НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

ИНСТИТУТ МАШИНОВЕДЕНИЯ

Диссертационный совет Д 05.11.043

На правах рукописи

# 

# УДК 629.017.1.036

## Шаршембиев Жыргалбек Сабырбекович

**Теоретические и методические основы формирования показателей эксплуатационных свойств колесных машин в горных условиях**

05.22.10 – «Эксплуатация автомобильного транспорта»

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени

доктора технических наук

# 

**Бишкек 2013**

# Работа выполнена в Кыргызском национальном аграрном университете

# им. К.И.Скрябина

|  |  |
| --- | --- |
| **Научный консультант:** | доктор технических наук, профессор **Нусупов Эркин Суюнбаевич** |
| **Официальные оппоненты:** | доктор технических наук, профессор Турсунов Абдукаххор Абдусамадович |
|  | доктор технических наук, профессор Жунисбеков Полатбек Жамалович |
|  | доктор технических наук, профессор Жанбиров Жумажан Гинаятович |

|  |  |
| --- | --- |
| **Ведущая организация:** | Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б.Н.Ельцина(г.Бишкек, ул.Киевская, 44) |

# 

### Защита состоится «\_2\_» \_\_мая\_\_ 2013 г. в 14.00 часов на заседании диссертационного совета Д 05.11.043 при Институте машиноведения Национальной академии наук Кыргызской Республики по адресу: 720055, г. Бишкек, ул. Скрябина, 23.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института машиноведения.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах с подписью, заверенной гербовой печатью, просим направлять по адресу: 720055, г. Бишкек, ул. Скрябина, 23, Институт машиноведения Национальной академии наук Кыргызской Республики, диссертационный совет Д 05.11.043, e-mail: [imash\_kg@mail.ru](mailto:imash_kg@mail.ru).

Автореферат разослан «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2013 года.

Телефон для справок: (0312)541149; факс: (0312)562785.

Ученый секретарь

диссертационного совета

Д 05.11.043, к.т.н., с.н.с. Квитко С.И.

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы диссертации.** Кыргызстан – высокогорная страна. Территория Кыргызстана занимает площадь 198,5 тыс. км2, из них 93% составляют горы. Значительная часть территории расположена на высоте 1000 м над уровнем моря, а 40,8 % - на высоте более 3000 метров. Горный рельеф местности в совокупности с другими природно-климатическими факторами оказывает существенное влияние на экономику республики, в частности на эффективность использования колесных машин.

Автомобильный транспорт Кыргызской Республики, на долю которого приходится более 95 % перевозок грузов и пассажиров, занимает первое место в единой транспортной системе страны. В условиях, где 93 % территории занимают горы, использование колесных машин является не только экономически целесообразным, но и по существу технически единственно возможным средством передвижения.

Эффективность использования колесных машин в горных условиях определяется их эксплуатационными свойствами, под которыми понимают совокупность свойств, охватывающих тяговую и тормозную динамичность, топливную экономичность, устойчивость, управляемость, проходимость, плавность хода, долговечность, надежность и приспособленность.

В исследованиях, проведенных в области теории движения колесных машин, учтены, в основном, условия, характерные для типичной дорожной сети. Горные и высокогорные районы, характеризуемые специальными особенностями географических и климатических условий, в большинстве случаев либо исключаются из поля зрения, либо учет их влияния на рабочие показатели колесных машин ограничивается лишь такими организационными мероприятиями, как, например, измененными нормами на расход запасных частей, расход горюче-смазочных материалов, коррективами на коэффициент использования грузоподъемности и пр.

Практика эксплуатации колесных машин в горных условиях свидетельствует о том, что такие эксплуатационные свойства колесных машин, как тяговая и тормозная динамичность, устойчивость, управляемость и топливная экономичность, признанные удовлетворительными в общепринятых эксплуатационных условиях, оказываются существенно заниженными в горных регионах, нетипичных для колесных машин данного типа и назначения.

В целом анализ литературных источников в области теории движения колесных машин показывает, что проблема комплексного исследования неблагоприятных воздействий параметров окружающей среды на формирование показателей эксплуатационных свойств колесных машин в горных и высокогорных дорожных и природно-климатических условиях Кыргызстана, отличающихся резко континентальным климатом, мало изучена и является, несомненно, актуальной научно-практической проблемой.

**Цель и задачи исследования диссертационной работы.**  Цель работы заключается в развитии теории и разработке методологии формирования показателей эксплуатационных свойств колесных машин в горных условиях.

Для достижения поставленной цели в работе решены следующие **задачи:**

1. Определить внешние факторы горных условий, воздействующих на показатели эксплуатационных свойств колесных машин.

2. Обосновать тягово-динамические показатели колесных машин при движении на подъемах горных дорог в различных дорожных и природно-климатических условиях.

3. Обосновать показатели тормозной динамичности колесных машин при экстренном торможении на спусках горных дорог.

4. Разработать методические рекомендации для водителей при экстренном торможении на спусках горных автомобильных дорог для повышения безопасности движения.

5. Обосновать критическую скорость движения колесных машин на опасных поворотах с малыми радиусами и продольными и поперечными уклонами горных дорог.

6. Разработать оценочный показатель расхода топлива колесных машин в горных условиях.

7. Разработать методику проведения экспериментальных исследований для определения основных параметров эксплуатационных свойств колесных машин в горных условиях с применением современных электронных измерительных приборов.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту.**

1. Классификация возмущающих факторов горных условий Кыргызстана, оказывающих существенное влияние на формирование эксплуатационных свойств колесных машин.

2.Зависимость фактической максимальной мощности дизельного двигателя с турбонаддувом от плотности и температуры воздуха горной среды.

3.Номограммы для определения тягово-динамических показателей грузовых автомобилей различных марок при движении на подъем горной автомобильной дороги на разных передачах коробки переменных передач (КПП) с асфальтобетонным покрытием и продольным уклоном, равным 14°, 12°, 10° и 8°, на высоте 3000 м н.у.м. и при различных значениях коэффициента сцепления шин.

4.Рекомендации для водителей по повышению безопасности движения при экстренном торможении колесных машин на спусках горных дорог.

5.Зависимостидля определения критической скорости движения колесной машины на спуске и подъеме опасных поворотов горных дорог без поперечного уклона и с поперечным уклоном.

6.Оценочный показатель: маршрутно-эксплуатационной расход топлива колесной машины при эксплуатации по горным маршрутам, состоящий из трех параметров – суммарных расходов топлива на разгон колесной машины, расходов для установившихся скоростных режимов двигателя и при режиме торможения.

7.Экспериментальныйпередвижной стенд, состоящий из измерительной и записывающей аппаратуры, включающий в себя, помимо стандартного оборудования и специально разработанных для эксперимента датчиков, приборы и оборудование на основе современных информационных технологий, размещенный на базе грузового автомобиля Мерседес-Бенц 1320 (МБ 1320).

8. Результаты экспериментальных исследований по определению параметров дороги, окружающей среды и оценочных показателей эксплуатационных свойств колесных машин.

**Научная новизна работы** заключается в развитии теории движения колесных машин в горных условиях, включающем:

- усовершенствование классификации возмущающих факторов горных условий эксплуатации Кыргызстана, отличающейся от известных тем, что в предложенной классификации систематизировано изменение дорожных и природно-климатических параметров в зависимости от высоты над уровнем моря;

- новую зависимость фактической максимальной мощности дизельного двигателя с турбонаддувом от плотности и температуры воздуха горной среды;

- новые зависимостидля определения критической скорости движения колесной машины на спуске и подъеме опасных поворотов горных дорог без поперечного уклона и с поперечным уклоном;

- разработку нового оценочного показателя – маршрутно - эксплуатационного расхода топлива колесной машины при эксплуатации по горным маршрутам, состоящего из трех параметров – суммарных расходов топлива на разгон колесной машины, расходов для установившихся скоростных режимов двигателя и при режиме торможения;

- разработку методики экспериментальных исследований, отличающейся от известных тем, что определение отдельных параметров, таких как высота над уровнем моря, продольные уклоны горной дороги, скорость движения, пройденный путь, основано на использовании современного GPS датчика.

**Практическая значимость полученных результатов** заключается в:

- составлении обобщенной характеристики дорожных и природно-климатических факторов горных автомобильных дорог Кыргызской Республики;

- разработке номограммы для определения тягово-динамических показателей грузовых автомобилей различных марок при движении на подъем горной автомобильной дороги на разных передачах КПП с асфальтобетонным покрытием и продольным уклоном, равным 14°, 12°, 10° и 8°, на высоте 3000 м н.у.м. и при различных значениях коэффициента сцепления шин;

- разработке практических рекомендаций для водителей по оценке тягово-динамических свойств колесных машин при движении на подъем в горных условиях эксплуатации;

- разработке практических рекомендаций для водителей по повышению безопасности движения при экстренном торможении на спусках горных автомобильных дорог, с условием сохранения устойчивости и управляемости колесных машин на серпантинных участках и опасных поворотах горных автомобильных дорог;

- разработке экспериментального передвижного стенда, состоящего из измерительной и записывающей аппаратуры, включающей в себя, помимо стандартного оборудования и специально разработанных для эксперимента датчиков, приборы и оборудование на основе современных информационных технологий, размещенные на базе грузового автомобиля МБ 1320.

Результаты работы внедрены в производство в филиале ОАО «Электрические станции» Каскада Токтогульских ГЭС (г. Кара-Куль), ОсОО «Даврал-Транс» (г. Бишкек), АО АТП «Ак-Тилек» (г. Талас), а также при проведении лекционных и практических занятий по дисциплинам «Эксплуатационные свойства автомобилей», «Расследование и экспертиза ДТП», «Дорожные условия и безопасность движения» для студентов специальностей «Организация перевозок и управление на транспорте», «Организация и безопасность движения» Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина и Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова.

**Личный вклад соискателя.**

1. Установлена зависимость фактической максимальной мощности дизельного двигателя с турбонаддувом от температуры и плотности воздуха в условиях высокогорья.

2.Разработаныномограммы и практические рекомендации для водителей в виде таблиц для оценки тягово-динамических свойств различных марок грузовых автомобилей при движении на подъем с учетом дорожных и природно-климатических условий эксплуатации.

3.Разработаныпрактические рекомендации для водителей в качестве конкретных действий по повышению безопасности движения при экстренном торможении колесных машин на спусках горных дорог.

4.Установленызависимости для определения критической скорости движения колесной машины на спуске и подъеме опасных поворотов горных дорог без поперечных уклонов и с поперечным уклоном.

5.Разработанэкспериментальный передвижной стенд, включающий в себя современные электронные измерительные приборы и записывающую аппаратуру; проведены экспериментальные исследования по определению параметров дороги, окружающей среды и оценочных показателей эксплуатационных свойств колесных машин по горной автомобильной дороге Бишкек-Туя-Ашуу-Суусамыр-Отмек-Талас.

Вся исследовательская работа, теоретические и экспериментальные работы проведены лично автором или при его активном участии.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы докла­дывались и обсуждались на международных и республиканских научно-технических конференциях: международная научно-техническая конференция, посвященная 100-летию академика М.Т. Уразбаева (г. Ташкент, Ташкентский автодорожный институт, 2006 г.); «Перспективы развития сельскохозяйственного и автотракторного машиностроения в Республике Казахстан» (г. Алматы, Казахский национальный аграрный университет, 2006 г.), первая международная конференция «Наука, техника, технология» (г. Бишкек, Инженерная академия Кыргызской Республики, Министерство образования и науки Кыргызской Республики, Кыргызский государственный технический университет им. И.Раззакова, 2007 г.); научно-техническая конференция, посвященная 50-летию образования кафедры «Автомобильный транспорт» Кыргызского государственного технического университета им. И.Раззакова (г. Бишкек, Кыргызский государственный технический университет им. И.Раззакова, 2007 г.); международная научно-техническая конференция, посвященная 70-летию академика Международной инженерной академии, Инженерной академии Кыргызской Республики Нусупова Э.С. (г. Бишкек, Кыргызский государственный университет строительства транспорта и архитектуры, 2010 г.); V–я международная научно-техническая конференция «Перспективы применения инновационных технологий и усовершенствования технического образования в вузах стран СНГ» (г.Душанбе, 2011 г.).

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 28 научных статей и 1 монография.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, 6 глав и общих выводов, списка использованных источников из 192 наименований и 5 приложений. Общий объем работы составляет 310 страниц машинописного текста, в том числе 37 таблиц, 136 рисунков.

**ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** сформулированы цель и задачи исследования; показаны научная новизна, практическая значимость работы; представлены положения, выносимые на защиту и дана краткая аннотация диссертационной работы. Обоснована актуальность научно-технической проблемы, раскрыта сущность, изложены общая характеристика и основные направления работы.

**В первой главе** проведен аналитический обзор работ, посвященных исследованию показателей эксплуатационных свойств колесных машин. Родоначальником теории движения колесных машин является академик Е.А. Чудаков, он со своими учениками создал теорию автомобиля, разработали теорию устойчивости и управляемости автомобиля. Е.А. Чудаков внес большой вклад в методику расчета автомобиля: механизма сцепления на нагрев; расчета [тормозов](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%BE%D0%B7) на нагрев; расчета [карданного](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D1%80%D0%B4%D0%B0%D0%BD) механизма и зубчатого зацепления, обеспечивающего минимальный износ шестерен. Своими многочисленными трудами он охватил широкий комплекс проблем и вопросов динамики, экономики и устойчивости автомобиля. Глубокая разработка общих научных положений теории автомобиля позволила широко вести теоретические и экспериментальные исследования автомобилей. Дальнейшее развитие теория автомобиля получила в работах учеников и последователей Е.А. Чудакова — профессоров Г.В. Зимелева, А.С. Литвинова, Р.В. Ротенберга, Б.С. Фалькевича, Н.А. Бухарина, Я.М. Певзнера, Д.П. Великанова и др. Научные труды Г.В. Зимелева, А.С. Литвинова, Р.В. Ротенберга отразили усовершенствование методов расчета тягово-скоростных свойств колесных машин, управляемости и устойчивости автомобилей, методов расчета плавности хода. Большое влияние на развитие науки об автомобиле оказали также работы таких зарубежных ученых, как В. Камм, Е. Марквард, П. Хельдт, Р. Эберан, А. Янте и др.

В середине ХХ века качественно новые научные направления в исследовании эксплуатации автомобилей были предложены проф., д.т.н. А.А. Юрчевским. Благодаря научному вкладу этого ученого, изменились скорость и безопасность движения автомобильного транспорта. С целью улучшения этих характеристик машин был разработан и построен комплекс оборудования для испытания автомобиля на прочность, управляемость, устойчивость; был изготовлен стенд с беговыми барабанами для исследования тягово-скоростных свойств автомобиля. А.А. Юрчевский конструировал и участвовал в изготовлении ходовой лаборатории на базе автобуса для исследования в дорожных условиях тягово-скоростных, топливно-экономических и тормозных характеристик автомобиля.

Под научным руководством Я.Е. Фаробина были выполнены научные исследования по оценке проходимости автомобилей и по отдельным вопросам оценки эксплуатационных свойств и путей повышения эффективности колесного транспорта. В этой работе были заняты свыше 30 аспирантов и преподавателей; большинство из них защитили кандидатские и докторские диссертации (А.М. Якобашвили, А.М. Иванов, В.С. Олитский, Ю.А. Самойленко). Научная школа Я.Е. Фаробина известна также созданием теории движения трехзвенных автопоездов, решением вопросов сертификации качества и эффективности автомобильного транспорта.

Комплексные исследования качества автомобилей, особенно направленные на повышение экологической безопасности колесных машин, улучшение рабочих процессов и выходных характеристик агрегатов и систем были проведены учеными под руководством профессора А.Н. Нарбута: А.И. Архиповым, А.А. Никитиным, В.И. Осиповым, Н.П. Квасновской, А.И. Симаковым.

В.А. Иларионов возглавлял научное направление по безопасности движения. Им опубликован целый ряд учебников и монографий, подготовлены кандидаты и доктора наук, в том числе профессор М.В. Прокофьев, доценты В.С. Гуслиц, В.Ф. Моисейкина, высококвалифицированные специалисты В.У. Хренов и М.В. Кошелев.

Л.Г. Резник создал научные основы приспособленности автомобилей к условиям эксплуатации, занимался вопросами повышения эффективности использования автомобилей в различных условиях эксплуатации.

Исследованиями по повышению эксплуатационной эффективности колесных машин в горных условиях занимались грузинские ученые - Р.Р. Двали, В.В. Махалдиани, И.Я. Джебашвили, Р.М. Парцхаладзе, ученые Таджикистана - В.А. Алиев, А.А. Турсунов, М.Н. Сапаров, М.А. Абдуллоев, Р.А. Давлатшоев.

Проблемой повышения эксплуатационных свойств автотранспортных средств в сложных условиях высокогорного Кыргызстана занимались ученые Э.С. Нусупов, У.Р. Давлятов, Т.Ы. Маткеримов, С.Т. Абдрахманов, К.К. Атабеков, Ч.У. Камбаров, Ж.Т. Темирбеков, К.Ю. Маасаидов, К.А. Асанбеков, А.Ж. Барпиев, Э.А. Болотов, А.Ш. Калманбетова, И.Э. Суюнтбеков, Э.Д. Молдалиев, Б. Советбеков, А.Б. Нышанбаева и др. Ими предложены принципиально новые интегральные показатели классификации и типизации эксплуатационных условий Кыргызской Республики, разработана методология учета воздействия внешних факторов на тягово-динамические, топливно-экономические показатели тракторов и автомобилей. Создан информационный банк данных эксплуатационных условий Кыргызстана для моделирования работы автотранспортных средств, колесных транспортных машин.

Перечисленные выше научные исследования зарубежных и отечественных ученых, посвященные изучению эксплуатационных свойств колесных машин, не полностью раскрывают и описывают показатели движения колесных машин в горных условиях.

В Кыргызстане автомобильные дороги проложены по ущельям гор и через многочисленные высокогорные перевалы с отметками 3000-4800 м н. у. м. (например, перевалы Туя-Ашуу, Долон, Торугарт, Чон-Ашуу, Отмек, Барскаун, Ала-Бель, Ак-Таш, Кызарт и др.). Большой Памирский тракт протяженностью 726 км, соединяющий областные центры Кыргызстана и Таджикистана - Ош и Хорог - является самой высокогорной в мире автотрассой. На перевале Ак-Байтал высота достигает 4800 м н. у. м., где среднее барометрическое давление равно 430 мм рт. ст., т. е. составляет всего 56,5 % от нормального.

Горные условия Кыргызстана во многом отличаются от равнинной и холмистой местностей по ряду причин, основными из которых являются возмущающие воздействия дорожных, высотных и природно-климатических условий на эксплуатационные свойства колесных машин. Описанные выше особенности горных условий эксплуатации колесных машин на высокогорных дорогах в конечном итоге приводят к снижению эффективности их использования и служат объектом исследований с целью решения ряда проблем по повышению эффективных показателей колесных машин в реальных условиях эксплуатации, по совершенствованию конструкции их агрегатов и систем, по разработке организационно-технических мероприятий.

В Кыргызстане основные горные автомобильные дороги расположены на высоте от 1500 до 4000 м н.у.м.; параметры этих дорог приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Параметры высокогорных автомобильных дорог Кыргызской Республики

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование высокогорной автомобильной  дороги | Протяженность дороги, км | Наименование высотных  перевалов | Высота перевалов над уровнем  моря, м |
| Бишкек-Ош | 678 | Тую-Ашуу Ала-Бель | 3186  3184 |
| Ош - Хорог | 728 | Чыйырчык  Талдык  Кызыл-Арт | 2406  3615  4280 |
| Бишкек-Балыкчы – Нарын-Торугарт | 539 | Долон  Акбекет  Туз-Бель  Торугарт | 3030  3285  3900  3552 |
| Суусамыр-Талас-Тараз | 199 | Отмек  Тай-Жорго | 3326  2105 |

Отметим, что важнейшие горные дороги республиканского, областного и местного значений Кыргызской Республики являются ответвлениями вышеназванных международных автомобильных высокогорных дорог и, как правило, также пролегают через горные склоны, имеющие высотные отметки 2500-4800 м н. у. м.

Особенности эксплуатации колесных машин в высокогорных условиях можно разделить на две группы: к первой группе можно отнести особенности эксплуатации, связанные с устройством горных дорог; а ко второй группе - связанные с показателями основных параметров окружающей среды (рис. 1).

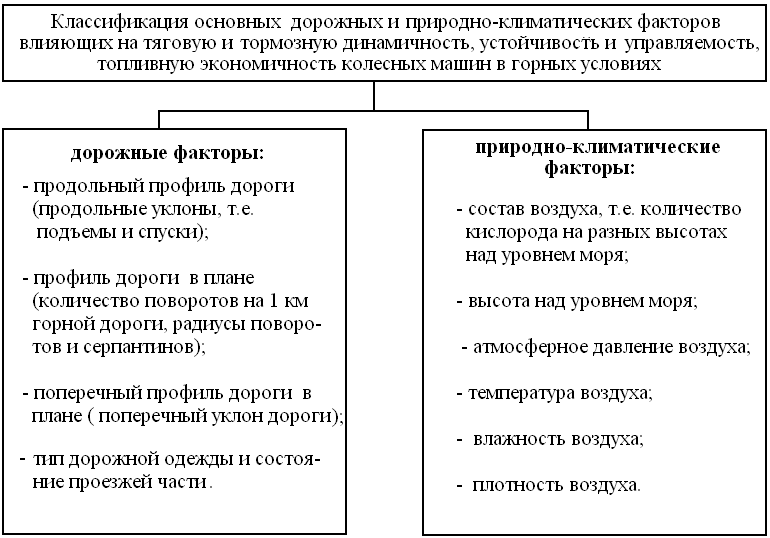


Рис.1 - Классификация основных дорожных и природно-климатических факторов, влияющих на тяговую и тормозную динамичность, устойчивость и управляемость, топливную экономичность колесных машин в горных условиях

**Вторая глава** посвящена формированию показателей тягово - динамических свойств колесных машин при движении на подъеме горных дорог в сложных дорожных и природно-климатических условиях Кыргызстана.

Оценка тягово-динамических свойств колесной машины осуществляется в процессе моделирования прямолинейного движения на подъеме горных дорог. Предполагаем, что центр масс колесной машины перемещается по прямой линии, расположенной в неподвижной вертикальной плоскости. Все силы воздействия внешней среды на колесную машину расположены в этой плоскости, а векторы моментов внешних воздействий - перпендикулярны плоскости.

При составлении модели системы внешних сил и моментов, действующих на колесную машину при прямолинейном движении на подъеме горных дорог, установим следующие допущения:

- в качестве колесной машины принимаем одиночный двухосный автомобиль с задними ведущими колесами;

- сила сопротивления воздуха *Fв* равна нулю, так как при движении на подъеме наблюдается очень низкая скорость колесной машины;

- левые и правые колеса передних и задних мостов имеют одинаковые нагрузки и находятся в одинаковых дорожных условиях;

- упругое свойство подвески не учитывается, и колебание кузова не происходит.

При движении на подъем на колесную машину действует система сил и моментов разных по направлению и величине. Эти силы подразделяются на две группы: тяговая сила и внешние воздействующие силы сопротивления движению (рис. 2).

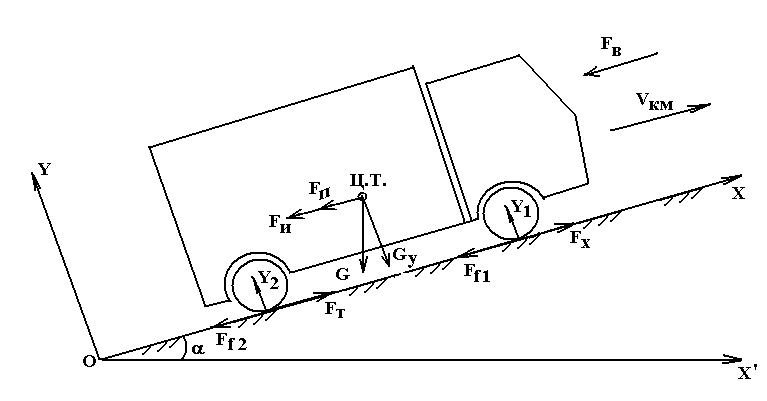


Рис. 2 - Силы, действующие на колесную машину при движении на подъем:

*Fт* – сила тяги на ведущих колесах, *Ff1, Ff2* – силы сопротивления качению; *Fх* – сила свободного качения ведомых колес; *Fв* – сила сопротивления воздуха; Fи – сила инерции или сопротивления разгону; *Fп* – сила сопротивления подъему; *Y1, Y2* – нормальные реакции дороги; *G* – сила тяжести колесной машины; *α* – угол подъема

Для определения числовых значений максимальной мощности дизельного двигателя внутреннего сгорания (ДВС) с турбонаддувом на различных высотах над уровнем моря предлагаем ввести коэффициент, учитывающий снижение его мощности в зависимости от высоты над уровнем моря:

*КNe =Neф/Ne ,* (1)

где *Neф* – фактическая максимальная мощность ДВС на высоте над уровнем моря; *Ne* – номинальная мощность двигателя в нормальных условиях.

