

A 05.05.01  
A WC-26

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ԳՅՈՒՂԱՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱ

ԺԱՄԿՈՉՅԱՆ ՎԱՅՐԱՄ ՎԱԴԻՆԱԿԻ

ՀՀ-ՈՒՄ ՇԱՐՎԱԳՈՐԾՎՈՂ ՄԱՅՐՈՒՂԱՅԻՆ ԱՎՏՈԳԱՑՔՆԵՐԻ ՎԱՌԵԼԻՔԱՅԻՆ  
ՇԱՐՎՎԵՏՈՒԹՅԱՆ ԲԱՐՁՐԱՑՄԱՆ ՄԻՋՈՑԱՌՈՒՄՆԵՐԻ ՄՇԱԿՈՒՄ

*Ե.05.01 - «Ավտոմեքենաներ և տրակտորներ» մասնագիտությամբ  
տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական  
աստիճանի հայցման ատենախոսությամբ*

Ս Ե Ղ Մ Ա Գ Ի Ր

ԵՐԵՎԱՆ - 2000

---

АРМЯНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

ЖАМКОЧЯН ВАГРАМ ВАГИНАКОВИЧ

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ТОПЛИВНОЙ  
ЭКОНОМИЧНОСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ АВТОПОЕЗДОВ  
ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ В РА

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

*диссертации на соискание ученой степени кандидата  
технических наук по специальности 05.05.01 "Автомобили и  
тракторы"*

ЕРЕВАН — 2000

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Հայաստանի Պետական ճարտարագիտական Համալսարանում

Գիտական ղեկավար՝

տ.գ.թ., դոց. Ա.Ս.Բուդադյան

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝

տ.գ.դ., պրոֆ. Ն.Ա.Բազիկյան

տ.գ.թ. Դ.Ս.Ասատրյան

Առաջատար կազմակերպություն՝ ՀՀ Կապի և Տրանսպորտի նախարարության «Ավտոտրանսպորտի» վարչություն

Պաշտպանությունը կայանալու է 2001թ. հունվարի 26-ին ժամը 13<sup>30</sup>-ին Հայկական Գյուղատնտեսական Ակադեմիայում գործող 033 Սասնագիտական խորհրդում (հասցեն՝ 375009, Երևան, Տերյան փ.74)

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ Հայկական Գյուղատնտեսական Ակադեմիայի գրադարանում

Սեղմագիրն առաքված է «\_\_» \_\_\_\_\_ 2000թ.

Սասնագիտական խորհրդի

գիտական քարտուղար, տ.գ.թ., պրոֆ.

Լ.Սահակյան

Тема диссертации утверждена в Государственном Инженерном Университете Армении

Научный руководитель:

к.т.н., доц. А.С.Будагян

Официальные оппоненты:

д.т.н., проф. Н.А.Базикян

к.т.н. Д.С.Асатрян

Ведущая организация: Управление "Автотранспорта" министерства  
Связи и Транспорта РА

Защита состоится 26 января 2001г. в 13<sup>30</sup>ч на заседании специализированного совета 033 в Армянской Сельскохозяйственной Академии (адрес: 375009, Ереван, ул. Теряна 74).

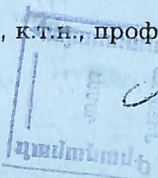
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Армянской Сельскохозяйственной Академии.

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2000г.

Ученый секретарь

специализированного совета, к.т.н., проф.

Լ.Տաակյան



4040-2000

## Общая характеристика работы

**Актуальность темы.** В нынешней экономической ситуации в РА, когда блокированы железные дороги, единственным жизнеспособным видом транспорта является автомобильный, поскольку осуществляемые в больших объемах авиаперевозки пока невозможны и достаточно дороги. С этой точки зрения исключительное значение приобретают международные и междугородние автомобильные перевозки, которые в основном осуществляются большегрузными автотранспортными средствами (АТС): автомобилями и автопоездами. Непрерывное увеличение перевозок требует не только увеличения автомобильного парка, но и улучшения его структуры, особенно повышения производительности большегрузных АТС. В связи с этим жизненно важной задачей является улучшение топливной экономичности и эффективности использования АТС эксплуатирующихся в РА. Несоответствие технических параметров большегрузных АТС к дорожным условиям РА приводит к снижению потенциальной производительности и топливной экономичности.

**Цель и задачи работы** - разработка методики и программы расчета показателей топливной экономичности и тягово-скоростных свойств большегрузных магистральных автопоездов, эксплуатирующихся в дорожных условиях РА, и разработка конструктивных и эксплуатационных мероприятий по улучшению их топливной экономичности и эффективности использования. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать имитационную математическую модель движения АТС по конкретной трассе, что позволит моделировать и исследовать разные режимы его движения,
- с помощью расчетных исследований определить и оценить существующие уровни топливной экономичности и тягово-скоростных свойств магистральных автопоездов эксплуатирующихся в РА, по рекомендованным оценочным показателям и характеристикам,
- оценить влияние конструктивных и эксплуатационных параметров на показатели топливной экономичности и тягово-скоростных свойств этих автопоездов, а также определить оптимальные значения исследуемых параметров.

**Объекты исследования.** Объектами исследования являются эксплуатирующиеся в РА 5 различных типов магистральных автопоездов, имеющие наиболее широкое распространение.

**Методология исследования.** Для достижения поставленных целей широко применялось имитационное математическое моделирование исследуемых объектов, а также лабораторно-дорожные испытания.

**Научная новизна работы.** Разработана имитационная математическая модель движения большегрузного магистрального автопоезда по конкретной трассе.

Для конкретных условий эксплуатации с помощью повышения приспособленности к этим условиям и оптимального сочетания параметров трансмиссии и двигателя, а также весовых параметров АТС повышена уровень топливной экономичности и эффективности эксплуатирующихся в РА магистральных автопоездов.

**Практическая ценность.** Разработанная математическая модель движения автопоезда по конкретной трассе, полученная методика и программа расчета показателей топливной экономичности и тягово-скоростных свойств, а также результаты проведенных исследований могут применяться автозаводами и конструкторскими организациями при создании и проектировании новых автопоездов. Разработанные конструктивные и эксплуатационные мероприятия и рекомендации могут быть применены автотранспортными организациями для оценки топливной экономичности и эффективности использования, выбора наилучшего подвижного состава, проведения соответствующих конструктивных изменений, выбора оптимальных режимов движения, а также для разработки нормативов расхода топлива автопоездов.

**Внедрения.** Результаты работы приняты к применению в ГАОЗТ "АрмавтоТранс" и в ООО "Криотранссервис", а также в учебном процессе сектора "Автомобили" департамента "Транспортные системы" Государственного Инженерного Университета Армении.

