

УДК 629.113(0.31)

DOI:10.46960/62045_2021_1_4

В.Г. Доронкин, Л.А. Черепанов
ТЮНИНГ ТРАНСМИССИИ И ДИНАМИКА АВТОМОБИЛЯ

Тольяттинский государственный университет
Тольятти, Россия

Представлены результаты анализа современной практики модернизации трансмиссии автомобиля ВАЗ в период эксплуатации. Рассмотрены основные принципы модернизации трансмиссии, зависимость эксплуатационных свойств автомобиля от характеристик трансмиссии и основные методы модернизации трансмиссии в период эксплуатации. Сделан вывод об актуальности и эффективности работ по модернизации трансмиссии автомобиля с целью повышения его тяговой динамики.

Ключевые слова: автомобиль, модернизация транспортных средств, топливная экономичность, тюнинг, трансмиссия, тяговая динамичность.

Постановка задачи

В настоящее время задачи повышения эффективности работы и безопасности транспортной системы, а также охраны окружающей среды вышли на общенациональный уровень. Одним из главных путей их решения может быть улучшение соответствующих характеристик автомобилей при плановой модернизации в процессе эксплуатации [1]. На кафедре «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Тольяттинского государственного университета в течение ряда лет ведутся исследования по целенаправленной модернизации транспортных средств [2].

В современных исследованиях активно разрабатывается математическое моделирование автомобиля с учетом его эксплуатационных свойств [3]. В ряде работ изложена концепция целевой модернизации автомобиля в период его эксплуатации [4]. В качестве примера можно привести применение математической модели модернизации автомобиля путем доработки его двигателя [5]. Однако улучшения динамики автомобиля можно достичь, не увеличивая крутящий момент или мощность двигателя. Одно из возможных решений – тюнинг трансмиссии.

Трансмиссия автомобиля выполняет следующие функции:

- передача мощности от двигателя на ведущие колеса;
- распределение крутящего момента по осям и колесам;
- увеличение крутящего момента за счет снижения частоты вращения;
- увеличение скоростного диапазона ДВС;
- реализация движения задним ходом;
- обеспечивает возможность разъединения двигателя и ведущих колес.

Для реализации этих функций в состав трансмиссии входят такие элементы, как сцепление, коробка передач, главная передача, дифференциал, приводные валы колес и ступицы.

Обзор существующей практики тюнинга, включая автоспорт, показывает, что в период эксплуатации распространены следующие способы модернизации трансмиссии серийного автомобиля:

- установка более эффективного сцепления;
- замена механизма переключения передач (кулачковый механизм, секвентивный выбор, укороченный ход рычага);
- изменение передаточных чисел коробки передач и главной передачи;

- установка дифференциала повышенного трения или механизма блокировки дифференциала;
- установка промежуточной опоры приводного вала;
- установка удлиненных приводных валов в случае увеличения колеи;
- усиление опор силового агрегата;
- установка автоматизированной трансмиссии, достаточно редко производимая.

В ходе тюнинга трансмиссии обычно рекомендуется общее снижение веса вращающихся деталей, а также усиление валов и элементов, передающих крутящий момент. Рассмотрим тюнинг коробки передач – достаточно недорогой, но при этом очень эффективный способ улучшения динамических характеристик автомобиля. Часто в его рамках используется замена шестерен и трансмиссионных рядов в коробке передач, а также подбираются нужные передаточные числа. При тщательном подборе оптимальных передаточных чисел трансмиссии динамические характеристики автомобиля улучшаются без увеличения мощности двигателя.

Ход исследования

Произведем анализ эффективности модернизации трансмиссии путем замены передаточных чисел на примере коробки передач (КП) автомобиля ВАЗ. Поскольку КП ВАЗ являются одними из наиболее распространенных, для них выпускается достаточно широкий диапазон шестерен с различным передаточным соотношением. В табл. 1 даны характеристики комплектов шестерен для переднеприводных автомобилей ВАЗ, представленных на рынке установочных тюнинг-комплектов.