В результате теоретических исследований предлагается применить следующую формулу для расчета фактически развиваемой мощности дизельного двигателя с турбонаддувом в условиях высокогорья:

*Neф = Ne · (ρ/ ρ0)0,4·(T0/T)0,12,* (2)

где *ρ, Т –* значения плотности и температуры воздуха на высоте над уровнем моря; *ρ0 , Т0*- соответственно значения плотности и температуры воздуха при нормальных условиях.

Числовые значения максимальной мощности ДВС колесных машин, широко используемых в Кыргызстане на различных высотах над уровнем моря, представлены в табл. 2.

По результатам расчета построен график (рис. 3) зависимости минимального коэффициента сцепного веса *Ксц.min* от разных продольных уклонов дороги для различных типов и состояний дорожного покрытия (с указанием линий коэффициентов сцепной массы *Ксц.* неполноприводных одиночных грузовых автомобилей и автопоезда).

Таблица 2 - Результаты расчета изменения числовых значений максимальной мощности ДВС колесных машин в зависимости от высоты над уровнем моря

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка колесной машины | Модель двигателя | Числовые значения максимальной мощности на разных высотах н.у.м, кВт | | | | |
| 0 | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 |
| КамАЗ-5320 | КамАЗ-740 | 154 | 147,84 | 143,22 | 137,06 | 132,44 |
| КамАЗ-53215 040-15 | 740,31-240 (евро-2) | 176 | 168,96 | 163,68 | 156,64 | 151,36 |
| КамАЗ-5425 | 740,31-240 (евро-2) | 191 | 183,36 | 177,63 | 169,99 | 164,26 |
| МАЗ-53363 | ЯМЗ-238Д | 243 | 233,28 | 225,99 | 216,27 | 208,98 |
| МАЗ 6312А8-360-015 | ЯМЗ-6581.10 (Е-3) | 294 | 282,4 | 273,42 | 261,66 | 252,84 |
| MБ 814/817 | ОМ 366 LA | 125 | 120 | 116,25 | 111,25 | 107,5 |
| MБ 1320 | OM 366 | 156 | 149,76 | 145,08 | 138,84 | 134,16 |

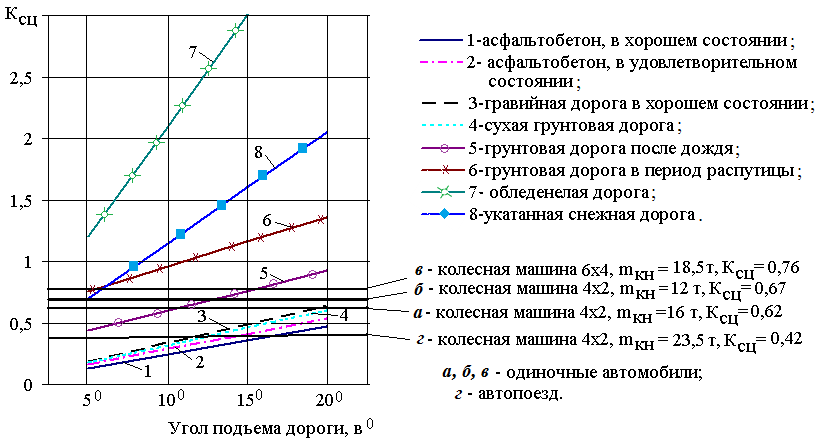


Рис. 3 - Зависимости минимального коэффициента сцепного веса *Ксц.min* от разных продольных уклонов дороги и коэффициента сцепной массы *Ксц.* неполноприводных одиночных грузовых автомобилей и автопоезда

Неполноприводные одиночные грузовые автомобили *а*, *б* и *в* (рис. 3) при полной массе могут преодолевать подъемы до 200 горных дорог с асфальтобетонным покрытием в хорошем и в удовлетворительном состоянии; гравийных дорог в хорошем состоянии и сухих грунтовых дорог; а на мокрой грунтовой дороге - могут преодолевать подъемы до 100. Автопоезд с колесной формулой 4х2 и полной массой 23,5 т, у которого коэффициент сцепной массы *Ксц* = 0,42, может преодолевать подъемы до 150 горных дорог с асфальтобетонным покрытием в хорошем и в удовлетворительном состоянии; на гравийных дорогах в хорошем состоянии и на сухих грунтовых дорогах может преодолевать подъемы до 100; на мокрой грунтовой дороге, напротив, не может преодолевать подъемы даже до 50. Вышеперечисленные колесные машины без применения таких специальных приспособлений, как цепи противоскольжения, не могут преодолевать подъемы горных грунтовых дорог в период распутицы, обледенелых дорог и укатанные снежные дороги с углом подъема выше 50.

Предложенный график зависимости минимального коэффициента сцепного веса *Ксц.min* от разных продольных уклонов дороги очень удобен и универсален для определения значения максимального преодолеваемого подъема любой колесной машины. При этом достаточно только вычислить коэффициенты сцепной массы *Ксц* любой колесной машины с полной нагрузкой. Измерив полученное числовое значение по вертикальной оси, от этой точки нужно начертить горизонтальную линию. Нижняя часть этой линии показывает возможности колесной машины преодолевать подъемы дорог, а верхняя часть линии – наоборот, ограничивает возможности колесной машины при преодолении подъемов горных дорог.

Моделирование движения колесной машины на подъем предусматривает введение исходных данных дорожных и природно-климатических, эксплуатационных и конструктивных факторов в программу расчета по заданным вероятностно-статистическим законам их распределений; рас­чет по определенным аналитическим зависимостям при заданных параметрах конструкции колесной машины и режимах работы двигателя и расчет результирующих показателей движения. Разработанный алгоритм расчета приведен в виде блок-схемы на рис. 4.

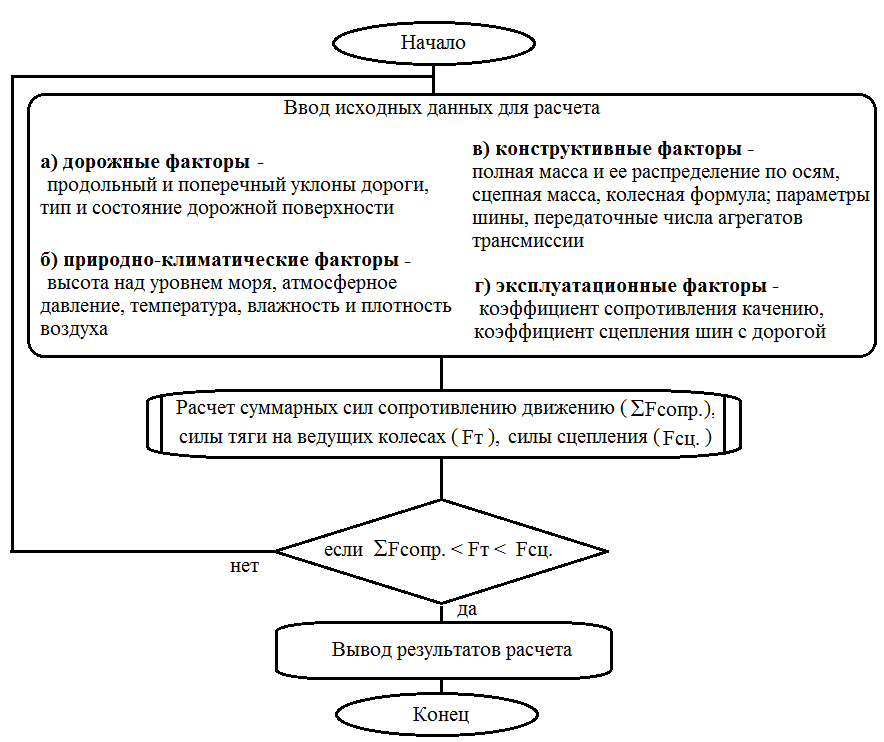


Рис. 4 - Блок-схема расчета тягово-динамических показателей колесных машин при движении на подъемных участках горных дорог

По результатам расчета нами была построена диаграмма изменения силы тяги различных марок автомобилей в зависимости от высоты над уровнем моря; графики изменения силы сопротивления подъему и силы сопротивления качению различных марок автомобилей в зависимости от продольного уклона горной автомобильной дороги; график изменения силы сцепления различных марок автомобилей в зависимости от коэффициента сцепления шин при значениях продольного уклона дороги в 5°, 10° и 14°.

У грузового автомобиля-тягача марки МАЗ - 6312А8-360-015 (рис. 5) при падении номинальной эффективной мощности двигателя числовое значение силы тяги на ведущих колесах на высоте 0 м н. у. м. составляет 78,15 кН, а на высоте 4000 м н. у. м. - снижается до 67,21 кН, грузового бортового автомобиля-тягача марки КамАЗ - 5320 при падении номинальной эффективной мощности двигателя числовое значение силы тяги на ведущих колесах на высоте 0 м над уровнем моря составляет 56,1 кН, а на высоте 4000 м над уровнем моря - снижается до 48,25 кН, т. е. на каждые 1000 м значение силы тяги снижается на 3-4%.

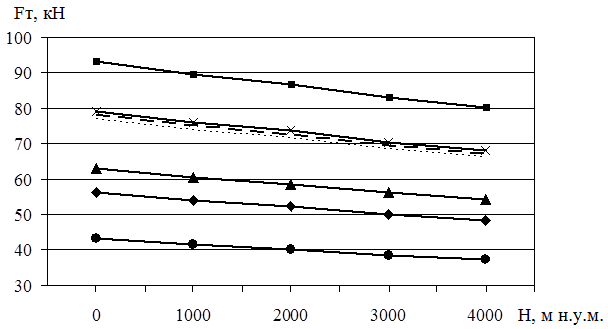


Рис. 5 - График изменения силы тяги различных марок автомобилей в зависимости от высоты над уровнем моря:



С увеличением продольного уклона дороги (рис. 6) существенно повышается значение силы сопротивления подъему. Следует отметить, что чем больше полная масса колесной машины, тем выше числовое значение силы сопротивления подъему. Например, у автомобиля марки МАЗ – 6312А8-360-015, полная масса которого составляет 33450 кг и значение силы сопротивления подъему при продольном уклоне дороги в 5° составляет всего 29,5 кН, а при 10° - 59,1 кН, т. е. в два раза повышается. Для автомобиля марки МБ 814/817, у которого полная масса составляет 7490 кг, значение силы сопротивления подъему при продольном уклоне дороги в 5° составляет 6,6 кН, а при продольном уклоне в10° - 13,2 кН, т. е. так же - в два раза повышается.

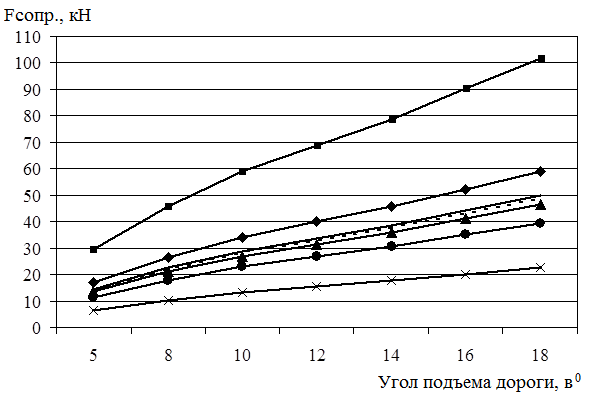


Рис. 6 - График изменения силы сопротивления подъему различных марок автомобилей в зависимости от продольного уклона дороги:



По результатам расчета определено, что числовое значение силы сопротивления качению различных марок автомобилей, в зависимости от продольного уклона горной автомобильной дороги, незначительно изменяется, например, у автомобиля КамАЗ – 53215 040-15 при движении на подъем с полной массой 19355 кг числовое значение силы сопротивления качению при продольном уклоне дороги в 5° составляет 7,8 кН, а при значении продольного уклона в 18° - 7,4 кН, т. е. ее числовое значение уменьшается на 5,12 %.