**На защиту выносятся следующие положения:**

- имитационная математическая модель движения магистрального автопоезда по конкретной трассе,
- методика оценки и исследования топливной экономичности и тягово-скоростных свойств автопоездов,
- мероприятия и рекомендации по повышению топливной экономичности и эффективности эксплуатирующихся в РА магистральных автопоездов.

**Апробация работы.** Основные положения диссертации и практические рекомендации по мере их разработки доложены и обсуждены на 1-ой международной конференции "Применение экстренных технологий для нужд общества" (1995г) и годовых научных конференциях профессорско-преподавательского состава ГИУА (1996, 1997, 1998, 1999, 2000 гг.).

**Публикации.** По результатам работы опубликовано 10 статей.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка использованной литературы и приложений. Работа содержит 143 стр. текста, 23 таблицы, 22 рисунка. Список использованной литературы включает 106 наименований.

## Содержание работы

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели, задачи исследования и методы их решения.

**В первой главе** приводится анализ работ разных исследователей по повышению топливной экономичности и производительности магистральных автопоездов большой грузоподъемности.

Сделано достаточное количество работ по исследованию топливной экономичности, повышению средней скорости движения и производительности АТС. Однако большая часть из них посвящена одиночным АТС. Особенно мало работ по улучшению названных показателей для большегрузных магистральных автопоездов, эксплуатирующихся в дорожных условиях РА.

В многочисленных работах, посвященных этой проблеме, подчеркивается основное техническое направление по повышению производительности АТС. Этим направлением является повышение его эффективности использования, путем повышения уровня приспособленности к конкретным условиям эксплуатации.

Существуют большое количество актов, нормирующих топливную экономичность АТС. Более полной из них можно считать ГОСТ 20306-91. Анализ указанных в нем оценочных показателей показывает, что они характеризуют топливную экономичность АТС в отдельных условиях движения и не позволяют в полной мере судить об уровне топливной экономичности в конкретных условиях эксплуатации.

В последние годы сформирован единый показатель оценки эффективности использования АТС - условная удельная производительность, которая часто встречается в работах многих исследователей:

$$W = \frac{q\gamma V_{cp}}{Q_{Scp}} \cdot \left[ \frac{100 \text{ т. км}^2}{\text{ч. л}} \right]$$

где  $q$  - номинальная грузоподъемность,  $\gamma$  - коэффициент использования грузоподъемности,  $V_{cp}$  - средняя скорость движения,  $Q_{Scp}$  - средний путевой расход топлива.

Этот показатель может служить комплексным показателем эффективности использования АТС, так как характеризует его производительность для единицы расхода топлива.

Проведенные исследования показывают, что путем оптимизации отдельных параметров АТС невозможно достичь повышения их эффективности использования и улучшения топливной экономичности. Для этой цели необходимо повысить уровень приспособленности АТС к конкретным условиям эксплуатации, для чего необходимо совместно исследовать как топливную экономичность автопоезда, так и его тягово-скоростные свойства и условную удельную производительность. На основе сделанного анализа работ для решения поставленной задачи в качестве целевых функций выбраны следующие показатели:

$$\begin{cases} Q_{\text{ср}} \rightarrow \min \\ V_{\text{ср}} \rightarrow \max \\ W \rightarrow \max \end{cases}$$

Комплекс приведенных показателей позволяет оценить эффективность движения АТС в конкретных дорожных условиях, т.е. позволяет в зависимости от характерных дорожных условий проводить правильный выбор оптимального состава, полной массы, а так же технических параметров двигателя и трансмиссии автопоезда.

Во второй главе приведен анализ магистральной дорожной сети РА, а также анализ осуществляющий магистральные перевозки парка АТС. Результатами этого анализа обоснован выбор как исследуемых объектов, так и характерных дорожных условий.

Изучение и анализ структуры автотранспортных предприятий министерства Транспорта и Коммуникаций РА, позволяют для решения поставленной задачи, в качестве исследуемых объектов, выбрать наиболее распространенные в РА и вовлеченные в магистральные перевозки следующие АТС марки МАЗ и КамАЗ: МАЗ-6422+МАЗ-9396, МАЗ-5432+МАЗ-9397, КамАЗ-53212+ГКБ-8352, КамАЗ-54112+ОдАЗ-9385. Принимая во внимание то, что на территории РА магистральные перевозки могут осуществляться также и автопоездами иностранного производства, целе-

сообразно для примера исследовать также автопоезд немецкого производства Мерседес Бенц-2232LS+Блюмхардт-SAL32.16/1063, наиболее часто применяемый в странах СНГ.

Согласно данным РПО "АрмАвтоДор", в республике эксплуатируются 15 магистральных дорог общегосударственного значения (рис.1), общей протяженностью 1502 км, которые соединяют нашу республику со всеми соседними странами.

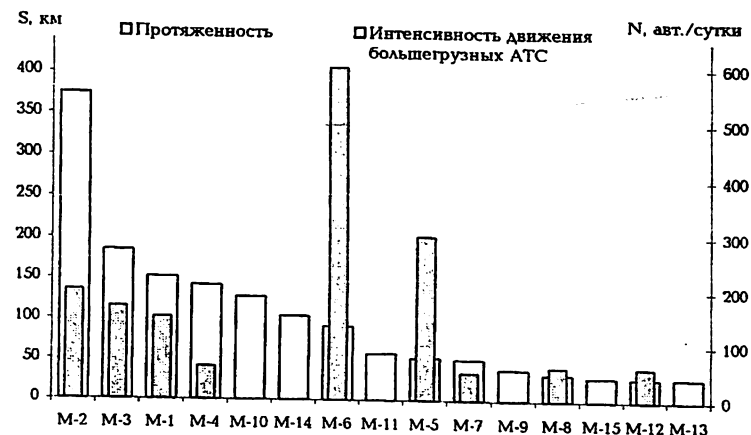


Рис. 1. Протяженности и интенсивности движения магистральных дорог РА.

Анализ указанных дорог показывает, что протяженность некоторых из них достаточно мала (<60км). Принимая во внимание, что магистральные автопоезда предназначены для эксплуатации на дальних дистанциях, из всего списка магистралей для решения нашей задачи становятся существенными магистрали М-1, М-2, М-3, М-4, М-6, М-10, М-14.

Анализ данных вышеупомянутой организации показывает, что магистрали М-9, М-10, М-11, М-13, М-14 и М-15 имеют сравнительно низкую интенсивность движения. Фактические данные интенсивности движения в остальных магистралях приведены на рис. 1, откуда видно что интенсивность движения большегрузных АТС высока ( $\geq 150$  авт/сутки) только на магистралях М-1, М-2, М-3, М-5 и М-6. Это можно объяснить тем, что указанные магистрали являются основными транспортными артериями, соединяющими нашу республику с внешним миром, и на которых лежит

основная доля грузоперевозок. Об этом свидетельствуют и данные таможенного управления РА, анализ которых показывает, что основная часть осуществляемых автомобильным транспортом грузоперевозок, зарегистрирована на тех таможенных пунктах, которые находятся на магистралях М-2, М-6, М-3 и М-1.