Таблица 1.
Передаточные числа рядов двухвальных КП ВАЗ

	I	II	III	IV	V	VI
Стандарт	3,636	1,950	1,357	0,941	0,784	
5 ряд	2,923	1,810	1,276	0,969	0,784	
6 ряд	2,923	1,810	1,276	1,063	0,941	
7 ряд	2,923	2,053	1,555	1,310	1,129	
8 ряд	3,416	2,105	1,357	0,969	0,784	
11 ряд	3,636	2,222	1,538	1,167	0,880	
12 ряд	3,170	1,950	1,357	1,031	0,784	
18 ряд	3,170	2,105	1,480	1,129	0,810	
200 ряд	2,923	2,222	1,760	1,390	1,167	
102 ряд	3,170	1,950	1,357	0,941	0,730	
103 ряд	2,923	1,950	1,357	0,941	0,692	
104 ряд	2,923	1,950	1,357	1,031	0,692	
111 ряд	3,170	2,222	1,538	1,167	0,880	
745 ряд	2,667	1,933	1,568	1,368	1,200	
026 ряд кулачковый	3,417	2,533	2,059	1,737	1,478	1,269

Обобщая отзывы специалистов и любителей активного вождения, можно отметить ряд конструктивных особенностей и эксплуатационных показателей предлагаемых рядов. Сторонники скоростного вождения считают, что стандартный передаточный ряд коробки передач переднеприводных автомобилей ВАЗ далек от идеала. Многие отмечают, что первая передача чересчур короткая, вторая – очень длинная. Из-за этого водители могут столкнуться с динамическим провалом при переключении с первой передачи на вторую.

5-ый ряд КП ВАЗ относится к категории спортивных рядов. В нем изменены четыре передачи: 1-я, 2-я и 3-я передачи удлинены (как в шестом), 4-я передача сокращена на 5 % (как в восьмом). Шестой позиционируется как «боевой» спортивный ряд: 1-я, 2-я и 3-я передачи удлинены (1-я значительно), 4-я и 5-я – сокращены. 5-я передача 6-го ряда – это 4-я от стандартного ряда. 7-ой ряд – «короткий» спортивный. Без 6-ой передачи про высокую максимальную скорость можно забыть. При установке с главной передачей 4,1 или 4,3 может использоваться для соревнований на коротких дистанциях, типа DragRacing. 8-ой ряд часто называют «коммерческим», поскольку это один из первых измененных рядов, причем относительно недорогой. Удлинена 1-я передача, 2-я и 4-я сокращены. Все изменения минимальны (по 5 %), но этого хватает, чтобы исправить недостатки штатного ряда. 11-ый ряд, уже ставший классикой тюнинга, пришел из автоспорта, где он устанавливается, в основном, с главной передачей 4,13 или 4,33. Изменены четыре передачи, при этом 1-я – стандарт, а остальные сближены. Это представляет собой оптимальный вариант для тех, кто не хочет удлинять 1-ую скорость, обеспечивает ровный, динамичный разгон. 12-ый ряд, как и 103-й – самый ремонтпригодный, т.к. изменены 1-я (длиннее на 12,91 %) и 4-я (короче на 10 %) передачи, 2-я, которая чаще всего выходит из строя – стандарт. Он ставится практически с любой ГП; его недостатком является разрыв между 4-й и 5-й передачей. 18-ый ряд – один из самых ровных. Изменены все пять передач, при этом 1-я длиннее на 15 %, остальные оптимально сокращены на 10 %. 18-й ряд обеспечивает «беспробальную» динамику разгона и увеличивает максимальную скорость (со стандартной ГП).

Рассмотрим ряд 103. В нем изменены всего две передачи. 1-я 2,92 от 6-го ряда (длинная), 5-я – 0,69 (6-я передача 5-го и некоторых других рядов); даже с главной передачей 4,3 на 5 000 об/мин скорость 171 км/ч. В результате получена разгонная динамика почти спортивного ряда без потери максимальной скорости. Для проведения анализа влияния измененных передаточных чисел коробки передач на динамику автомобиля использовалась разработанная на кафедре «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Тольяттинского государственного университета программа, которая основывается на традиционных методиках расчета динамических и экономических характеристик автомобиля [6]. Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Таблица 2.
Результаты расчетов

№	Ряд	Силовой баланс, кН	Динамическая характеристика	Ускорение, м/с ²	Время разгона, с	Путь разгона, м	Топливная экономичность, л/100 км	Цена, руб.
1	Стандарт	7,3	0,48	3,60	16	270	7,9	10 000
2	5 ряд	6	0,377	3,10	16	310	7,80	12 500
3	6 ряд	6	0,38	3,10	17	310	7,99	13 000
4	7 ряд	6	0,38	3,10	17	270	9	15 000
5	8 ряд	7	0,457	3,49	15	265	7,8	11 000
6	11 ряд	7,3	0,48	3,59	16	300	8,35	13 000
7	12 ряд	6,5	0,42	3,30	15,5	275	7,55	10 500
8	18 ряд	6,4	0,42	3,35	14,5	270	7,7	15 400
9	200 ряд	6	0,38	3,10	14,8	280	8,8	15 500
10	102 ряд	6,4	0,42	3,35	16	260	7,9	10 500
11	104 ряд	6	0,37	3,10	15	250	7,6	12 500
12	103 ряд	6	0,37	3,10	15	280	7,4	12 000
13	026 ряд, кулачки	7,04	0,455	3,46	12	160	8,5	26 250
14	745 ряд, кулачки	5,4	0,355	2,82	14	200	9	80000

