

**ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
ИНСТИТУТ МАШИНОВЕДЕНИЯ НАН
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

На правах рукописи
УДК 629.115.4.003

ДАВЛЯТОВ УЛУКБЕК РЫСКУЛОВИЧ

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОБОСНОВАНИЕ
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ И КОНСТРУКТИВНЫХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОЛЕСНЫХ МАШИН
В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ**

05.05.06 – Горные машины

05.05.03 – Колесные и гусеничные машины

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

БИШКЕК 2002

Работа выполнена на кафедре «Автомобильный транспорт»
Кыргызского технического университета им. И.Раззакова

Научный консультант:

академик Международной академии наук высшей школы, Международной инженерной академии и Инженерной академии Кыргызской Республики, доктор технических наук, профессор **Нусупов Э.С.**

Официальные оппоненты:

академик Инженерной академии Кыргызской Республики, доктор технических наук, профессор **Ураимов М.**

доктор технических наук, профессор

Аканов Х.Х.

академик Международной инженерной академии и Инженерной академии Кыргызской Республики, доктор технических наук, профессор **Маткаримов С.Х.**

**Ведущая организация:**

Кыргызско-Российский (Славянский) Университет

Защита состоится «28» мая 2002 г. в 14⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 05.01.128 при Инженерной академии Кыргызской Республики и Институте машиноведения НАН Кыргызской Республики, 720055, г. Бишкек, ул. Скрябина, 23.

С диссертацией можно ознакомиться в архивах Инженерной академии Кыргызской Республики и Института машиноведения НАН Кыргызской Республики.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные гербовой печатью, просим направлять по адресу: 720055, г. Бишкек, ул. Скрябина, 23, Институт машиноведения НАН Кыргызской Республики, диссертационный совет Д 05.01.128.

Автореферат разослан «11» апреля 2002 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 05. 01. 128,
кандидат технических наук

Абидов А.О.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. В настоящее время в промышленном производстве республики эксплуатируется около 10 тысяч автотранспортных средств и тракторных прицепов. Более 80% из них сосредоточены в топливно-энергетической, горнодобывающей и перерабатывающей отраслях. Характерной особенностью подавляющего большинства производственных процессов этих отраслей является их органическая связь с работой транспорта и технологическими перевозками, составляющими неотъемлемую и во многих случаях, наиболее трудоемкую, материалоемкую и энергоемкую часть основного производственного процесса. Среднегодовые транспортные издержки составляют более 30% от всей суммы затрат на производственно-транспортные работы, а в горных регионах они возрастают на 50-60%.

При эксплуатации транспортных средств на грунтовых дорогах и карьерах вследствие увеличенного сопротивления движению и повышенных нагрузок, обусловленных неровностями опорной поверхности, средняя скорость движения транспортных средств снижается на 40-50%, производительность уменьшается на 30-35%, а себестоимость перевозок возрастает на 25-35% по сравнению с соответствующими показателями при работе на асфальтированных дорогах. Поэтому успешное решение проблемы эффективного транспортного обслуживания топливно-энергетической, горнодобывающей и перерабатывающей отраслей в значительной мере зависит от совершенства конструкции, рационального типажа и эксплуатационных параметров используемых транспортных средств. Особенно важно достичь более полного соответствия транспортных средств конкретным условиям его широкого применения на массовых перевозках грузов с выходом на горные модификации колесных машин.

В связи с этим, научные исследования, направленные на повышение эффективности использования транспортных средств с учетом природно-климатических особенностей горных регионов, а также адаптивных свойств подвижного состава к условиям эксплуатации в различных районах нашей республики безусловно имеют большое народнохозяйственное значение.

К важнейшим факторам эксплуатации транспортных средств в горных районах относятся: физико-механические свойства почв и грунтов, агробиологические качества перевозимых грузов, объемы перевозок различных грузов и их сезонная неравномерность, партионность перевозок, совместная работа транспортных средств с различными горными машинами, уровень механизации погрузочно-разгрузочных работ и др.

Степень влияния воздействия внешних факторов на величину показателей использования транспортных средств также обусловлена специализацией и размером предприятий топливно-энергетической, горнодобывающей и перерабатывающей отраслей, сложившимися связями и размещением производственных объектов, сроками проведения вскрышных, буровзрывных работ, доставки сырья в перерабатывающие предприятия и т.п.

В настоящее время для этих отраслей чрезвычайно актуальна разработка теоретических основ и новых методов оценки совершенства конструктивных параметров транспортных средств по их конечной эффективности. Важным направлением являются исследования взаимосвязей между рациональными параметрами конструкции и эффективностью использования транспортных средств при совместном учете таких факторов, как свойства перевозимого груза, технологический процесс транспортировки, дорожно-климатические условия перевозок в горных регионах республики. Существующие классификации условий эксплуатации колесных машин являются недостаточными для определения их основных технико-экономических показателей ввиду необходимости включения в них количественных характеристик дорожных условий горной и высокогорной местности.

Актуальность исследований определяется также непосредственной связью данных исследований с решением проблемы улучшения транспортного обслуживания указанных отраслей в соответствии с государственным планом экономического и социального развития Кыргызской Республики до 2010 года.

Целью работы является разработка теоретических основ нагружения элементов и систем колесных машин в сложных дорожных условиях, бездорожью и при работе на карьерах и обоснование мощностных и экономических показателей, конструктивных параметров агрегатов и узлов транспортных средств с учетом уровня фактической реализации эксплуатационных свойств на основе комплексной оценки дорожных, природно-климатических условий горных и высокогорных регионов нашей республики, разработка имитационной модели оптимизации функционирования производственно-транспортных систем с учетом влияния основных параметров технологических процессов на эффективные показатели колесных машин.

Научная новизна результатов исследования заключается в разработке и обосновании методов:

- исследования режимов движения и нагружения элементов колесных машин на горных автомобильных дорогах и карьерах с целью выявления воздействия высотных, дорожных и природно-климатических условий на фактическую нагруженность агрегатов трансмиссии колесных машин;
- имитационного моделирования оптимизации функционирования производственно-транспортных систем с программным обеспечением в среде MATLAB, учитывающего количественное и качественное влияние комплекса параметров производственно-технологических процессов на эффективные показатели колесных машин;
- выбора критериев оценки эффективности колесных машин с целью оптимизации конструктивных параметров элементов трансмиссии;
- выбора мощностных параметров и обоснования режимов движения транспортных средств при эксплуатации в горных условиях;
- прогнозирования и обоснования эффективных показателей транспортных средств в горных условиях эксплуатации.

Практическая ценность. Совокупность разработанных теоретических положений по имитационному моделированию оптимизации функционирования производственно-транспортных систем и нагруженности элементов трансмиссии, рабочим процессам, происходящим при качении колеса по скользким горным дорогам с учетом фактических значений опорно-сцепных качеств колесных машин являются существенным практическим вкладом в развитие оптимизации функционирования производственно-транспортных систем и изучение соответствия конструкции колесных машин сложным дорожно-климатическим условиям эксплуатации горных и высокогорных районов.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обоснована и подтверждаются:

- результатами анализа и обобщения обширных статистических и экспериментальных данных по режимам движения и нагруженности элементов трансмиссии колесных машин при работе на горных и высокогорных маршрутах, по грунтовым дорогам и бездорожью;

- адекватностью оценки эффективных показателей колесных машин с комплексными критериями условий эксплуатации и данными расчетов имитационного моделирования функционирования производственно-транспортных систем;

- эффективностью результатов внедрения разработанных расчетных методов повышения эффективности использования транспортных средств в различных отраслях народного хозяйства нашей республики, обоснования нагрузочных режимов силовых агрегатов и узлов трансмиссии, опорно-сцепных показателей транспортных средств, работающих в экстремальных эксплуатационных условиях горной и высокогорной местности и имитационного моделирования оптимизации функционирования производственно-транспортных систем.

Реализация результатов работы. Результаты работы Министерством транспорта и коммуникаций Кыргызской Республики и Ошским областным управлением Кыргызской транспортной инспекции рекомендованы к использованию транспортными предприятиями республики при выборе транспортных средств с учетом их адаптивности к конкретным условиям эксплуатации. Приняты к внедрению для использования: ЗАО «Российский терминал» (г.Москва) при выборе автотранспортных средств, рационализации грузопотоков и взаимоотношений предприятий-грузоотправителей и транспорта; АО «Автотранспортное предприятие № 6», АО «Ошавтогранс», АО «Нарынавто» и АО «Кызыл-Кия тамекиси» при оптимизации управления процессами транспортировки, погрузки и разгрузки и обеспечении оптимального взаимодействия транспортных средств со средствами механизации погрузочно-разгрузочных работ; ЗАО «Строймеханизация» при оптимизации управления процессами транспортировки, погрузки и разгрузки, выбора транспортных средств для перевозки строительной техники и организации совместной работы автотранспортных средств с землеройной техникой; АО «Кыргызайлтехсервис» при оптимизации управления производственно-транспортными процессами и вы-

боре транспортных средств с учетом их адаптивности к конкретным условиям эксплуатации; Московским автомобильно-дорожным институтом для использования при чтении курсов «Технология, организация и управление грузовыми перевозками», «Транспортная логистика», «Теоретические основы организации транспортных систем» и «Автотранспортные погрузочно-разгрузочные средства»; Кыргызским техническим университетом им. И.Раззакова (КТУ), Кыргызским государственным университетом строительства, транспорта и архитектуры (КГУСТА) и Кыргызским аграрным университетом (КАУ) для использования при чтении курсов «Эксплуатационные свойства автомобилей» и «Организация автомобильных перевозок».

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены на международных научно-технических конференциях: «Развитие автомобильно-дорожного комплекса Республики Узбекистан в условиях рыночной экономики» (Ташкент, ТАДИ, 16-18 сентября 1997 г.), на Московском международном логистическом форуме (Москва, 14 февраля 1998 г.), «Технология и перспективы инженерного образования, науки и производства» (Бишкек, 7-8 октября 1999 г.), «Механизмы переменной структуры и виброударные машины» (Бишкек, сентябрь 1998 г.), на Московском международном логистическом форуме (Москва, 1-4 февраля 2000 г.), «Наука и наукоемкие горные технологии» (Бишкек, 21-25 июня 2000 г.), «Развитие автомобильно-дорожного комплекса в Центрально-Азиатском регионе» (Ташкент, 1-3 ноября, 2000 г.), «Повышение эксплуатационной эффективности транспортных, строительно-дорожных машин и коммуникаций в горных условиях» (Бишкек, 17-18 мая 2001 г.), «Современные технологии в образовании, науке и производстве: Опыт адаптации и внедрения» (Бишкек, 23-25 мая 2001 г.), на конференции посвященной первому съезду инженеров Кыргызстана и 10-летию образования Инженерной академии КР (Бишкек, 22-23 ноября 2001 г.), в рамках тематики научно-исследовательских работ Института физико-технических проблем КТУ, на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава КТУ, КАУ и КГУСТА.

Диссертация доложена на расширенном заседании кафедры «Автомобильный транспорт» КТУ (2001 г.), на заседании республиканского научно-технического совета Инженерной академии КР (2002 г.), на расширенном заседании кафедры «Эксплуатация транспортных средств», Института транспорта и коммуникаций КГУСТА (2002 г.).

Публикации. Основное содержание диссертационной работы опубликовано в 38 статьях, в том числе одна монография, 12 журнальных статей.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 6-ти глав, списка литературы (215 наименований) и приложения. Общий объем работы составляет 448 страниц и включает 116 рисунков, 45 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В главе I «Состояние проблемы повышения эффективности использования колесных машин в горных условиях. Задачи исследования» приведены результаты анализа влияния горных условий на работу агрегатов и систем колесных машин, степени адаптивности их конструкций к горным условиям эксплуатации.