Анализ изменения силы сцепления различных марок автомобилей в зависимости от коэффициента сцепления шин при значениях продольного уклона дороги, равных 5° (рис. 7), показывает, что с изменением продольного уклона горной дороги числовые значения сил сцепления различных марок автомобилей существенно не изменяются. Однако, их значение в большой степени зависит от типа и состояния дорожной поверхности, а также от параметров шины, т. е. от коэффициента сцепления шины с дорогой. Например, у автомобиля марки МАЗ-6312А8-360-015 со стандартной шиной 315/80R22.5 и полной массой 33450 кг при движении на подъем с продольным уклоном в 5°, на сухой асфальтобетонной дороге, т. е. при значении коэффициента сцепления шин с дорогой *ϕх* = 0,9, значение силы сцепления составляет 211,83 кН, а на мокрой асфальтобетонной дороге (*ϕх* = 0,5) - снижается до 117,68 кН, т. е. на 44,4%.

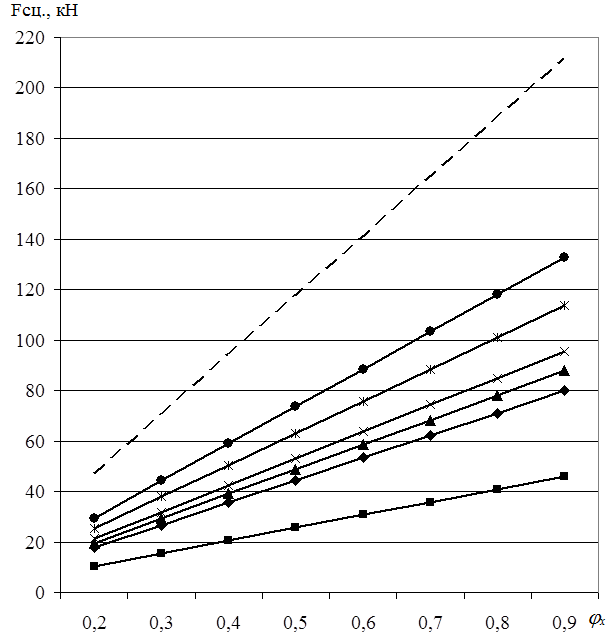


Рис. 7 - График изменения силы сцепления различных автомобилей в зависимости от коэффициента сцепления шин при продольном уклоне дороги в 5°:



В таких же одинаковых эксплуатационных условиях у автомобиля марки МБ 814 при *ϕх* = 0,9 значение силы сцепления составляет 46,11 кН, при *ϕх* = 0,5 значение силы сцепления снижается до 25,62 кН, т. е. так же - на 44,4%. Таким образом, можно сделать вывод о том, что численное значение силы сцепления колесных машин различных марок и модификаций при движении на подъем незначительно зависит от изменения продольного уклона горной автомобильной дороги, а существенное влияние оказывает значение коэффициента сцепления шин с дорогой.

По результатам расчетных данных нами разработаны номограммы для определения тягово-динамических показателей автомобиля при движении на подъем горной автомобильной дороги с учетом дорожных и природно-климатических факторов. В качестве примера, по разработанной номограмме (рис. 8) можно оценить тягово-динамические показатели автомобиля марки КамАЗ-53215 040-15, данный автомобиль с полной нагрузкой при движении на подъем горной автомобильной дороги с асфальто-бетонным покрытием и продольным уклоном в 16°, на высоте 3000 м н.у.м. не может преодолевать данный подъем, так как линия силы тяги на ведущих колесах *Fт* лежит ниже, чем линия сил суммарного сопротивления движению *Fсопр.*, т. е. условие *∑Fсопр < Fт* не соблюдается. Таким образом, движение автомобиля ограничивается суммарной силой сопротивления движению.

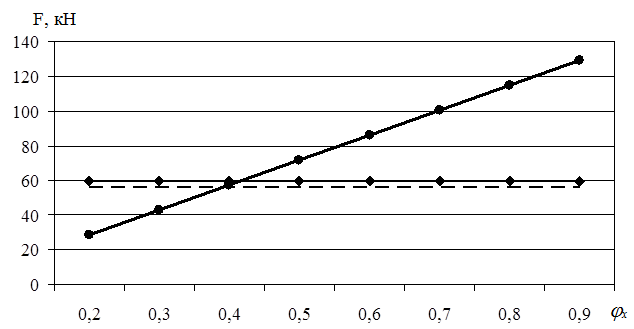


Рис. 8 - Номограмма для определения тягово-динамических показателей автомобиля марки КамАЗ-53215 040-15 при движении на подъем горной автомобильной дороги на I передаче КПП с асфальто-бетонным покрытием и продольным уклоном в 16°, на высоте 3000 м н. у. м. на различных значениях коэффициента сцепления шин:



В табл. 3 приведены оценочные показатели тягово-динамических свойств автомобиля марки КамАЗ-5320 при движении на подъем с полной нагрузкой на

Таблица 3 - Оценка тягово-динамических свойств автомобиля марки КамАЗ-5320 при движении на подъем с полной нагрузкой на I и II передачах КПП в различных дорожных и природно-климатических условиях эксплуатации

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип и состояние дорожного  покрытия, коэффициент сцепления шин с дорогой (ϕх) | Продольный уклон дороги в 5° (8,75%) | | | | | | | Продольный уклон дороги в 10° (17,63%) | | | | | | | Продольный уклон дороги в 14° (25%) | | | | | | |
| ∑Fсопр, кН | Сила тяги на ведущих колесах, Fт, кН (*i*2 = 4,03) | | | | | Fсц., кН | ∑Fсопр, кН | Сила тяги на ведущих колесах, Fт, кН (*i*1 = 7,82) | | | | | Fсц., кН | ∑Fсопр, кН | Сила тяги на ведущих колесах, Fт, кН (*i*1 = 7,82) | | | | | Fсц., кН |
| 0 м н.у.м., 28,91 | 1000 м н.у.м., 27,75 | 2000 м н.у.м., 26,89 | 3000 м н.у.м., 25,73 | 4000 м н.у.м., 24,86 | 0 м н.у.м., 56,1 | 1000 м н.у.м., 53,86 | 2000 м н.у.м., 52,17 | 3000 м н.у.м., 49,93 | 4000 м н.у.м., 48,25 | 0 м н.у.м., 56,1 | 1000 м н.у.м., 53,86 | 2000 м н.у.м., 52,17 | 3000 м н.у.м., 49,93 | 4000 м н.у.м., 48,25 |
| Асфальтобетон сухой, ϕх= 0,9 | 19,6 | + | + | + | + | + | 95,58 | 33,1 | + | + | + | + | + | 94,48 | 42 | + | + | + | + | + | 93,08 |
| Грунтовая дорога сухая, ϕх= 0,7 | 19,6 | + | + | + | + | + | 74,34 | 33,1 | + | + | + | + | + | 73,49 | 42 | + | + | + | + | + | 72,4 |
| Асфальтобетон мокрый, ϕх= 0,6 | 19,6 | + | + | + | + | + | 63,72 | 33,1 | + | + | + | + | + | 62,99 | 42 | + | + | + | + | + | 62,05 |
| Грунтовая дорога мокрая,  ϕх= 0,5 | 19,6 | + | + | + | + | + | 53,1 | 33,1 | - | - | + | + | + | 52,49 | 42 | - | - | - | + | + | 51,71 |
| Асфальтобетон покрытый снегом, ϕх= 0,4 | 19,6 | + | + | + | + | + | 42,48 | 33,1 | - | - | - | - | - | 41,99 | 42 | - | - | - | - | - | 41,37 |
| Грунтовая дорога покрытая снегом, ϕх= 0,3 | 19,6 | + | + | + | + | + | 31,86 | 33,1 | - | - | - | - | - | 31,49 | 42 | - | - | - | - | - | 31,03 |
| Дорога покрытая льдом, ϕх= 0,2 | 19,6 | - | - | - | - | - | 21,24 | 33,1 | - | - | - | - | - | 21 | 42 | - | - | - | - | - | 20,68 |

Примечание: ∑Fсопр - суммарное значение силы сопротивления движению; Fсц - сила сцепления колесной машины;

|  |  |
| --- | --- |
| + | - автомобиль может преодолевать подъемы горных дорог; |

|  |  |
| --- | --- |
| - | - автомобиль не может преодолевать подъемы горных дорог, нужно применять цепи противоскольжения. |

I и II передачах КПП в различных дорожных и природно-климатических условиях эксплуатации.

Представление результатов расчета тягово-динамических показателей колесных машин по разработанной математической модели в таком табличном виде позволяет удобно использовать их на практике. Например, водитель автомобиля КамАЗ-5320 с полной нагрузкой, не выезжая в дальнюю поездку, только обладая необходимой информацией о дорожных и природно-климатических условиях (по данным табл. 3) может оценить тягово-динамические свойства своего автомобиля.

**Третья глава** посвящена формированию показателей тормозных свойств колесных машин на спуске горных дорог в сложных условиях эксплуатации. Рассмотрены особенности работы тормозных систем колесных машин на горных автомобильных дорогах.

Горные автомобильные дороги характеризуются переменностью продольного профиля дорог и повышенной извилистостью плана трассы, что утяжеляет условия работы колесных машин, усложняет их эксплуатацию и затрудняет работу водителей. Движение по горным дорогам, особенно на затяжных спусках, влечет за собой работу двигателей с использованием их в качестве тормоза. На высокогорных дорогах Кыргызстана преобладают подъемы и спуски, что вызывает необходимость длительного использования низших передач в коробке переменных передач для повышения тормозной эффективности и безопасности движения. Частое и длительное торможение колесных машин неизбежно на затяжных спусках и многочисленных крутых поворотах горной автомобильной дороги. Эффективная работа и безопасность движения колесных машин в горных условиях возможна только при наличии тормозных систем высокой энергоемкости и надежности.

Мощность современных тормозных систем колесных машин такова, что даже на самой хорошей дороге водитель может заблокировать колеса, а последствиями этого могут быть:

- потеря траектории устойчивости в случае блокирования передних колес. Передние колеса теряют возможность передавать на колесную машину боковые реакции и, следовательно, машина не может сделать поворот и движется только прямо, несмотря на поворот рулевого колеса водителем. При блокировании колес передней оси может возникнуть ее занос со скоростью *v3* (рис. 9 а); в результате мост начинает двигаться вокруг центра О со скоростью . Составляющая *Fу*ивозникающие при этом центробежные силы *Fц*гасят занос. Практически траектория устойчивости восстанавливается при растормаживании колесной машины;

- потеря курсовой устойчивости в случае блокирования задних колес. Невозможность реализовать достаточные боковые реакции приводит к заносу задней оси (рис. 9 б). Этот вид заноса, как видно из рисунка, усугубляется действием силы *Рv* и прогрессивно нарастает.

Опытные водители, оттормаживая и одновременно маневрируя с помощью рулевого колеса, могут погасить занос задней оси. Однако, многочисленные опыты показывают, что такой профессиональный подход дает положительный эффект только на начальном этапе заноса. Если колесная машина успела отклониться от прямолинейного направления на угол, равный примерно 20°, занос уже не может быть прекращен даже полным растормаживанием и энергичным маневром с помощью рулевого колеса.

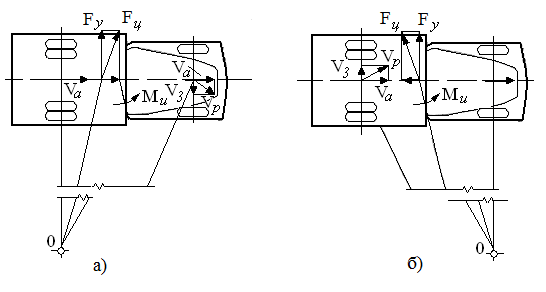


Рис. 9 - Схема заноса мостов колесной машины:

*а* - занос переднего моста, *б* - занос заднего моста

Математическое описание устойчивого экстренного совместного торможения колесных машин без блокировки передних управляемых колес на спусках горных автомобильных дорог можно представить следующей формулой:

*Fп - Ff  ≤ Fтор1 ≤ Fсц1.* (3)

Аналогично - для задних ведущих колес:

*Fт+Fп - Ff ≤ Fтор2 ≤ Fсц2,* (4)

где *Fтор1* и *Fтор2 –* силы торможения на передних и задних колесах; *Ff  -* сила сопротивления качению; *Fт –* сила тяги на ведущих колесах; *Fп –* сила сопротивления подъему; *Fсц1* и *Fсц2 -* силы сцепления передних и задних колес.