Таким образом, анализ всего множества магистральных дорог позволил выбрать магистрали М-1 (Ереван-Гюмри-гр. Грузии), М-2 (Ереван-Арасх-Горис-Мегри -гр.Ирана) и М-6 (Ереван-Вандзор-Алаверди-гр. Грузии) как наиболее характерные и значимые маршруты для проведения дальнейших теоретических и расчетных исследований.

Третья глава посвящена разработке имитационной математической модели движения большегрузного магистрального АТС по конкретной трассе, а также методике и программы расчета на ЭВМ показателей топливной экономичности, тягово-скоростных свойств и условной удельной производительности.

При разработке математической модели движения автопоезда по конкретной трассе и процесса расхода топлива приняты следующие допущения:

- двигатель работает по внешней скоростной характеристике, поскольку рассматриваются потенциальные возможности тягово-скоростных свойств АТС и следовательно игнорируется влияние субъективных действий водителя на результаты моделирования. Однако при моделировании процесса расхода топлива учитывается влияние коэффициента использования мощности двигателя на расход топлива.

- скорость движения не превышает максимально допустимую на трассе, которая может иметь разные значения на различных участках дороги,

- переключение в коробке передач производится строго по очередности, а время переключения игнорируется.

Принимая во внимание природно-климатические особенности и дорожные условия РА, при моделировании в числе других факторов учитывались и следующие:

- влияние высоты дороги от уровня моря на развиваемую мощность

двигателя,

- кроме ведомственных ограничений на максимально допустимую скорость движения предусматривается дополнительное ограничение скорости в зависимости от радиуса поворота на данном участке дороги, обусловленный влиянием ее плана.

- ограничение скорости движения на затяжных спусках из условия обеспечения безопасности движения.

В качестве исходных данных в модели использованы более 30 технических параметров АТС, а макропрофиль дороги выдвигается как последовательность отдельных дорожных участков, каждый из которых характеризуется определенной длиной и продольным уклоном профиля.

Процесс движения автопоезда на конкретной трассе представлена как последовательность 4-х основных режимов: разгон, установившееся движение с постоянной скоростью, замедление и торможение, которые в разных участках дороги следуют друг за другом в разных сочетаниях.

Имитационная математическая модель движения автопоезда включает в себя систему дифференциальных и арифметических уравнений, описывающих это движение, а также такие логические функции имитирующие действия водителя, которые определяют моменты переключения передач в коробке, режимы и скорости движения в зависимости от дорожных условий и т.д.

Дифференциальное уравнение, описывающее процесс движения АТС, получается из уравнения Лагранжа 2-ого порядка:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}} \right) - \frac{\partial T}{\partial q} = Q_{об} \quad (1)$$

где  $t$ -время движения,  $T$ -кинетическая энергия движения АТС,  $q$ -обобщенная координата, однозначно определяющая положение АТС в любое время движения,  $Q_{об}$ -обобщенная сила, действующая на АТС.

Кинетическая энергия движения АТС равна:

$$T = \frac{mv^2}{2} \left( 1 + \frac{J_n}{mr_k^2} \right)$$

где  $m$ - полная масса АТС,  $v$ - текущая скорость движения,  $J_n$ - приведенная

к оси ведущих колес суммарный момент инерции всех вращающихся частей двигателя, трансмиссии и колес АТС,  $r_k$ - радиус качения колес.

Очевидно, что в данном случае  $q=S$ , т.е. это перемещение АТС по его продольной оси  $X$ , и  $\dot{q} = v$ .

Обобщенная сила равна отношению суммы работ  $\delta A$  всех действующих на АТС данных сил и моментов на его возможное перемещение:

$$Q_{об} = \frac{\sum \delta A}{\delta x} = \frac{M_k \delta \psi - \sum M_f \delta \psi - P_n \delta s - P_a \delta s}{\delta s}$$

где  $\delta x$ - элементарное перемещение АТС по оси  $X$ ,  $\delta \psi$ - элементарный угол вращения колеса,  $P$  и  $M$  силы и моменты, действующие на АТС.

После соответствующих преобразований уравнение (1) принимает следующий вид:

$$\frac{d}{dt} \left[ \frac{\partial}{\partial v} \left( \delta_{впр} \frac{mv^2}{2} \right) \right] = P_{Ti} - \sum P_c$$

где  $\delta_{впр} = 1 + \frac{J_M U_{Ti}^2 \Pi_T + \sum J_k}{mr_k^2}$  - коэффициент учета инерции вращающихся масс

АТС,  $P_{Ti}$ - тяговая сила на ведущих колесах при движении АТС на  $i$ -ой передаче,  $\sum P_c$ - суммарная сила сопротивления движению.

Выражая  $P_{Ti}$  и  $\sum P_c$  через такнические параметры АТС и дорожные условия как функции от скорости движения, получаем дифференциальное уравнение движения АТС:

$$m \delta_{впр} \frac{dv}{dt} = a_i v^2 + b_i v + c_i$$

$$\text{где } a_i = -\frac{N_{kmax} c}{V_{Ni}^3} - K_{об} F - K_f G \cos \alpha, \quad b_i = \frac{N_{kmax} b}{V_{Ni}^2}$$

$$c_i = \frac{N_{kmax} a}{V_{Ni}} - G(\sin \alpha + f_0 \cos \alpha) \quad - \text{коэффициенты зависящие от}$$

конструктивных параметров АТС и дорожных условий.

Для расчетного определения показателей топливной экономичности получены формулы, которые определяют расход топлива при установившемся и неустановившемся режимах движения АТС, а также при полном и частичном использовании мощности двигателя.

При движении автопоезда с неустановившейся скоростью количество израсходованного топлива  $dQ$  за время  $dt$  равно:

$$dQ = Q_0 dt$$

где  $Q_0 = a_{Qi} v^2 + b_{Qi} v + c_{Qi}$  - секундный расход топлива ( $a_{Qi}$ ,  $b_{Qi}$ ,  $c_{Qi}$  - коэффициенты уравнения секундного расхода топлива определяются из характеристики часового расхода конкретного двигателя).

