки леса. В этом случае в качестве критерия оптимальности при сравнительных расчетах следует принять минимум суммы приведенных затрат.

Для решения этой задачи нами разработана математическая модель и составлена соответствующая программа для ЭВМ "Минск-22" (рис.2).

Вся транспортная сеть лесозаготовительного предприятия нами принята за единицу. В общей структуре дорожно-транспортной сети доля каждой категории и вида лесовозных дорог составляет

$$\Delta_1 P_M + \Delta_2 P_B + \Delta_3 P_U = 1 \quad ,$$

где: $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$ - соответственно удельная протяженность магистрали, ветки и усов.

Сумма дорожно-транспортных затрат представляет собой ни что иное, как эксплуатационные затраты на освоение базы, состоящая из двух составляющих - дорожной (S_d) и транспортной ($S_{тр}$).

При моделировании производственных процессов на ЭВМ исходные данные, как правило, представляются в форме аппроксимирующих аналитических выражений. Поэтому зависимость лесотранспортных затрат от многочисленных производственных факторов выражалась в виде эмпирических формул и уравнений регрессии.

Принимая во внимание специфические условия работы автотранспорта, при расчетах транспортные расходы распределяли на усы, ветки и магистраль пропорционально доли времени рейса, приходящегося на каждый из этих видов дорог.

В результате расчетов, выполненных по указанной программе, определены сопоставимые нормативы себестоимости $1м^3$ древесины для различных соотношений среднего расстояния вывозки по магистрали, ветке и усу и получены соответствующие уравнения регрессии дорожной и транспортной составляющих себестоимости

На рис. 3 и 4 дана графическая интерпретация полученных значений S_d и $S_{тр}$ при $L_{дп.взв} = 40$ км.

Результаты расчетов, выполненные на ЭВМ "МИНСК-22", и полученные зависимости обеспечивают возможность выбора и обоснования оптимальных параметров построения лесотранспортной сети при сравнении конкурирующих вариантов с учетом различных значений L_M, L_B и L_U .

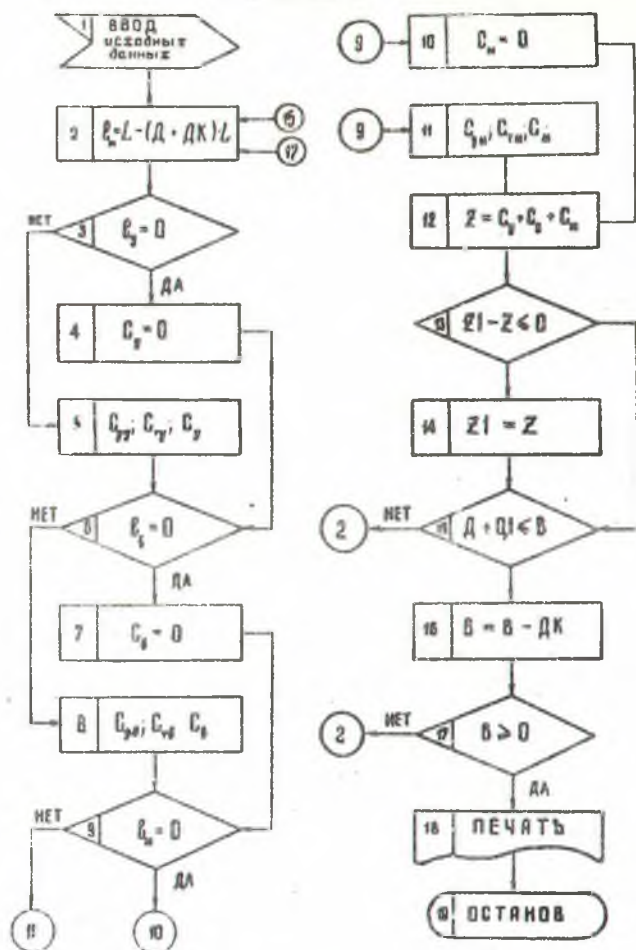


Рис. 2. Укрупненная блок-схема для расчета оптимального соотношения протяженности транспортных путей