Рассмотрим каждую составляющую по отдельности. Силы торможения передних и задних колес *Fтор1, Fтор2* зависят от нагрузки (приходящейся на переднее и заднее колесо) и удельной тормозной силы:

*Fтор1* = *Gкм1 ·Утор. ;Fтор2* = *Gкм2 ·Утор.,*(5)

где *Утор.*  - удельная тормозная сила, *Gкм1* и *Gкм2* - силы тяжести на передних и задних мостах колесной машины.

Сила сопротивления подъему *Fп* при экстренном торможении на спусках горных автомобильных дорог будет оказывать сопротивление на силу торможения

*Fп* = *Gкм · соsα.* (6)

где *Gкм* - сила тяжести колесной машины, *α -* угол продольного уклона дороги.

Суммарная сила сопротивления качению колесной машины

*Ff = mкм·g·соsα·(f1 - Ксц.·f1+f2 ),* (7)

где *mкм –* полная масса колесной машины,  *f1* и *f2* – коэффициенты сопротивления качению ведомых и ведущих колес.

Сила сцепления ведомых колес

*FСЦ1* = *mкм·(1 - Ксц.) · g·соsα·φх ,* (8)

где *Ксц.* – коэффициент сцепной массы колесной машины.

Сила сцепления ведущих колес

*FСЦ2* = *mкм·Ксц. · g·соsα·φх .*(9)

Сохранение устойчивости и управляемости колесной машины при экстренном торможении  является основным условием повышения безопасности движения. Главная проблема при этом - потеря устойчивости и управляемости колесной машины при полном или частичном блокировании колес. В реальных условиях не бывает идеально однородного покрытия, одинакового срабатывания всех колес, одинаковых по качеству покрышек. Следовательно, почти всегда процесс экстренного торможения сопровождается рысканьем передних колес, скольжением задних, а при высокой интенсивности торможения - сносом, заносом и вращением колесной машины.

В зависимости от дорожных условий нужно правильно выбирать способ торможения. Торможение с постоянным усилием следует применять только на поворотах или неровностях. Его следует начинать коротким импульсом, а затем увеличивать тормозные усилия. Рыскающую колесную машину нужно стабилизировать рулением в каждый период растормаживания и использовать антиблокировочный эффект с включением понижающих передач.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Как показывает практика, водители высокой квалификации обладают некоторым количеством эффективных приемов, позволяющих сохранить устойчивость и управляемость колесной машины при экстренном торможении на спусках горных автомобильных дорог в сложных дорожных и природно-климатических условиях. Такие водители своевременно прогнозируют потери устойчивости и управляемости, т. е. чувствуют движение колесной машины, и тем самым распознают признаки потери устойчивости и управляемости колесной машины на самой ранней стадии. Прогнозирование и профессиональные чувства связаны со способностями и опытом, а конкретными действиями можно вооружить даже молодого водителя. Эти действия должны стать правилами экстренного торможения, тогда их эффект позволит существенно повысить безопасность. В качестве рекомендаций и конкретных действий по повышению безопасности движения при экстренном торможении колесных машин на спусках горных дорог предлагаем для водителей грузовых автомобилей с небольшим стажем работы:

1. Не применять торможение с постоянным усилием. Нужно использовать импульсный способ приложения усилий в целях избегания длительного блокирования колес.

2. Первое тормозное усилие должно быть коротким и несильным. Оно позволит определить скользкость дорожного покрытия и спрогнозировать дальнейшие действия.

3. Резкое торможение может быть эффективным только до скорости 40 км/ч на сухом твердом покрытии. Во всех других случаях - это грубая ошибка, связанная с запоздалой реакцией, страхом и неуверенностью.

4. При экстренном торможении нужно реагировать на рысканье колесной машины, так как оно, суммируясь, может перерасти в критический занос. Отпуская на мгновение тормозную педаль при импульсном торможении, нужно сделать коррекцию рулевым колесом. Это освобождает от необходимости применять максимальные скоростные возможности и круговое руление, чтобы стабилизировать колесную машину при заносе. Следующее тормозное усилие должно быть применено только после возврата колесной машины к прямолинейному движению.

5. Выбирать самый эффективный способ экстренного торможения на спусках горных дорог следует в зависимости от дорожных условий:

- на ровном участке с постоянным (даже низким) коэффициентом сцепления - применить ступенчатое торможение;

- на участке с неровностями - использовать прерывистое торможение, при этом отпуская тормозную педаль перед неровностью;

- на поворотах - использовать плавное торможение с небольшим постоянным усилием;

- на крутом обледенелом спуске - использовать прием “газ - тормоз”, при этом левая нога выполняет ступенчатое торможение, а правая нажимает педаль подачи топлива, противодействуя блокированию ведущих колес;

- на очень скользком покрытии (лед, покрытый водой) - использовать торможение двигателем, если его эффективность достаточна для снижения скорости;

- на участке с меняющимся коэффициентом сцепления и неровностями - применить вариативный способ торможения с чередованием приемов и способов в зависимости от изменения внешних условий.

6. Для противодействия блокированию колес и сохранения устойчивости необходимо выполнить следующие приемы комбинированного торможения:

- “перегазовку” перед включением понижающих передач;

- паузу при переводе рычага коробки передач с высшей на низшую передачу;

- задержку при включении сцепления.

**В четвертой главе** проанализированы конструктивные и эксплуатационные факторы, влияющие на устойчивость и управляемость колесных машин на опасных поворотах горных дорог; изучено влияние угла бокового увода на управляемость колесной машины; обоснованы критические скорости движения колесных машин по боковому скольжению на опасных поворотах горных дорог.

На опасных поворотах горных дорог к колесной машине прилагается боковая сила – центробежная, вызванная поперечным уклоном дороги, либо боковым ветром. Благодаря наличию силы сцепления с дорогой, шины деформируются. Поэтому на повороте колеса двигаются под некоторым углом к тому направлению, в котором они ориентированы. Угол между направлениями ориентации колес и фактическим движением называется углом бокового увода (рис. 10).

Увод шины движущегося колеса при приложении к ней боковой силы возникает вследствие того, что адгезия между шиной и дорогой вызывает деформацию протектора и перенос зоны контакта. Участки протектора, находящиеся около его центровой линии, вступая в контакт с дорогой, постепенно все более отодвигаются боковой силой в поперечном направлении, а затем, выходя из контакта, возвращаются к центровой линии, благодаря силам упругости.

Величина боковой силы, требуемая для увода колеса на один угловой градус, может служить мерой сопротивления шины боковому уводу, или, иначе говоря, мерой ее боковой жесткости, которая во многом определяется конструкцией шины. Когда лимит силы сцепления шин с дорогой исчерпывается, элементы рисунка протектора в зоне контакта начинают легко проскальзывать по дорожному покрытию. Сцепление шин с покрытием становится недостаточным для сохранения боковой силы, уравновешивающей центробежную. Колеса подвергаются заносу, и колесная машина становится неуправляемой.

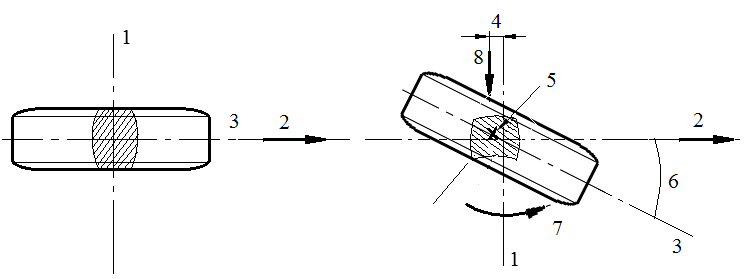


Рис. 10 - Схема бокового увода: 1 – центр колеса; 2 – направление движения; 3 – центровая линия протектора; 4 – плечо стабилизации; 5 – центр приложения боковой силы; 6 – угол бокового увода; 7 – направление стабилизирующего момента; 8 - боковая реакция дороги

Поскольку боковая деформация протектора постоянно возрастает при переходе от передней к задней границе зоны контакта, боковая реакция дороги оказывается приложенной к центру деформированной части протектора, который вследствие этой деформации находится несколько сзади геометрического центра нормальной зоны контакта. Поэтому возникает вращающий момент вокруг центра, стремящийся вернуть колесо в прямое положение и уменьшить угол бокового увода. Он называется стабилизирующим моментом и дополняет самоцентрирующий эффект, обеспечиваемый геометрией системы рулевого управления. Расстояние между геометрическим центром нормальной зоны контакта и точкой приложения боковой силы зависит от величины угла бокового увода. Чем больше угол увода, тем больше указанное расстояние, т. е. плечо стабилизации.

Чем меньше радиус кривой или больше скорость движения по определенной кривой, тем значительнее воздействующая на колесную машину боковая сила, а следовательно, и вызываемый ею угол увода для данной конструкции шин. И, наконец, чрезмерная боковая сила, вызывающая чрезмерную деформацию шин, приводит к заносу колесной машины.

Стабилизирующий момент тоже вначале возрастает с увеличением действующего на колесную машину тягового усилия, но затем постепенно уменьшается до того момента, когда дальнейшее возрастание боковой реакции дороги фактически приводит к ее уменьшению и, наконец, при потере управления стабилизирующий момент полностью исчезает.

К другим факторам, определяющим величину угла увода для данной боковой силы и конструкции шин, относятся вертикальная нагрузка на шину, давление и ширина обода колеса.

При изучении устойчивости колесных машин на опасных поворотах горных дорог нужно рассматривать условия устойчивости движения по боковому скольжению и поперечному опрокидыванию. Неустойчивость по угловой скорости поворота происходит из-за боковых деформаций шин: скольжением ведомых и ведущих колес. Особенно на крутых поворотах горных дорог могут возникать опрокидывание колесной машины и боковое скольжение, которые зависят от критической скорости движения.

При эксплуатации колесных машин в горных условиях по маршруту движения встречается множество поворотов с поперечными уклонами и без них. Сначала рассмотрим процесс поворота колесной машины на горной дороге без поперечнего уклона. При движении на повороте колесная машина начинает скользить, когда центробежная сила *Fцб*, стремящаяся сдвинуть ее к обочине, превосходит силу сцепления *Fсц* между шинами и дорогой, удерживающую колесную машину на ее траектории (рис. 11). Критическую скорость движения колесной машины на опасных поворотах горизонтальных участках горных дорог без поперечного уклона можно определить по известной формуле

 (10)

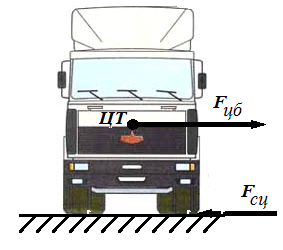


Рис. 11 - Схема сил, возникающих при движении по кривой с горизонтальной поверхностью горной дороги: *Fцб ­* = *m·v2/R –* центробежная сила; *Fсц = mкм·g·ϕ =Gкм·ϕ -* сила сцепления шины с дорогой

При движении колесной машины на спуск с сочетанием поворота, водитель с целью предотвращения бокового скольжения колес, сохранения поперечной устойчивости и обеспечения безопасности движения применяет служебное торможение (рис. 12).

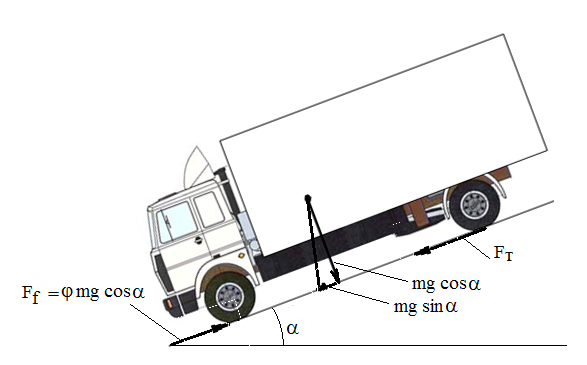


Рис. 12 - Схема сил, возникающих при движении по кривой на спуске горной дороги с горизонтальной поверхностью: *FТ ­* = *m·а –* движущая сила,сила тяги на ведущих колесах; *Ff = ϕ·m·g·cosα -* сила сопротивления качению; *m·g·sinα -* составлящая сила тяжести колесной машины

*ϕ·m·g·cosα = m·а + m·g·sinα;*

отсюда 

Подставляя *V2/2·S* вместо *а* и имея в виду, что *sinα/cosα=tgα,*  получим:

*Сosα* имеет значение, близкое к единице, и, следовательно, может не приниматься во внимание. Поэтому



Но на горизонтальной дороге *ϕ* = *V2/2·S·g*, и поэтому эффективный коэффициент сцепления для случая движения под углом на спуск *ϕспуск ≅ ϕ - tg α.* Он может быть использован в вычислениях так же, как и для случая движения по горизонтальной дороге. Подобно этому, эффективный коэффициент сцепления для случая движения на подъем *ϕподъем ≅ ϕ + tg α.* Доказательство применено такое же, как в случае движения на спуск.