На графике (рис. 1) видно, что стандартный ряд КП и 11-й ряд КП выдают больший по сравнению с другими рядами КП силовой баланс (распределение силы тяги на ведущих колесах при движении), равный 7,3 кН, в то время как 745-й ряд КП показывает 5,4 кН. Ряды 5, 6, 7, 200, 103, 104 КП показывают одинаковый силовой баланс, равный 6 кН.



Рис. 1. Сравнение силового баланса

На рис. 2 показано, что стандартный ряд КП и 11-й ряд КП выдают большее значение динамической характеристики: 0,48. Чуть ближе к ним 8-й ряд КП – 0,457, 026-й кулачковый КП – 0,455. Ряды 12-й, 18-й и 102-й КП показывают одинаковое значение динамической характеристики: 0,42. И худшим результат показывает 745-й ряд КП – 0,355. Все остальные ряды показали средние результаты.

На графике ускорения (рис. 3) можно видеть, что стандартный ряд КП предоставляет лучшее ускорение – 3,6 м/с, в отличие от остальных рядов. Но стоит заметить, что ряд под номером 11 на 0,01 уступает стандартному ряду КП – 3,59 м/с. Чуть хуже 8-й ряд КП – 3,49 м/с, 026-ой кулачковый – 3,46 м/с. Также из графика видно, что хуже всех показал себя 745-й ряд КП – 2,82 м/с.

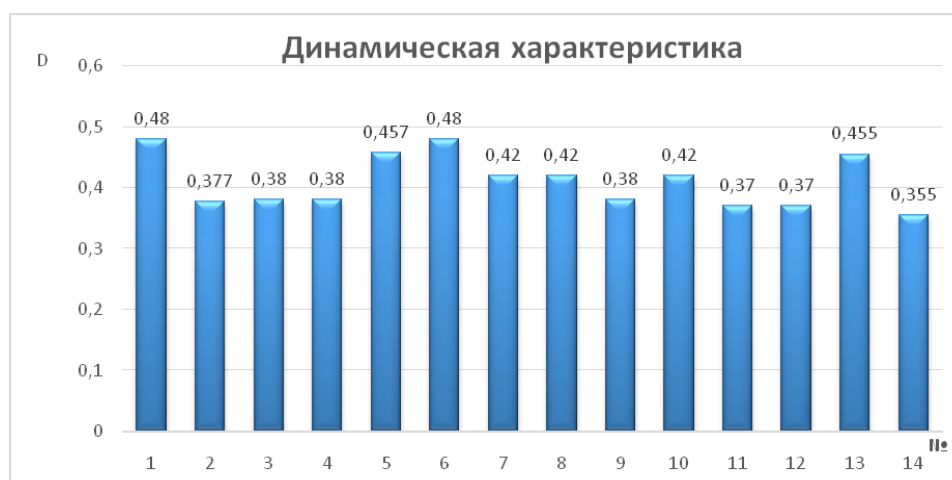


Рис. 2. Динамическая характеристика автомобиля в зависимости от применяемого ряда шестерен

