

параметра и на каждом шаге интегрирования вычисляется его текущее значение. Положение педали подачи топлива и удельная тормозная сила изменяются во времени, для остальных параметров аргументом является пройденный автомобилем путь.

В качестве примера использования разработанной математической модели на рис. 3 представлены результаты моделирования процесса трогания с места в автоматическом режиме на первой передаче КП автомобиля полной массой 19 т с дизельным двигателем мощностью 154 кВт при частоте вращения коленчатого вала  $2600 \text{ мин}^{-1}$  ( $M_n$  — крутящий момент на полуосях;  $n_e$  — частота вращения коленчатого вала двигателя;  $v_a$  — скорость автомобиля;  $M_c$  — момент трения в сцеплении;  $W_b$  — работа буксования сцепления;  $h$  — относительное перемещение педали подачи топлива;  $\varphi$  — коэффициент сцепления колес с дорогой).

Предлагаемая математическая модель позволяет воспроизводить ряд специальных режимов движения автомобиля и дает возможность изменять входные воздействия на динамическую систему непосредственно в процессе моделирования.

#### Список литературы

1. Применение ЭВМ при конструировании и расчете автомобиля / Под ред. А.И.Гришкевича. Мн., 1978. 2. Автомобили: Конструкция, конструирование и расчет. Трансмиссия / Под ред. А.И.Гришкевича. Мн., 1985.

УДК 629.113.073

Р.Г.ТЕДОРДЗЕ, канд. техн. наук (БПИ)

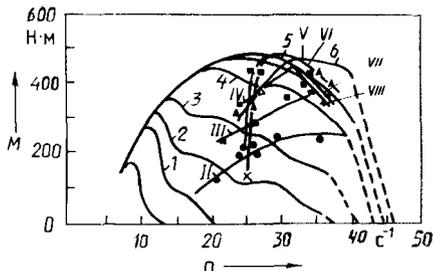
### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗГОНА АВТОМОБИЛЯ С УЧЕТОМ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ НА ПЕРЕМЕННЫХ РЕЖИМАХ

При рассмотрении процесса разгона автомобиля полагают, что его двигатель работает при нагрузках, составляющих 80–90 % от максимальных, и используют соответствующие характеристики двигателя. Такой подход обуславливает значительные погрешности оценки влияния параметров двигателя и трансмиссии на эффективность работы автотранспортных средств (АТС). По экспериментальным данным продолжительность работы двигателя на неустановившихся режимах составляет: в условиях городского движения — 70–80 % от общей продолжительности работы АТС, при движении по магистральным дорогам со средней интенсивностью транспортного потока — 35–40 %. Начало разгона АТС соответствует средним нагрузкам двигателя, а окончание в большинстве случаев — полным.

Режимы работы двигателя при разгоне АТС с переключением передач КП определяются также передаточными числами ступеней КП, количеством последних, режимами переключения передач. При соответствующем сочетании параметров КП, моментов переключений ее ступеней с режимами работы двигателя можно повысить эффективные показатели работы двигателя и АТС в целом.

Рис. 1. Частичные характеристики двигателя ЯМЗ-642:

1 — при 20 %-й нагрузке; 2 — 40 %-й; 3 — 60 %-й; 4 — 80 %-й; 5 — 90 %-й; 6 — 100 %-й; II—VIII — изменение крутящего момента на валу двигателя в зависимости от частоты его вращения и номера передачи КП при разгоне автомобиля КАЗ-4540



Процесс разгона автомобиля зависит от характера изменения положения органа управления подачей (ОУП) горючей смеси или топлива в двигатель. При медленном перемещении ОУП значения эффективных показателей работы двигателя приближаются к их значениям при установившихся режимах. Однако в этом случае процесс разгона автомобиля достаточно длительный.

Разгон автомобиля происходит медленно (с задержкой) и при резком перемещении ОУП. Это в меньшей степени проявляется при разгоне автомобиля с дизельным двигателем.

Исследования, при которых регистрировались перемещение ОУП двигателя и параметры разгона автомобилей ГАЗ-24, ЗИЛ-130 и КАЗ-4540, показали, что наиболее интенсивный разгон автомобиля наблюдается при 30–90 %-й нагрузке двигателя (она возрастала в среднем на 10 % за каждые 0,2–0,3 с для ГАЗ-24 и 0,4–0,5 с для ЗИЛ-130 и КАЗ-4540).

Для оценки влияния параметров двигателя и трансмиссии автомобиля на эффективные показатели работы последнего при разгоне предложен расчетный метод определения параметров, характеризующих работу двигателя и трансмиссии в процессе разгона автомобиля с учетом работы двигателя на переменных режимах. В модели переход с одной частичной характеристики двигателя на другую следующий: в легковых автомобилях нагрузка двигателя изменяется на 10 % через промежуток времени 0,25 с, в грузовых — 0,4–0,5 с (нижний предел для дизельных, верхний — для карбюраторных двигателей).