Таким образом, подставляя значение *ϕ* в формулу(10), находим критическую скорость движения колесной машины на спуске опасных поворотов горных дорог без поперечного уклона

(11)

на подъеме опасных поворотов горных дорог без поперечного уклона

 (12)

Теперь рассмотрим движение колесной машины на поворотах горных дорог с поперечным уклоном (рис. 13). Как видно из рис. 13, составляющая силы тяжести, действующей на колесную машину, перпендикулярная к поверхности дороги равная *m·g·cosθ*; составляющая силы тяжести, параллельная поверхности дороги равная *m·g·sinθ*; центробежная сила, действующая на колесную машину равная *m·v2/R*;составляющая центробежной силы тяжести, действующей на колесную машину параллельно поверхности дороги равная *(m·v2/R)·сosθ*; составляющая центробежной силы тяжести, действующей перпендикулярно к поверхности дороги равная *(m·v2/R)·sinθ,* где  *θ -* уголпоперечного уклона дороги.

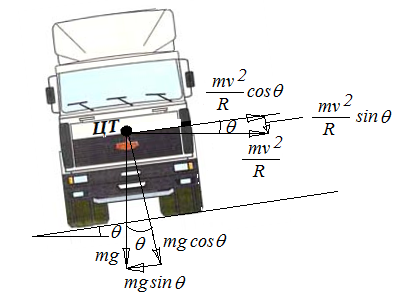


Рис. 13 - Схема сил, возникающих при движении по кривой с поперечным уклоном горной дороги или виражом: *θ* - угол поперечнего уклона горной дороги

Уравнивающие друг друга силы, действующие параллельно поверхности дороги приведены далее:







Для упрощения обе части равенства разделим на *сosθ:*





Решая уравнение относительно скорости движения, получим



тогда  (13)

Подставляя значения *ϕ* на спуске в формулу(13), находим критическую скорость движения колесной машины на спуске опасных поворотов горных дорог с поперечным уклоном:

 (14)

Аналогично, подставив значения *ϕ* на подъемев формулу(13), находим критическую скорость движения колесной машины на подъеме опасных поворотов горных дорог с поперечным уклоном:

 (15)

На рис. 14 показана в виде диаграммы динамика ограничения скорости движения колесных машин на спуске с продольным уклоном в 50: на опасном повороте горной дороги, с радиусом 30 м, в зависимости от различных значений поперечнего уклона дороги и коэффициента сцепления шин с дорогой. На ограничение скорости движения оказывают влияние поперечные уклоны дороги (виражы); с наличием положительных поперечных уклонов дороги на поворотах скорость движения повышается, например, если при *ϕ* = 0,8 и *θ* = 00, критическая скорость движения составляет *Vкр =* 52 км/ч, а при *θ* = 50, значение *Vкр =* 57 км/ч; при *θ* = 80, значение *Vкр =* 60 км/ч; при *θ* = 100, значение *Vкр =* 62 км/ч; при *θ* = 120, значение *Vкр =* 64 км/ч; при *θ* = 150, значение *Vкр =* 68 км/ч. Сравнительный анализ результатов расчета показал, что при движении колесной машины на подъем на поворотах горных дорог значение ограничения скорости движения повышается в сравнении со значением на спуске. Это объясняется тем, что вектор силы тяжести колесной машины совпадает с вектором силы сопротивления движению.

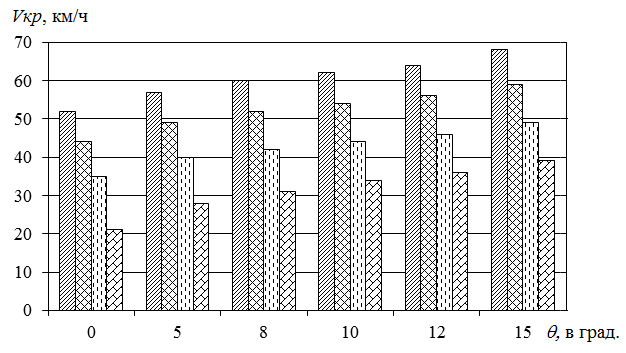


Рис. 14 - Динамика ограничения скорости движения колесных машин на спуске с продольным уклоном в 50 при опасном повороте горной дороги, с радиусом равным 30 м, и зависимостью от различных значений поперечнего уклона дороги и коэффициента сцепления шин с дорогой:



На горных автомобильных дорогах встречаются опасные повороты с отрицательными поперечными уклонами дороги.

Для определения критической скорости, при которой колесная машина теряет сцепление с дорогой и подвергается боковому заносу на кривой с отрицательным поперечным уклоном, составим и решим относительно *v* уравнение сил, действующих на колесную машину в плоскости, параллельной поверхности дороги:











 (16)

на спуске  (17)

на подъеме  (18)

Если колесная машина движется на спуск с продольным уклоном дороги α = 50, на повороте с отрицательным поперечным уклоном дороги θ = 100 и при ϕ =0,8, R = 30 м, критическая скорость движения составляет *Vкр =* 43 км/ч, то в это время, для движущейся навстречу колесной машины критическая скорость движения составляет *Vкр =* 69 км/ч, т. е. на 26 км/ч больше. Это говорит о том, что, например, на выпуклой дороге, имеющей двухскатную конструкцию дорожной одежды (центральная часть или осевая часть дороги в продольном направлении выше расположена относительно левых и правых полос движения), в одну сторону движения поперечный уклон отрицателен, а в это же время в другую сторону поперечный уклон будет положительным, т. е. в одну сторону ограничение скорости движения будет меньше, чем на встречной стороне. Таким образом, на таких участках горных дорог нужно устанавливать соответствующие дорожные знаки ограничения скорости движения с учетом отрицательных углов поперечнего уклона дороги.

**В пятой главе** исследованы показатели топливной экономичности колесных машин в горных условиях; изучено влияние конструктивных и эксплуатационных факторов на топливную экономичность колесных машин в горных условиях эксплуатации; разработан оценочный показатель топливной экономичности колесных машин в горных условиях.

В Кыргызской Республике значительная часть грузовых и пассажирских перевозок выполняется автомобильным транспортом, который в качестве исходного продукта энергии использует автомобильные бензины и дизельные топлива. Всем известно, что наша страна сильно энергетически зависима от соседних республик, в первую очередь от Российской Федерации, Казахстана и Узбекистана. Ежегодно автомобильный парк нашей республики потребляет миллионы тонн нефтепродуктов, затрачивая миллиарды сомов на приобретение нефтяных видов топлива.

По результатам анализа существующих методов исследования и расчета топливной экономичности колесных машин установлено, что расчетные методы на практике используются в основном только для простейших режимов движения. Как правило, расчетные зависимости не учитывают преимущественные режимы движения колесных машин: неустановившееся движение (при частичном использовании мощности двигателя); торможение двигателем и моторным тормозом; движение на спусках, подъемах и поворотах горных дорог.

По классической теории автомобиля топливная экономичность характеризуется следующими оценочными показателями: 1) путевой расход топлива *QS -* расход топлива в литрах на 100 км пройденного пути; 2) транспортный расход топлива *QW* - расход топлива на единицу транспортной работы, т. е. в литрах на 100 т·км; 3) часовой расход топлива *Gt* - масса топлива, расходуемого в один час, кг/час; 4) удельный расход топлива *ge* - масса топлива, расходуемого в один час на единицу мощности двигателя, г/кВт⋅час.

В горных условиях эксплуатации колесные машины за 24 часа – полный суточный период времени - могут проехать от 500 до 1000 км пути, преодолевая высокогорные перевалы; при этом пройденный маршрут характеризуется наличием разнообразных дорожных, природно-климатических эксплуатационных условий. Например, при доставке груза по маршруту Бишкек-Ош грузовой автомобиль за один день преодолевает два высокогорных перевала - Туя-Ашуу (3108 м н.у.м.) и Ала-Бель (3184 м н.у.м.), проезжает через четыре климатических пояса: долинно-предгорный пояс (от 500 до 1200 м н.у.м.), среднегорный пояс (от 900 до 2200 м н.у.м.), высокогорный пояс (от 2000 до 3500 м н.у.м.), нивальный пояс (3000 м н.у.м. и выше). Таким образом, автомобиль, следуя по маршруту Бишкек-Ош, особенно весной и осенью, в один день может эксплуатироваться в природно-климатических условиях, соответствующих летнему и зимнему временам года.

Учитывая неудобство применения существующих оценочных показателей и сложность адаптирования методики нормирования к условиям грузовых перевозок между городами севера и юга республики, предлагаем иную маршрутно-эксплуатационную оценку топливной экономичности колесных машин. Этот оценочный показатель можно называть маршрутно-эксплуатационным расходом топлива и рассчитывать его по следующей формуле:

 (19)

где - маршрутно-эксплуатационный расход топлива;  - суммарный расход топлива на разгон колесной машины; - суммарный расход топлива для установившихся скоростных режимов двигателя;  - суммарный расход топлива при режиме торможения.

**Шестая глава** посвящена экспериментальным исследованиям показателей эксплуатационных свойств колесных машин в горных условиях. Разработан передвижной экспериментальный стенд, состоящий из комплекса измерительных приборов и аппаратуры на основе современных информационных технологий. Весь комплекс разработанных и использованных приборов и аппаратуры размещен на грузовом автомобиле МБ 1320 (рис. 15).



Рис. 15 - Дорожная экспериментальная передвижная лаборатория, смонтированная на базе грузового автомобиля МБ 1320

По разработанной методике проведения экспериментальных исследований для определения параметров дороги, окружающей среды и оценочных показателей эксплуатационных свойств колесных машин порядок ее выполнения разделен на пять этапов. На рис. 16 приведен экранный вид программы Map-Sourse - маршрутная карта проведения экспериментальных исследований, а в табл. 4 приведены результаты обработки информационных данных, полученных через датчик GPS модели «E-trex» GARMIN.