Горная местность характеризуется изрезанностью рельефа и высотой удаления от уровня морской поверхности. Изрезанность рельефа обуславливает переменность продольного профиля дорог и повышенную извилистость плана трассы. Движение по горным дорогам, характеризующимися длительными подъемами и затяжными спусками, приводит к работе двигателей как с резко изменяющейся нагрузкой в режиме с использованием максимального крутящего момента, так и в режиме с использованием двигателя в качестве тормоза. Влияние высоты над уровнем моря проявляется в падении мощности двигателя из-за уменьшения степени наполнения цилиндров и нарушении оптимальных регулировок его систем и механизмов. Частичной компенсации потерь мощности двигателя можно добиться подбором соответствующих регулировок механизмов двигателя и повышением степени сжатия по мере увеличения высоты над уровнем моря. Полная компенсация может быть достигнута лишь применением регулируемого наддува и приведением в соответствие с высотными условиями систем питания, смазки и охлаждения двигателя.

В высокогорных условиях серийный двигатель колесных машин в большинстве случаев работает с нарушенным температурным режимом, находясь в перегретом или в переохлажденном состоянии, что нарушает соответствие между необходимым и фактическим отводом тепла от двигателя в окружающую среду и является следствием неприспособленности колесных машин к высокогорным условиям и недостаточной надежности и эффективности регулировочных средств системы охлаждения, служащих для поддержания необходимого температурного режима двигателя. На затяжных подъемах двигателя перегреваются, так как они работают на предельных режимах. Кроме того, транспортное средство большую часть времени работает на промежуточных, низших передачах, когда скорость движения незначительна и охлаждение двигателя неудовлетворительное из-за снижения интенсивности обдува, плотности встречного потока воздуха. Происходит непрерывное кипение охлаждающей жидкости в радиаторе из-за снижения температуры кипения.

Снижение плотности воздуха в горных условиях вызывает падение как мощности двигателя, так и сопротивления воздуха движению транспортных средств, но потеря мощности этим не компенсируется и в результате тяговые качества транспортных средств ухудшаются. Это, со своей стороны, влияет на режим (частое применение низших передач), среднюю скорость движения транспортных средств и расход топлива.

В табл. 1 приведены данные по длительности пользования передачами на горных дорогах и пройденного автомобилем ЗИЛ-130 пути на этих передачах. Маршрут пролегает по горной дороге, в одном направлении транспортное

средство двигается по подъему, а в обратном - по спуску. Из таблицы видно, что процент использования II передачи получается значительным. Частое использование низших передач повышает нагрузочный режим механизмов силовой передачи транспортных средств и влечет за собой преждевременный выход из строя некоторых деталей.

Таблица 1

Длительность пользования передачами и путь, пройденный автомобилем ЗИЛ-130 на этих передачах (за цикл)

Направление движения	Передача	Длительность езды, %	Пройденный путь, %
Цикл (туда и обратно)	I	11,7	14,5
	II	64,3	49,3
	III	24,0	36,2

Анализ работы транспортных средств показывает, что они могут эффективно и высокопроизводительно работать только при наличии высокоразвитой дорожной сети. От дорожных и климатических условий зависит скорость доставки грузов, которая в значительной мере влияет на производительность транспортных средств и себестоимость перевозок. При определении эффективности использования колесных машин наряду с сравнительными анализами по себестоимости транспортного процесса, необходимо, разграничить составляющие и причины изменения эффективности, что позволит выявить приспособленность колесных машин реальным условиям эксплуатации и оптимальные пути повышения эффективности их использования.

Применяемые на современных колесных машинах тормозные системы с механизмами фрикционного типа, как правило, обеспечивают эффективное затормаживание и достаточно надежны в эксплуатации. Однако при частом и длительном их применении, когда температура тормозов в результате невозможности быстрого отвода тепла сильно повышается, эффективность действия этих тормозов резко падает. Поэтому на затяжных спусках с большим количеством поворотов, невозможно спускаться с отключенной трансмиссией и на сегодняшний день торможение двигателем является обязательным приемом безопасного вождения колесных машин.

Таким образом, обоснование эксплуатационных и конструктивных параметров колесных машин, оптимальной структуры парка и рациональных эксплуатационных нормативов, обеспечивающих полную реализацию провозных возможностей системы «колесные машины - дорога» для горных и высокогорных условий представляет актуальную научную проблему, имеющую важное теоретическое и прикладное значение.

В главе 2 «Факторный анализ эксплуатационных условий колесных машин в горных регионах Кыргызской Республики» приведены результаты комплексной оценки влияния высотных, дорожных, транспортных и природно-климатических условий горных и высокогорных регионов на эффективные показатели колесных машин, изложены методы классификации и типизации эксплуатационных условий.

Эффективность использования колесных машин определяется их качеством. Под качеством колесных машин понимается совокупность свойств, охватывающих грузоподъемность, динамичность, топливная экономичность, проходимость и управляемость. К числу свойств относятся и надежность-свойство колесных машин сохранять на установленном уровне значения показателей его качества и эффективности при изменении условий эксплуатации. При изменении условий эксплуатации выявляется и другое свойство колесных машин - приспособленность. Изменения дорожных, транспортных и природно-климатических условий по разному влияют на показатели качества колесных машин, агрегатов и систем.

Рассмотрены основные факторы, влияющие на выбор вида карьерного транспорта. Расположение горнодобывающих предприятий в различных климатических и географических зонах, многообразие горнотехнических условий разработки полезных ископаемых обуславливает использование в горной промышленности почти всех видов и технических средств транспорта. Условия эксплуатации оказывают влияние на конструкцию карьерных транспортных средств, которые должны иметь надежность, хорошие маневровые и динамические качества, высокую проходимость и устойчивость.

К наиболее важным факторам условий эксплуатации транспортных средств, в том числе карьерных, относятся дорожные условия. На сегодняшний день существует классификация дорожных условий, используемая при корректировании норм амортизационных отчислений, эксплуатационного пробега шин, расхода топлива и технической эксплуатации транспортных средств.

Дорожные условия подразделяют по типу дорожных покрытий и рельефу местности. Дорожные покрытия включают 6 групп:

D_1 - цементобетон, асфальтобетон, брусчатка, мозаика;

D_2 - битумоинеральные смеси (щебень, гравий, обработанные битумом);

D_3 - щебень (гравий) без обработки, дегтебетон;

D_4 - булыжник, колотый камень, грунт и малопрочный камень, обработанные вяжущими материалами;

D_5 - грунт, укрупненный или улучшенный местными материалами, лежневое и бревенчатое покрытие;

D_6 - естественные грунтовые дороги, временные внутрикарьерные и отвалыные дороги, подъездные пути, не имеющие твердого покрытия.

Типы рельефа местности определены высотой пролегания дороги над уровнем моря и подразделяются на:

P_1 - равнинный (до 200 м);

P_2 - слабохолмистый (свыше 200 до 500 м);

P_3 - холмистый (свыше 500 до 1000 м);

P_4 - гористый (свыше 1000 до 2000 м);

P_5 - горный (свыше 2000 до 3000 м);

Общепринятые классификации не учитывают влияние на топливную экономичность и эффективность колесных машин высотных условий высокогор-

ных дорог: Анализ технико-эксплуатационных показателей, суммарного сопротивления движению и результаты исследований нагруженности агрегатов и систем колесных машин в горных и высокогорных условиях показали возрастание влияния дорожных условий на их величины с увеличением высоты над уровнем моря. Этим вызвана необходимость включения в классификацию по корректированию норм и нормативов - P_6 - высокогорный (свыше 3000 м).

При классификации условий эксплуатации колесных машин также учтены результаты анализа статистической информации о распределении экстремальных температур воздуха и максимальных скоростей ветра в представительных пунктах различных климатических районов нашей республики, что позволило определить область определения эквивалентной температуры окружающей среды: $-25^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{экв}} \leq +40^{\circ}\text{C}$, в качестве измерителей степени разреженности атмосферы использовано барометрическое давление, имеющее тесную корреляционную связь с высотой местности н.у.м..

Анализ и опыт эксплуатации колесных машин в горных условиях показывает, что максимальные динамические нагрузки в трансмиссии возникают при трогании, переключении передач и длительном торможении на спусках. Трогание и переключение передач относятся к процессам переходного типа и характеризуются быстрым переходом трансмиссии из одного состояния в другое, что сопровождается возникновением в трансмиссии крутящих моментов, значительно превосходящих моменты, определяемые при статическом расчете.

Исследование динамической нагруженности трансмиссии колесных машин базируется на представлении ее в виде упругой крутильной системы, которая схематизируется и упрощается с учетом заведомо небольшого влияния отбрасываемых элементов на поведение трансмиссии как колебательной системы в целом. Упрощенные схемы составляют, заменяя рассредоточенные массы сосредоточенными, эластичные валы торсионными пружинами, условно не обладающими собственной массой, неупругие сопротивления сопротивлениям сосредоточенных муфт. По этой схеме удобно изучать влияние на нагруженность трансмиссии пробуксовки при неполном или многократно подряд частично выключаемом сцеплении, пробуксовки ведущих колес и других обстоятельств, характеризующихся тем, что упругие связи становятся нелинейными или разрывными. По этой схеме можно изучать и более сложные явления в трансмиссии, когда момент двигателя внезапно меняется при случайных сбросах нагрузки или его работа становится неустойчивой.

В главе 3 «Теоретические исследования формирования показателей эффективности использования колесных машин в горных условиях» изложены методы исследования вероятностных характеристик горных дорог, приведены результаты исследований динамических процессов в трансмиссии колесных машин в сложных дорожных условиях, при буксовании ведущих колес, а также практические рекомендации по обоснованию режимов движения с учетом температурного режима пневматических шин при длительных подъемах (спусках) горных дорог.

При определении грузоподъемности и средних скоростей движения транспортных средств необходимо учитывать такие дорожные параметры, как суммарный коэффициент дорожного сопротивления Ψ , коэффициенты сцепления колес φ , буксования δ и других видов эквивалентных сопротивлений. Эти параметры являются непрерывными, случайными величинами, изменения которых можно описать с помощью методов теории вероятностей и математической статистики.

Для накопления статистической информации о дорогах горной и высокогорной местности Кыргызстана была оборудована тензометрическая лаборатория в кузове автомобиля ГАЗ-53А, где расположены источники электропитания, приборы и регистрирующие устройства, с помощью которых определяются: продольный уклон дороги, сопротивление качению колес автомобиля, коэффициенты сцепления ведущих колес с опорной поверхностью при различной интенсивности буксования и определенных физико-механических свойствах покрытия дороги.

С помощью нестандартного устройства типа «пятое колесо» производится нормирование показателей надежности и приспособленности, отражаемых в нормативно-технической и конструкторской документации. Устройство фактически осуществляет математическое моделирование условий движения транспортных средств с использованием выражения:

$$K = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 \quad (1)$$

где x_1 - составляющая суммарного коэффициента сопротивления движению, обусловленная энергопотерями на преодоление неровностей микропрофиля;

x_2 - составляющая, обусловленная энергопотерями на пределение уклонов опорной поверхности;

x_3 - составляющая энергопотери на боковой увод пневматических шин при движении по криволинейной траектории;

a_1, a_2, a_3 - коэффициенты пропорциональности резисторов;

a_0 - свободный член уравнения, по своему физическому смыслу соответствующий коэффициенту сопротивления качению на данной опорной поверхности.

По результатам математической обработки значительных массивов экспериментальной информации построены гистограммы, выведены законы распределения коэффициента Ψ для горных дорог и различной влажности грунтов. Это распределение приближается в основном нормальному закону, а в отдельных случаях - закону Лапласа-Шарлье. Установленные в результате непосредственных замеров величины математических ожиданий m_{Ψ} , коэффициента сопротивления Ψ сопоставимы с расчетными значениями этих показателей, чем подтверждается их достоверность и обоснованность использования.

Установленные в результате проведенного исследования вероятностные характеристики дорожных условий горных и высокогорных зон республики использованы при определении транспортных возможностей серийных моделей транспортных средств и обосновании оптимальных конструктивных параметров при оценке эксплуатационных качеств перспективных моделей транспортных средств и их модификаций для горных районов.

В динамическом нагружении трансмиссии участвуют все агрегаты транспортных средств. При этом одни агрегаты играют второстепенную, незначительную роль, а другие - основную. При составлении динамической схемы, необходимо, выделив основные элементы транспортных средств, исключить второстепенные. В зависимости от назначения динамических расчетов крутильная схема может видоизменяться: элементы второстепенные в одном случае становятся основными, в другом - наоборот. Поскольку динамические нагрузки в трансмиссии транспортных средств зависят от времени включения сцепления, в работе рассмотрены динамические процессы, происходящие в сцеплении.

