

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЯГОВО-СКОРОСТНЫХ СВОЙСТВ И ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ АВТОМОБИЛЯ ПРИ ТРЕХРЕЖИМНОМ УПРАВЛЕНИИ

М.В. Гричанюк, Н.А. Карпов, И.А. Мурог

Рассматривается трехрежимное управление моторно-трансмиссионной установкой автомобиля для повышения тягово-скоростных свойств и снижения расхода топлива. Произведена оценка эффективности трехрежимного управления экспериментальным путем по разработанной авторами методике.

Результаты перспективны для разработки электронных систем трехрежимного управления автомобилями.

Ключевые слова: автомобиль, моторно-трансмиссионная установка, тягово-скоростные свойства, расход топлива, трехрежимное управление.

Введение

Совершенствование выходных параметров моторно-трансмиссионной установки (МТУ) оказывает существенное влияние на тягово-скоростные свойства, топливную экономичность и проходимость автомобиля. Параметры МТУ характеризуются скоростными и нагрузочными характеристиками двигателя, а также диапазоном и временем изменения передаточных чисел трансмиссии.

Известно много направлений улучшения выходных параметров МТУ [1, 2]. Техническая реализация большинства известных решений требует внесения существенных изменений в базовую конструкцию автомобиля, что в крупносерийном и массовом производствах сопряжено со значительными техническими трудностями.

Априори актуальна модернизация автомобилей, которые находятся в эксплуатации, путем внесения изменений в программы управления автомобильным узлом или агрегатом. Модернизация может осуществляться заводами-изготовителями и специализированными предприятиями ремонта автомобилей.

Возможность использования низкокзатратных технических решений зависит, прежде всего, от конструктивных параметров модернизируемой модели автомобиля. Анализ доступных для исследования конструкций МТУ грузовых (УРАЛ, КАМАЗ, МАЗ, SCANIA, MAN, DAF, и др.) и легковых автомобилей (ВАЗ, ГАЗ, УАЗ, KIA, VOLKSWAGEN и др.) выявил техническую возможность осуществления трехрежимного управления. Трехрежимное управление состоит из общего режима управления МТУ (гарантированного заводом-изготовителем), дефорсажного и форсажного режимов управления.

Дефорсажный режим предназначен для снижения на холостом ходу и малых нагрузках расхода топлива (при движении с установившейся скоростью, при остановке или стоянке автомобиля с работающим двигателем, при приводе вспомогательного оборудования). Дефорсажный режим двигателя может быть осуществлен отключением части цилиндров. Существует ряд технических решений по отключению ряда цилиндров [3].

Потребность в форсажном режиме возникает: при выполнении обгона автомобиля с повышенной скоростью, при движении автомобиля с массой груза, превышающей номинальную величину; для улучшения проходимости. Применение форсажного режима управления рассматривается в работах [4, 5].

1. Методика экспериментального исследования трехрежимного управления

Для экспериментального подтверждения эффективности трехрежимного управления проводились дорожные испытания на автомобиле УРАЛ-43203 с дизелем КАМАЗ-740. Перед проведением испытаний автомобиль с пробегом 19 тыс. км прошел техническое обслуживание в объеме ТО-2, все агрегаты и узлы соответствовали ТУ завода-изготовителя. Автомобиль перед испытаниями подготовлен согласно требованиям ГОСТ Р 54810-2011.

Контроль и испытания

Нагрузка на буксирном крюке создавалась путем формирования автопоезда по двухзвенной и трехзвенной схемам, приведенным на рис. 1.

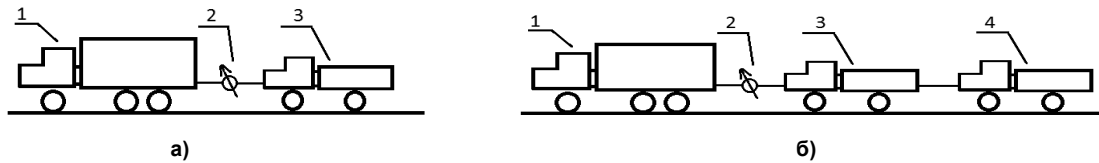


Рис. 1. Схемы проведения испытаний: а – двухзвенная схема; б – трехзвенная схема; 1 – автомобиль УРАЛ-43203; 2 – динамометр; 3, 4 – автомобили ЗИЛ-433360

При планировании эксперимента для поиска максимального значения силы тяги использован шаговый принцип для двухфакторного эксперимента.

