

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ НАГРУЖЕНИЯ ТРАНСМИССИИ АВТОМОБИЛЯ

Ткачева Анна Викторовна, студентка гр. М-31;

Коряк А. А., доц. каф. деталей машин и ТММ.

ВВЕДЕНИЕ

Расчеты на прочность и долговечность зубчатых колес автомобильных коробок передач (КП) усложняются вероятностным характером их режимов нагружения. С увеличением числа ступеней и в связи со все более частым появлением автомобилей с бесступенчатыми трансмиссиями, решение указанной задачи является актуальной.

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты исследований распределения пробега автомобилей на разных передачах приведены в работах [1, 2]. Показано, что с увеличением числа передач коробки доля пробега автомобиля на высшей передаче приближается у легковых автомобилей до 75 %, а в грузовых – до 50 %. Распределение доли пробега автомобилей на других передачах зависит от типа автомобиля, количества передач, условий эксплуатации и т.п.

В работе [3] была решена задача определения функций плотности распределения доли пробега и времени работы грузового автомобиля с десятиступенчатой коробкой передач в зависимости от передаточного числа коробки. Это может быть использовано как при проектировании новых автомобилей, так и при оценке режимов нагружения автомобилей, находящихся в эксплуатации.

Целью данного исследования является получение функции плотности распределения пробега автомобиля КрАЗ-63221 в зависимости от передаточного числа КП, что упростит расчет на выносливость элементов его трансмиссии.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИИ ПЛОТНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОБЕГА АВТОМОБИЛЯ НА РАЗЛИЧНЫХ ПЕРЕДАЧАХ

Автомобиль КрАЗ-63221 оборудован двухдиапазонной коробкой передач, реализующей восемь передач переднего хода и две передачи заднего хода. Передаточные числа u_k передач переднего хода: 7,73; 5,52; 3,94; 2,80; 1,96; 1,39; 1,00; 0,71. Передаточные числа заднего хода: 11,79; 2,99.

Величины передаточных чисел передач переднего хода дают основания полагать, что при кинематическом синтезе данной КП конструкторы руководствовались законом геометрической прогрессии со знаменателем $q \approx 1,406$.

Вспользуемся предложенной в работе [3] гипотезой, что плотность вероятности пробега автомобиля по значениям передаточных чисел имеет вид степенной функции с отрицательным показателем

$$f(u_k) = \frac{A}{u_k^B}, \quad (1)$$

где A и B – некоторые коэффициенты.

Предположим, что закон (1), реализуемый в бесступенчатой трансмиссии, в ступенчатой передаче может аппроксимироваться ступенчато изменяемой зависимостью (рис. 1).

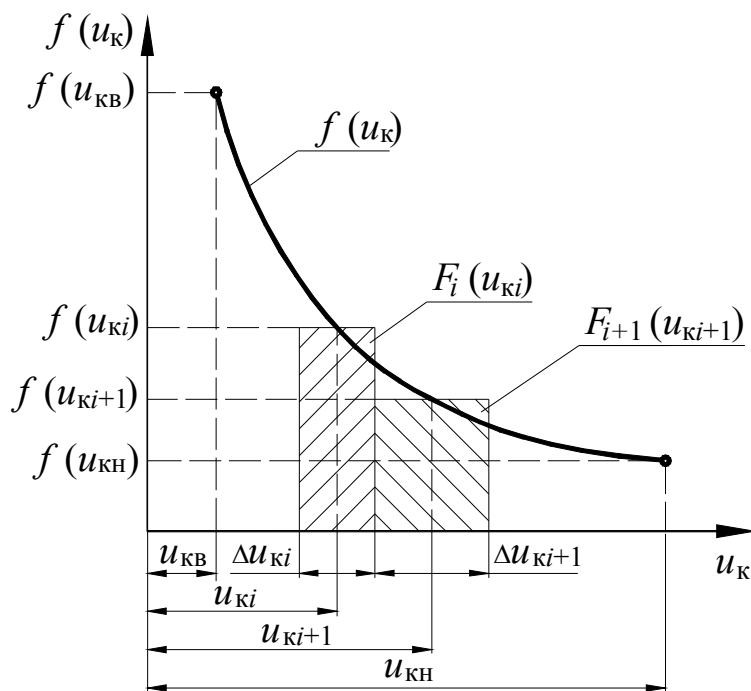


Рисунок 1 – Плотность распределения относительного пробега автомобиля в зависимости от величины передаточного числа коробки передач

Доля пробега автомобиля при i -ом значении передаточного числа коробки (см. рис. 1)

$$F(u_{ki}) = f(u_{ki})\Delta u_{ki} \quad (2)$$

где Δu_{ki} – разность значений передаточных чисел смежных передач.

$$\Delta u_{ki} = u_{ki+1} - u_{ki} = u_{ki}(q - 1), \quad (3)$$

где q – знаменатель геометрической прогрессии изменения передаточных чисел коробки передач,

$$q = u_{ki+1} / u_{ki} \quad (4)$$

Нужно иметь в виду, что величина Δu_{ki} увеличивается с ростом u_{ki} .

Обозначим j – порядковый номер передачи. Тогда величина передаточного числа на j -ой передаче

$$u_{kj} = u_{\text{КВ}} q^{n-j}, \quad (5)$$

где $u_{\text{КВ}}$ – передаточное число коробки на высшей передаче;
 n – число передач в коробке.

