

А. Г. Ш м и д т

ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСМИССИИ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ РАЗГОНА И МАКСИМАЛЬНУЮ СКОРОСТЬ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ

При конструировании автомобиля возникает вопрос о том, как при заданных полном весе и максимальной мощности двигателя обеспечить наилучшие скоростные свойства. К числу оценочных показателей скоростных свойств автомобилей относятся интенсивность разгона и максимальная скорость, которые зависят: 1) от конструкции автомобиля в целом; 2) от конструкции и характеристик двигателя; 3) от конструкции трансмиссии и ходовой части; 4) от внешних условий движения.

Известные положения теории автомобиля дают представление о качественной стороне влияния различных факторов на интенсивность разгона и максимальную скорость [1], [2], [3]. Современные методы исследования с использованием быстродействующих ЭВМ позволяют изучить также и количественную сторону рассматриваемого вопроса.

В работе приведены результаты исследования влияния величины потерь холостого хода в трансмиссии, числа ступеней и способа выбора передаточных чисел промежуточных передач, передаточного числа главной передачи, моментов инерции колес и моментов переключения передач на интенсивность разгона и максимальную скорость легковых автомобилей с механической ступенчатой трансмиссией. Исследован процесс разгона с переключением передач при резком и полном открытии дроссельной заслонки.

В лаборатории стендовых исследований автомобилей НАМИ разработана методика расчетного воспроизведения процесса разгона автомобиля, учитывающая влияние на интенсивность разгона и максимальную скорость перечисленных групп факторов [4]. На основе этой методики создана программа расчета на ЭВМ «Минск-22» процесса разгона.

Моменты переключения передач, обеспечивающие разгон автомобиля с максимальной интенсивностью, соответствуют точкам пересечения кривых ускорений автомобиля на смежных передачах. Программа расчета в каждом случае обеспечивает определение оптимальных моментов переключения передач и выполнение переключений в эти моменты; предусмотрена также возмож-

ность переключения и в другие, заранее заданные моменты. Продолжительность процесса переключения передач принималась постоянной и равной 0,5 сек.

Для исследования был принят легковой автомобиль, имеющий двигатель с максимальной мощностью 80 л. с. и полный вес 1340 кг; при этом удельная мощность была близка к 60 л. с./т (в дальнейшем именуется автомобиль А). Показатели скоростных свойств этого автомобиля, а также исходные данные для расчетов на ЭВМ были определены в результате лабораторно-дорожных испытаний.

Предполагалось, что степень влияния изменения различных факторов на интенсивность разгона и максимальную скорость неодинакова для автомобилей с различной удельной мощностью вследствие различного процентного соотношения запасов и затрат мощности на преодоление сопротивлений движению. В связи с этим исследование было проведено также и для автомобиля с удельной мощностью около 20 л. с./т (в дальнейшем именуется автомобиль Б). Уменьшенная удельная мощность была получена использованием в расчетах процесса разгона того же автомобиля и двигателя с максимальной мощностью 30 л. с., имеющего одинаковую с реальным двигателем степень технического совершенства (т. е. такие же относительную скоростную характеристику, номинальное число оборотов, степень изменения мощности при работе на неустановившемся режиме и т. п.).

Момент инерции вращающихся масс двигателя автомобиля А был определен экспериментально по методике, изложенной в работе [5]. Момент инерции вращающихся масс двигателя автомобиля Б рассчитывался по следующей формуле [6]:

$$I_M = \frac{M_{e \max}}{n_N^2} \psi,$$

где $M_{e \max}$ — крутящий момент двигателя при максимальной мощности (на моторном стенде); n_N — число оборотов коленчатого вала при максимальной мощности; ψ — коэффициент пропорциональности.

Коэффициент ψ был определен по известным I_M , $M_{e \max}$ и n_N для двигателя автомобиля А и принят таким же по величине для двигателя автомобиля Б.

Передаточные числа главных передач исходных вариантов автомобилей были выбраны таким образом, чтобы коэффициент c высшей передачи [4] был близок к единице, т. е. чтобы максимальная скорость достигалась при номинальном эксплуатационном числе оборотов двигателя.¹ При этом для исходных вариантов автомоби-

¹ Под номинальным эксплуатационным числом оборотов подразумевается число оборотов двигателя при максимальной эксплуатационной мощности, т. е. максимальной мощности, развиваемой двигателем при его работе непосредственно на автомобиле.