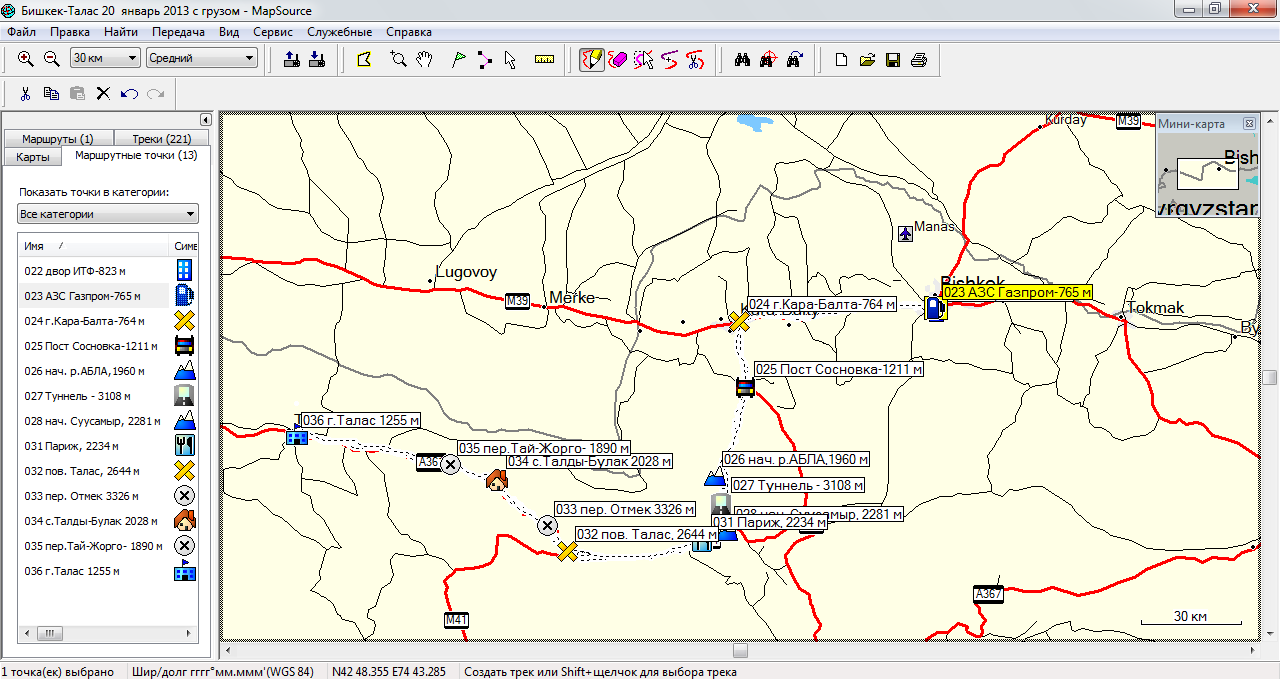


Рис. 16 - Экранный вид программы Map-Sourse: маршрутная карта проведения экспериментальных исследований, составленная GPS датчиком модели «E-trex» GARMIN

Таблица 4 - Результаты обработки информационных данных, полученных через датчик GPS модели «E-trex» GARMIN

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименования между пунктами | Средняя высота н.у.м., м | Пройденный путь, м | Время движения, с | Средняя скорость движения, км/ч |
| 022, машинный двор ИТФ, г.Бишкек –  023, АЗС Газпром, г.Бишкек | 800 | 1034 | 224 | 16,6 |
| 023, АЗС Газпром, г.Бишкек –  024, поворот Кара-Балта | 746 | 61229 | 5190 | 42,5 |
| 024, поворот Кара-Балта –  025, пост Сосновка | 1048 | 17747 | 1694 | 37,7 |
| 025, пост Сосновка –  026, конец реки Кара-Балта,  начало реки Абла | 1563 | 30056 | 2051 | 52,8 |
| 026, конец реки Кара-Балта, начало реки Абла –  027, конец туннеля им.Х.Кольбаева | 2533 | 12622 | 1529 | 29,7 |
| 027, конец туннеля им.Х.Кольбаева –  028, развилка Суусамыра | 2787 | 13920 | 2218 | 22,6 |
| 028, развилка Суусамыра –  029, Париж | 2311 | 8060 | 610 | 47,6 |
| 029, Париж –  032, поворот Талас | 2367 | 58889 | 3930 | 54 |
| 032, поворот Талас –  033, перевал Отмек | 2993 | 9984 | 1122 | 32,0 |
| 033, перевал Отмек –  034, с. Талды-Булак | 2672 | 21669 | 2334 | 33,42 |
| 034, с. Талды-Булак –  035, перевал Тай-Жорго | 1961 | 15754 | 873 | 65,0 |
| 035, перевал Тай-Жорго –  036, г. Талас | 1522 | 48084 | 3535 | 49,0 |
| **Итого** | **1942** | **299048** | **25310** | **40,2** |

Результаты сравнительного анализа расчетных и экспериментальных данных полностью подтвердили основные теоретические и методические научные положения, выносимые на защиту.

**ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ**

1. Установлено, что к наиболее важным факторам горных условий эксплуатации, изменяющимся в широких пределах, относятся дорожные и природно-климатические условия, которые оказывают заметное влияние на формирование эксплуатационных свойств колесных машин.

2. Предложена новая формула для расчета фактически развиваемой мощности дизельного двигателя с турбонаддувом в условиях высокогорья: Nеф = Nе (ρ/ρ0)0,4 ·(Т0 /Т)0,12.

3. Установлено, что для математического описания процесса движения колесной машины на подъем наиболее приемлемой является структурно-блочная модель, учитывающая как параметры конструкции, так и дорожные, природно-климатические условия горных автомобильных дорог. При этом модель включает две подсистемы: “дорожно-климатические условия” и “двигатель – трансмиссия - ведущие колеса”. Разработана математическая модель движения колесной машины на подъем и составлена программа расчета, позволяющая производить многовариантный анализ влияния на показатели тягово-динамических свойств колесной машины ее конструктивных параметров, дорожных условий и характеристик взаимодействия колес с опорной поверхностью.

4. Разработаны номограммы и практические рекомендации для водителей в виде таблиц для оценки тягово-динамических показателей автомобилей различных марок, при движении на подъем горной автомобильной дороги на разных передачах КПП с асфальто-бетонным покрытием и продольным уклоном, равным 14о, 12о, 10о и 8о, на разных высотах н. у. м., при различных значениях коэффициента сцепления шин.

5. Установлено, что сохранение устойчивости и управляемости колесной машины при экстренном торможении является основным условием повышения безопасности движения. В целях повышения безопасности движения при экстренном торможении колесных машин на спусках горных дорог для неопытных водителей грузовых автомобилей предложен ряд практических рекомендаций.

6. Экспериментальным путем установлено, что при длительном и интенсивном торможении у грузовых автомобилей, оборудованных горным тормозом, тормозные накладки колодок и тормозные барабаны не нагреваются. Как показывает опыт эксплуатации грузовых автомобилей на горных дорогах, использование горного тормоза для торможения автомобиля может существенно разгрузить тормозную систему и тем самым повысить безопасность движения на затяжных спусках.

7. Установлено, что боковая деформация протектора постоянно возрастает при переходе от передней к задней границе зоны контакта; в результате возникает вращающий момент вокруг центра, стремящийся вернуть колесо в прямое положение и уменьшить угол бокового увода, а чрезмерная боковая сила, вызывающая чрезмерную деформацию шин, приводит к заносу колесной машины.

8. Предложены новые зависимости определения критической скорости движения колесной машины на спуске и подъеме опасных поворотов горных дорог без поперечного уклона и с поперечным уклоном. Расчетным и экспериментальным путем доказано, что на опасных поворотах с малыми радиусами, при уменьшении радиуса поворота, также снижается скорость ограничения движения колесных машин на спуске горных автомобильных дорог.

9. В целях рационального учета расхода топлива предложен новый оценочный показатель топливной экономичности колесных машин – маршрутно-эксплуатационный расход топлива, состоящий из трех параметров: суммарного расхода топлива для установившихся скоростных режимов двигателя; суммарного расхода топлива при режиме торможения.

10. Разработана методика проведения экспериментальных исследований по определению параметров дороги, окружающей среды и оценочных показателей эксплуатационных свойств колесных машин в горных условиях, состоящей из логически взаимосвязанных 5 этапов. Для проведения экспериментальных исследований разработан комплекс измерительной и записывающей аппаратуры, включающий в себя, помимо стандартного оборудования, специально разработанные для эксперимента датчики, приборы и оборудование. Весь комплекс приборов и аппаратуры размещен на базе дорожной экспериментальной передвижной лаборатории, смонтированной на грузовом автомобиле МБ 1320.

11. В результате проведенных экспериментальных исследований по маршруту Бишкек-Туя-Ашуу-Суусамыр-Отмек-Талас определены основные параметры тяговой и тормозной динамики, устойчивости и управляемости, топливной экономичности колесных машин в горных условиях, а также дорожные и природно-климатические параметры горной среды.

**ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ОТРАЖЕНЫ В СЛЕДУЮЩИХ ПУБЛИКАЦИЯХ:**

|  |
| --- |
| 1. **Шаршембиев Ж.С.** Графоаналитический метод обоснования скоростных показателей автомобиля по грунтовым дорогам [Текст] / Э.С. Нусупов, А.Ш. Калманбетова, Ж.С.Шаршембиев // Журнал «Известия вузов». - Бишкек, 2005, №1. - С. 50-53. |
| 2. **Шаршембиев Ж.С.** Методика и результаты дорожных экспериментальных исследований режимов движения грузового автомобиля КамАЗ-5320 по грунтовым дорогам [Текст] / Ж.С.Шаршембиев, А.Ш. Калманбетова // Журнал «Известия вузов». - Бишкек, 2005, №1. - С. 137-139. |
| 3. **Шаршембиев Ж.С.** Обоснование энергетических затрат на качение колеса автомобиля по грунтовым дорогам и агрополям [Текст] / Э.С. Нусупов, И.Э. Суюнтбеков, Э.Д. Молдалиев, Шаршембиев // Вестник КГУСТА. - Бишкек, 2005, №1, - С. 3-9. |
| 4. **Шаршембиев Ж.С.** Метод разработки норм и нормативов расхода топлива грузовых автомобилей по типизированным районам [Текст] / Э.С. Нусупов, И.Э. Суюнтбеков, Ж.С. Шаршембиев // Материалы Международной научно-технической конференции посвященной 100-летию академика М.Т. Уразбаева. - Бишкек, 2005, №1, - С. 3-9. |
| 5. **Шаршембиев Ж.С.** Исследование технико-экономических показателей автотранспортных средств в различных регионах Кыргызской Республики [Текст] / Э.С. Нусупов, И.Э. Суюнтбеков, Ж.С. Шаршембиев // Материалы Международной научно-технической конференции на тему «Перспективы развития сельскохозяйственного и автотракторного машиностроения в Республике Казахстан». - Алматы, 2006. -С. 35-39. |
| 6. **Шаршембиев Ж.С.** Аналитическое описание коэффициента сцепления автомобильного колеса с опорной поверхностью [Текст] / Э.С. Нусупов, Ж.С. Шаршембиев, А.Ш. Калманбетова // Материалы Международной научно-технической конференции на тему «Перспективы развития сельскохозяйственного и автотракторного машиностроения в Республике Казахстан». - Алматы, 2006. -С. 104-109. |
| 7. **Шаршембиев Ж.С.** Критерии оценки и нормативы эффективности тормозной системы при движении автомобиля на спуске горных дорог [Текст] / Э.С. Нусупов, А.Ш. Калманбетова, А.Б. Нышанбаева, Ж.С. Шаршембиев// сб. науч. тр. Таджикского технического университета. - Душанбе, 2007. -С. 15-23. |
| 8. **Шаршембиев Ж.С.** Обоснование коэффициента сопротивления качению колес автомобиля и показателей его тягово-сцепных качеств на грунтах различной влажности [Текст] / Э.С. Нусупов, А.Б. Нышанбаева, Ж.С. Шаршембиев // Наука, техника, технология. Материалы первой международной конференции. КГТУ им.И.Раззакова. - Бишкек, 2007. - С. 154-160. |
| 9. **Шаршембиев Ж.С.** Исследование процесса износа автомобильных шин с учетом изменения температуры шины в зоне контакта ее с дорожным покрытием на горных автомобильных дорогах [Текст] / Э.С. Нусупов, А.У. Уманкулов, Ж.С. Шаршембиев // Известия КГТУ им.И.Раззакова. – Бишкек, 2007, №12. – С. 74-79. |
| 10. **Шаршембиев Ж.С.** Исследование параметров и пути улучшения устойчивости колесных машин на горных дорогах [Текст] / Ж.С. Шаршембиев, А.Н. Уманкулов, А.Б. Нышанбаева // Вестник КГУСТА. - Бишкек, 2008, №2 (20). - С. 56-61. |
| 11. **Шаршембиев Ж.С.** Оценка тормозных свойств транспортных средств при эксплуатации их в горных условиях [Текст] / Э.С. Нусупов, Ж.С. Шаршембиев // Вестник Таджикского технического университета, 1(5). - Душанбе, 2009, - С. 37-41. |
| 12. **Шаршембиев Ж.С.** Аналитической способ оценки эффективности торможения колесных машин [Текст] / Ж.С. Шаршембиев, А.Ш. Калманбетова, А.Ж. Барпиев // Вестник КГУСТА. -Бишкек, 2010, №2 (28). - С.56-60. |
| 13. **Шаршембиев Ж.С.** Особенности движения колесных машин в горных условиях [Текст] / Э.С. Нусупов, Ж.С. Шаршембиев // Вестник Таджикского технического университета, - Душанбе, 2010, №1(9), -С. 54-60. |
| 14. **Шаршембиев Ж.С.** Методика расчета и обоснование показателей тормозной динамики автопоезда [Текст] / Ж.С. Шаршембиев, А.Ш. Калманбетова // Материалы V–й МНПК «Перспективы применения инновационных технологий и усовершенствования технического образования в вузах стран СНГ». - Душанбе, 2011, -С. 213-218. |
| 15. **Шаршембиев Ж.С.** Влияние высоты над уровнем моря на тяговую силу колесных машин [Текст] / Ж.С, Шаршембиев // Журнал «Наука и новые технологии». - Бишкек, 2011, №7, - С. 7-11. |
| 16. **Шаршембиев Ж.С.** Анализ дорожных факторов, влияющих на показатели эксплуатационных свойств колесных машин в горных условиях [Текст] / Ж.С, Шаршембиев // Журнал «Наука и новые технологии». - Бишкек, 2011, №7, -С. 19-22. |
| 17. **Шаршембиев Ж.С.** Анализ воздействующих внешних сил сопротивления движению колесной машины на подъемах горных дорог [Текст] / Ж.С, Шаршембиев // Журнал «Известия ВУЗов». - Бишкек, 2011, №7, - С. 13-17. |
| 18. **Шаршембиев Ж.С.** Анализ природно-климатических факторов, влияющих на показатели эксплуатационных свойств колесных машин в горных условиях [Текст] / Ж.С, Шаршембиев // Журнал «Известия ВУЗов». - Бишкек, 2011, №7, - С. 17-21. |
| 19. **Шаршембиев Ж.С.** К вопросу обеспечения безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах Кыргызской Республики дорог [Текст] / Ж.С. Шаршембиев, А.Э. Торобекова // Журнал «Наука и новые технологии». - Бишкек, 2012, №1, - С. 30-32. |
| 20. **Шаршембиев Ж.С.** Влияние распределения массы колесной машины по осям на ее тягово-динамические свойства при движении на подъемных участках горных дорог [Текст] / Ж.С, Шаршембиев // Вестник МАДИ. - Москва, 2012, №3(30), - С. 3-8. |
| 21. **Шаршембиев Ж.С.** Особенности работы тормозных систем колесных машин на горных автомобильных дорогах [Текст] / Ж.С. Шаршембиев, А.Ш. Калманбетова //Журнал «Известия ВУЗов». - Бишкек, 2012, №5, - С. 11-14. |
| 22. **Шаршембиев Ж.С.** К вопросу исследования боковых реакций заторможенного колеса на горных дорогах [Текст] / Ж.С. Шаршембиев, А.Ш. Калманбетова // Журнал «Известия ВУЗов». - Бишкек, 2012, №5, - С. 18-20. |
| 23. **Шаршембиев Ж.С.** Математическое моделирование и разработка компьютерной программы расчета тягово-динамических показателей колесных машин при движении на подъем в горных условиях эксплуатации [Текст] / Ж.С. Шаршембиев // Журнал «Наука и новые технологии». - Бишкек, 2012, №8. - С. 10-13. |
| 24. **Шаршембиев Ж.С.** Обоснование тягово-динамических показателей колесных машин при движении на подъем в горных условия эксплуатации [Текст] / Ж.С, Шаршембиев // Журнал «Наука и новые технологии». - Бишкек, 2012, №8, - С. 16-20. |
| 25. **Шаршембиев Ж.С.** Обоснование критических скоростей движения колесных машин по боковому скольжению на опасных поворотах горных дорог [Текст] / Ж.С. Шаршембиев // Журнал «Наука и новые технологии». - Бишкек, 2013, №1. - С. 18-21. |
| 26. **Шаршембиев Ж.С.** Разработка оценочного показателя топливной экономичности колесных машин в горных условиях [Текст] / Ж.С. Шаршембиев // Журнал «Наука и новые технологии». - Бишкек, 2013, №1. - С. 22-24. |
| 27. **Шаршембиев Ж.С.** К вопросу проведения экспериментальных исследований по определению показателей эксплуатационных свойств колесных машин и дорожных, природно-климатических параметров в горных условиях [Текст] / Ж.С. Шаршембиев // Журнал «Известия ВУЗов». - Бишкек, 2013, №1. - С. 12-15. |
| 28. **Шаршембиев Ж.С.** Комплекс измерительных приборов и аппаратуры для проведения экспериментальных исследований по определению показателей эксплуатационных свойств колесных машин и дорожных, природно-климатических параметров в горной среды [Текст] / Ж.С. Шаршембиев // Журнал «Известия ВУЗов». - Бишкек, 2013, №1. - С. 16-20. |
| 29. **Шаршембиев Ж.С.** Тяговая и тормозная динамика колесных машин в горных условиях Кыргызской Республики [Текст]: монография / Ж.С. Шаршембиев. - Бишкек, ОсОО «Кут-Бер», 2013, 168 с. |