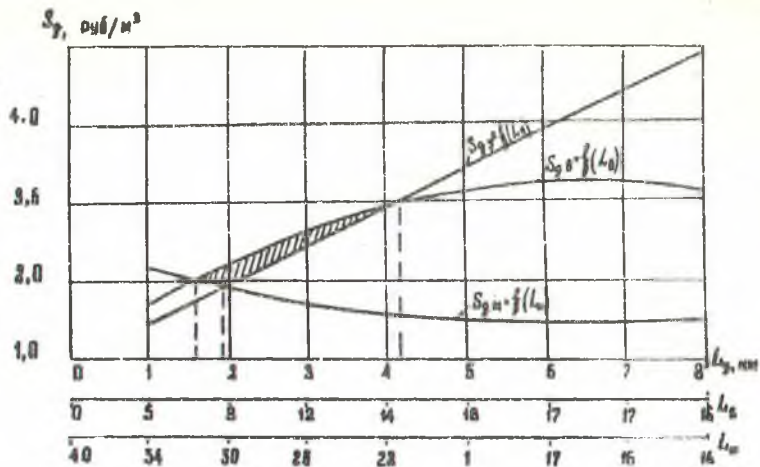


Рис. 3. Зависимость дорожной составляющей от изменения структуры дорожной сети, $L = 40$ км

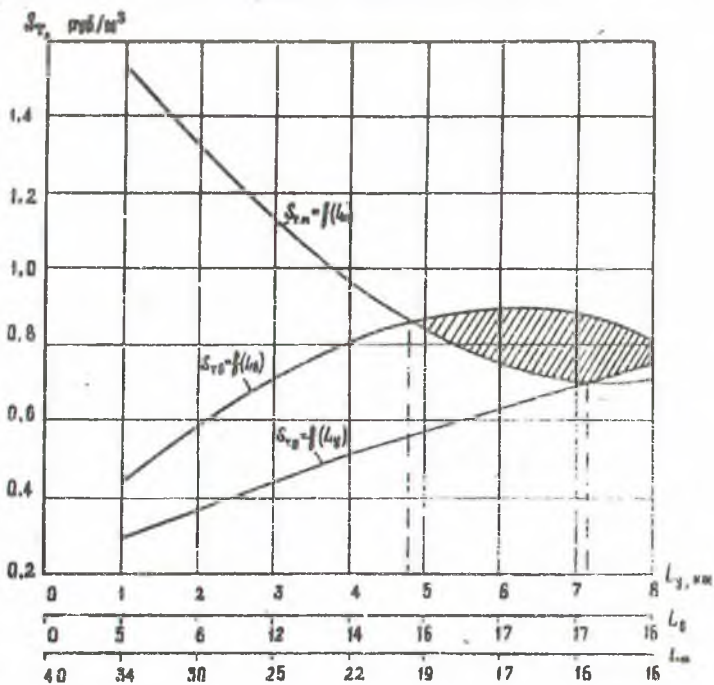


Рис. 4. Влияние структуры дорожной сети на транспортную составляющую, $L = 40$ км

Правильное установление рассматриваемого параметра имеет большое значение как для определения размера затрат на содержание лесотранспорта, так и для оценки эффективности использования лесовозных автомобильных дорог.

В результате количественной оценки и отбора, для анализа полной себестоимости вывозки леса, была принята протяженность транспортных путей в лесном массиве, как один из основных факторов, влияющих на данный показатель.

На первом этапе исследования была поставлена задача нахождения математической модели, отражающей совместное влияние факторов аргументов X_1 , X_2 и X_3 на изменение переменной функции "у" (S - полная себестоимость вывозки), при условии их линейной связи. Затем по программе множественного нелинейного регрессионного анализа, алгоритм которого разработан в МГУ им. М.В. Ломоносова, были получены численные значения векторов " S " и другие исходные данные, позволяющие установить тесноту и достоверность связи.