Шаг 1: вращением корректировочного болта топливного насоса высокого давления изменяется предельное положение топливных реек ($\Delta h = \text{var}$) и определяется экстремальное значение силы тяги на буксирном крюке при неизменном давлении воздуха в шинах ($p_b = \text{const}$). При достижении определенной величины силы тяги возникает буксование колес ввиду недостаточного сцепления их с опорной поверхностью.

Шаг 2: для повышения сцепления давление в шинах понижается ($p_b = \text{var}$), положение топливных реек неизменно ($\Delta h = \text{const}$), далее определяется максимальное значение F_T .

Повышение сцепления колес с опорной поверхностью снижением давления сопровождается увеличением сопротивления качению.

Полученные результаты испытаний представлены в виде формул (1), (2) и зависимостей (рис. 2, 3). Для функции $F_T = f(p_b)$ полученные значения аппроксимированы полиномом шестой степени (1), достоверность аппроксимации составляет 0,9998:

$$F_T = -0,161 \cdot p_b^6 + 2,03 \cdot p_b^5 - 10,28 \cdot p_b^4 + 26,62 \cdot p_b^3 - 37,02 \cdot p_b^2 + 25,56 \cdot p_b + 2,18. \quad (1)$$

Для функции $F_T = f(\Delta h)$ полученные значения аппроксимированы полиномом шестой степени (2), величина достоверности аппроксимации составляет 0,9994.

$$F_T = -\Delta h^6 + 10,77 \cdot \Delta h^5 - 47,93 \cdot \Delta h^4 + 112,17 \cdot \Delta h^3 - 145,02 \cdot \Delta h^2 + 98,74 \cdot \Delta h - 19,93. \quad (2)$$

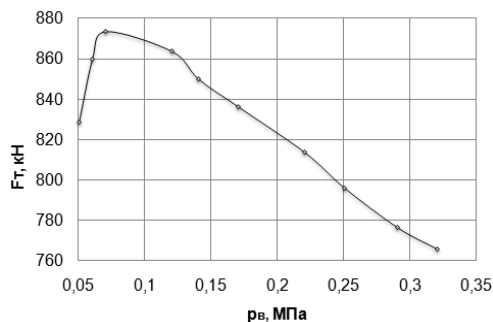


Рис. 2. Зависимость силы тяги F_T от давления воздуха в шинах p_b при $\Delta h = 2,4$ мм

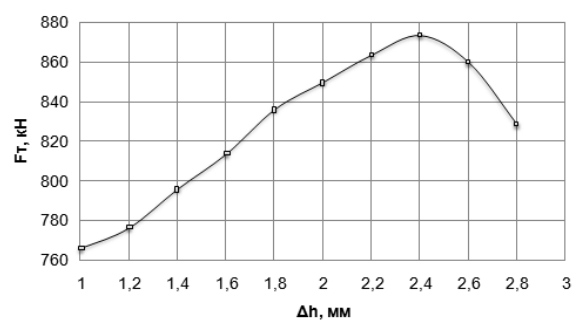


Рис. 3. Зависимость силы тяги F_T от предельного положения реек Δh при $p_b = 0,05$ МПа

На сухой асфальтобетонной дороге выявлен эффективный диапазон давления в шинах для увеличения силы тяги, который находится в пределах 0,05...0,32 МПа при $\Delta h = 2,4$ мм. Эксплуатация при давлении в шинах ниже 0,05 МПа приводит к значительному повышению затрат энергии на деформацию и нагрев шин, а также более интенсивному их износу.

2. Конструктивная реализация дефорсажного и форсажного режимов управления

Форсажный режим управления осуществляется путем увеличения цикловой подачи топлива, превышающей номинальную величину. Увеличение цикловой подачи топлива возможно при увеличении хода топливных реек (рис. 4). Конструкция топливного насоса высокого давления (ТНВД) двигателя КАМАЗ-740 предусматривает регулирование предельного положения рычага регулятора 3. Регулировочный болт 2 необходимо переместить на величину Δh , ослабив ограничивающие гайки 1.

