

УДК 629.113.004

Д. В. Савенок, к.т.н., доцент
О. С. Беляев, магістр

Донбаська національна академія будівництва і
архітектури, м. Краматорськ, Україна
nik@donnaba.edu.ua

АНАЛІЗ МЕТОДИК ВИБОРУ ПЕРЕДАТОЧНИХ ЧИСЕЛ ТРАНСМІСІЇ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ ПІДВИЩЕНОЇ ПРОХІДНОСТІ

Виконано аналіз існуючих методик вибору передаточних чисел трансмісії. Враховуючи особливості експлуатації автомобілів підвищеної прохідності сформульовано концепцію вибору передаточних чисел для них.

Ключові слова: автомобіль підвищеної прохідності, трансмісія, паливна економічність, тягово-швидкісні властивості, передаточні числа.

Д. В. Савенок, к.т.н., доцент
А. С. Беляев, магістр

Донбасская национальная академия строительства и
архитектуры, г. Краматорск, Украина
nik@donnaba.edu.ua

АНАЛИЗ МЕТОДИК ВЫБОРА ПЕРЕДАТОЧНЫХ ЧИСЕЛ ТРАНСМИССИИ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ПОВЫШЕННОЙ ПРОХОДИМОСТИ

Выполнен анализ существующих методик выбора передаточных чисел трансмиссии. Учитывая особенности эксплуатации автомобилей повышенной проходимости сформулирована, концепция выбора передаточных чисел для них.

Ключевые слова: автомобиль повышенной проходимости, трансмиссия, топливная экономичность, тягово-скоростные свойства, передаточные числа.

D. Savenok, PhD., Assoc. Professor
A. Belyaev, MSc

Donbas National Academy of Civil Engineering and
Architecture, Kramatorsk, Ukraine
nik@donnaba.edu.ua

ANALYSIS METHODS OF SELECTING TRANSFER NUMBERS OF TRANSMISSION FOR SMALL CLASS CROSS-COUNTRY VEHICLES

The analysis of existing methods of selecting transfer numbers of transmission. Given the characteristics of exploitation cross-country vehicle formulated conception of selecting transfer numbers for them.

Key words: cross-country vehicle, transmission, fuel economy, tractive-speed characteristics transfer numbers.

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними задачами. Встановлення різних типів двигунів на легкових автомобілях підвищеної прохідності, обумовлює зміну показників тягово-швидкісних властивостей автомобілів. Якщо тягові властивості можна скоригувати досить просто введенням у трансмісію автомобіля знижувальної передачі, то швидкісні властивості потребують більш детальної оцінки шляхом добору передаточних чисел проміжних передач.

Аналіз досліджень і публікацій. У роботах з теорії автомобіля [1–3] вказується, що проміжні передачі в коробці передач повинні забезпечувати:

- 1) здатність автомобіля долати максимальний опір дороги;
- 2) здатність автомобіля швидко розганятися;
- 3) здатність автомобіля мати можливо високу швидкість руху у тяжких дорожніх умовах і на підйомах;
- 4) експлуатацію автомобіля в умовах, що не дозволяють використовувати високі швидкості руху (ожеледь, вибита дорога, затримка перед світлофорами, рух у колонах тощо);
- 5) забезпечення оптимальних показників тягово-швидкісних і паливно-економічних властивостей автомобіля при заданій зовнішній швидкісній характеристиці двигуна;
- 6) гальмування двигуном на крутому і тривалому гірському спусках.

Постановка задачі. Існуючі методики підбору ряду передаточних чисел трансмісії автомобіля зводяться до розрахунку ряду передаточних чисел коробки передач за математичними законами, за умови забезпечення високих показників техніко-експлуатаційних властивостей, у тому числі розгінних якостей та паливної економічності, що не достатньо для автомобілів підвищеної прохідності через особливості їх призначення та експлуатації.

Розглянемо і проаналізуємо ці методики.

Вирішення задачі. Так, Н. А. Яковлев, Н. В. Диваков у роботі [4] вказують, що кількість передач і величини передаточних чисел у коробці передач доцільно підбирати так, щоб забезпечити автомобілю найкращу здатність долати підйоми і розганятися. Передаточне число першої передачі вибирається за величиною максимального опору дороги і перевіряється по зчепленню ведучих коліс з дорогою. Остання робоча передача звичайно пряма. П'ята підвищувальна передача застосовується для поліпшення економічних якостей і зменшення зносу двигуна. Передаточне число цієї передачі попередньо встановлюється розрахунком за потужнісним балансом так, щоб при раніше обраному передаточному числі головної передачі і включеній підвищувальній передачі, автомобіль розвивав максимальну швидкість при кутовій швидкості колінчастого вала близькій до тієї, за якої двигун розвиває максимальну потужність. Остаточне це передаточне число коректується експериментальним шляхом. Як, правило, величина передаточного числа п'ятої передачі знаходиться в межах 0,70–0,82.