лей А и Б передаточные числа главных передач были приняты равными соответственно 4,22 и 5,6.

Сопоставление результатов расчета на ЭВМ процесса разгона автомобиля А с экспериментальными данными представлено на рис. 1, из которого следует достаточно близкое их совпадение. Это позволяет рассматривать приведенные ниже результаты, полученные расчетным путем, как достоверные.

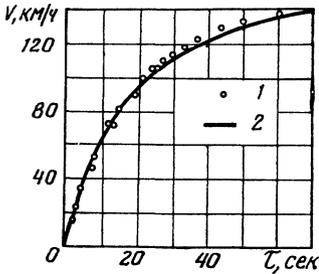


Рис. 1. Сопоставление расчета на ЭВМ процесса разгона автомобиля А с экспериментальными данными:
1 — данные, полученные на ЭВМ; 2 — экспериментальные данные.

Потери холостого хода в трансмиссиях автомобилей А и Б были приняты одинаковыми и равными потерям автомобиля А, определенным экспериментально. Был проведен расчет процесса разгона автомобилей с увеличенными до 300% и уменьшенными до 30% потерями холостого хода в трансмиссии.

Результаты расчета приведены в табл. 1 и 2, в которых за 100% принято время разгона исходных вариантов автомобилей.

Из табл. 1 и 2 следует, что потери холостого хода в трансмиссии оказывают весьма незначительное влияние на интенсивность разгона и максимальную скорость легковых автомобилей.

Т а б л и ц а 1

Зависимость интенсивности разгона автомобиля от величины потерь холостого хода в трансмиссии

Условия разгона	Авто- мобиль	Время разгона при потерях холостого хода в трансмиссии		
		30	100	300
До 60 км/ч	А	9,6/100	9,6/100	9,6/100
	Б	25,0/100	25,0/100	26,0/104
» 80 »	А	14,2/100	14,2/100	14,2/100
	Б	43,9/97,5	45/100	47,7/106
» 110 »	А	26,1/99,5	26,2/100	26,7/102
	Б	—	—	—
» 120 »	А	33,2/99,5	33,4/100	35/105
	Б	—	—	—
На пути 1000 м	А	41/99	41,5/100	42,5/102
	Б	60,5/98,5	61,5/100	62,0/100,5

Примечание. В числителе дроби — секунды, в знаменателе — проценты.

Таблица 2

Зависимость максимальной скорости автомобиля от величины потерь холостого хода в трансмиссии

Автомобиль	Максимальная скорость при потерях холостого хода в трансмиссии		
	30	100	300
А	143/100,5	142/100	139,5/98,3
Б	102/102	100/100	96/96

Примечание. В числителе дроби — км/ч, в знаменателе — проценты.

Учитывая незначительное влияние потерь холостого хода в трансмиссии на интенсивность разгона и максимальную скорость легковых автомобилей, в дальнейшем при изменении числа ступеней и передаточных чисел потери принимались неизменными и равными потерям холостого хода трансмиссии исходных вариантов автомобилей.

Исследование влияния числа ступеней трансмиссии на рассматриваемые показатели скоростных свойств проводилось для коробок передач с числом ступеней от 2 до 6, имеющих одинаковый диапазон, равный 3,49. Передаточные числа первой и высшей передач во всех случаях были неизменными. Чтобы исключить влияние способа выбора передаточных чисел промежуточных передач, последние во всех случаях выбирались по геометрической прогрессии. Поскольку передаточные числа главной передачи и высшей передачи в коробке при варьировании числа ступеней оставались неизменными, то и максимальная скорость при этом оставалась постоянной. Для иллюстрации на рис. 2 представлена зависимость интенсивности разгона от числа ступеней трансмиссии для автомобиля А.

Результаты исследования влияния числа ступеней трансмиссии на интенсивность разгона автомобилей А и Б представлены в табл. 3, в которой за 100% принято время разгона автомобилей с четырехступенчатой трансмиссией.