Рассмотрим поведение системы, показанной на рис. 1, при резком включении сцепления, столь характерном в случае трогания транспортного средства с места в условиях бездорожья, карьерных, экстремальных условиях.

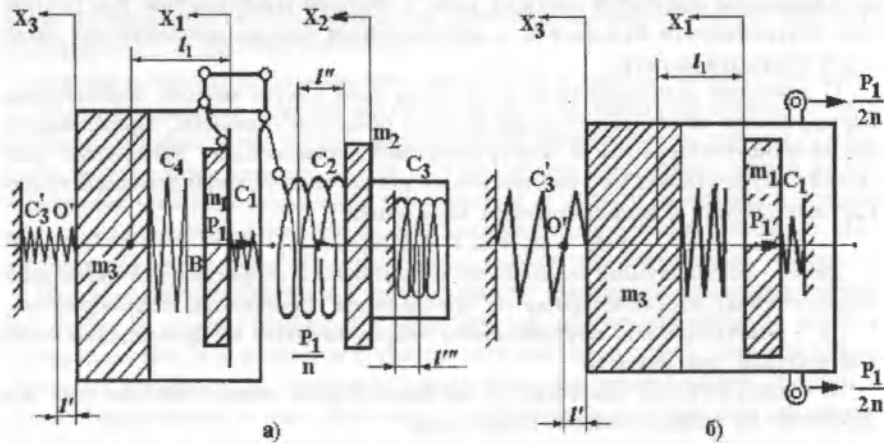


Рис. 1. Динамические схемы сцепления транспортных средств: а - полная; б - упрощенная; C_1 - жесткость нажимных пружин; C_2 - жесткость деталей привода; C_3 - жесткость оттяжной пружины; C_4 - жесткость в осевом направлении ведомого диска; C'_3 - жесткость подушек двигателя; l_1 - деформация нажимных пружин; x_1, x_2, x_3 - координата масс m_1, m_2, m_3 .

Весь процесс состоит из нескольких этапов. Опишем процессы с момента приложения усилия к педали сцепления до момента соприкосновения ведомого диска с нажимным диском.

Кинетическая T и потенциальная Π энергии системы:

$$T = \frac{m_1 \dot{x}_1^2}{2} + \frac{m_2 \dot{x}_2^2}{2} + \frac{m_3 \dot{x}_3^2}{2}, \quad (2)$$

$$\Pi = \frac{C_1 [l - (x_1 - x_3)]^2}{2} + \frac{C_2 [l'' + (x_1 n + x_3 - x_2)]^2}{2} + \frac{C_3 (l''' - x_2)^2}{2} + \frac{C'_3 (l' - x_3)^2}{2}, \quad (3)$$

где l' - деформация опорных подушек двигателя;

l'' и l''' - соответственно деформации деталей привода и оттяжной пружины.

Производные, необходимые для составления уравнений Лагранжа:

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_1} = m_1 \dot{x}_1; \quad \frac{\partial T}{\partial \dot{x}_2} = m_2 \dot{x}_2; \quad \frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3} = m_3 \dot{x}_3; \quad (4)$$

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{x}_1} = m_1 \ddot{x}_1; \quad \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{x}_2} = m_2 \ddot{x}_2; \quad \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3} = m_3 \ddot{x}_3; \quad (5)$$

$$\frac{\partial \Pi}{\partial x_1} = C_1 (x_1 - x_3 - l) + n C_2 (l'' + n x_1 + x_3 - x_2); \quad (6)$$

$$\frac{\partial \Pi}{\partial x_2} = C_2 (x_2 - x_3 - x_1 n - l'') - C_3 (l''' - x_2); \quad (7)$$

$$\frac{\partial \Pi}{\partial x_3} = C'_3 (x_3 - l') + C_1 (l' - x_1 + x_3) - C_2 (x_2 - x_3 - x_1 n - l''); \quad (8)$$

После составления уравнений Лагранжа и необходимых математических преобразований, получаем следующие дифференциальные уравнения:

$$\left. \begin{aligned} -m_1 \ddot{x}_1 + C_1 (l - x_1 + x_3) - n C_2 (l'' + n x_1 + x_3 - x_2) &= 0 \\ -m_2 \ddot{x}_2 + C_2 (l'' + n x_1 + x_3 - x_2) + C_3 (l''' - x_2) &= 0 \\ -m_3 \ddot{x}_3 + C'_3 (l' - x_3) - C_1 (l' - x_1 + x_3) - C_2 (l'' + n x_1 + x_3 - x_2) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Проверка правильности составленных уравнений показывает, что на массу m_1 действуют сила инерции $-m_1 \ddot{x}_1$ и сила упругости нажимных пружин $+C_1 (l - x_1 + x_3)$, а также сила упругости привода $-n C_2 (l'' + n x_1 + x_3 - x_2)$. Сумма указанных сил дает первое уравнение системы. На массу m_2 действуют сила инерции $-m_2 \ddot{x}_2$, сила упругости рычагов привода $+C_2 (l'' + n x_1 + x_3 - x_2)$ и сила упругости оттяжной пружины $+C_3 (l''' - x_2)$. Сумма этих сил дает второе уравнение системы. На массу m_3 действуют сила инерции $-m_3 \ddot{x}_3$, сила упругости опорных подушек двигателя $+C'_3 (l' - x_3)$, сила упругости нажимных пружин $-C_1 (l' - x_1 + x_3)$, сила упругости деталей привода $-C_2 (l'' + n x_1 + x_3 - x_2)$. Сумма последних сил составляет третье уравнение системы.

Динамическая характеристика автомобиля представляет собой кусочно-непрерывную функцию скорости V (рис. 2). Однако динамический фактор отдельной передачи в интервале (V_{\min}, V_{\max}) является непрерывной функцией и терпит разрыв только в точках V_{\min} . Физически такой разрыв объясняется тем, что мощность двигателя расходуется на преодоление сил трения в трансмиссии.

Как видно из рис. 2, динамический фактор отдельной передачи имеет максимум в точке $V = V_{\text{кр}}$. Покажем аналитически, пользуясь математическим аппаратом теории устойчивости, что $V_{\text{кр}}$ разделяет области устойчивого и неустойчивого движения.

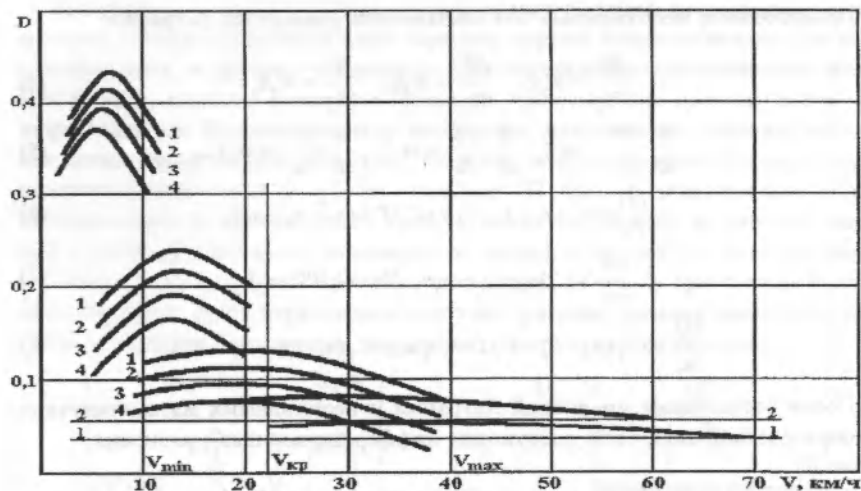


Рис. 2. Динамическая характеристика автомобиля ЗИЛ-130. Условия эксплуатации: 1 - равнинный; 2 - холмистый; 3 - горный; 4 - высокогорный.

Разложим динамический фактор в окрестности скорости V_0 в ряд Маклорена:

$$D(V) = D(V_0) + D'(V_0)(V - V_0) + D''(V_0) \frac{(V - V_0)^2}{2}, \quad (10)$$

где
$$D(V_0) = \frac{a_n + b_n V_0 + (c_n - \kappa F) V_0^2}{G_a};$$

$$D'(V_0) = \left. \frac{dD}{dV} \right|_{V=V_0} = \frac{b_n - 2(c_n - \kappa F) V_0}{G_a};$$

$$D''(V_0) = \left. \frac{d^2 D}{dV^2} \right|_{V=V_0} = \frac{2(c_n - \kappa F)}{G_a}.$$

Подставляя разложение динамического фактора в уравнение тягового баланса, будем иметь:

$$\frac{\delta_x}{g} \frac{dV}{dt} = D(V_0) + D'(V_0)(V - V_0) + D''(V_0) \frac{(V - V_0)^2}{2} - \psi \quad (11)$$

Пусть величина суммарного дорожного сопротивления горных дорог такова, что установившееся движение транспортного средства имеет место на скорости V_0 , тогда $D(V_0) - \psi = 0$

$$\frac{\delta_x}{g} \frac{dV}{dt} = D'(V_0)(V - V_0) + D''(V_0) \frac{(V - V_0)^2}{2} \quad (12)$$

По теореме об устойчивости по первому приближению уравнение будет устойчивым, если корни характеристического уравнения первого приближения имеют отрицательные вещественные части.

Запишем характеристическое уравнение первого приближения:

$$\frac{\delta}{g} \lambda = D'(V_0) \quad (13)$$

Единственный корень этого уравнения отрицателен, когда $D'(V_0) < 0$. В этом случае установившееся движение транспортного средства, т.е. движение с постоянной скоростью V_0 , будет устойчивым по первому приближению, а следовательно, устойчивым в целом. Неустойчивое движение имеет место при $D'(V_0) \geq 0$. Скорость, при которой $D'(V_0) = 0$, является критической скоростью. На скоростях $V > V_{кр}$ имеет место устойчивое движение. При $V < V_{кр}$ равномерное движение транспортного средства неустойчиво. Условие $D'(V_{кр}) = 0$ является необходимым условием экстремума функции $D(V_{кр})$. В точке $V_{кр}$ динамический фактор данной передачи достигает максимума. Критическая скорость может быть выражена через коэффициенты b_n , c_n формулой

$$V_{кр} = \frac{b_n}{2(c_n - \kappa F)} \quad (14)$$

Хотя равномерное движение транспортного средства неустойчиво на скоростях $V \leq V_{кр}$, область динамической кривой на интервале скоростей $V_{мин}$, $V_{кр}$ может быть использована на переходных режимах. Таким образом, при движении транспортных средств на горных дорогах, карьерах возможно управление за счет использования неустойчивой области динамического фактора.

Теоретические исследования, анализ и расчет нагруженности деталей трансмиссии колесных машин показали, что наиболее сложным для деталей трансмиссии как сцепление, коробка передач и главная передача является динамическое нагружение их деталей при трогании на подъемах горных дорог, карьеров и длительное торможение на спусках с многочисленными поворотами. При наличии больших инерционных моментов вращающихся деталей, как шестерни, маховик, валы прирост дополнительных крутящих и динамических моментов составляют значительную величину, и стандартные значения передаточных отношений коробки передач, главной передачи, коэффициент запаса сцепления не обеспечивают плавного изменения крутящих моментов силовой передачи.

Согласно теоретическим расчетам, коэффициент запаса сцепления должен быть выше 2,0, а передаточные отношения коробки передач, кроме прямого, должны быть увеличены на 15-25 % на каждой передаче, либо данный прирост динамических нагрузок должен компенсироваться ростом передаточного числа главной передачи на 15-20 %.

Безусловно, увеличение передаточных чисел силовых агрегатов приведет к соответствующему уменьшению их скоростных показателей, но нужно учесть при эксплуатации колесных машин в горных условиях потенциальные скоростные свойства колесных машин никогда в полной мере не могут быть использованы даже по соображениям безопасности движения.