Співвідношення між передаточними числами в коробці передач вибирають так, щоб при розгоні можливо повніше використовувати потужність двигуна. Це може бути досягнуте тоді, коли розгін на кожній із передач починається при однаковій кутовій швидкості колінчастого вала. З даної умови випливає, що відношення передаточного числа попередньої передачі і передаточного числа наступної передачі для всіх передач повинне бути однаковим, тобто передаточні числа варто підбирати за геометричною прогресією.

Зауважимо, що даний метод визначення передаточних чисел ґрунтується на допущенні, що швидкість автомобіля за час переключення передач не зменшується. У дійсності швидкість зменшується і це зменшення тим більше, чим більше швидкість руху, внаслідок дії опору повітря. Це і служить причиною зближення на практиці (5–15 %) передаточних чисел вищих ступенів [5].

Крім геометричного ряду передаточних чисел з літератури [2] відомі арифметичний і гармонійний ряди.

Арифметичний ряд передаточних чисел не одержав поширення, тому що щільність ряду від вищих ступенів до нижчих зростає, а це суперечить присутній у більшості робіт з даного питання думці про те, що вищі ступені повинні бути зближені.

Гармонійний ряд, навпаки, має високу щільність на вищих передачах і недостатню – на нижчих, що в умовах інтенсивного міського руху може привести до зниження розгінних якостей автомобіля.

Закон розподілу передаточних чисел коробки передач впливає не тільки на динамічні показники автомобіля, але і на його паливну економічність.

Однак практично вплив зазначеного розподілу і на динамічні, і на економічні властивості автомобіля у більшості випадків незначний. Пояснюється це як відносно малою зміною передаточних чисел при різних законах розподілу, так і тим, що використання нижчих проміжних передач відносно дуже невелике, якщо виключити особливо важкі дорожні умови, а рух, в основному, відбувається або на прямій, або на підвищувальній передачі. У більшій мірі проміжні передачі у легкових та вантажних автомобілях використовуються в умовах інтенсивного міського руху.

Процентні співвідношення шляху і часу руху на різних передачах відрізняються внаслідок того, що швидкості руху при цьому різні.

Легкові автомобілі завдяки великому запасу потужності значну частину часу працюють на вищих передачах. Так, в міських умовах час руху на першій передачі не перевищує 2–4%, а на останній – 80–82%.

При значній величині питомої потужності, що характерно для сучасного легкового автомобілебудування, значення проміжних передач буде зменшуватися. При цьому роль коробки передач у всьому діапазоні передатних відношень зводиться головним чином до забезпечення інтенсивного розгону і подолання окремих особливо важких ділянок шляху.

При незначній величині питомої потужності і при русі у важких дорожніх умовах використання проміжних передач набуває істотного значення і для легкових автомобілів [6].

Крім розглянутих трьох законів, добре вивчених різними дослідниками, застосовують і інші.

М.К. Куликов у роботі [7] пропонує так званий динамічний ряд передаточних чисел коробки передач, що забезпечує автомобілю найкращу прийомистість. Для рішення даної задачі складається рівняння загального часу розгону автомобіля. Загальний час розгону дорівнює сумі часів розгону на передачах з урахуванням часу на їхнє переключення.

Надалі приймається, що всі параметри автомобіля і дороги, крім передаточних чисел коробки передач, є фіксованими. Передаточні числа можуть бути змінені. У залежності від їхніх значень, загальний час розгону автомобіля буде різним.

Для визначення мінімального значення часу розгону функція загального часу розгону досліджується на екстремум. Аналіз функцій часу розгону конкретних автомобілів дозволяє одержати динамічний ряд передаточних чисел в їх коробках передач.

У випадку чотирьохступеневої коробки передач динамічному ряду повинні відповідати три останні передачі (перша передача для розгону не застосовується), п'ятиступеневої коробки передач – чотири останні передачі. Передаточне число головної передачі і потужність двигуна повинні визначатися з урахуванням реалізації динамічного ряду передаточних чисел.

Окрім розглянутих методів і методик, в основу яких покладене забезпечення одного конкретного показника, використовуються ще і комплексні показники.

Н.М. Фількин [8] розглядає розрахунок оптимальних передаточних чисел трансмісії автомобіля як задачу багатокритеріальної оптимізації. Як часткові критерії оптимальності беруться показники, що характеризують паливну економічність і тягово-швидкісні властивості автомобіля. Для оцінки паливної економічності такими критеріями є: витрата палива в міських їздових циклах, витрата палива в магістральному їздовому циклі, витрата палива при заданих сталих швидкостях руху автомобіля. Частковими критеріями тягово-швидкісних властивостей автомобіля є: максимальний підйом, максимальна швидкість на горизонтальній ділянці шляху, час розгону з місця з переключенням передач до заданої кінцевої швидкостей розгону, час розгону з місця з переключенням передач на заданих мірних ділянках шляху тощо.