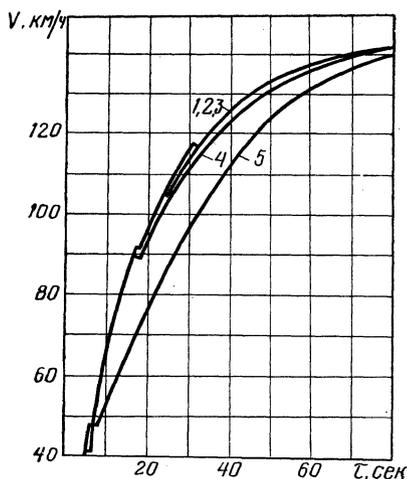


Рис. 2. Влияние числа ступеней трансмиссии на интенсивность разгона автомобиля А:
 1, 2, 3 — шестиступенчатая КП: $i_{II} = 2,7$; $i_{III} = 2,1$; $i_{IV} = 1,65$;
 $i_V = 1,28$; $q = 1,28$; пятиступенчатая КП: $i_{II} = 2,56$; $i_{III} = 1,87$;
 $i_{IV} = 1,37$; $q = 1,37$; четырехступенчатая КП: $i_{II} = 2,3$; $i_{III} = 1,52$;
 $q = 1,52$; 4 — трехступенчатая КП: $i_{II} = 1,87$; $q = 1,87$; 5 — двухступенчатая КП: $q = 3,49$.

Из табл. 3 следует, что уменьшение числа ступеней трансмиссии до 2—3 приводит к значительному снижению интенсивности разгона по сравнению с автомобилем с четырехступенчатой трансмиссией, увеличение числа ступеней до 5—6 повышает интенсивность разгона лишь в малой степени. Интенсивность разгона до скорости 60 км/ч при изменении числа ступеней от 3 до 6 изменяется в очень малой степени.

Т а б л и ц а 3

Зависимость интенсивности разгона автомобиля от числа ступеней трансмиссии

Условия разгона	Авто- мобиль	Время разгона при следующих числах ступеней трансмиссии				
		2	3	4	5	6
До 60 км/ч	А	13/136,0	9,7/101	9,6/100	9,8/102	9,7/101
	Б	43,2/170	25,5/100,1	25,4/100	25/98,5	25/98,5
» 80 »	А	22/151	14,3/98,0	14,6/100	14,3/98	14,9/102
	Б	72,5/154	52,5/112	47,0/100	44/94	43,8/93,5
» 110 »	А	37,6/138	29,2/107	27,2/100	26/96	26,6/98,0
	Б	—	—	—	—	—
» 120 »	А	45/130	35,9/104	34,5/100	33,4/97,0	33,2/96,0
	Б	—	—	—	—	—
На пути 1000 м	А	46,4/112	41,6/100,5	41,5/100	41,2/99,0	41,2/99,0
	Б	71,8/117	62,5/102	61,6/100	61,6/100	61,6/100

П р и м е ч а н и е. В числителе дроби — секунды, в знаменателе — проценты.

Исследование влияния способа выбора передаточных чисел промежуточных ступеней трансмиссии на интенсивность разгона автомобиля было проведено на четырехступенчатой коробке передач, во всех случаях имеющей передаточные числа первой и четвертой передачи, равные соответственно 3,49 и 1,0. Рассматривалось три способа выбора передаточных чисел: геометрический ряд (по геометрической прогрессии с показателем $q=1,52$), арифметический ряд (по арифметической прогрессии с разностью $d=0,83$) и гармонический ряд (постоянная величина — разность обратных величин передаточных чисел смежных передач, равная 0,23). Влияние способа выбора передаточных чисел промежуточных передач на интенсивность разгона автомобиля А можно оценить по рис. 3.

Зависимость интенсивности разгона автомобилей А и Б от способа выбора передаточных чисел приведена в табл. 4, где за 100% принято время разгона автомобилей, передаточные числа трансмиссии которых составляют гармонический ряд.

Согласно табл. 4, интенсивность разгона автомобилей, передаточные числа трансмиссий которых составляют гармонический и геометрический ряды, отличается незначительно. При использовании арифметического ряда интенсивность разгона до высоких скоростей заметно снижается.

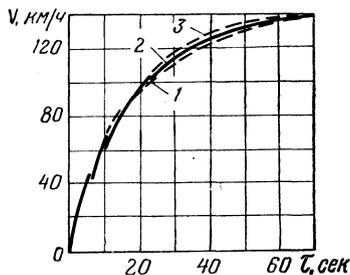


Рис. 3. Влияние способа выбора передаточных чисел промежуточных передач трансмиссии на интенсивность разгона автомобиля А:

1 — арифметический ряд ($i_{II} = 2,66$; $i_{III} = 1,63$); 2 — гармонический ряд ($i_{II} = 1,94$; $i_{III} = 1,32$); 3 — геометрический ряд ($i_{II} = 2,3$; $i_{III} = 1,52$).