После соответствующих установок и преобразований получено дифференциальное уравнение расхода топлива АТС при движении с неустановившейся скоростью:

$$\frac{dQ}{dv} = m \delta_{впр} \frac{a_{Qi} v^2 + b_{Qi} v + c_{Qi}}{a_i v^2 + b_i v + c}$$

Реализация имитационной математической модели движения магистрального автопоезда на ЭВМ основано на сравнительно сложной логической схеме (рис.2). Вычислительный процесс для каждого участка дороги включает в себя два основных этапа:

1. определение возможных и максимально допустимых скоростей движения автопоезда, а также режимов движения в зависимости от дорожных условий на данном участке трассы и от требований средств урегулирования движения,

2. определение параметров движения (времени, скорости движения в конце участка, среднего путевого расхода топлива и т.д.), учитывая режимы движения.

На первом этапе для каждого участка дороги определяется: может ли автопоезд двигаться в данных дорожных условиях с постоянной максимально возможной скоростью, с ускорением или замедлением. После чего выясняется необходимость и момент переключения передач, моделируя логику действий водителя, перед которым поставлена задача пройти дорогу на максимально возможной скорости при заданных дорожных ограничениях. Режим движения определяется знаком дискриминанта правой части дифференциального уравнения движения  $\Delta_i$  и сравнением текущей  $V$  и максимально допустимой  $V_{max}^{AON}$  скоростей.

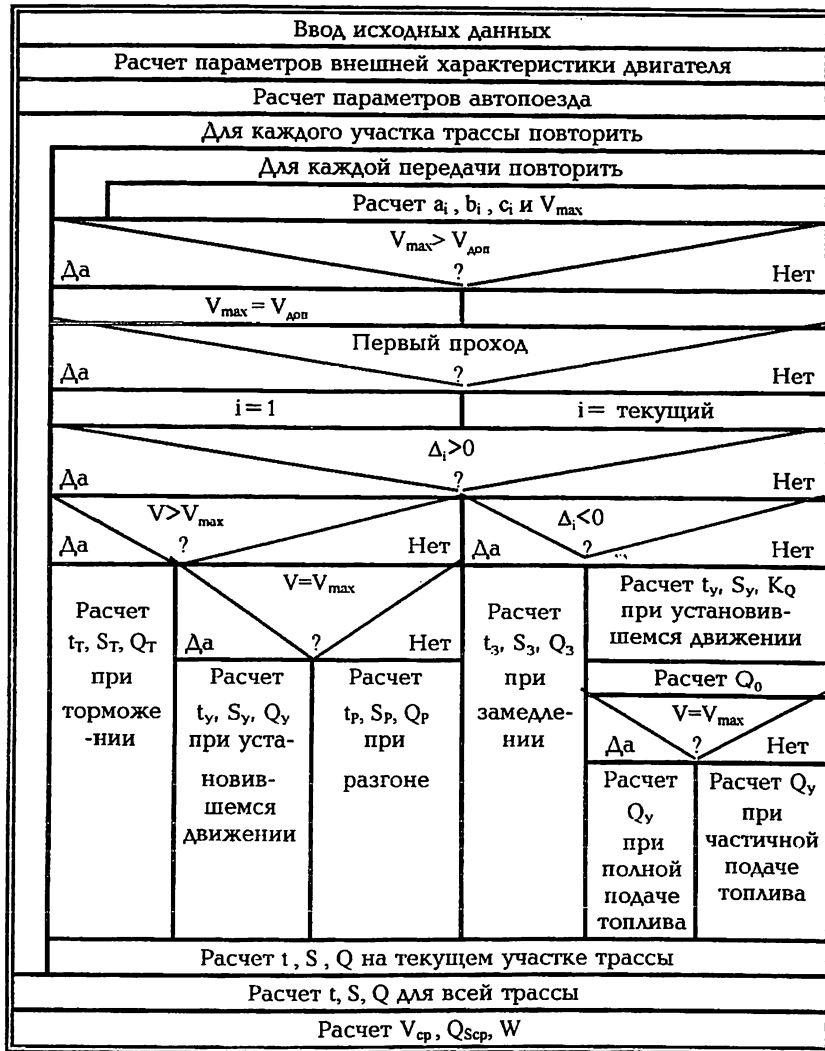


Рис.2. Обобщенная структограмма математической модели движения автопоезда по конкретной трассе

Так, если

- $\Delta_i > 0, v = V_{max}^{доп}$  - автопоезд переходит в режим установившегося движения, где

$$t_y = \frac{S_y}{v_k}, \quad S_y = S_j - S_{kj}, \quad Q_y = Q_0 t_y K_Q$$

- $\Delta_i > 0, v > V_{max}^{доп}$  - автопоезд переходит в режим торможения, где

$$t_T = \frac{v_k - v_{max}}{j_T}, \quad S_T = v_k t_T + \frac{j_T t_T^2}{2}, \quad Q_T = Q_{кx} t_T$$

- $\Delta_i > 0, v < V_{max}^{доп}$  - автопоезд переходит в режим разгона, где

$$t_p = m \delta_{впр} \int_{v_H}^{v_k} \frac{dv}{a_i v^2 + b_i v + c_i}, \quad S_p = m \delta_{впр} \int_{v_H}^{v_k} \frac{v dv}{a_i v^2 + b_i v + c_i}$$

$$Q_p = m \delta_{впр} \int_{v_H}^{v_k} \frac{a_{Qi} v^2 + b_{Qi} v + c_{Qi}}{a_i v^2 + b_i v + c_i} dv$$

- $\Delta_i < 0$  - автопоезд переходит в режим замедления, где

$$t_3 = \frac{2m \delta_{впр}}{\sqrt{-\Delta_i}} \operatorname{arctg} \frac{2a_i (v_k - v_H) \sqrt{-\Delta_i}}{(2a_i v_H + b_i)(2a_i v_k + b_i) - \Delta_i}$$

$$S_3 = \frac{1}{2a_i} \left\{ m \delta_{впр} \ln \left| \frac{a_i v_k^2 + b_i v_k + c_i}{a_i v_H^2 + b_i v_H + c_i} \right| - b_i t_3 \right\}$$

$$Q_3 = m \delta_{впр} \left[ \frac{v_k - v_H}{a_i} - \frac{b_i}{2a_i^2} \ln \left| \frac{a_i v_k^2 + b_i v_k + c_i}{a_i v_H^2 + b_i v_H + c_i} \right| \right] + t_3 \left( c_0 + a_Q - \frac{b_i^2 - 2a_i c_i}{2a_i^2} \right) + b_Q S_3$$

Для выбора дальнейшего хода вычислений определяется: до какой скорости может разогнаться либо тормозить автопоезд. Если при движении на данной передаче, автопоезд достигает максимальной скорости  $V_{max}$  при разгоне (минимальной  $V_{min}$  при торможении), то дальнейший разгон (торможение) производится на ближайшей высшей (низшей) передаче. После достижения скорости  $V_{max}$  автопоезда должен перейти в режим установившегося движения до конца данного участка дороги. На каждом следующем участке дороги процесс вычислений повторяется. На новом участке начальной скоростью является конечная скорость, вычисленная на предыдущем участке ( $V_H = V_K$ ). Процесс вычислений заканчивается если "пройдены" все участки дороги, или в случае, если скорость автопоезда при данных дорожных условиях равняется нулю. Если ограничения скорости движения, которые возникают по разным причинам (например, дорожными знаками или же наличием крутых спусков), действуют одновременно, то в качестве максимально допустимой скорости  $V_{max}^{доп}$  принимается минимальное из ограничивающих скоростей.