Таблица 2

Влияние инерционных моментов на конструктивные параметры трансмиссии колесных машин при движении на горных дорогах (режимы: трогание на подъеме, торможение при спусках)

Параметры	Типы транспортных средств				
	ЗИЛ-130		КамАЗ-5320		
	по техническим характеристикам	расчетные для горных условий	по техническим характеристикам	расчетные для горных условий	
1	2	3	4	5	
Коэффициент запаса, β_e	1,8	2,1	1,9	2,2	
Максимальный крутящий момент передаваемое сцеплением, $M_{\text{сцепл. max}}$, Н·м	723,6	844,2	1211,1	1401,4	
Диапазон коробки передач, D_k	7,44	8,12	7,82	8,16	
Передаточные числа коробки передач	i_1	7,44	8,12	$\frac{7,82}{6,38}$ 6,38	$\frac{8,16}{6,51}$ 6,51
	i_2	4,10	4,32	$\frac{4,03}{3,29}$ 3,29	$\frac{4,36}{3,48}$ 3,48
	i_3	2,29	2,46	$\frac{2,5}{2,04}$ 2,04	$\frac{2,81}{2,22}$ 2,22
	i_4	1,47	1,68	$\frac{1,53}{1,25}$ 1,25	$\frac{1,74}{1,58}$ 1,58
	i_5	1,0	1,0	$\frac{1,0}{0,81}$ 0,81	$\frac{1,0}{0,81}$ 0,81
Передаточное число главной передачи, i_0	6,32	6,78	7,22	7,82	

В главе 4 «Экспериментальные исследования нагрузочных режимов агрегатов колесных машин в горных условиях» изложены методика определения показателей нагруженности агрегатов колесных машин, принцип работы измерительного комплекса для дорожных испытаний, приборов и оборудования, приведены результаты экспериментальных исследований.

В ходе экспериментальных исследований были определены количественные значения анализируемых параметров, что позволило с учетом ранее полученных расчетных значений и заключений рекомендательного характера сде-

лать конкретные, практические выводы, дающие в условиях реальной эксплуатации транспортных средств вполне конкретный экономический эффект.

Динамические режимы нагружения трансмиссий испытываемых колесных машин определяются в следующих характерных условиях: при трогании с места на дороге с асфальтобетонным покрытием и в условиях бездорожья - путем резкого включения сцепления; в процессе разгона на дороге с асфальтобетонным покрытием и в условиях бездорожья - с переключением передач; при буксовании ведущих колес на песке, пахоте и других поверхностях; при переезде единичных препятствий. Испытания, по определению коэффициента сопротивления движению, проводятся на деформируемых грунтах различного состояния и на снегу.

Для экспериментального исследования процесса взаимодействия колеса с опорной поверхностью дороги в реальных условиях разработан многоканальный комплекс телеметрической аппаратуры. Основным достоинством этого комплекса является возможность съема информации с вращающегося колеса транспортного средства при реальном движении на дорогах с различными сопротивлениями.

На рис. 3 приведены осциллограммы разгона автомобиля ЗИЛ-130 с переключением передач на горизонтальном асфальтобетонном покрытии (рис. 3(а)) и на пахоте (рис. 3(б)). На осциллограммах видно, что при переключении передач коэффициент динамичности трансмиссии часто значительно больше, чем при трогании путем резкого включения сцепления.

Значения коэффициента динамичности трансмиссии велики при трогании и разгоне в условиях бездорожья. Так, при переключении с II на III передачу коэффициент динамичности в трансмиссии автомобиля ЗИЛ-130 на пахоте достигает величины 3,7, а на асфальтобетонном покрытии - 2,6.

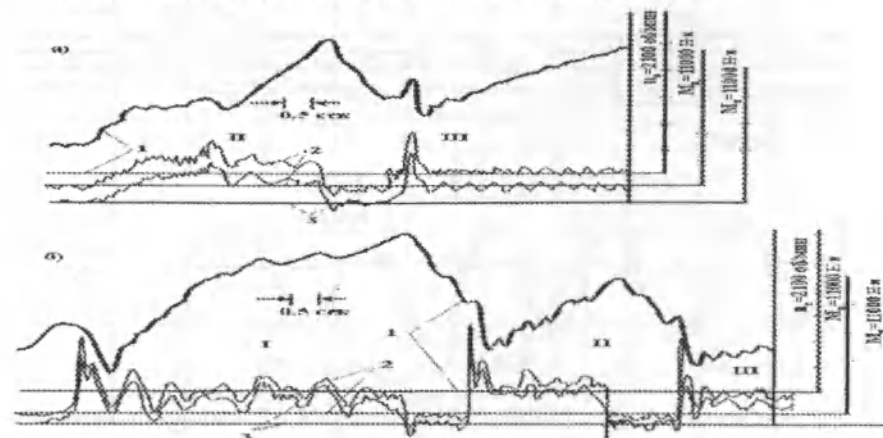


Рис. 3. Осциллограммы разгона автомобиля ЗИЛ-130 с переключением передач: а - на дороге с асфальтобетонным покрытием; б - на пахоте; 1 - число оборотов n вала двигателя; 2 - крутящий момент M_n на правой полуоси; 3 - крутящий момент M_n на левой полуоси; I, II и III - передачи коробки передач.

В горной местности при крутом и длинном склоне спуск начинают при минимальных оборотах коленчатого вала двигателя. Однако часто из-за большого угла уклона и продолжительности спуска обороты коленчатого вала увеличиваются, и двигатель не выполняет функций тормоза. В этом случае включают низшую передачу, что приводит к динамическому нагружению трансмиссии тормозным моментом от двигателя. Такой режим торможения приводит к возникновению в агрегатах трансмиссии динамических нагрузок, противоположных по знаку динамическим нагрузкам при трогании транспортных средств с места.

На рис. 4 а и б, приведены осциллограммы изменения крутящих моментов трансмиссии автомобилей ЗИЛ-130 и ГАЗ-53А при торможении их двигателем и ручным тормозом, путем резкого включения сцепления, на дороге со слегка влажным асфальтобетонным покрытием с уклоном 5 % и коэффициентом сцепления 0,5-0,6.

После включения сцепления осциллограммы крутящих моментов в трансмиссиях принимали вид пиковых отрицательно направленных динамических кривых. Было установлено, что даже при торможении со скорости 5 км/час динамический пик крутящего момента на карданном валу составляет минус 2620 Н·м, что в 2,2 раза превышает приведенный к карданному валу момент по сцеплению колес с дорогой. При торможении со скорости 15 км/час максимальный пик динамического крутящего момента на карданном валу составляла минус 2600-2700 Н·м, что в 2,6 раза выше момента сцепления колес с дорогой.

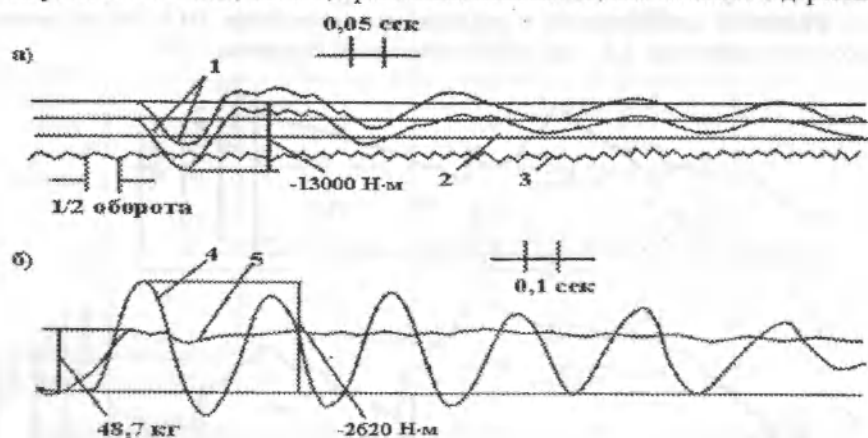


Рис. 4. Осциллограммы динамических моментов в трансмиссии автомобилей: а - ЗИЛ-130 (торможение двигателем); б - ГАЗ-53А (торможение ручным тормозом); 1 - моменты на полуосях; 2 - скорость движения автомобиля; 3 - число оборотов коленчатого вала; 4 - момент на карданном валу; 5 - усилие в приводе ручного тормоза.

Исследование энергетических потерь в контактном пятне подтвердило, что одними из важнейших факторов, влияющих на сопротивление качению и определяющих износ шин (соответственно расход топлива) являются величины углов установки управляемых колес, давления воздуха в шине, вертикальной нагрузки на колеса и микропрофиль поверхности качения.

Результаты экспериментальных исследований показывают на случайный характер распределения величин, влияющих на углы установки и достаточно широкий диапазон изменения этих величин, задаваемых условиями эксплуатации. На основе этих выводов все многообразие действующих на углы установки управляемых колес факторов можно представить через математическое ожидание кривых их распределения в данных условиях эксплуатации и таким образом определить рациональные значения их величин.

В ходе исследования было проверено влияние начальных значений отдельных углов установки управляемых колес автомобиля на расход топлива и износ шин в процессе реальной эксплуатации. Более детальное исследование проводилось на автомобилях ЗИЛ-130. Результаты проведенных экспериментов приведены на рис. 5.

Из графика видно, что для каждого транспортного средства существует диапазон значений углов сходимости, в котором энергетические потери на качение колеса, а следовательно, износ шин и расход топлива - минимальны. Отклонение установочных углов в ту или иную сторону вызывает резкое увеличение расхода топлива и усиленный износ шин.

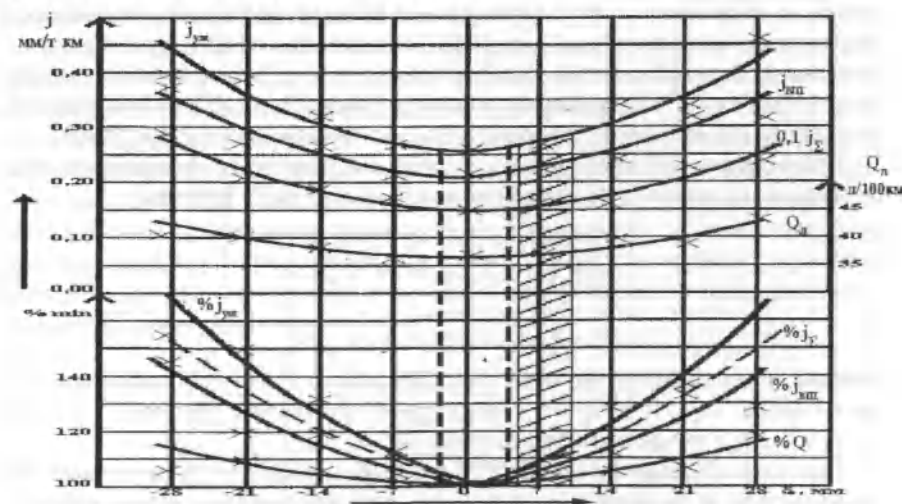


Рис. 5. Зависимость износа шин и расхода топлива от начального схода управляемых колес в дорожно-климатических условиях горной местности.

Следует отметить и тот факт, что установленные заводами-изготовителями нормативы углов сходимости не всегда соответствуют диапазону величин, при

которых расход топлива минимален. Это можно объяснить тем, что оптимизация углов установки управляемых колес осуществляется не только по условию энергетических затрат на качение, также исходя из необходимости обеспечения хорошей устойчивости прямолинейного движения автомобиля, управляемости, малой нагруженности деталей рулевого управления.

Его можно объяснить также и тем, что дорожно-климатические условия, для которых производился их выбор, не соответствуют конкретным условиям эксплуатации, а разница между ними в наибольшей степени проявляется в условиях горных регионов республики. Примером этого является результаты испытаний автомобилей ЗИЛ-130, которые показывают наибольшее несоответствие между фактическими и расчетными условиями эксплуатации.

И расчеты, и экспериментальные исследования показывают, что приведение нормативов по углам установки к оптимальным значениям, соответствующим минимуму энергетических затрат, позволяет получить экономию топлива от 4 до 6% на каждое транспортное средство и уменьшить износ шин до 16-18% на отдельных моделях подвижного состава. С учетом того, что в реальной эксплуатации из-за нарушения технологии эксплуатации и технического обслуживания колесных машин реальные значения этих цифр снизятся вдвое, даже в этом случае можно ожидать значительного экономического эффекта от внедрения предложенных рекомендаций, тем более, что это не связано с конструктивной переделкой колесных машин.