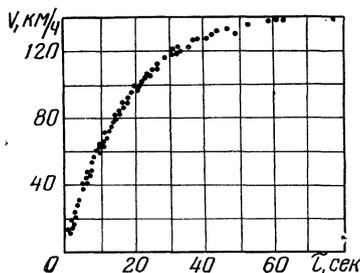


Рис. 4. Влияние передаточного числа главной передачи на интенсивность разгона автомобиля А.

Интенсивность разгона автомобилей до скорости 60 км/ч в малой степени зависит от способа выбора передаточных чисел промежуточных передач.

При исследовании влияния передаточного числа главной передачи на рассматриваемые показатели скоростных свойств был проведен расчет процесса разгона при изменении передаточного числа главной передачи для автомобиля А в пределах от 3,4 до 5,4 и для автомобиля Б в пределах от 4,8 до 7,2. Изменение скорости по времени в процессе разгона автомобиля А при изменении передаточного числа главной передачи представлено на рис. 4. Аналогичная картина была получена и для автомобиля Б.

Изменение передаточного числа главной передачи влечет за собой изменение максимальной скорости автомобиля, причем степень этого изменения возрастает с уменьшением удельной мощности автомобиля. При изменении передаточного числа главной передачи в пределах $\pm 5\%$ по отношению к его значению, соответствующему коэффициенту с высшей передачи, равному единице, максимальная скорость автомобиля практически остается неизменной.

Влияние радиуса качения ведущих колес на интенсивность разгона и максимальную скорость по своей физической сущности

Таблица 4

**Зависимость интенсивности разгона автомобиля от способа
выбора передаточных чисел промежуточных передач**

Условия разгона	Автомобиль	Время разгона при следующих способах выбора передаточных чисел		
		Гармониче- ский ряд	Геометриче- ский ряд	Арифметиче- ский ряд
До 60 км/ч	А	9,6/100	9,6/100	10/104
	Б	25/100	25,4/101,5	25/100
» 80 »	А	14,2/100	14,6/103	14,6/103
	Б	45/100	47,0/104	52,5/117
» 110 »	А	26,2/100	27,2/104	28,7/109
	Б	—	—	—
» 120 »	А	33,4/100	34,5/103,0	35,8/107
	Б	—	—	—
На пути 1000 м	А	41,5/100	41,5/100,0	43/104
	Б	61,5/100	61,6/100,5	63/102,5

Примечание. В числителе дроби — секунды; в знаменателе — проценты.

одинаково с влиянием передаточного числа главной передачи. Если принять, что при варьировании радиуса качения ведущих колес сопротивление качению шин и моменты инерции колес остаются без изменения, то уменьшение радиуса равноценно увеличению передаточного числа главной передачи и наоборот.

Момент инерции колеса автомобиля А был определен экспериментально [5]. Анализ результатов расчета интенсивности разгона автомобилей А и Б с уменьшенными и увеличенными вдвое суммарными моментами инерции колес показал, что рассматриваемый фактор практически не влияет на интенсивность разгона. Максимальная скорость также не зависит от моментов инерции колес, поскольку при достижении последней ускорение автомобиля и, следовательно, инерционные сопротивления становятся равными нулю.

Исследование влияния выбора моментов переключения передач на интенсивность разгона проводилось при использовании четырехступенчатой коробки передач, передаточные числа которой составляли гармонический ряд. Оптимальными с точки зрения максимальной интенсивности разгона моментами переключения на II, III и IV передачи для обоих рассматриваемых автомобилей были моменты, соответствующие 1,14 $n_{Nэ}$, 1,15 $n_{Nэ}$ и 1,1 $n_{Nэ}$ оборотам двигателя ($n_{Nэ}$ — эксплуатационные номинальные обороты, соответствующие максимальной эксплуатационной мощности).

Интенсивность разгона исследовалась при переключении передач в моменты, соответствующие: $0,8 n_{Nэ}$; $0,9 n_{Nэ}$; $1,0 n_{Nэ}$ и $1,2 n_{Nэ}$; причем для всех передач переключение производилось при одинаковых числах оборотов двигателя.