Разность значений передаточных чисел смежных передач

$$\Delta u_{kj} = u_{\text{КВ}} q^{n-j} (q - 1). \quad (6)$$

Очевидно, что для всех передач

$$\sum_{j=1}^n F(u_{kj}) = \sum_{j=1}^n f(u_{kj}) \Delta u_{kj} = u_{\text{КВ}} (q - 1) \sum_{j=1}^n f(u_{kj}) q^{n-j} = 1. \quad (7)$$

Из выражения (7) определим

$$\sum_{j=1}^n f(u_{kj}) q^{n-j} = \frac{1}{u_{\text{КВ}} (q - 1)}. \quad (8)$$

Условие (8) является необходимым для корректного получения закона плотности распределения пробега автомобиля при различных значениях передаточного числа в коробке.

Определим коэффициенты A и B принятого закона (1). При этом, как уже отмечалось, необходимо удовлетворить уравнение (7) (либо (8)). Кроме того, статистические данные, представленные в работах [1, 2], свидетельствуют о том, что доля пробега автомобиля на высшей передаче составляет около 50 % то есть, $F(u_{\text{КВ}}) = 0,5$. Примем данный факт в качестве второго условия при определении упомянутых коэффициентов.

Из уравнения (2) определим для $u_{ki} = u_{\text{КВ}}$

$$f(u_{\text{КВ}}) = \frac{F(u_{\text{КВ}})}{\Delta u_{\text{КВ}}}. \quad (9)$$

При этом

$$\Delta u_{\text{КВ}} = u_{\text{КВ}} (q - 1). \quad (10)$$

Выражение (9) с учетом (10) примет вид

$$f(u_{\text{КВ}}) = \frac{F(u_{\text{КВ}})}{u_{\text{КВ}} (q - 1)}. \quad (11)$$

С использованием уравнений (1), и (11) определим

$$A = \frac{u_{\text{KB}}^B F(u_{\text{KB}})}{u_{\text{KB}}(q-1)}. \quad (12)$$

Коэффициент B находим, обеспечив выполнение условия (7). С учетом (1), (7) и (12) получим

$$u_{\text{KB}}(q-1) \sum_{j=1}^n \frac{u_{\text{KB}}^B F(u_{\text{KB}}) q^{n-j}}{u_{\text{KB}}(q-1)(u_{\text{KB}} q^{n-j})^B} = \sum_{j=1}^n \frac{F(u_{\text{KB}}) q^{n-j}}{(q^{n-j})^B} = 1. \quad (13)$$

Учитывая, что $F(u_{\text{KB}})=0,5$, после численного решения (13) находим: $B=3,022$.

Подставляя найденное значение коэффициента B в (12), получим: $A=0,616$.

Таким образом, для рассматриваемого случая, плотность распределения пробега автомобиля на различных передачах может быть определена по следующей зависимости:

$$f(u_{\text{kj}}) = \frac{0,616}{u_{\text{kj}}^{3,022}}. \quad (14)$$

В таблице 1 приведены результаты расчета доли пробега автомобиля на различных передачах. Передаточные числа коробки u_{kj} рассчитывались по закону геометрической прогрессии со знаменателем $q = 1,406$. В нижней строчке таблицы приведены данные, представленные в работе [1].

Таблица 1 – Расчет параметров $F(u_{\text{kj}})$ для рассматриваемого автомобиля с $u_{\text{KB}}=0,71$; $F(u_{\text{KB}}) = 0,5$; $q = 1,406$ и $n = 8$.

Передача	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
u_{kj}^*	7,73	5,52	3,94	2,80	1,96	1,39	1,00	0,71
u_{kj}	7,71	5,48	3,90	2,77	1,97	1,40	1,00	0,71
Δu_{kj}	3,13	2,23	1,58	1,13	0,80	0,57	0,40	0,29
$f(u_{\text{kj}})$	0,0013	0,0036	0,0101	0,0282	0,0790	0,2211	0,6193	1,7341
$F(u_{\text{kj}})$	0,0040	0,0080	0,0160	0,0318	0,0633	0,1260	0,2510	0,5000
$F(u_{\text{kj}})^{**}$	0,0040	0,0080	0,0120	0,0260	0,0600	0,1400	0,2500	0,5000

* – реальные значения передаточных чисел;

** – по данным [1].

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенного исследования определена функция плотности распределения пробега автомобиля в зависимости от передаточного числа в коробке передач.

2. Полученная модель может использоваться при оценке режимов нагружения трансмиссий автомобилей, имеющих подобные конструктивные и эксплуатационные характеристики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Осепчугов В. В. Автомобиль. Анализ конструкций, элементы расчета. Учебник /В. В. Осепчугов, А. К. Фрумкин. – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.

2. Проектирование трансмиссий автомобилей: Справочник / Под общ. ред. А. И. Гришкевича. – М.: Машиностроение, 1984. – 272 с.

3. Подригало М. А. Моделирование вероятностного закона распределения используемых передаточных чисел коробки передач при эксплуатации автомобиля / М. А. Подригало, А. А. Коряк // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Випуск 205 "Проблеми надійності машин", – 2019, С. 30-37.