**В четвертой главе** приводятся результаты экспериментальных исследо-

ваний топливной экономичности магистральных автопоездов. Учитывая цели и задачи работы были проведены два разных типа испытаний, целями которых являлась оценка точности и адекватности разработанной математической модели движения магистрального автопоезда по конкретной трассе.

Для оценки топливной экономичности АТС применяются разные показатели и характеристики, из которых была выбрана топливно-скоростная характеристика на магистрально-холмистой дороге как более характерная для эксплуатационных условий большегрузных магистральных автопоездов. Топливо-скоростная характеристика на магистрально-холмистой дороге представляет из себя зависимость средней скорости и среднего расхода топлива от допустимой скорости движения. В качестве объекта исследования был выбран двухзвенный автопоезд МАЗ-5432 + МАЗ-9397.

Испытания автопоезда проводились в соответствии с ГОСТ 20306-90. На магистрали М-1 был выбран 14км-овый измерительный участок, где чередуются подъемы и спуски, а продольные профили отдельных участков имели уклоны до 4%.

Для определения каждой точки характеристики проведены заезды по измерительному участку с различными заданными допускаемыми скоростями. Значения скоростей задавались в интервале от номинальной максимальной скорости движения на высшей передаче до 40км/ч, а значения скоростей внутри указанного интервала задавались кратными десяти.

Топливо-скоростная характеристика исследуемого автопоезда показана на рис.3, а анализ сравнения результатов дорожных испытаний и моделирования движения представлены в таблице 1.

Таблица 1. Значения отклонений результатов дорожных испытаний и моделирования движения

| Автопоезд           | Отклонение, %             |         |                          |         |
|---------------------|---------------------------|---------|--------------------------|---------|
|                     | скоростная характеристика | среднее | топливная характеристика | среднее |
| МАЗ-5432 + МАЗ-9397 | 2,6...7,4                 | 4,5     | 0,4...6,1                | 2,5     |

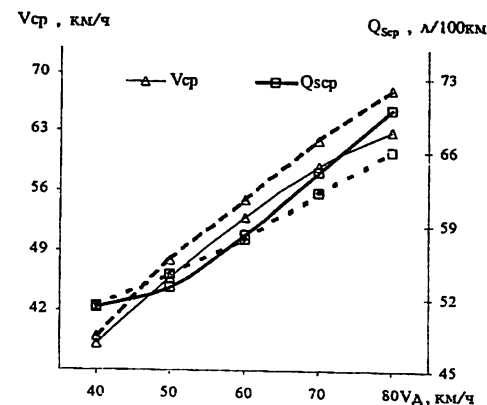


Рис. 3. Топливо-скоростная характеристика автопоезда МАЗ-5432 + МАЗ-9397 на магистрально-холмистой дороге  
 --- экспериментальные результаты  
 ——— расчетные результаты

Проведены также эксплуатационные испытания на магистрали М-2 (Ереван- Арасх-Горис-Мегри), во время, осуществляемых компанией "КриоТрансСервис" международных перевозок.

В качестве объекта исследования выбран автопоезд в составе грузового автомобиля общего значения КамАЗ 53212 с прицепом ГKB-8352. При испытаниях измерялось количество израсходованного топлива и средняя техническая скорость автопоезда, а также частота переключения в коробке передач. Результаты эксплуатационных испытаний, моделирования движения на той же трассе, а также их отклонения приведены в таблице 2.

Таблица 2. Значения отклонений результатов эксплуатационных испытаний и моделирования движения

| Параметр           | Эксперимент | Расчет | Отклонение |
|--------------------|-------------|--------|------------|
| $V_{ср}$ (км/ч)    | 34,3        | 35,9   | +4,7 %     |
| $Q_{ср}$ (л/100км) | 86          | 82,6   | -4,4 %     |

Сравнения экспериментальных и расчетных данных показателей топливной экономичности и тягово-скоростных свойств исследуемых автопоездов показывают, что данные, полученные с помощью разработанной математической модели, обеспечивают как качественные, так и количественные стороны процессов. Как видно из приведенных таблиц,

разницы результатов расчетных и экспериментальных данных по средней скорости движения и расхода топлива не превышают 8%-ую границу, что вполне допустимо для проведения теоретических исследований. Разница между экспериментальными и расчетными данными объясняется тем, что на результаты расчетных исследований могли повлиять как допущения, принятые в математической модели, так и неточные значения входных параметров.

Таким образом, принимая во внимание выше указанные оценки, можно отметить, что разработанная имитационная математическая модель движения большегрузного магистрального автопоезда по конкретной трассе позволяет с достаточной точностью определить показатели их топливной экономичности и тягово-скоростных свойств. Это дает возможность применить разработанную модель в работах, направленных на оптимизацию технических параметров магистральных АТС, эксплуатирующихся на территории РА.

В пятой главе приводятся расчетные результаты имитационного математического моделирования движения автопоездов по конкретным трассам, оценка их приспособленности к этим дорожным условиям, а также возможность оптимальной комплектации тягачей разными двигателями, коробками передач и главными передачами. Рассматривается также влияние коэффициента использования грузоподъемности (полной массы) автопоездов на уровень их приспособленности.

На рис. 4 представлены зависимости исследуемых показателей от коэффициента использования грузоподъемности автопоезда на маршруте М-6 для предлагаемых заводом-изготовителем разных передаточных чисел главной передачи. Как видно из рисунка, условная удельная производительность в рассматриваемом интервале изменения  $\gamma$  имеет оптимальное значение. Так, если коэффициент использования грузоподъемности автопоезда МАЗ-6422+МАЗ-9396 снизить на 20% от номинального значения, то удельная производительность увеличится на 5,4%, средняя скорость движения на 11%, а расход топлива снизится на 11,7%.

Исследования, направленные на оптимизацию полных масс рассматриваемых автопоездов, показывают, что для автопоездов с тягачами МАЗ-6422, МАЗ-5432, КамАЗ-54112 и КамАЗ-53212, эксплуатируемых в магистральных дорогах РА, оптимальное значение коэффициента использования грузоподъемности равно 80%, а автопоезда с тягачом Мерседес Бенц-2232LS полностью приспособлены к этим условиям эксплуатации (т.е. оптимальное значение  $\gamma$  составляет 100%).