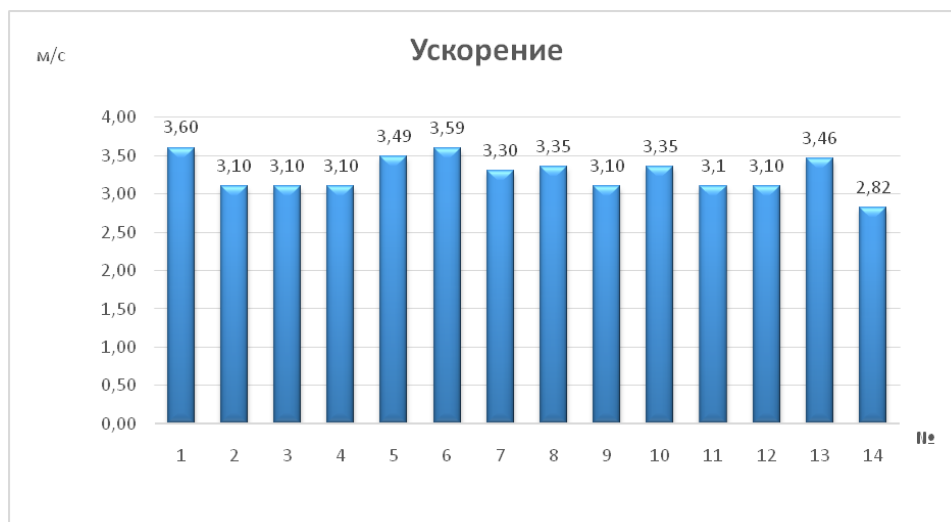


Рис. 3. Ускорение при разгоне автомобиля

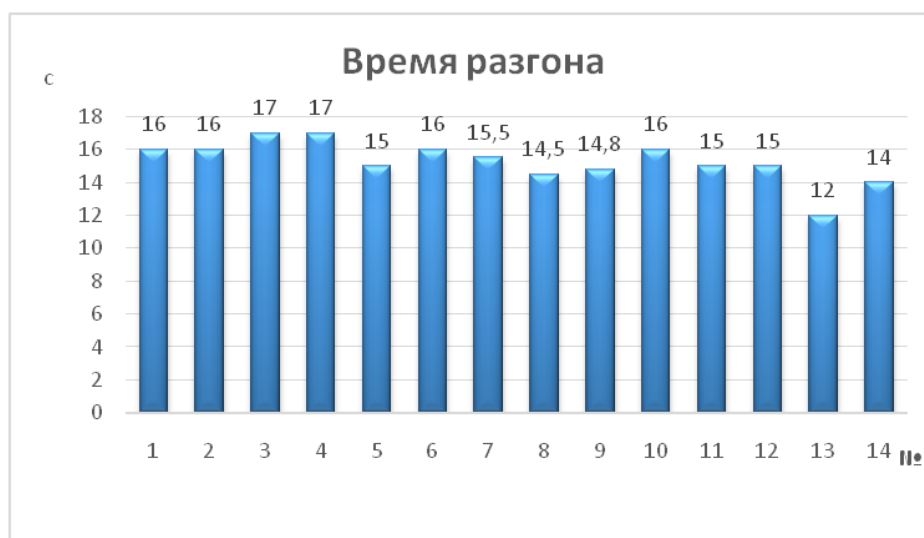


Рис. 4. Сравнение времени разгона до 100 км/ч

На графике (рис. 4) мы видим, что ряд под номером 13 – «026 кулачковый» – обеспечивает самый быстрый разгон до 100 км/ч (27,8 м/с) за 12 с. В то же время ряды под номерами 3 и 4, 6-й и 7 соответственно дают нам самое большое время разгона: 17 с.

На графике (рис. 5) представлены ряды КП автомобиля «Лада Гранта». По графику мы можем определить путь разгона до 100 км/ч. 026-й ряд КП показывает нам лучший результат – 160 м. Ряд под номером 745 КП уступает только 026-му, показывая результат в 200 м до 100 км/ч, что нельзя сказать про 5-й и 6-й ряды КП, которые выдают результаты в 310 м. Рядом с ними находится 11-й ряд КП – 300м.

На представленном графике топливной экономичности (рис. 6) мы видим, что ряд под номером 12 (это 103-й ряд), а также ряд под номером 7 (12-й ряд), имеют самые лучшие показатели топливной экономичности: 7,4 и 7,55 л/100 км соответственно. Самые плохие показатели топливной экономичности имеют ряды под номерами 14,9 и 4 «745 кулачковый» ряд, 200-й и 7-й ряды соответственно.