Исходя из теоретического и эмпирического анализа векторов исследуемых уравнений установили, что наиболее приемлимыми является уравнение регрессии вида

$$y = 7,78 \cdot 10^{-2} X_3 + 1,22 \cdot 10^{-3} X_1 \cdot X_2 + 7,53 \cdot 10^{-4} X_2 X_3 + 1,48 \cdot 10^{-3} X_3^2 \quad (21)$$

где: X_1, X_2, X_3 - соответственно среднее расстояние вывозки по магистрали, ветке и усам, км.

Данная модель, выбранная на основании критерия Фишера, качественно верно отражает связь между существующими факторами.

Составленные алгоритм и программа являются общими зависимостями и могут быть использованы для решения частных задач по оптимизации параметров дорожной сети применительно к конкретным лесозаготовительным условиям.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Производственно-природные условия работы лесозаготовительных предприятий Коми АССР очень разнообразны, что сказывается на выборе конструкций дорожных одежд исходя из района строительства.

Наращивание производственных мощностей по вывозке леса, вовлечение в эксплуатацию отдаленных от существующих путей транспорта лесных массивов, а отсюда и достигнутые объемы лесозаготовок по отдельным лесозаготовительным районам, должны осуществляться с учетом наличия ликвидного запаса древесины, хорошо развитой сети лесовозных дорог круглогодичного действия.

2. Анализ большого количества продольных профилей лесовозных дорог и разработанная методика позволили установить аналитическую зависимость (1) относительной протяженности участков дорог от величины продольного уклона и технической категории дороги для сети лесовозных дорог Коми АССР.

3. Продольные профили лесовозных автомобильных дорог по своим эксплуатационным качествам весьма разнообразны. Для оценки продольного профиля лесовозных автомобильных дорог и учета степени его влияния на показатели работы автомобилей и автопоездов предлагается использовать показатель коэффициент сложности продольного профиля "К_{сл}" (2), представляющий собой отношение длины участков исследуемой дороги с уклоном от 0 до 20°/00 к общей протяженности дороги и характеризующий количественное выражение пересеченности продольного профиля.

4. Результаты экспериментальных исследований и статистической обработки прочностных характеристик и степени ровности покрытия лесовозных дорог послужили исходным материалом для оценки технико-экономических показателей лесовозного автотранспорта и дополняют имеющиеся в литературе данные о статистических характеристиках микропрофиля.

5. Технико-экономические расчеты подтверждают, что дорожные одежды из укрепленных грунтов, наряду с другими типами покрытий, целесообразно применять при строительстве лесовозных дорог преимущественно с грузооборотом до 250 тыс. м³ для всех лесозаготовительных районов Коми АССР, а с грузооборотом выше 250 тыс. м³ в год — лишь для южных районов. Они обладают достаточной прочностью и обеспечивают требуемую эксплуатационную надежность.

6. Для исследования показателей работы лесовозных автопоездов разработана программа расчетного воспроизводства показателей режима движения автопоездов на ЭВМ "МИНСК-22".

7. В результате экспериментальных и расчетных исследований получены уравнения регрессии (5-19), характеризующие изме-

нение средней технической скорости в зависимости от удельной мощности автопоезда ($N_{уд}$), величины максимальной эффективной мощности двигателя автомобиля-тягача (N_e) и коэффициента сложности продольного профиля лесовозных автомобильных дорог ($K_{вп}$).

8. Полученная эмпирическая зависимость (20) и, построенная на ее основе, номограмма (рис.1) рекомендуются для обоснования и технического нормирования средней скорости движения автопоездов, организации и планирования вывозки леса, сравнении вариантов использования автомобилей в составе автопоездов.

9. Результаты исследования влияния различных факторов на эксплуатационные скорости движения автопоездов рекомендованы производственному объединению "Комилеспром" для практического использования при нормировании выработки на вывозке леса, разработке графиков движения, расчете производительности автопоездов и потребности горюче-смазочных материалов.

Апробация предлагаемой методики в ряде лесозаготовительных предприятий объединения "Комилеспром" показала приемлемость предлагаемого метода расчета в производственных условиях.