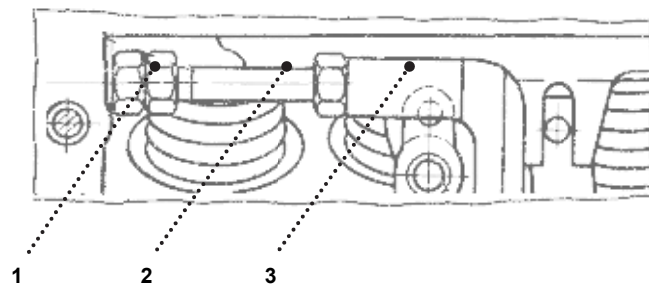


Рис. 4. Схема расположения конструктивного изменения в ТНВД:
1 – ограничивающие гайки; 2 – рычаг регулятора; 3 – регулировочный болт подачи топлива

Для возможности перехода на номинальную подачу выполнено отверстие в крышке ТНВД с целью размещения подвижного упора 2 (рис. 5), управление которым, через трос, осуществляется водителем из кабины автомобиля. Включение форсажного режима управления происходит по желанию водителя в зависимости от условий движения.

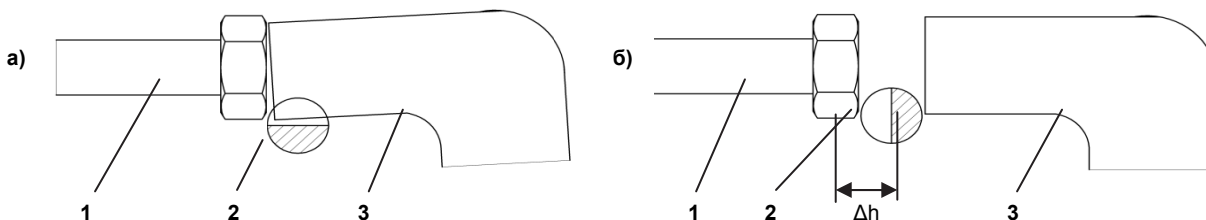


Рис. 5. Схема подвижного упора: а – форсажный режим; б – номинальный режим;
1 – регулировочный болт; 2 – подвижный упор; 3 – рычаг регулятора

Время эксплуатации двигателя на форсажном режиме ограничивается предельным тепловым состоянием деталей и узлов двигателя.

Испытания на определение времени разгона проводились согласно ГОСТ 22576-90. Установлено, что среднее значение времени разгона до 80 км/ч на общем режиме управления автомобилем составило 52 с. На форсажном режиме среднее значение времени разгона не превысило 46 с.

Измерение расхода топлива проводилось на дефорсажном и общем режимах управления двигателем. Зависимости расхода топлива двигателя при работе на четырех и восьми цилиндрах представлены на рис. 6. Дефорсажный режим реализован путем изменения геометрических параметров ведомой рейки [3].

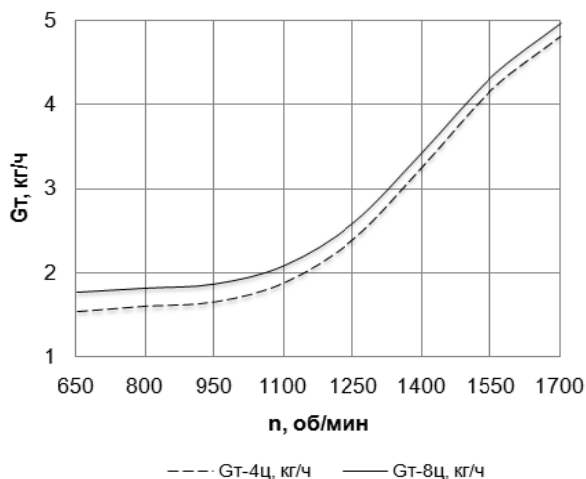


Рис. 6. Зависимость расхода топлива на холостом ходу общего режима управления и на дефорсажном холостом ходу от оборотов двигателя n

Заключение

Теоретическое предположение об эффективности трехрежимного управления подтверждено экспериментально на автомобиле УРАЛ-43203. Применение трехрежимного управления повышает тягово-скоростные свойства и снижает уровень расхода топлива: на холостом ходу снижение расхода топлива до 10 %; уменьшение времени разгона на 6 секунд; увеличение силы тяги на буксирном крюке составило 63 кН.

