

УДК 629.113.001: 629.113/06

Р.С. Ган (асп., каф. КГМ), В.Б. Проскуряков, д.т.н., проф.

О ВЫБОРЕ ЧИСЛА СТУПЕНЕЙ ТРАНСМИССИИ АВТОМОБИЛЯ

Передаточные числа являются важнейшими кинематическими параметрами трансмиссии, от которых зависят динамические качества и топливная экономичность автомобиля.

Число передач выбирается, как правило, исходя из типа трансмиссии (с ручным переключением или автоматическая с гидротрансформатором) и из практики конструирования автомобилей. *Разработана следующая методика, позволяющая выбрать число передач так, чтобы время разгона автомобиля до максимальной скорости было наименьшим.*

Найдём минимальное необходимое число передач, при котором может быть осуществим разгон до заданной скорости. По условию неразрывности мощности

$$\frac{V_{\max(j-1)}}{V_{\min j}} \geq 1, \quad (1)$$

где $V_{\max(j-1)} = 0,105 n_{\max} r_k / i_{\text{гп}} i_{\text{кп}(j-1)}$ - максимальная скорость движения на $(j-1)$ -ой передаче;

$V_{\min j} = 0,105 n_{\min} r_k / i_{\text{гп}} i_{\text{кп} j}$ - минимальная скорость движения на j -ой передаче;

n_{\max} - максимальное число оборотов коленчатого вала двигателя, об/мин;

n_{\min} - минимальное число оборотов коленчатого вала, при котором двигатель работает устойчиво, об/мин.

Если условие (1) не выполняется, при переходе с $(j-1)$ -ой передачи на j -ю двигатель прекратит работу.

Условие (1) может быть представлено через множитель геометрической прогрессии:

$$q = \frac{i_{\text{кп} j}}{i_{\text{кп}(j-1)}} \geq \frac{n_{\min}}{n_{\max}}. \quad (2)$$

Поскольку $q = n^{-1/d}$, то $n^{-1/d} \geq \frac{n_{\min}}{n_{\max}}$ и, следовательно,

$$n \geq \frac{\ln d}{\ln \frac{n_{\min}}{n_{\max}}} + 1. \quad (3)$$

Таким образом, выражение (3) задаёт минимальное число передач трансмиссии. Оно должно быть целым и в случае дробного результата округляется в большую сторону. Для автомобиля ВАЗ-21083 при значениях $n_{\max}=6000$ об/мин, $n_{\min}=800$ об/мин, $d=0,18$ минимальное число передач трансмиссии будет равно двум. Однако такое число передач не обеспечит высокие динамические качества автомобиля. Необходимо определить число передач, при котором время разгона автомобиля до максимальной скорости будет наименьшим.

Для вычисления времени разгона на каждой передаче рассмотрим уравнение баланса сил, действующих на автомобиль, представленное в виде дифференциального уравнения движения материальной точки по прямолинейному пути. Решим это уравнение относительно времени разгона, предварительно аппроксимировав зависимости тяговой силы на

колёсах $P_k(v)$ аналитическим выражением. Зависимость крутящего момента на валу двигателя $M_e = f(n)$ с высокой точностью аппроксимируется полиномом второй степени $M_e = a_M n^2 + b_M n + c_M$. С учётом уравнения связи между скоростью движения и частотой вращения вала двигателя $v = 0,105 n r_k / i_{тр}$ зависимость тяговой силы на j -ой передаче от скорости принимает вид

$$P_k = a_p v^2 + b_p v + c_p, \quad (4)$$

где $a_p = 91,17 a_M \eta_{му} \eta_{тр} i_{тр}^3 / (r_d r_k^2)$; $b_p = 9,55 b_M \eta_{му} \eta_{тр} i_{тр}^2 / (r_d r_k)$;
 $c_p = c_M \eta_{му} \eta_{тр} i_{тр} / r_d$. Тогда

$$t_j = m \delta_{впj} \int_{v_{нj}}^{v_{кj}} \frac{dv}{av^2 + bv + c} = \frac{m \delta_{впj}}{\sqrt{\Delta}} \ln \left| \frac{2av + b - \sqrt{\Delta}}{2av + b + \sqrt{\Delta}} \right| \Bigg|_{v_{нj}}^{v_{кj}}, \quad (5)$$

где $\Delta_1 = b^2 - 4ac$; $a = a_p - 0,5 C_x \rho F$; $b = b_p$; $c = c_p - mg(f \cos \alpha + \sin \alpha)$;
 f - коэффициент сопротивления качению; C_x - коэффициент сопротивления воздуха;

ρ - плотность воздуха, кг/м³; F - площадь лобового сопротивления, м²;

α - угол подъёма, рад (в случае разгона автомобиля до максимальной скорости $\alpha=0$).

Располагая значениями передаточных чисел трансмиссии и ряда др. параметров, можно вычислить время разгона на каждой передаче.