10. В результате исследования была уточнена методика определения транспортной и дорожной составляющих себестоимости вывозки леса. Принимая во внимание специфические условия работы лесовозного автотранспорта, при расчетах себестоимости вывозки леса предлагается дорожно-транспортные расходы распределять с учетом протяженности транспортных путей (усов, веток и магистралей) пропорционально доли времени пребывания автопоезда в рейсе приходящегося на каждый из этих видов дорог.

11. Составлена и рекомендуется программа для решения задачи по оптимизации структуры дорожно-транспортной сети лесозаготовительного предприятия, исходя из минимальных затрат на себестоимость вывозки древесины.

Впервые осуществлено исследование по обоснованию оптимального сочетания по протяженности всех видов лесовозных дорог, формирующих единую транспортную сеть лесозаготовительного предприятия. Результаты расчетов, выполненные на ЭВМ "Минск-22" и полученные зависимости $S_g = f(L)$ и $S_r = f(L)$ обеспечивают возможность выбора и обоснования оптимальных параметров (21) построения лесотранспортной сети при сравнении конкурирующих вариантов с учетом различных значений L_m , L_g и L_y .

12. Полученные результаты исследования легли в основу материалов ведомственной комиссии Минлеспром СССР, нашедших свое отражение в акте комиссии от 25 сентября 1975 года.

Результаты, полученные при исследовании эксплуатационных показателей лесовозных дорог, являются необходимым дополнением исходного материала для расчета эффективности использования лесовозных дорог, разработки рекомендаций по их эксплуатации, составления программ оптимизации транспортной сети и могут быть использованы при разработке новых норм проектирования и эксплуатации лесовозных автомобильных дорог на перспективу.

Материалы диссертации опубликованы
автором в следующих работах:

1. О показателе грузонапряженности лесовозных дорог. Сб. "Тезисы У1-ой Коми Республиканской молодежной научной конференции". Сыктывкар, 1974, с.65
2. Прочность одежд лесовозных дорог. Реферативная информация "Лесозаготовка и лесосплав", №4, М., 1976, с.12-13 (в соавторстве).
3. Состояние и использование лесовозных дорог объединения "Комилеспром". Сб. "Механизация лесозаготовок и транспорт леса", вып.6, Минск, 1976, с.95-102.
4. Оценка состояния дорожных одежд по непосредственным измерениям. Сб. "Механизация лесозаготовок и транспорт леса", вып. 6, Минск, 1976, с.102-110 (в соавторстве).
5. Исследование влияния дорожных условий на эксплуатационные показатели лесовозного автомобильного транспорта. Сб. "Вопросы механизации и автоматизации работ в лесной промышленности". Петрозаводск, 1976, с.91-97.
6. К вопросу определения эксплуатационных показателей лесовозных автомобильных дорог. Сб. "Механизация лесозаготовок и транспорт леса", вып.7, Минск, 1977, с.86-93 (в соавторстве)
7. Технико-экономическая оценка эксплуатационных показателей лесовозных дорог. Сб. "Механизация лесозаготовок и транспорт леса", вып.7, Минск, 1977, с.93-99 (в соавторстве).
8. Структура дорожно-транспортной сети лесозаготовительных предприятий и предложения по ее оптимизации. Сб. "Современные проблемы сухопутного транспорта леса", Минск, 1977, с.27-29.

9. Эксплуатационные показатели транспортно-технологических схем лесозаготовительных предприятий и их учет при организации работы транспорта. Сб. "Современные проблемы сухопутного транспорта леса", Минск, 1977, с.64-66.

10. О влиянии структуры дорожной сети лесозаготовительных предприятий на транспортную составляющую себестоимости вывозки леса. Сб. "Механизация лесоразработок и транспорт леса", вып.8 Минск, 1978, с.61-68 (в соавторстве)

11. Определение средней скорости движения лесовозных автомашин. Реферативная информация "Лесозаготовка и лесосплав", № 20, М., 1978, с. 13-14.