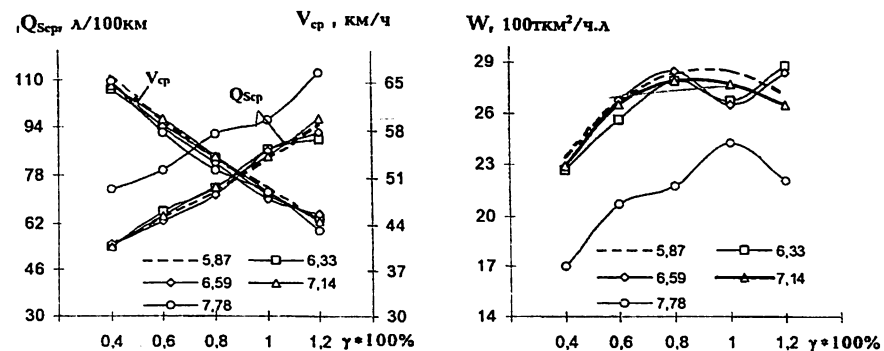


Рис. 4. Влияние коэффициента использования грузоподъемности автопоезда МАЗ-6422+МАЗ-9396 на  $Q_{Scp}$ ,  $V_{cp}$  и  $W$  на трассе М-6 (при разных главных передачах)

Проведенные исследования по улучшению топливной экономичности рассматриваемых автопоездов путем их комплектации разными двигателями, показывают, что:

а) для автопоездов МАЗ-6422+МАЗ-9396 и МАЗ-5432+МАЗ-9397, высокий уровень исследуемых показателей обеспечивает установка двигателя с  $N=209,8$  Квт (Saviem SM280), которая снижает  $Q_{Scp}$  на 9%, а для автопоезда КамАЗ-54112+ОдАЗ-9385 оптимальные значения исследуемых показателей получаются при установке двигателя с  $N=176,6$  Квт (MAN 19.250DF), что снижает  $Q_{Scp}$  на 12%,

б) при эксплуатации в рассматриваемых магистральных комплектах заводскими двигателями обеспечивает высокий уровень исследуемых показателей только для автопоездов Мерседес Бенц-2232LS+Блюмхард-SAL.16/1063 и КамАЗ-53212+ГКБ-8352.

Влияние передаточного числа главной передачи на исследуемые

эксплуатационные показатели существенно повышается особенно для магистральных автопоездов потому, что их движение происходит в основном на высших передачах в коробке передач. Это означает, что именно передаточное число главной передачи определяет диапазон частоты вращения коленчатого вала двигателя. Следовательно необходимо, чтобы диапазон скоростей, часто используемый автопоездом, соответствовал более экономичным режимам работы двигателя. Как видно из рисунка 5, во всем интервале изменения передаточного числа главной передачи расход топлива, средняя скорость и удельная производительность имеют определенные оптимальные значения. Например, для автопоезда МАЗ-6422+МАЗ-9396 оптимальные значения этих показателей получаются при  $U_0 = 6,33$ .

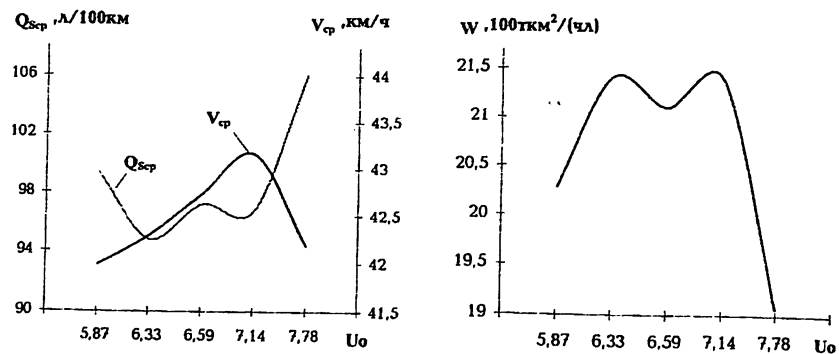


Рис. 5. Влияние передаточного числа главной передачи автопоезда МАЗ-6422+МАЗ-9396 на  $Q_{ср}$ ,  $V_{ср}$  и  $W$  на трассе М-1

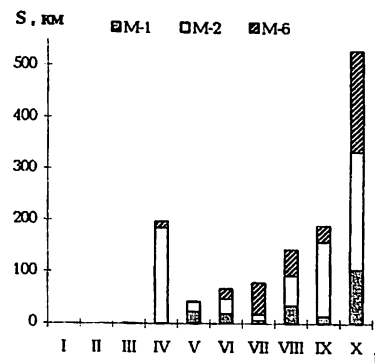
В таблице 3 приведены уменьшения расхода топлива исследуемых АТС при оптимизации передаточных чисел главных передач, которые для разных автопоездов составляют от 4 до 20%.

Таблица 3. Снижение расхода топлива разных АТС путем оптимизации передаточного числа главной передачи

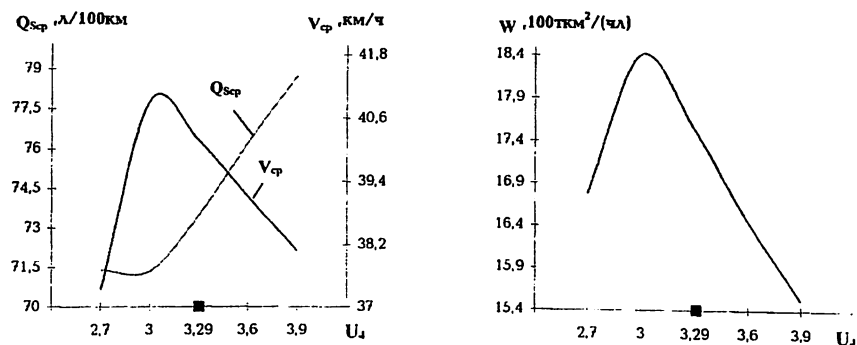
| АТС  | М-1   | М-2   | М-6   |
|--|-------|-------|-------|
| МАЗ-6422+МАЗ-9396                            | 10,4% | 13,9% | 13,5% |
| МАЗ-5432+МАЗ-9397                            | 5%    | 10,3% | 6,5%  |
| Мерседес-Бенц-2232LS+Блюмхардт SAL32.16/1063 | 20%   | 9%    | 11%   |
| КамАЗ-54112+ОДАЗ-9385                        | 9%    | 6%    | 9%    |
| КамАЗ-53212+ГКБ-8352                         | 9%    | 8%    | 4%    |

В последние годы намечается тенденция на увеличение ступеней (до

16) коробки передач тягачей магистральных автопоездов, что повышает уровень их приспособленности к дорожным условиям. Однако, исследования показывают, что при эксплуатации автопоезда на магистральных дорогах используются не все передачи.