В главе 5 «Имитационное моделирование транспортно-технологических систем и алгоритмы их функционирования при автомобильных перевозках в горных условиях» изложены результаты обоснования общей структуры имитационных моделей оптимизации функционирования транспортно-технологических систем (ТТС), приведены основные условия их функционирования, результаты реализации их программного обеспечения в среде MATLAB.

Рассматриваемый процесс представляют как некоторую совокупность подпроцессов, т.е. частных процессов записываемых в виде функций:

$$\left. \begin{aligned} Y_1 &= f_1(X_1 \dots X_n, A_1 \dots A_r, U_1 \dots U_m, t), \\ Y_2 &= f_2(X_1 \dots X_n, A_1 \dots A_r, U_1 \dots U_m, t), \\ &\dots \dots \dots \\ Y_n &= f(X_1 \dots X_n, A_1 \dots A_r, U_1 \dots U_m, t), \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

описывающих моделируемую систему на языке событий или процессов,

где t - время; $A_1 \dots A_r$ и $U_1 \dots U_m$ - структурные компоненты системы;

$X_1 \dots X_n$ и $Y_1 \dots Y_n$ - входы и выходы системы.

Имитация функционирования ТТС на ЭВМ заключается в пошаговом воспроизведении изменений величин $y_1 \dots y_n$ и во взаимосвязи между собою, а разработка имитационных моделей - в описании системы в виде выражений (15). За счет этого, соответствующим выбором уровня структуризации рассматриваемого объекта удается построить модели с весьма высокой степенью адекватности, ограничивающими факторами выступают лишь уровень пони-

мания закономерности поведения объектов и наличие исходных данных. Важным в имитационной модели является учет внутренней структуры рассматриваемых объектов и временных задержек в реакциях элементов системы на то или иное внешнее или внутреннее воздействие. Этим подходом реализуется структурно-функциональный принцип, являющийся основным в современных системных исследованиях. Одновременно с подпроцессами имитационная модель содержит механизм их синхронизации, реализуемый с использованием принципа тактовых состояний, принципа особых состояний и приема, учитывающего оба принципа одновременно.

Основным направлением в решении проблемы оптимизации функционирования ТТС является отработка методов автоматизированного решения задач технологии управления, планирования, проведения исследовательских работ, конструирования необходимых моделей с использованием ЭВМ на базе имитационных моделей и экономико-математических методов. Бурное развитие компьютерной техники в настоящее время, характеризующихся малыми габаритами, достаточно большими техническими возможностями и простотой использования позволяют предполагать, что в ближайшее время ЭВМ получит широкое распространение во всех отраслях народного хозяйства нашей республики. Поэтому в широком применении методов имитационного моделирования заложены большие возможности по развитию и совершенствованию методов оптимизации функционирования ТТС для использования в топливно-энергетической, горнодобывающей, перерабатывающей и др. отраслях экономики республики.

При исследовании транспортно-технологических процессов применялись натуральные и стоимостные критерии оптимизации. К натуральным относятся временные, уровня производительности, потребности в технических средствах и в трудовых ресурсах. К стоимостным относятся критерии, связанные с расчетом прямых эксплуатационных издержек, капитальных вложений в технику, себестоимости обработанного и перевезенного продукта, приведенных затрат, а также дифференциальные затраты, учитывающие прямые эксплуатационные издержки, капиталовложения, потери продукта и использование людских ресурсов. Применительно к горнодобывающей отрасли критерий оптимальности может иметь вид:

$$\begin{aligned} S &= \sum_{e=1}^E \left(\sum_{p=1}^P \sum_{c=1}^C \sum_{r=1}^R \Pi_{pce} \cdot Q_{pce} \right) - \\ &- \sum_{e=1}^E (1 - \Delta\pi)^{-1} \sum_{p=1}^P \sum_{c=1}^C \sum_{r=1}^R \left[Z_{n-pe} + \prod_{e=1}^E (1 - \Delta\pi) Z_{pe} \right] \sum_{e=1}^E Q_{pce} - \\ &- \prod_{e=1}^E (1 - \Delta\pi)^{-1} \sum_{p=1}^P \sum_{c=1}^C \sum_{r=1}^R \sum_{e=1}^E [Z_{mpe} + Z_{pe} (1 - \Delta(\pi - 1))] + \\ &+ Z_{se} (1 - \Delta(\pi - 1)) (1 - \Delta\pi) Q_{pce} \rightarrow \max \end{aligned} \quad (16)$$

При ограничениях: $\prod_{\pi=1}^{\pi} (1 - \Delta\pi)^{-1} \sum_{e=1}^E Q_{pct\pi} \leq \theta_e; Q_{pct\pi} \geq 0$

где $Q_{pct\pi}$ - количество материала с-того вида р-го карьера е-го перерабатывающего завода;

Π_{pct} - цена материала с-того вида р-го карьера;

$Z_{пгрр}$ - затраты на погрузочно-разгрузочные операции на р-м карьере;

$Z_{зр}$ - затраты, связанные с задержкой материала на р-м карьере;

π - потери, имеющие место на всех этапах системы, начиная от добычи до переработки материала;

$Z_{зре}$ - затраты по транспортировке материала от р-го карьера до е-го завода;

$Z_{ре}$ - затраты, связанные с осуществлением процесса переработки на е-м заводе;

$Z_{хе}$ - затраты по хранению материала на е-м заводе;

θ_e - мощность е-го завода.

Имитационная модель рассматриваемой производственно-транспортной системы составлена на языке MATLAB, которая позволяет оптимизировать выбор предпочтительного варианта комплекса машин для рационализации организационно-технологических схем предприятий, расчет состава ТТС и временных механизированных формирований, решить задачи обоснования мероприятий по созданию и обеспечению условий для высокоэффективного использования ТТС и подготовки данных для оценки эффективности рассматриваемых вариантов.

Результаты имитационного моделирования функционирования ТТС приведены на рис. 6-8.

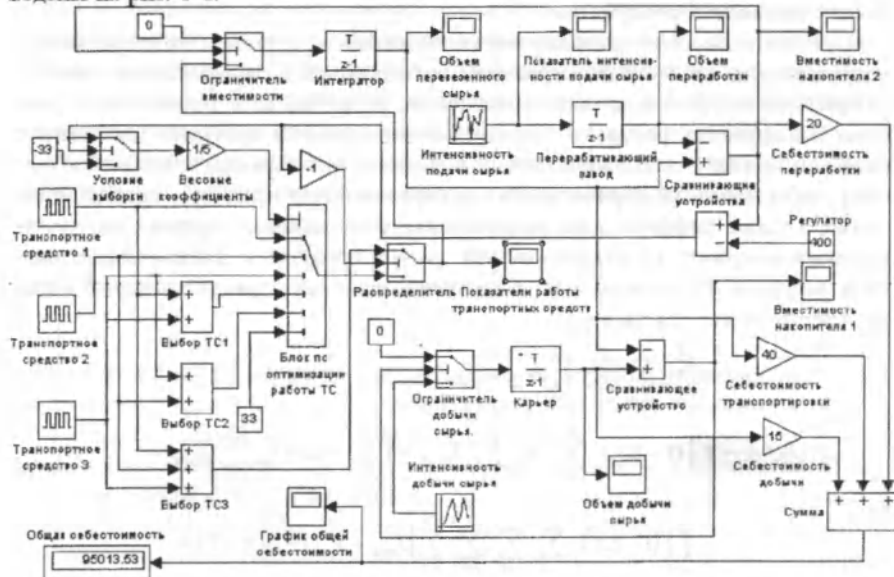


Рис. 6. Имитационная модель функционирования производственно-транспортной системы.

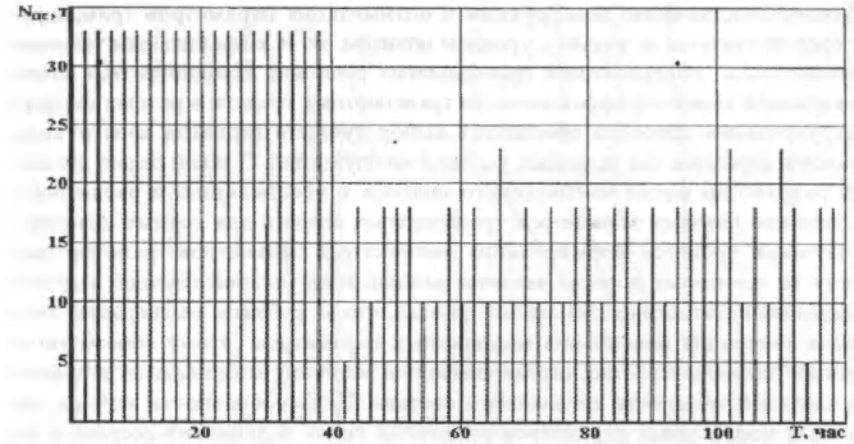


Рис. 7. Оптимизация транспортного обслуживания процессов добычи и переработки.

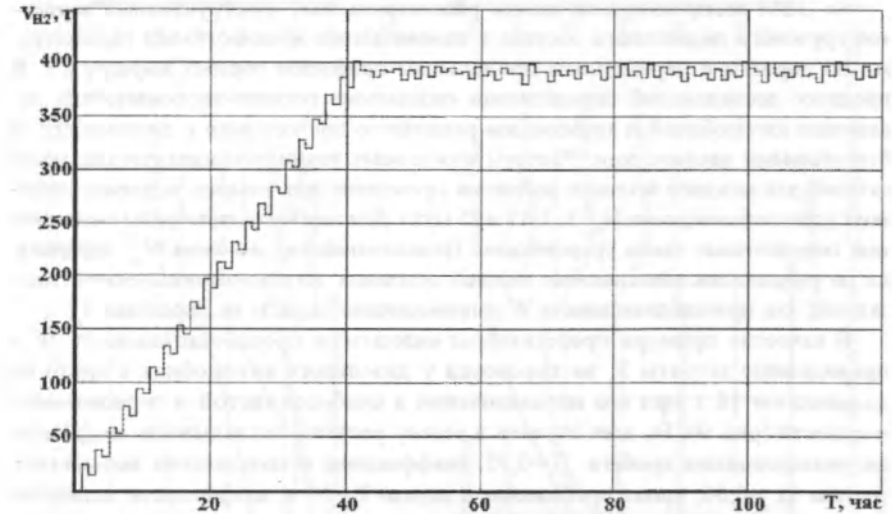


Рис. 8. Регулирование наполнения накопителя 2.

В главе 6 «Выбор и обоснование эффективных показателей транспортных средств в горных условиях. Реализация результатов исследований» приведены методы обоснования технических параметров автомобилей-самосвалов при выполнении карьерных перевозок, режимов движения колесных машин в транспортном потоке на горных дорогах, а также изложены результаты исследований по выбору их мощностных, скоростных параметров с учетом особенностей карьерных, горных дорог, рассмотрены вопросы прогнозирования эффективности использования транспортных средств в конкретных условиях эксплуатации.

Усовершенствование конструкции и оптимизация параметров транспортных средств связаны не только с уровнем новизны, но и с правильным технико-экономическим обоснованием принимаемых решений. Неоднократная оценка ожидаемой конечной эффективности транспортных средств в разных стадиях конструирования способна обеспечить выбор лучшего варианта конструкции их узлов и агрегатов для заданных условий эксплуатации. С такой целью должен быть разработан метод комплексного подхода к обоснованию и расчетному определению базовых параметров транспортных средств для горных условий.

Изучение процесса формирования мощностных параметров транспортных средств на грунтовых дорогах является важной и актуальной научной задачей. Проведенный статистический анализ показал, что за рубежом наблюдается постоянная тенденция повышения мощностных параметров. Этому способствует дорожное законодательство, ограничивающее величину минимально допускаемой удельной мощности подвижного состава. Целесообразность выбора тех или иных мощностных параметров различных типов подвижного состава в современных условиях нами определены исходя из комплексного анализа его технико-экономических показателей в различных условиях эксплуатации.