Сравнение интенсивности разгона в зависимости от моментов переключения передач приведено в табл. 5, где за 100% принята интенсивность разгона при оптимальных моментах переключения передач.

Таблица 5

Зависимость интенсивности разгона автомобиля от моментов переключения передач

Условия разгона	Автомобиль	Время разгона при следующих моментах переключения передач				
		Оптимальные	$0,8 n_{Nэ}$	$0,9 n_{Nэ}$	$1,0 n_{Nэ}$	$1,2 n_{Nэ}$
До 60 км/ч	А	9,6/100	11/114	9,6/100	9,6/100	9,6/100
	Б	25/100	31,3/125	28,8/115	27,5/110	25/100
» 80 »	А	14,2/100	16,8/119	15,5/109	15/106	13,9/98
	Б	45/100	60,5/134	55/122	49,3/110	45,5/101
» 110 »	А	26,2/100	32,4/124	29,8/114	27,7/106	26,2/100
	Б	—	—	—	—	—
» 120 »	А	33,4/100	39,2/117	37/111	35/104	33,4/100
	Б	—	—	—	—	—
На пути 1000 м	А	41,5/100	44,0/106	42,3/102	41,5/100	41,5/100
	Б	61,5/100	66/107	64,5/105	62,5/101	61,5/100

Примечание. В числителе дроби — секунды; в знаменателе — проценты.

Из табл. 5 следует, что интенсивность разгона автомобиля в значительной степени зависит от выбора моментов переключения передач.

Выводы

1. При изменении в достаточно широких пределах потерь холостого хода в трансмиссии, передаточного числа главной передачи, радиуса качения ведущих колес и моментов инерции колес интенсивность разгона автомобиля изменяется весьма незначительно.

2. При изменении числа ступеней трансмиссии от 3 до 6 интенсивность разгона до скорости 60 км/ч изменяется мало.

С точки зрения максимальной интенсивности разгона оптимальной является четырехступенчатая трансмиссия. При умень-

шении числа ступеней до 2—3 интенсивность разгона до высоких скоростей заметно снижается; увеличение числа ступеней до 5—6 приводит лишь к весьма незначительному увеличению интенсивности разгона.

3. Интенсивность разгона до скорости 60 км/ч при различных способах выбора передаточных чисел промежуточных передач трансмиссии изменяется весьма мало.

При разгоне до более высоких скоростей наибольшая интенсивность разгона имеет место в случае использования гармонического ряда. Для геометрического ряда интенсивность разгона снижается незначительно; арифметический ряд приводит к заметному снижению интенсивности разгона.

4. Выбор моментов переключения передач оказывает существенное влияние на интенсивность разгона автомобиля. Интенсивность разгона снижается в большей степени в случае переключения передач при оборотах двигателя меньше оптимальных, чем в случае переключения с превышением этих оборотов.

Перед проведением контрольных заездов по определению интенсивности разгона автомобиля оптимальные моменты переключения передач должны быть выбраны заранее расчетом и проведением пробных заездов. Ориентировочно можно считать, что оптимальные моменты переключения передач соответствуют оборотам, превышающим на 10—15% эксплуатационное номинальное число.

5. Из всех рассмотренных факторов на максимальную скорость автомобиля может существенно повлиять лишь изменение передаточного числа главной передачи и радиуса качения ведущих колес.

6. Степень влияния различных факторов на интенсивность разгона и максимальную скорость уменьшается по мере возрастания удельной мощности автомобиля.

7. Изменение различных факторов оказывает большее влияние на время разгона до заданных конечных скоростей, чем на время прохождения заданного участка пути.

Л и т е р а т у р а

- [1] Чудаков Е. А. Теория автомобиля. М., 1950. [2] Фалькевич Б. С. Теория автомобиля. М., 1963. [3] Зимелев Г. В. Теория автомобиля. М., 1959. [4] Лурье М. И., Токарев А. А. Скоростные качества и топливная экономичность автомобиля. М., 1967. [5] Лаптев С. А., Крестовников Г. А. Определение коэффициента вращающихся масс автомобиля. — «Автомобильная и тракторная промышленность», 1951, № 7. [6] Покорный Б. М. Величина момента инерции маховика современных автомобильных двигателей. — «Автомобилестроение», 1961, № 6.