При эксплуатации автомобиля на деформируемых грунтах форсажный режим управления повысит опорно-сцепную проходимость с учетом регулирования давления в шинах.

Для автомобилей с электронными системами управления агрегатами перспективным направлением развития является внедрение трехрежимного управления путем разработки новых программ управления. Предполагается повышение тягово-скоростных свойств и снижение расхода топлива в более широких пределах, чем для автомобилей с неэлектронными системами управления.

Литература

1. *Автомобильный справочник: пер. с англ. ООО «СтарСПб». – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ООО «Книжное издательство «За рулем», 2012. – 1280 с.*

2. *Современные грузовые автотранспортные средства: справ. / В.В. Пойченко, П.В. Кондратов, С.В. Потемкин и др. – М.: агентство «Доринформсервис», 2004. – 592 с.*

3. *Пат. 2313688 Российская Федерация, МПК³¹ F 02 M 59/28, F 02 M 59/06. Устройство отключения части плунжеров v-образного топливного насоса высокого давления многоцилиндрового дизеля / Г.Д. Драгунов, А.Н. Медведев. – № 2006118224/06; заявл. 26.05.2006; опублик. 27.12.2007, Бюл. № 36. – 5 с.*

4. *Dragunov, G. Ultimate mode: Novelty and urgency of ultimate mode for high flotation truck type «URAL» / G. Dragunov, M. Grichanyuk // Сборник докладов международного конгресса по грузовым машинам, автопоездам и городскому транспорту под патронажем FISITA. – Минск: БНТУ, 2010. – С. 217–222.*

5. *Гонтарев, Е.П. Повышение тягово-скоростных свойств автомобиля применением форсажных режимов работы двигателя и снижением времени переключения передач / Е.П. Гонтарев, М.В. Гричанюк, Г.Д. Драгунов // Сборник трудов 77-й Международной конференции ААИ «Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров». – М., 2012.*

Гричанюк Максим Валерьевич. Аспирант кафедры «Колесные и гусеничные машины», Южно-Уральский государственный университет. Область научных интересов – трехрежимное управление, моторно-трансмиссионные установки. E-mail: madom@yandex.ru

Карпов Николай Алексеевич. Начальник факультета военного обучения, Южно-Уральский государственный университет. Область научных интересов – автомобили многоцелевого назначения, системы регулирования давления воздуха в шинах. E-mail: karpov_nicolay@mail.ru

Мурог Игорь Александрович. Кандидат технических наук, профессор. Заместитель губернатора Челябинской области. Область научных интересов – эксплуатационные свойства многоосных грузовых автомобилей, рулевое управление, трансмиссии грузовых автомобилей. E-mail: pr06@reginf.urfu.ac.ru

EXPERIMENTAL ESTIMATION OF TRACTION-SPEED CHARACTERISTICS AND FUEL ECONOMY OF VEHICLE WITH THREE MODES CONTROL

M.V. Grichanyuk, N.A. Karpov, I.A. Murog

Proposed three-mode control for engine-transmission unit to improve traction-speed properties and reduce fuel consumption for vehicle. Evaluating the effectiveness of three-mode control carried out experimentally by the authors' methodic. Introduced the concept of three-mode control.

The results are perspective for the development of three-mode electronics control systems in vehicles.

Keywords: vehicle, engine-transmission unit, traction-speed properties, fuel consumption, three-mode control.

Maxim V. Grichanyuk. Postgraduate student of the Wheel and Caterpillar Machine Department, South Ural State University. Research interests: three-mode control, engine-transmission unit. E-mail: madom@yandex.ru

Nicolay A. Karpov. Head of the Faculty of Military Training, South Ural State University. Research interests – multi-purpose vehicles, regulation of air pressure in the tires. E-mail: karpov_nicolay@mail.ru

Igor A. Murog. Candidate of technical sciences, professor. Deputy governor of Chelyabinsk region. Research interests – operating properties of the multiaxial trucks, steering system, drivetrains of trucks. E-mail: pr06@reginf.urc.ac.ru

Поступила в редакцию 14 февраля 2013 г.