На ЭВМ воспроизводили заезды рассматриваемых конструктивных вариантов грузового подвижного состава с изменяемыми мощностными параметрами по дорогам с переменным продольным профилем горных маршрутов. В процессе исследований определялись ожидаемые технико-экономические показатели автомобилей и автопоездов различного полного веса с дизельными и бензиновыми двигателями. Расчеты ожидаемых технико-экономических показателей для каждого весового состояния проводили при четырех заданных значениях удельной мощности $N_{уд}$: 3; 7; 11 и 15 кВт/т. Для них были подобраны оптимальные передаточные числа трансмиссии. Наивыгоднейшие значения $N_{уд}$ определяли по результатам комплексного анализа основных технико-экономических показателей, как производительность W и приведенные затраты на перевозки Z_n .

В качестве примера представлены ожидаемые производительность W и приведенные затраты Z_n на перевозки у дизельного автомобиля с грузоподъемностью 10 т при его использовании в слабохолмистой и пересеченной местности (рис. 9). Во всех случаях в основу расчетов закладывали: коэффициент использования пробега $\beta=0,75$; коэффициент использования подвижного состава $\alpha=0,66$; время пребывания в наряде $T_n=10$ ч; коэффициент использования грузоподъемности $\gamma=0,9$. При движении без ограничения скорости (см. рис. 9) производительность W с увеличением $N_{уд}$ непрерывно растет, а кривая приведенных затрат Z_n на перевозки имеет достаточно четко выраженную зону минимума, соответствующую определенным величинам удельной мощности $N_{уд}$, причем в пересеченной местности зона минимума Z_n смещена в сторону больших $N_{уд}$.

У остальных видов исследуемого подвижного состава W и Z_n изменяются аналогично, с той лишь разницей, что зона минимума Z_n в зависимости от полного веса, типа двигателя и рельефа местности смещается в ту или другую сторону.

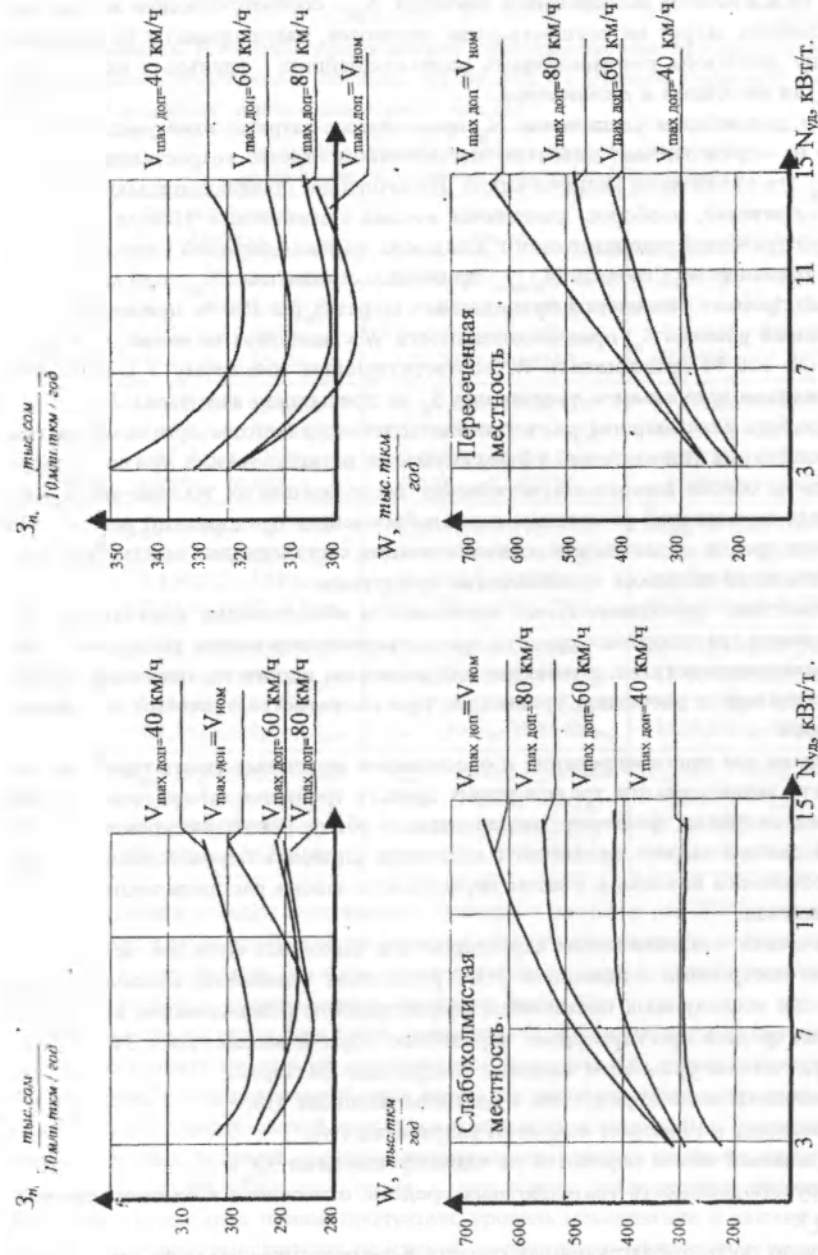


Рис. 9. Зависимость производительности и приведенных затрат дизельного автомобиля от величины удельной мощности в горных условиях.

В описываемом исследовании значения $N_{\text{уд}}$, соответствующие минимуму приведенных затрат на осуществление перевозок, были приняты за нижнюю границу диапазона рекомендуемых наиболее выгоднейших удельных мощностей $N_{\text{уд мин}}$ автомобилей и автопоездов.

При дальнейшем увеличении $N_{\text{уд}}$ приведенные затраты тоже увеличиваются, но на определенном, довольно значительном отрезке возрастания величины $N_{\text{уд}}$ это увеличение незначительно. Величина же производительности W на этом же отрезке, наоборот, изменяется весьма существенно. Исходя из этого, верхней границей рекомендуемого диапазона наиболее выгоднейшей удельной мощности транспортных средств $N_{\text{уд макс}}$ принималась величина $N_{\text{уд}}$, при которой на каждый процент увеличения приведенных затрат Z_n (за 100 % принимался минимальный уровень Z_n) производительность W увеличится не менее, чем на 8-10 % (за 100 % принималась W , соответствующая минимуму Z_n). При этом максимально допустимое увеличение Z_n не превышало величины 2 %.

В работе рассмотрены расчетно-аналитические методы прогнозирования и обоснования показателей эффективности использования транспортных средств на основе данных статистических исследований их технико-эксплуатационных показателей различных горнодобывающих предприятий республики с учетом уровня механизации и автоматизации составляющих замкнутого технологического процесса производства продукции.

Известные функциональные зависимости обобщающих показателей использования транспортных средств при карьерных перевозках позволяют выявить закономерности их изменения под влиянием одного из значимых факторов, входящих в расчетное уравнение, при постоянстве значений остальных факторов.

Однако для прогнозирования и обоснования отдельных показателей эффективности использования транспортных средств требуется оценка совокупного влияния значимых факторов, включенных в общее расчетное уравнение. Решение данной задачи возможно с помощью аппарата корреляционного или регрессионного анализа с учетом нормального закона распределения случайных величин.

Расчетные статистические характеристики выходных функций использованы при построении с помощью ЭВМ расчетных уравнений множественной регрессии исследуемых показателей эффективности использования автотранспортных средств при карьерных перевозках горной массы (табл. 3).

В расчетные уравнения введены следующие факторы:

- выход полезной продукции с единицы площади (h);
- площадь конкретной открытой разработки (w);
- удельный объем перевозок на единицу площади ($Q_{\text{уд}}$);
- грузоподъемность транспортных средств, отнесенная к единице продукции (q_c);
- число погрузо-разгрузочных средств в технологической цепи, на единицу продукции ($M_{\text{н.р}}$).

Таблица 3

Результаты расчетов показателей эффективности использования автомобильного подвижного состава (ПЭИ АПС) с учетом значимых факторов при карьерных перевозках горной массы

ПЭИ АПС	Расчетные уравнения множественной регрессии по различным регионам Кыргызской Республики		
	Джалал-Абадская область	Ошская область	Таласская область
$L_{\text{ср}}$	$L_{\text{ср}}=0,0578+0,0148h-19 \cdot 10^{-7}w+7,8246Q_{\text{уд}}+0,0017I_{\text{ср}}+0,0057q_{\text{ср}}+18,894q_c-9,192M_{\text{н.р}}$	$L_{\text{ср}}=0,0795+0,0489h-14 \cdot 10^{-7}w+5,8762Q_{\text{уд}}+0,0024I_{\text{ср}}+0,0059q_{\text{ср}}+22,799q_c-7,646M_{\text{н.р}}$	$L_{\text{ср}}=0,0694+0,0294h-17 \cdot 10^{-7}w+7,7692Q_{\text{уд}}+0,0007I_{\text{ср}}+0,0041q_{\text{ср}}+28,663q_c-11,982M_{\text{н.р}}$
$W_{\text{т}}$	$W_{\text{т}}=0,6964+0,0038h-51 \cdot 10^{-6}w+76,8643Q_{\text{уд}}-0,0215I_{\text{ср}}-0,0398q_{\text{ср}}-3,895q_c+46,874M_{\text{н.р}}$	$W_{\text{т}}=0,4909+0,0093h-35 \cdot 10^{-6}w+82,0567Q_{\text{уд}}-0,0576I_{\text{ср}}-0,0784q_{\text{ср}}-7,886q_c+52,923M_{\text{н.р}}$	$W_{\text{т}}=0,6984+0,0019h-41 \cdot 10^{-6}w+86,7654Q_{\text{уд}}-0,0201I_{\text{ср}}-0,0324q_{\text{ср}}-4,763q_c+42,642M_{\text{н.р}}$
$W_{\text{тех}}$	$W_{\text{тех}}=13,886+0,0795h+82 \cdot 10^{-5}w+182,64Q_{\text{уд}}+0,1592I_{\text{ср}}-1,6874q_{\text{ср}}-597,849q_c+684,642M_{\text{н.р}}$	$W_{\text{тех}}=22,786+1,2343h+49 \cdot 10^{-5}w+302,67Q_{\text{уд}}+0,1983I_{\text{ср}}-2,8967q_{\text{ср}}-900,776q_c+776,874M_{\text{н.р}}$	$W_{\text{тех}}=16,681-0,6984h+81 \cdot 10^{-5}w+386,65Q_{\text{уд}}+0,2466I_{\text{ср}}-3,1269q_{\text{ср}}-665,466q_c+648,786M_{\text{н.р}}$
$S_{\text{т}}$	$S_{\text{т}}=256,7921-5,5672h+71 \cdot 10^{-5}w-1786,24Q_{\text{уд}}+6,7864I_{\text{ср}}-9,8742q_{\text{ср}}+952,762q_c-94,794M_{\text{н.р}}$	$S_{\text{т}}=263,8867-8,6894h+68 \cdot 10^{-5}w-1780,143Q_{\text{уд}}+8,8756I_{\text{ср}}-10,4538q_{\text{ср}}+1270,864q_c-97,866M_{\text{н.р}}$	$S_{\text{т}}=258,5483-7,7648h+48 \cdot 10^{-5}w-1880,265Q_{\text{уд}}+7,4325I_{\text{ср}}-11,3214q_{\text{ср}}+1020,685q_c-99,624M_{\text{н.р}}$
$S_{\text{т км}}$	$S_{\text{т км}}=17,6454-0,2168h-856 \cdot 10^{-5}w-81,789Q_{\text{уд}}-0,1598I_{\text{ср}}-0,0973q_{\text{ср}}+99,896q_c-126,767M_{\text{н.р}}$	$S_{\text{т км}}=16,8762-0,3654h-764 \cdot 10^{-5}w-84,446Q_{\text{уд}}-0,0216I_{\text{ср}}-0,0562q_{\text{ср}}+134,685q_c-684,048M_{\text{н.р}}$	$S_{\text{т км}}=21,7581-0,24783h-684 \cdot 10^{-5}w-72,562Q_{\text{уд}}-0,0318I_{\text{ср}}-0,0494q_{\text{ср}}+162,467q_c-172,653M_{\text{н.р}}$

В дальнейшем были построены с помощью расчетов на ЭВМ регрессионные модели для каждой группы автомобильного подвижного состава по различным предприятиям региона с учетом энергооборуженности всего технологического цикла транспортного процесса (табл. 4).