Рис. 5. Длина пути разгона до 100 км/ч

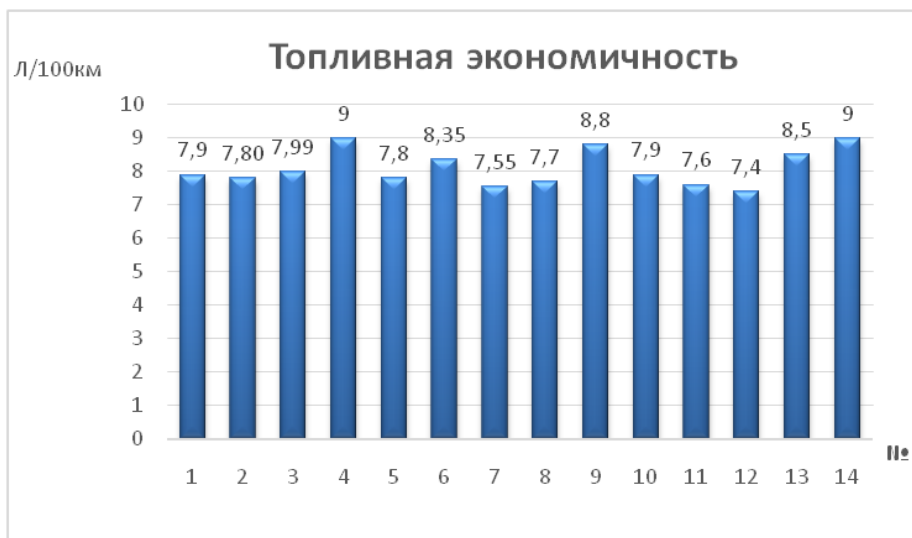


Рис. 6. Анализ топливной экономичности при разгоне автомобиля

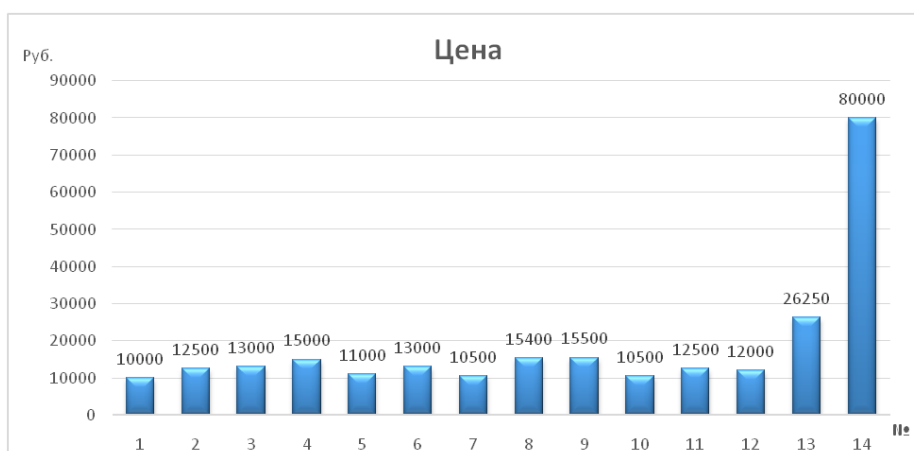


Рис. 7. Сравнение стоимости установочного комплекта

На графике сравнения цен (рис. 7) мы видим, что самую высокую цену имеет ряд под номером 14 – «745 кулачковый ряд» и ряд под номером 13 – «026 кулачковый ряд». Эти два ряда более чем в два раза превышают цену всех остальных рядов. Далее мы видим, что разница между самым дешевым рядом – это «стандартный ряд» – и наиболее дорогим из оставшихся – составляет 5 500 руб. Так, например, ряд под номером 9 – «200-й ряд» – стоит 15 500 руб., в то же время стандартный ряд стоит всего 10 000 руб.

Выводы

Представленные в работе материалы показывают, как с применением тюнинга трансмиссии автомобиля можно в процессе эксплуатации выбрать передаточные числа в коробке передач, улучшающие его динамические характеристики для соответствующих условий эксплуатации данного автомобиля.

Библиографический список

1. Доронкин, В.Г. К вопросу эффективности автомобильного тюнинга / В.Г. Доронкин, Г.Э. Кудинова, А.А. Курилова [Текст] // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2016. Т. 5. № 4 (17). С. 140-143.
2. Доронкин, В.Г. Математическое моделирование автомобильного тюнинга [Текст] / В.Г. Доронкин, Н.В. Колачева // Вектор науки ТГУ, № 3 (41), 2017. С. 47–53.
3. Московкин, В.В. Тягово-скоростные характеристики и топливная экономичность автомобиля. Теория и практика. [Текст] / В.В. Московкин, Т.Д. Дзоцеридзе, А.С. Шкель, М.А. Козловская, С.Н. Семикин. – М.: Металлургиздат, 2012. – 206 с.
4. Дьяков, И.Ф. Особенности математической модели при оптимальном проектировании автомобилей [Текст] // Вестник Ульяновского государственного технического университета. 2002. № 1. С. 17-20.
5. Хусаинов, А.Ш. Разработка модели улучшения эксплуатационных показателей транспортных средств [Текст] // Автоматизация процессов управления. 2018. № 4 (54). С. 97-102
6. Черепанов, Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля / Л.А. Черепанов. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2016. – 60 с.