**05.22.10 – автомобиль унаасын эксплуатациялоо адистиги боюнча техникалык илимдеринин доктору окумуштуулук даражасын алуу үчүн «Тоолуу шарттарда дѳңгѳлѳктүү машинелердин эксплуатациялык касиеттеринин кѳрсѳткүчтѳрүн түзүүнүн теориялык жана усулдук негиздери» темадагы Шаршембиев Жыргалбек Сабырбековичтин диссертациясынын**

**КЫСКАЧА МАЗМУУНУ**

**Негизги сѳздѳр:** дѳңгѳлѳктүү машине, жол шарттары, тартуу динамикалуулугу, токтотуу динамикалуулугу, туруктуулук, башкарымдуулук, отун үнѳмдүүлүгү, кыймылдын кескин ылдамдыгы, тартуу күчү.

**Изилдѳѳ объектиси:** тоолуу шартта дѳңгѳлѳктүү машинелердин кыймыл процесси.

**Иштин максаты:** тоолуу шартта дѳңгѳлѳктүү машинелердин эксплуатациялык касиеттеринин кѳрсѳткүчтѳрүн түзүүнүн методологиясын иштеп чыгуу жана теориясын ѳнүктүрүү.

**Изилдѳѳ ыкмалары жана аппаратурасы:** изилдѳѳлѳрдүн теореялык деңгээлинде талдоо жана синтездѳѳ, индукция жана дедукция ыкмалары; эксперименталдык изилдѳѳлѳрдѳ салыштыруу, ѳлчѳѳ, эксперимент сыяктуу тажрыйбага негизделген эмпирикалык ыкмалар колдонулган. Эксперименталдык изилдѳѳлѳр МБ 1320 үлгүсүндѳгү жүк ташуучу автомобилине орнотулган заманбап маалымат технологияларынын негизинде түзүлгѳн аспаптардан жана аппаратурадан турган жол кѳчмѳ орнотмосун колдонуу менен жүргүзүлгѳн.

**Алынган жыйынтыктар жана алардын жаңылыгы:** Кыргызстандын тоолуу шарттарында дѳңгѳлѳктүү машинелерди эксплутатациялоого таасир тийгизүүчү факторлордун классификациясы ѳркүндѳтүлгѳн; ѳргѳ карай кыймыл учурунда ар кандай үлгүдѳгү жүк ташуучу автомобилдердин тартуу-динамикалык кѳрсѳткүчтѳрүн аныктоо үчүн номограммалар иштеп чыгарылган; тоолуу жолдордо тѳмѳн карай кыймыл учурунда дѳңгѳлѳктүү машинелерди шашылыш токтотууда кыймыл коопсуздугун жогорулатуу үчүн айдоочуларга практикалык сунуштар иштеп чыгарылган; туурасынан жантайма жана туурасынан жантаймасы жок тоолуу жолдорунун коркунучтуу кайрылыштарында ѳргѳ жана тѳмѳн карай кыймыл учурунда дѳңгѳлѳктүү машинелердин кыймылынын кескин ылдамдыгын аныктоонун жаңы кѳзкарандылыктары алынган; жаңы баалоо кѳрсѳткүч - тоолуу маршруттарда дѳңгѳлѳктүү машинелерди эксплуатациялоодо отундун маршруттук-эксплуатациялык чыгымы иштеп чыгарылган; МБ 1320 үлгүсүндѳгү жүк ташуучу автомобилинин негизинде эксперименталдык кѳчмѳ орнотмосу иштеп чыгарылган.

**Колдонуу даражасы:** жумуштун жыйынтыктары «Электр станциялары» ААКнын филиалы Токтогул ГЭСинин Каскады (Кара-Кѳл ш.), ЖЧК «Даврал-Транс» (Бишкек ш.), АК АТИ «Ак-Тилек» (Талас ш.) ишканаларында ѳндүрүшкѳ киргизилген.

**Колдонуучу аймактар:** тоолуу шартта автомобиль унаасын эксплуатациялоо.

**РЕЗЮМЕ**

**диссертации Шаршембиева Жыргалбека Сабырбековича на тему:**

**«Теоретические и методические основы формирования показателей**

**эксплуатационных свойств колесных машин в горных условиях»**

**на соискание ученой степени доктора технических наук**

**по специальности 05.22.10 – эксплуатация автомобильного транспорта**

**Ключевые слова:** колесная машина, дорожные условия, тяговая динамичность, тормозная динамичность, устойчивость, управляемость, топливная экономичность, критическая скорость движения, тяговая сила.

**Объект исследования:** процесс движения колесных машин в горных условиях.

**Цель работы:** развитие теории и разработка методологии формирования показателей эксплуатационных свойств колесных машин в горных условиях.

**Методы исследования и аппаратура:** на теоретическом уровне исследований использованы методы анализа и синтеза, индукции и дедукции; при экспериментальных исследованиях использованы такие методы эмпирического исследования, как наблюдение, сравнение, измерение, эксперимент. Экспериментальные исследования проводились с помощью дорожного передвижного стенда на базе грузового автомобиля марки МБ 1320, состоящего из приборов и аппаратуры, созданных на основе современных информационных технологий.

**Полученные результаты и их новизна:**  усовершенствована классификация возмущающих факторов горных условий Кыргызстана на эксплуатацию колесных машин; разработаны номограммы для определения тягово-динамических показателей грузовых автомобилей различных марок при движении на подъем; разработаны практические рекомендации для водителей по повышению безопасности движения при экстренном торможении колесных машин на спусках горных дорог; получены новые зависимостидля определения критической скорости движения колесной машины на спуске и подъеме опасных поворотов горных дорог без поперечного уклона и с поперечным уклоном; разработан новый оценочный показатель – маршрутно– эксплуатационный расход топлива колесной машины при эксплуатации по горным маршрутам; разработан экспериментальный передвижной стенд на базе грузового автомобиля МБ 1320.

**Степень использования:** результаты работы внедрены в производство в филиале ОАО «Электрические станции» Каскада Токтогульских ГЭС (г. Кара-Куль), ОсОО «Даврал-Транс» (г. Бишкек), АО АТП «Ак-Тилек» (г. Талас).

**Область применения:** эксплуатация автомобильного транспорта в горных условиях.

**SUMMARY  
of the dissertation Sharshembiev Jyrgalbek Sabayrbekovich on the theme:  
«Theoretical and methodological bases of formation of indicators  
operational properties of wheel machines in mountain conditions»  
on competition of a scientific degree of the doctor of technical Sciences  
on a speciality 05.22.10 - operation of motor transport**

**Key words:** wheeled machine, road conditions, tractive dynamism, brake dynamism, stability, handling, fuel economy, the critical speed of movement, tractive force.

**Object of research:** the process of movement of wheel machines in mountain conditions.

**The aim of the work:** development of the theory and development of methodology of formation of indicators of the performance properties of wheel machines in mountain conditions.

**The research methods and equipment:** at the theoretical level studies used methods of analysis and synthesis, induction and deduction; in experimental studies used such methods of empirical research, as an observation, comparison, measurement, experiment. Experimental investigations were carried out with the help of road mobile stand on the basis of the truck brand MB 1320, consisting of instruments and equipment, created on the basis of modern information technologies.

**The obtained results and their novelty:** improved classification of disturbing factors the mountain conditions of Kyrgyzstan on the operation of the wheel machines; development of nomograms to determine the traction and dynamic performance of the freight cars of different brands when driving on the rise; developed practical recommendations for drivers to improve traffic safety in the emergency braking wheel machines on the slopes of mountain roads; the new dependencies to determine the critical velocity of motion of the wheel of the machine in the downhill and uphill dangerous curves mountain roads without cross slope and with a cross-slope; developed a new performance indicator - route - operational fuel consumption wheel of the machine at operation on mountain routes has been developed; pilot a mobile stand on the basis of the truck MB 1320.

**The degree of use:** the results of the work were introduced into production in the branch of OAS «Electric power stations» Cascade of the Toktogul hydroelectric power station (c. Kara-Kul), SLL «Даврал-TRANS» (c.Bishkek), AS ATE «AK-Tilek» (c. Talas).

**Application area:** operation of road transport in the mountain conditions.