Результаты расчетов основных показателей эффективности использования автотранспортных средств по предлагаемой методике для отдельных горных и высокогорных районов республики являются достоверными и правильно характеризуют тесноту связей между составляющими значимых факторов эксплуатационных условий производственно-транспортного процесса, как например, конфигурация карьеров, открытых разработок, расположение объектов накопления, переработка горной продукции, уровень механизации и автоматизации производственно-транспортных процессов существенно влияют на основные показатели эффективности использования автотранспортных средств - как связующего звена всего технологического цикла горнодобывающего производства.

Прогнозирование возможных показателей эффективности использования автомобильного подвижного состава (ПЭИ АПС) при перевозке вскрышной горной массы в различных условиях транспортно-технологического процесса

Показатели эффективности использования ТС	Уровень механизации и автоматизации технологических операций цикла	Расчетные уравнения регрессии	Относительное изменение показателей, %
Производительность 1 автотонны, $W_{ат}$, тыс.т/год	Для отрасли в целом	$W_{ат}=0,798-0,000071w+0,586a_b+0,0686b-0,0198l_{cp}-0,1488q_{cp}+2,84Q_{ya}$	34
	Высокомеханизированный	$W_{ат}=1,904-0,000089w+1,984a_b+0,366b-0,0248l_{cp}-0,0864q_{cp}+6,634Q_{ya}$	53
	Средний уровень	$W_{ат}=0,946-0,000078w+0,945a_b+0,019b-0,0282l_{cp}-0,182q_{cp}+1,991Q_{ya}$	66
	Низкий уровень	$W_{ат}=0,368-0,0000189w+0,349a_b+0,187b-0,0104l_{cp}-0,1967q_{cp}+3,204Q_{ya}$	46
Производительность 1 автотонны, $W_{аткм}$, тыс.ткм/год	Для отрасли в целом	$W_{аткм}=8,792+0,000018w+7,949a_b+7,8b+0,229l_{cp}-3,977q_{cp}+35,96Q_{ya}$	42
	Высокомеханизированный	$W_{аткм}=11,88+0,0000586w+5,784a_b+7,443b+0,023l_{cp}-3,864q_{cp}+68,98Q_{ya}$	64
	Средний уровень	$W_{аткм}=6,745+0,000021w+1,980a_b+4,982b+0,076l_{cp}-5,679q_{cp}+58,67Q_{ya}$	77
	Низкий уровень	$W_{аткм}=3,681+0,000038w+1,102a_b+2,914b+0,010l_{cp}-7,221q_{cp}+38,89Q_{ya}$	46
Себестоимость перевозки 1 т, $S_{т}$, сом/т	Для отрасли в целом	$S_{т}=252,88-0,0079w+91,74a_b-314,66b+6,874l_{cp}-6,865q_{cp}-22,12Q_{ya}$	57
	Высокомеханизированный	$S_{т}=133,74-0,0044w+67,87a_b-414,16b+4,794l_{cp}-3,944q_{cp}-16,12Q_{ya}$	74
	Средний уровень	$S_{т}=119,79-0,00484w+81,49a_b-133,14b+1,942l_{cp}-5,792q_{cp}-30,24Q_{ya}$	52
	Низкий уровень	$S_{т}=408,77-0,00688w+62,78a_b-109,96b+1,108l_{cp}-7,762q_{cp}-36,18Q_{ya}$	53
Себестоимость 1 ткм, $S_{ткм}$, сом/ткм	Для отрасли в целом	$S_{ткм}=16,88-0,00022w+2,240a_b-6,982b-0,0192l_{cp}-0,588q_{cp}-0,195Q_{ya}$	46
	Высокомеханизированный	$S_{ткм}=10,89-0,00014w+1,821a_b-3,102b-0,0011l_{cp}-0,382q_{cp}-0,221Q_{ya}$	42
	Средний уровень	$S_{ткм}=13,78-0,00018w+2,011a_b-5,601b-0,0121l_{cp}-0,462q_{cp}-0,225Q_{ya}$	55
	Низкий уровень	$S_{ткм}=18,44-0,00031w+2,982a_b-9,121b-0,0292l_{cp}-0,784q_{cp}-0,096Q_{ya}$	74

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. На основе сравнительного анализа технико-экономических показателей транспортных средств в горных и высокогорных условиях выявлена исключительно важная значимость колесных машин для развития топливно-энергетической, горнодобывающей и перерабатывающей отраслей народного хозяйства Кыргызстана в горных регионах, где колесные машины являются одним из основных составляющих производственно-транспортного комплекса этих отраслей.

2. Установлено, что специфика высотных, дорожных, транспортных и природно-климатических условий горных и высокогорных дорог предопределяют низкие показатели эффективности использования колесных машин по сравнению с равнинными - по производительности на 30-35%, расходу топлива на 30-40% и по себестоимости перевозок на 25-35%.

3. Выявлено, что снижение плотности воздуха в горных условиях вызывает падение как мощности двигателя, так и сопротивления воздуха движению транспортных средств, но потеря мощности этим не компенсируется и в результате тактовые качества транспортных средств ухудшаются. Для высот от 0 до 3000 м, в среднем можно принять падение эффективной мощности на 11-13% при повышении высоты над уровнем моря на каждые 1000 м.

4. Анализ выполненных исследований позволили определить основные пути повышения эксплуатационной эффективности транспортных средств в горных и высокогорных условиях:

- формирование основных требований к конструкции транспортных средств с учетом воздействия дорожных, транспортных и природно-климатических факторов горных и высокогорных дорог на уровень реализации эксплуатационных свойств и создание горной модификации базовых моделей транспортных средств;

- разработка организационно-технических и других мероприятий по повышению эффективности транспортных средств с учетом их взаимодействия с другими участниками производственно-транспортного процесса.

5. Систематизация статистических характеристик дорожных условий по природно-экономическим регионам позволили обосновать основные законы распределения суммарного коэффициента сопротивления движению. Установленные в результате статистических исследований вероятностные характеристики дорожных условий горнотранспортных работ могут быть использованы при определении потенциальных возможностей серийных моделей транспортных машин и комплексов, обосновать оптимальные конструктивные параметры их агрегатов и узлов трансмиссии с целью разработки новых требований к конструкции перспективных моделей, приспособленных для горных условий эксплуатации.

6. Разработаны математические модели, описывающие работу транспортных средств и их отдельных узлов с учетом воздействия дорожных, транспортных и природно-климатических факторов горных и высокогорных регионов.

7. Установлено, что наиболее сложным для агрегатов трансмиссии как специализированной, коробки передач и главной передачи является динамическое нагружение

их деталей при трогании на подъемах горных дорог, карьеров и длительное торможение на спусках с многочисленными поворотами. При наличии больших инерционных моментов вращающихся деталей, как шестерни, маховик, валы прирост дополнительных крутящих и динамических моментов составляют значительную величину, и стандартные значения передаточных отношений коробки передач, главной передачи, коэффициент запаса сцепления не обеспечивают плавного изменения крутящих моментов силовой передачи.

8. Согласно теоретическим расчетам, коэффициент запаса сцепления должен быть выше 2,0, а передаточные отношения коробки передач, кроме прямого, должны быть увеличены на 15-25% на каждой передаче, либо данный прирост динамических нагрузок должен компенсироваться ростом передаточного числа главной передачи на 15-20%. Увеличение передаточных чисел силовых агрегатов приведет к соответствующему уменьшению их скоростных показателей, но нужно учесть, что при эксплуатации колесных машин в горных условиях потенциальные скоростные свойства колесных машин никогда в полной мере не могут быть использованы даже по соображениям безопасности движения.

9. Выявлено, что наиболее опасным с точки зрения максимальных нагрузок, действующих в трансмиссии транспортных средств при горнотранспортных работах, является случай буксования ведущих колес, при котором касательные напряжения полуосей могут в отдельных случаях достигать предельных значений, что может привести к ее разрушению.

10. При выполнении карьерных и горных перевозок дизельным автопоездом по слабохолмистой и пересеченной местности оптимальная величина удельной мощности равна 7-7,5 кВт/т. При такой удельной мощности затраты на перевозки на 1-2 % больше. На пересеченной местности затраты на перевозки минимальны, что указывает на целесообразность использования прицепов и полуприцепов в благоприятных транспортных магистралях.

11. Автомобили и автопоезда с относительно высокой удельной мощностью (ГАЗ-53А, ЗИЛ-130 с прицепом ГКБ-817, с полуприцепом ОдАЗ-885) целесообразно эксплуатировать в более тяжелых дорожных условиях: в холмистой, гористой, пересеченной местности на грунтовых дорогах с повышенным сопротивлением дороги; автопоезда с низкой удельной мощностью (МАЗ-500 с прицепами МАЗ-5243 с полным весом 34225 кг, ЗИЛ-130 с двумя прицепами ГКБ-817 с полным весом 24605 кг, КамАЗы) - в более легких дорожных условиях, по дорогам с асфальтобетонным, твердым покрытием в равнинных, слабохолмистых, холмистых районах республики.

12. Доказано, что для рационального функционирования ТТС имитационные модели могут быть использованы для непосредственного выбора предпочтительного варианта (комплекса машин, или параметров предлагаемой машины и т.п.), для подготовки определенных данных по оценке эффективности рассматриваемых вариантов, а также для обоснования специально разрабатываемых упрощенных методов эффективного функционирования систем.

13. Факторный анализ зависимости между показателями эффективности использования транспортных средств и их конструктивными параметрами и показателями производственной деятельности объектов транспортно-технологического цикла показал достаточную тесную связь между выходом продукции и среднесуточным пробегом транспортных средств. Полученные уравнения регрессии основных показателей эффективности использования транспортных средств дали возможность с требуемой достоверностью обосновать влияние значимых эксплуатационных факторов при карьерных перевозках и установить степень их воздействия на транспортно-технологический процесс.

14. Результатом выполненного исследования является разработка практических основ и обоснование комплексного метода оценки эффективности транспортных средств с формированием параметров их конструкции по конечным результирующим критериям их использования в условиях горных местностей. Совокупность разработанных рекомендаций является практическим обобщением решений задачи улучшения транспортного обслуживания топливно-энергетической, горнодобывающей и перерабатывающей отраслей, обеспечения заданного технико-экономического уровня эффективности транспортных средств посредством рационального обоснования их конструктивных параметров.

15. Дальнейшее совершенствование организационно-управленческой структуры топливно-энергетической, горнодобывающей и перерабатывающей отраслей республики возможно при соответствующем развитии всего комплекса составляющих технологического цикла и определенном видоизменении организационных форм транспортно-технологического процесса, технологии перевозок и обосновании структуры транспортных средств.

На основе учета природно-климатических и дорожных условий эксплуатации транспортных средств должны быть разработаны и регламентированы технические нормативы для обоснования объемов перевозок и грузооборота, рациональных грузопотоков, состава и структуры подвижного состава для каждого горного и высокогорного региона. Повышение качества перевозок и эффективности использования транспортных средств в этих отраслях республики могут быть осуществлены только на основе широкого применения экономико-математических методов и ЭВМ, использования современных методов оценки эффективности и качества транспортных средств.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Давлят У.Р. Логистический подход к решению проблем рынка транспортных услуг // Вест. машиностроителя. Тр.КТУ. -Вып.2.-Бишкек, 1997 -С.36-40.
2. Давлят У.Р. Эффективность работы транспорта // Тр. КТУ. - Вып. 1. - Бишкек, 1997. - С. 1-2.
3. Давлят У.Р., Султанбеков А.Ф. Логистические системы управления материально-транспортными потоками // Вест. КТУ. - № 3. -Бишкек, 1998. - С.29-33.
4. Логистические основы повышения эффективности функционирования производственно-транспортных систем Кыргызстана // Отчет по НИР. Руководитель темы Давлят У.Р. - Бишкек, 1998. - 67 с.