По экспериментальным данным на ЭВМ рассчитывают коэффициенты уравнений, описывающих частичные характеристики двигателя, используемые в модели для определения крутящего момента на валу двигателя при разгоне автомобиля. Одновременно находят текущие значения мощности двигателя и скорости автомобиля. В модели учитываются конструктивные параметры автомобиля, определяющие силы сопротивления его движению.

В результате расчета определяют мгновенные значения частоты вращения коленчатого вала, крутящего момента, мощности, удельного расхода топлива в двигателе и скорости автомобиля, ступень КП, путь и время разгона. Полученные данные позволяют рассчитать путевой расход топлива при разгоне автомобиля.

Моделирование движения автомобиля ЗИЛ-130 показывает достаточную для инженерных расчетов сходимость экспериментальных и теоретических данных. В частности, установлено, что при разгоне на I–III передачах КП двигатель автомобиля ЗИЛ-130 работает с 40–90 %-й нагрузкой, а при разгоне на IV и V передачах КП — 90–100 %-й. Частота вращения коленчатого вала двигателя  $n$  в момент переключения передач с первой на вторую и со второй

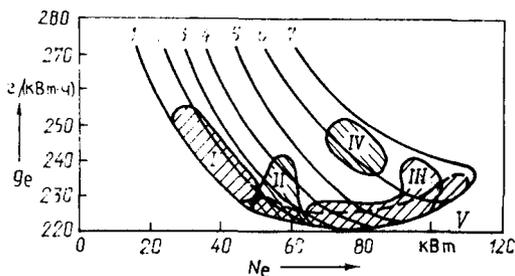


Рис. 2. Нагрузочные характеристики двигателя ЯМЗ-642:

1 — при  $n = 20 \text{ с}^{-1}$ ; 2 —  $n = 2,67 \text{ с}^{-1}$ ; 3 —  $n = 30 \text{ с}^{-1}$ ; 4 —  $n = 33,3 \text{ с}^{-1}$ ; 5 —  $n = 36,7 \text{ с}^{-1}$ ; 6 —  $n = 40 \text{ с}^{-1}$ ; 7 —  $n = 43,3 \text{ с}^{-1}$ ; I — зона режимов работы двигателя при разгоне автомобиля на I передаче КП; II — на II передаче и в момент переключения ступени в КП; III — на III–V и частично VII и VIII передачах; IV — на VIII и частично VII передачах; V — с рекомендуемыми передаточными числами КП

на третью составляет  $20\text{--}21 \text{ с}^{-1}$  ( $1200\text{--}1300 \text{ мин}^{-1}$ ), с третьей на четвертую и с четвертой на пятую — порядка  $25 \text{ с}^{-1}$  ( $1500 \text{ мин}^{-1}$ ).

Исследованы тягово-скоростные качества и технико-экономические показатели автомобиля КАЗ-4540 при его работе в транспортном режиме. Этот транспортно-технологический автомобиль с колесной формулой 4x4 предназначен для эксплуатации на сельских дорогах и для перевозок грузов по дорогам общего пользования. Опыт эксплуатации указанных автомобилей на магистральных дорогах говорит о том, что их скоростные качества и топливная экономичность не соответствуют предъявляемым требованиям.

Приведенные на рис. 1 графики показывают, что двигатель автомобиля КАЗ-4540 после переключения передач работает при средних нагрузках и частотах вращения. С точки зрения расхода топлива такие режимы близки к экономичным, однако вследствие низких интенсивности разгона автомобиля и скорости его движения путевой расход топлива значителен.

По достижении максимального крутящего момента на валу двигателя частота вращения коленчатого вала возрастает, а развиваемая двигателем мощность уменьшается. Это приводит к повышению удельного и путевого расходов топлива.

Максимальная скорость автомобиля при разгоне на соответствующей передаче  $v_2 = 2,6 \text{ м/с}$ ;  $v_3 = 3,75 \text{ м/с}$ ;  $v_4 = 5,2 \text{ м/с}$ ;  $v_5 = 7,3 \text{ м/с}$ ;  $v_6 = 9,6 \text{ м/с}$ ;  $v_7 = 13,1 \text{ м/с}$ ;  $v_8 = 18,05 \text{ м/с}$ . При движении с прицепом  $v_{\text{max}} = 16 \text{ м/с}$ . Низкие скорости движения автомобиля КАЗ-4540 при высоких запасах тяговых усилий обуславливают существенный рост путевого расхода топлива. Реальный расход его составляет 37–38 л на 100 км пробега для автопоездов и 27–28 л для одиночного автомобиля, а нормативный — соответственно 27–28 и 24 — 25 л. Осуществлен поиск значений передаточных чисел трансмиссии автомобиля КАЗ-4540, которые обеспечивают работу двигателя на экономичных режимах (зона V на рис. 2). Скорректированные в результате поиска передаточные числа трансмиссии:  $u_1 = 70,06$ ;  $u_2 = 45,00$ ;  $u_3 = 28,71$ ;  $u_4 = 21,20$ ;  $u_5 = 15,69$ ;  $u_6 = 11,60$ ;  $u_7 = 8,70$ ;  $u_8 = 6,32$ .

Предлагаемым расчетным методом можно получить достоверные данные для оценки эффективности работы автомобиля в режиме разгона.