Разгон автомобиля начинается, как правило, на I передаче при нулевой начальной скорости и продолжается, пока частота вращения коленчатого вала не станет равной n_N , т.е. той, при которой двигатель развивает максимальную мощность. Конечная скорость движения на передаче $v_{кj}$ определяется из известного соотношения частоты и скорости. Поскольку снижением скорости за время переключения можно пренебречь, то будем считать её равной скорости начала разгона на следующей передаче, т.е. $v_{кj} = v_{н(j+1)}$.

Подобным образом определяются начальные и конечные скорости на всех передачах.

Суммарное время разгона до максимальной скорости:

$$T = \sum_{i=1}^n t_i + (n-1)t_{пер}, \quad (6)$$

где n - число передач, на которых осуществляется разгон; $t_{пер}$ - время, затрачиваемое на каждое переключение передач.

В соответствии с базовой методикой, можно вычислить множитель q для разных значений n . Разбивая диапазон передаточных чисел по геометрической прогрессии на разное число ступеней, каждый раз будем вычислять по формуле(6) время разгона до максимальной скорости. Результаты расчёта для автомобиля ВАЗ-21083 представлены на рис. Очевидно, при увеличении числа ступеней в коробке передач до определённого значения время разгона до максимальной скорости сокращается. При дальнейшем увеличении числа ступеней время, затрачиваемое на переключение передач, начинает превалировать над выигрышем во времени разгона за счёт введения дополнительных ступеней. Очевидно также, что серьёзным фактором, влияющим на выбор числа ступеней, является время, затрачиваемое на каждое переключение передач.

Описанный алгоритм выбора числа ступеней в коробке передач реализован в виде программы в среде MATLAB 6.1.0.450 Release 12.1.

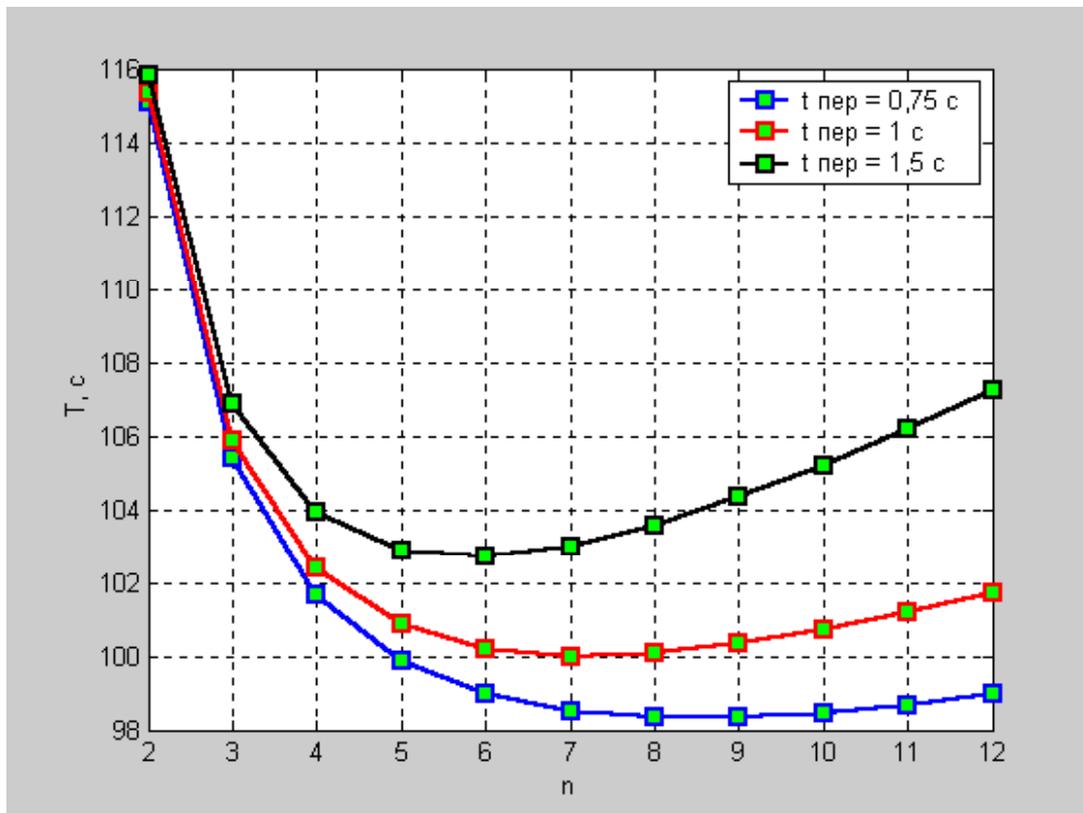


Рис. Зависимость времени разгона автомобиля ВА3-21083 до максимальной скорости от числа ступеней в коробке передач.