5. Миротин Л.Б., Давлятов У.Р. Логистика: современное состояние и перспективы развития // Межд. науч.-техн. конф. «Бизнес и логистика». - Москва, 1998. - С. 2-4.
6. Нусупов Э.С., Маткеримов Т.Ы., Суянтбеков И.Э., Давлятов У.Р. К вопросу определения вероятностных характеристик дорожных условий сельскохозяйственных зон Кыргызстана // Вест. КТУ, 1998. - № 4. - С.34-38.
7. Давлятов У.Р. Использование логистики в производственно-транспортных процессах // Международ. науч. конф. «Технологии и перспективы современного инженерного образования, науки и производства». - Бишкек, 1999. - С. 172-176.
8. Давлятов У.Р. Теоретические исследования температурного режима шины на дорогах различной категории сложности // Сб. статей преподавателей и аспирантов кафедры «Тракторы и автомобили» Кырг. аграрной академии. - Вып. 2. - Бишкек, 1999. - С. 52-60.
9. Давлятов У.Р. Энергетические потери в зоне скольжения катящегося пневматического колеса по грунтовой дороге // Сб. статей преподавателей и аспирантов кафедры «Тракторы и автомобили» Кырг. аграрной академии. - Вып. 2. - Бишкек, 1999. - С. 48-52.
10. Логистические основы повышения эффективности функционирования производственно-транспортных систем Кыргызстана // Отчет по НИР. Руководитель темы Давлятов У.Р. - Бишкек, 1999. - 63 с.
11. Нусупов Э.С., Давлятов У.Р. Ограничение скоростного режима движения автомобилей при сельскохозяйственных перевозках // Сб. статей преподавателей и аспирантов кафедры «Тракторы и автомобили» Кырг. аграрной академии. - Вып. 2. - Бишкек, 1999. - С. 3-8.
12. Нусупов Э.С., Маткеримов Т.Ы., Болотов Э.А., Давлятов У.Р. Анализ расчетных показателей скорости движения грузовых автомобилей в сельскохозяйственных районах Кыргызстана // Международ. конф. «Механизмы перемещенной структуры и виброударные машины». - Бишкек, 1999. - С. 358-367.
13. Давлятов У.Р. Исследование технической скорости движения автотранспортных средств при перевозке сельскохозяйственных грузов // Сб. материалов Московского логистического форума. - Москва, 14 февраля 2000. - С. 258-262.
14. Давлятов У.Р. Моделирование производственно-транспортных процессов в табачной промышленности // Сб. науч. тр. Казахской транспортной академии. - Алматы, 2000. - С. 46-51.
15. Давлятов У.Р. Оптимизация грузопотоков и размещения производственных объектов табачной отрасли в сельскохозяйственных зонах республики // Сб. науч. тр. ин-та Машиноведения. - Вып. 2. - Бишкек, 2000 - С.148-153.
16. Давлятов У.Р. Повышение эффективности использования и обоснование эксплуатационных показателей автомобильного подвижного состава в сельском хозяйстве Кыргызской республики / Монограф. - Бишкек, 2000. 127 с.
17. Давлятов У.Р. Проблемы оптимизации управления табачнопромышленным комплексом Кыргызстана // Наука и новые технологии / Науч.-практ. конф. «Наука и наукоемкие горные технологии». - Бишкек, 2000. - С. 47-53.

18. Давлятов У.Р., Нусупов Э.С. Выбор мощностных параметров автомобильного подвижного состава и имитационное моделирование эксплуатационных условий сельскохозяйственных перевозок // Наука и новые технологии. - № 3. - Бишкек, 2000. - С. 59-63.
19. Классификация и типизация условий эксплуатации подвижного состава автомобильного транспорта в табачнопромышленном комплексе Кыргызстана // Отчет по НИР. Руководитель темы Давлятов У.Р. - Бишкек, 2000. - 68 с.
20. Нусупов Э.С., Давлятов У.Р. Моделирование движения автотранспортных средств и обоснование технико-экономических показателей при сельскохозяйственных перевозках // Международ. науч.-технич. конф. Развитие и эффективность автомобильно-дорожного комплекса в Центрально-азиатском регионе, 1-3 ноября, часть 2. - Ташкент, 2000. - С. 78-81.
21. Нусупов Э.С., Давлятов У.Р. Прогнозирование и обоснование эффективности использования автомобильного подвижного состава при сельскохозяйственных перевозках // Наука и новые технологии. - № 1. - Бишкек, 2000. - С.109-113.
22. Нусупов Э.С., Давлятов У.Р. Проблемы и перспективы развития табачной отрасли Кыргызской Республики // Наука и новые технологии. - № 2. - Бишкек, 2000. - С.137-143.
23. Нусупов Э.С., Маткеримов Т.Ы., Давлятов У.Р. Оценка технико-эксплуатационных показателей автомобилей самосвалов при сельскохозяйственных перевозках // Наука и новые технологии / Науч.-практ. конф. «Наука и наукоемкие горные технологии». - Бишкек, 2000. - С. 15-20.
24. Нусупов Э.С., Давлятов У.Р., Маткеримов Т.Ы. Повышение эффективности использования автомобильного подвижного состава при сельскохозяйственных перевозках // Наука и новые технологии / Науч.-практ. конф. «Наука и наукоемкие горные технологии». - Бишкек, 2000. - С. 20-26.
25. Нусупов Э.С., Давлятов У.Р., Маткеримов Т.Ы. Теоретические исследования показателя проходимости автотранспортных средств по грунтовым дорогам, с учетом климатических условий сельскохозяйственных районов // Наука и новые технологии. - № 4. - Бишкек, 2000. - С. .
26. Топалиди В.А., Давлятов У.Р. Совершенствование нормативной базы регулирования рынка автотранспортных услуг // Наука и новые технологии / Науч.-практ. конф. «Наука и наукоемкие горные технологии». - Бишкек, 2000. - С.53-58.
27. Топалиди В.А., Исаметов Х.Н., Давлятов У.Р. Пути совершенствования и развития рынка автотранспортных услуг в странах Центральной Азии // Наука и новые технологии. - № 3. - Бишкек, 2000. - С. 68-71.
28. Абдуганиев М.Х., Бабулатова Н.Х., Давлятов У.Р. Проблемы технико-экономического обоснования развития сети автомобильных дорог // Международ. науч.-практ. конф. «Повышение эксплуатационной эффективности транспорта, строительно-дорожных машин и коммуникации в горных условиях», Ч. 2. - Бишкек, 2001. - С. 74-77.
29. Давлятов У.Р. К методу определения проходимости колесных машин в горных условиях эксплуатации // Наука и новые технологии. - № 2. - Бишкек, 2001. - С. 140-144.

30. Давлятов У.Р. Расчет скорости движения колесных машин на кривых в плане с учетом видимости горных дорог // Новые наукоемкие технологии и технологическое оборудование: Матер. конф. посвящ. I съезду Инженеров Кыргызстана и 10-летию образования Инженерной академии Кырг. Респ. - Бишкек, 2001. - С. 371-377.

31. Давлятов У.Р., Шатманов О.Т., Асанбеков К.А., Коробаев Ж.К. Обоснование безопасного режима движения автомобиля в транспортном потоке // Международ. науч.-практ. конф. «Повышение эксплуатационной эффективности транспорта, строительно-дорожных машин и коммуникации в горных условиях». - Бишкек, 2001. - С. 129-136.

32. Классификация и типизация условий эксплуатации подвижного состава автомобильного транспорта в табачнопромышленном комплексе Кыргызстана // Отчет по НИР. Руководитель темы Давлятов У.Р. - Бишкек, 2001. - 68 с.

33. Нусупов Э.С., Давлятов У.Р. Оптимизация соотношения передаточных чисел коробок передач колесных машин в горных условиях // Международ. науч.-технич. конф. «Современные технологии в образовании, науке и производстве: Опыт адаптации и внедрения». - Бишкек, 2001. - С. 58-67.

34. Хикматов Ш.И., Кадыров С.М., Давлятов У.Р. Исследование напряженно-деформированного состояния упругого звена в трансмиссии автомобиля // Наука и новые технологии. - № 2. - Бишкек, 2001. - С. 119-121.

35. Нусупов Э.С., Давлятов У.Р., Калманбетова А.Ш. Исследование динамических процессов в трансмиссии колесных машин в сложных дорожных условиях горной местности // Наука и новые технологии. - № 4. - Бишкек, 2001. - С. 100-104.

36. Нусупов Э.С., Давлятов У.Р., Калманбетова А.Ш. Повышение эксплуатационных показателей колесных машин в горных условиях // Наука и новые технологии. - № 1. - Бишкек, 2002. - С. 234-239.

37. Нусупов Э.С., Давлятов У.Р. К вопросу оптимизации передаточных отношений агрегатов трансмиссии колесных машин в горных условиях эксплуатации // Вест. КГУСТА. - № 1. - Бишкек, 2002. - С. .

38. Нусупов Э.С., Давлятов У.Р. Особенности перевозок грузов предприятий горнодобывающей отрасли // Международ. науч.-технич. конф. «Повышение эксплуатационной эффективности транспорта, строительно-дорожных машин и коммуникаций в условиях высокогорья и жаркого климата», посвящ. Году гор и 10-летию юбилею КГУСТА (4 мая 2002 г.). - Бишкек, 2002. - С. .

АННОТАЦИЯ

Диссертациялык иште дөңгөлөктүү машиналардын эффективдүү көрсөткүчтөрүнө жана алардын агрегаттарынын иштөөсүнө тоолуу жана бийик толлуу аймактардын бийиктиги, жол жана табигый-климаттык шарттарынын тийгизген таасирлерин талдоо жана комплекстүү баалоонун жыйынтыктары келтирилген.

Жолдун татаал шарттарында дөңгөлөктөрдүн тайгаланышында машиналардын трансмиссияларындагы динамикалык процесстерди изилдөөнүн жыйынтыктары берилген. Долбоорлоонун имитация моделдери жана транспорт каражаттарынын эффективдүү көрсөткүчтөрүнө технологиялык процесстердин параметрлеринин тийгизген таасирин эсепке алуу менен өндүрүш-транспорттук системалардын иштешинин оптимумдалышы көрсөтүлгөн.

Тоо жана карьерден жүк ташуучу жолдорунун өзгөчөлүктөрүн эсепке алуу менен транспорт каражаттарынын кубаттуулук жана ылдамдык параметрлерин таандап алуу боюнча жана иштетүүнүн конкреттүү шарттарында транспортту пайдалануунун эффективдүүлүгүн прогноздоо боюнча изилдөөлөрдүн жыйынтыктары берилген.

АННОТАЦИЯ

В диссертационной работе приведены результаты анализа и комплексной оценки влияния высотных, дорожных, транспортных и природно-климатических условий горных и высокогорных регионов на работу агрегатов и эффективные показатели колесных машин.

Изложены результаты исследований динамических процессов в трансмиссии колесных машин при буксовании ведущих колес в сложных дорожных условиях. Представлены имитационные модели проектирования и оптимизации функционирования производственно-транспортных систем с учетом влияния параметров технологических процессов на эффективные показатели транспортных средств.

Приведены результаты исследований по выбору мощностных и скоростных параметров транспортных средств с учетом особенностей карьерных и горных дорог и прогнозированию эффективности использования колесных машин в конкретных условиях эксплуатации.

ABSTRAKT

In dissertational work results of the analysis and a complex estimation of influence of high-altitude, road and natural-climatic conditions of mountain and high-mountainous regions for work of units and effective parameters of wheel machines are given.

The results of researches of dynamic processes in transmission of wheel machines in complex road conditions are stated. The simulation models of designing and optimization of functioning of production-transport systems are submitted in view of influence of parameters of technological processes on effective parameters of vehicles.

The results of researches at a choice powering and high-speed parameters of vehicles are given in view of features pit and mountain roads and to forecasting of efficiency of use of vehicles in concrete conditions of operation.