Одночасно поліпшувати часткові критерії паливної економічності і тягово-швидкісних властивостей автомобіля, відзначає автор, у загальному випадку неможливо, тому що багато часткових критеріїв суперечать один одному. Крім того, обрані автором часткові критерії не зовсім правильні, тому що їхні чисельні значення відрізняються між собою на порядок і вище, що може привести до того, що вага одного часткового критерію перевищить всі інші разом узяті. Запропонований узагальнений критерій оптимальності, що являє собою комбінацію часткових критеріїв оптимальності з відповідними коефіцієнтами вагомості, не позбавлений зазначених недоліків. Крім того, недоліком даної методики є ще і те, що коефіцієнти вагомості часткових критеріїв оптимальності для низьких і високих ступенів трансмісії автомобіля ті ж самі. Нижчі ж ступені використовуються, в основному, для розгону автомобіля. Тому для вибору передаточних чисел цих ступенів критерій прийомистості автомобіля є домінуючим. Вищі ж ступені, як найбільше часто використовувані, повинні забезпечувати автомобілю економічний режим руху і високу максимальну швидкість. Ці показники для підбору передаточних чисел вищих ступенів повинні бути домінуючими.

Аналіз розглянутих методів і методик, а також численних дослідницьких робіт із удосконалювання методів підбору ряду передаточних чисел трансмісії автомобіля показує, що різні автори використовують різні критерії-показники техніко-експлуатаційних властивостей автомобілів, але єдиного загальноприйнятого набору показників – немає.

Застосовувані методи оптимізації параметрів, як відомо, повинні забезпечувати високу вірогідність одержуваних результатів, малу трудомісткість досліджень, простоту аналізу результатів і ґрунтуватися на кількісних показниках. Методи визначення оптимальних передаточних чисел трансмісії автомобіля повинні враховувати, і цей головний, кількісний вплив показників швидкісних якостей і паливної економічності на ефективність роботи автомобіля при зміні його конструктивних параметрів.

При рішенні задачі вибору оптимального ряду передаточних чисел трансмісії автомобіля, використаємо більш простий і зручний в інженерних розрахунках критерій для оцінки ефективності роботи вантажного автомобіля загального призначення, що враховує основні техніко-експлуатаційні показники, що залежать, в основному, від конструкції автомобіля [9].

Такими критеріями може бути питома транспортна продуктивність автомобіля, що визначається середньою швидкістю V_{cp} його руху, та експлуатаційна витрата палива Q_s . Тому

вибір передаточних чисел трансмісії повинний бути спрямований на підвищення V_{cp} і зменшення Q_s . Очевидно, що збільшенню середньої швидкості руху автомобіля будуть сприяти поліпшення його розгінних якостей і підвищення максимальної швидкості. Для зниження експлуатаційної витрати палива на маршруті передаточні числа найбільше часто використовуваних високих ступенів повинні визначатися за умови мінімізації цього показника.

Висновки. Таким чином може бути сформульована наступна концепція вибору ряду передаточних чисел трансмісії легкового автомобіля підвищеної прохідності: передаточні числа нижчих і вищих ступенів коробки передач необхідно визначати з пріоритетом різних критеріїв:

передаточні числа проміжних низьких ступенів коробки передач повинні визначатися за умови забезпечення автомобілю високих розгінних якостей. Поряд з цим повинна враховуватися паливна економічність автомобіля при розгоні;

передаточні числа вищих ступенів повинне визначатися за умови забезпечення високої паливної економічності і максимальної швидкості автомобіля.

Для забезпечення поставленої умови при виборі оптимальних передаточних чисел трансмісії автомобіля необхідно враховувати характеристики передбачуваних дорожніх умов експлуатації і швидкісні режими руху.

Література

1. Чудаков Е. А. Теория автомобиля / Е. А. Чудаков. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машгиз, 1950. – 343 с.
2. Зимелев Г. В. Теория автомобиля / Г. В. Зимелев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Воениздат, 1957. – 455 с.
3. Иларионов В. А. Эксплуатационные свойства автомобиля / В. А. Иларионов. – М.: Машиностроение, 1966. – 280 с.
4. Яковлев Н.А. Теория автомобиля / Н.А. Яковлев, Н.В. Диваков. – М.:Высшая школа, 1962. – 300 с.
5. Литвинов А. С. Автомобиль. Теория эксплуатационных свойств / А. С. Литвинов, Я. Е. Фаробин. – М.: Машиностроение, 1989. – 225 с.
6. Сахно В.П., Сітовський О.П. До визначення передаточних чисел коробки передач легкового автомобіля підвищеної прохідності малого класу. – АВІА 2001. Збірник наукових праць. Том 4, с. 43-48.
7. Куликов Н.К. Динамический ряд передаточных чисел коробки передач / Н.К. Куликов //Автомобильная промышленность. – 1958.– №12.– С. 19-22.
8. Филькин Н. Н. Оптимизация передаточных чисел и количества ступеней трансмиссии легкового автомобиля: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03 / Н. Н. Филькин. – М.: МВТУ им. Баумана, 1990. – 21 с.
9. Наркевич Э.И. Методы комплексного исследования тягово-скоростных свойств и топливной экономичности городских автобусов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук / Э.И. Наркевич. – М., 1982.– 16 с.