Это подтверждается и проведенными в этой работе исследованиями для различных автопоездов, эксплуатирующихся на магистралях М-1, М-2 и М-6 (рис.6). Из рисунка видно, что выделяются несколько ступеней в коробке передач используемые более часто, и на которых автопоезда совершают основной пробег. Так, например, для автопоезда КамАЗ-54112+ОДАЗ-9385 этими передачами являются IV и X. На основе этого анализа рассматривались влияния именно этих передач на топливную экономичность и тягово-скоростные свойства автопоездов, результаты которых представлены на рис. 7. Как видно из приведенного рисунка, X передача у этого автопоезда заводом-изготовителем выбрана правильно, т.е. она в рассматриваемых условиях эксплуатации обеспечивает высокий уровень исследуемых показателей: минимальный расход топлива и максимальную среднюю скорость движения. А вот IV передача нуждается в уточнении. Уменьшение передаточного числа этой передачи с 3,29 до 3,0 приводит к снижению расхода топлива на 4% (остальные показатели почти не изменяются).



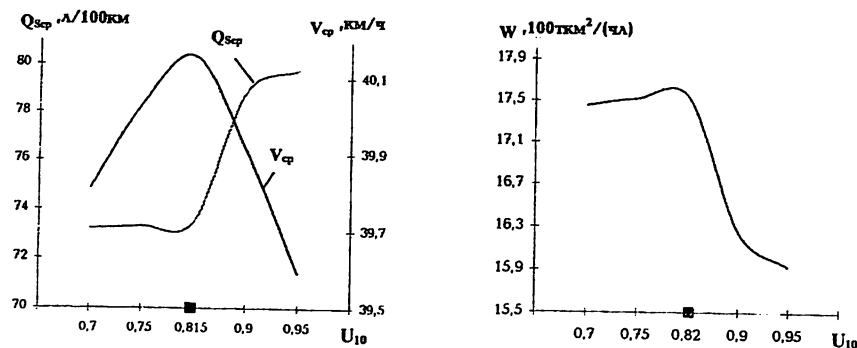


Рис.7. Влияние передаточных чисел коробки передач автопоезда КамАЗ-54112 + ОДАЗ-938 на  $Q_{ср}$ ,  $V_{ср}$  и  $W$  в рассматриваемых магистралях (■ - обозначены заводские значения)

### Основные выводы и результаты

1. Разработана имитационная математическая модель управляемого движения большегрузного магистрального автопоезда по конкретной трассе, которая позволяет моделировать и анализировать разные режимы его движения, рассчитать оценочные показатели и характеристики топливной экономичности и тягово-скоростных свойств.
2. Проведенные расчетные исследования показывают, что показатели топливной экономичности большегрузных АТС, эксплуатируемых на магистральных дорогах РА, можно значительно улучшить путем оптимизации их полной массы и правильного подбора технических параметров системы "двигатель-трансмиссия". Возможность повышения производительности здесь основывается на повышении уровня приспособленности АТС к конкретным дорожным условиям эксплуатации.
3. Разработанная методика и программная модель расчета и оценки топливной экономичности и тягово-скоростных свойств магистральных АТС большой грузоподъемности в конкретных дорожных условиях, а также результаты теоретических исследований могут применяться как на заводах и в проектных организациях автомобильной промышленности, так и в эксплуатирующих транспортных организациях при разработке норм расхода топлива и мероприятий, направленных на повышение эффективности использования базовых моделей.

На основе результатов моделирования движения и расчетных исследований с целью повышения топливной экономичности большегрузных магистральных АТС, эксплуатируемых на магистральных дорогах РА, *заводам и проектно-конструкторским бюро автомобильной промышленности, а также эксплуатирующим организациям* предлагаются следующие рекомендации:

4. В интервале 5...8кВт/т удельной мощности двигателя не обнаружена оптимальная область, которая обеспечила бы наивысший уровень исследуемых эксплуатационных свойств рассматриваемых АТС. На топливную экономичность АТС больше всего влияет топливная характеристика двигателя, чем удельная мощность. Тем не менее у некоторых АТС обеспечение оптимального значения удельной мощности позволяет снизить расход топлива до 12%.
  5. Выбор оптимального значения передаточного числа главной передачи снижает средний путевой расход топлива до 20%. Определены оптимальные значения передаточных чисел исследуемых главных передач АТС, эксплуатируемых на рассмотренных магистралях, которые для тягачей МАЗ-6422 и МАЗ-5432 находятся в интервале 5,87...6,59, для КамАЗ-54112 и КамАЗ-53212 в интервале 5,43...5,94, а для тягача Мерседес Бенц-2232LS - 5,217...5,5;
  6. Правильный выбор передаточных чисел высших ступеней коробки передач позволяет путем повышения уровня приспособленности АТС к конкретным дорожным условиям, снизить расход топлива по сравнению с базовыми моделями до 8%.
  7. Оптимальное значение коэффициента использования грузоподъемности (или полной массы) у всех рассмотренных АТС равна 80%, за исключением автопоезда Мерседес Бенц-2232LS + Блюмхардт SAL32.16, у которого она равна 100%. Рекомендуемые значения коэффициента использования грузоподъемности обеспечивают снижение среднего путевого расхода топлива до 20%.
- Все вышеуказанные мероприятия и рекомендации по улучшению топливной экономичности магистральных АТС, эксплуатирующихся на

дорогах РА, не приводят к снижению уровня тягово-скоростных свойств и производительности.

### Список опубликованных работ по теме диссертации

1. А.С.Будагян, В.В.Жамкоян. Улучшение топливной экономичности и эффективности использования автотранспортных средств большой грузоподъемности при конкретных условиях эксплуатации// Изв. НАН и ГИУА Армении (сер. ТН), т.1, №2, 1997, с.76-80.
2. Ա.Ս.Բուդաղյան, Վ.Վ.Ժամկոչյան Կոնկրետ երթուղով ավտոգնացքի շարժման մաթեմատիկական մոդելը: Երևան 1997, 6 էջ: Ավանդ. է ՀայկԳՏԼԳՀ-ում 23.04.97, թիվ 109 - Ap 97:
3. Ա.Ս.Բուդաղյան, Վ.Վ.Ժամկոչյան Ավտոգնացքի հարմարվածության բարձրացումը նրա տեխնիկական պարամետրերի լավարկման միջոցով: Երևան 1997, 6 էջ: Ավանդ. է ՀայկԳՏԼԳՀ-ում 23.04.97, թիվ 110 - Ap 97:
4. Վ.Վ.Ժամկոչյան Կոնկրետ շահագործական պայմաններում ավտոտրանսպորտային միջոցի օգտագործման արդյունավետության բարձրացման միջոցառումների մշակում //«Տեղեկատվական տեխնոլոգիաներ և կառավարում», №1, -Երևան, 1998., -էջ 130-134:
5. Ա.Ս.Բուդաղյան, Վ.Վ.Ժամկոչյան Կոնկրետ երթուղով շահագործվող ավտոգնացքների հարմարողականության բարձրացման միջոցառումների մշակում //ՀԳԵՀ տարեկան գիտաժողով «Նյութերի ժողովածու», -Երևան, 1998., -էջ 273-274:
6. Ա.Ս.Բուդաղյան, Վ.Վ.Ժամկոչյան ՀՀ մայրուղիներում շահագործվող մեծ բեռնունակության ավտոգնացքների օպտիմալ լրիվ զանգվածի ընտրություն //«Տրանսպորտային և ճանապարհաշինարարական մեքենաներ» հոդվածների միջգերատեսչական ժողովածու, -Երևան 1998., -էջ 86-93:
7. Ա.Ս.Բուդաղյան, Վ.Վ.Ժամկոչյան ՀՀ-ում շահագործվող մեծ բեռնունակության մայրուղային ավտոգնացքների գլխավոր փոխանցման թվի լավարկումն ըստ վառելիքային շահավետության //«Տրանսպորտային և ճանապարհաշինարարական մեքենաներ» հոդվածների միջգերատեսչական ժողովածու, -Երևան 1998., -էջ 94-99:
8. Ա.Ս.Բուդաղյան, Վ.Վ.Ժամկոչյան Շարժիչի տեսակարար հզորության ազդեցությունը ԱՏՄ-ի վառելիքային շահավետության վրա //ՀԳԵՀ տարեկան գիտաժողով «Նյութերի ժողովածու», -Երևան 1999., -էջ 277-278:
9. Ա.Ս.Բուդաղյան, Վ.Վ.Ժամկոչյան Փոխանցումների տուփի աստիճանների և նրանց թվերի ազդեցությունը ԱՏՄ-ի վառելիքային շահավետության վրա //ՀԳԵՀ տարեկան գիտաժողով «Նյութերի ժողովածու», -Երևան 1999., -էջ 280-282:
10. Ա.Ս.Բուդաղյան, Վ.Վ.Ժամկոչյան Մեծ բեռնունակության մայրուղային ավտոգնացքների վառելիքային շահավետության փորձնական հետազոտումը //ՀԳԵՀ տարեկան գիտաժողով «Նյութերի ժողովածու», -Երևան 2000., -էջ 448-450:

### ՀԱՍԱՌՈՏԱԳԻՐ

Արդյունաբերության կողմից արտադրվող բեռնատար ավտոմոբիլներն ու ավտոգնացքները նախատեսված են շահագործման որոշակի ստանդարտ պայմաններում աշխատելու համար, որի դեպքում կարող են ապահովել արտադրող գործարանի կողմից երաշխավորված նոմինալ շահագործական այնպիսի հատկանիշներ, ինչպիսիք են՝ վառելիքային շահավետությունը, քարշաարագային հատկանիշները, արտադրողականությունը և այլն: Սակայն նշված ավտոտրանսպորտային միջոցների (ԱՏՄ) շահագործման իրական ճանապարհային պայմանները կարող են խիստ տարբերվել ստանդարտ, միջինացված պայմանների այն տիրույթից, որոնց համար նրանք նախատեսված են: Այս դեպքում ԱՏՄ-ների շահագործման պայմանները նշանակալի ազդեցություն են ունենում նրանց օգտագործման արդյունավետության վրա՝ զգալիորեն փոփոխելով վերոհիշյալ շահագործական հատկանիշների մակարդակը: Հետևաբար շահագործման կոնկրետ ճանապարհային պայմաններում ԱՏՄ-ների արդյունավետության բարձրացման խնդիրը հաջողությամբ կարող է լուծվել նրա տեխնիկական պարամետրերի՝ լրիվ զանգվածի, շարժիչի տեսակարար հզորության, գլխավոր փոխանցման թվի, տուփում փոխանցումների քանակի և փոխանցման թվերի լավարկման հնարավորության դեպքում, որը նշանակում է ԱՏՄ-ի ճիշտ կոմպլեկտավորման սկզբունքի կիրառում: Այն բերում է շահագործման կոնկրետ պայմաններին ԱՏՄ-ի հարմարվողականության մակարդակի զգալի բարձրացմանը:

Խնդրի լուծման համար մշակված է կոնկրետ երթուղով մայրուղային ԱՏՄ-ի շարժման նմանակային մաթեմատիկական մոդել, որն իր մեջ ներառում է նրա շարժումը նկարագրող դիֆերենցիալ և հանրահաշվական հավասարումների համակարգ՝ լրացված վարորդի գործողությունները նմանակող տրամաբանական այնպիսի գործույթներով, որոնք որոշում են տուփում փոխանցումների փոփոխման պահերը, ճանապարհային պայմաններից կախված շարժման ռեժիմները և այլն: Մոդելը հնարավորություն է տալիս գնահատել ԱՏՄ-ի առանձին տեխնիկական պարամետրերի և բնութագրերի ազդեցությունը նրա վառելիքային շահավետության ու քարշաարագային հատկանիշների վրա և որոշել «շարժիչ-տրանսմիսիա» համակարգի պարամետրերի ու ԱՏՄ-ի լրիվ զանգվածի օպտիմալ զուգակցությունը: Մոդելի ճշտությունը ստուգվել է ՀՀ ճանապարհային պայմաններում շահագործական փորձարկումների միջոցով:

Մշակված մոդելի օգնությամբ կատարվել են հետազոտություններ և մշակվել կոնկրետ միջոցառումներ ու հանձնարարականներ ՀՀ-ում շահագործվող մեծ բեռնունակության մայրուղային ԱՏՄ-ների վառելիքային շահավետության և օգտագործման արդյունավետության բարձրացման ուղղությամբ: Մշակված հանձնարարականների կիրարկման դեպքում ՀՀ ճանապարհային պայմաններում շահագործվող մայրուղային ավտոգնացքների վառելիքային շահավետության մակարդակը կարելի է բարձրացնել.

- բեռնունակության օգտագործման գործակցի (լրիվ զանգվածի) ճիշտ ընտրությամբ՝ մինչև 20%,
- շարժիչի օպտիմալ տեսակարար հզորության ընտրությամբ՝ մինչև 12%,
- գլխավոր փոխանցման թվի լավարկմամբ՝ մինչև 20%,
- տուփի բարձրագույն փոխանցման թվերի լավարկմամբ՝ մինչև 8%:

