

*Д.О. ВОЛОНЦЕВИЧ*, д-р техн. наук, *А.И. ВЕРЕТЕННИКОВ*, канд. техн. наук, *Е.А. ВЕРЕТЕННИКОВ*, *Ю.М. МУЩИНСКИЙ*, НТУ «ХПИ» (г. Харьков)

## **ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИНАМИЧНОСТИ АРМЕЙСКИХ КОЛЕСНЫХ МАШИН И СОВЕРШЕНСТВА ИХ ТРАНСМИССИЙ ПО КРИТЕРИЮ МАКСИМАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ**

У даній роботі запропонований новий підхід в оцінці показників динамічності наземних транспортних засобів і досконалості їхніх трансмісій, а також проведена оцінка динамічності вітчизняних армійських колісних машин і ступеня досконалості їхніх трансмісій за критерієм максимального використання потужності двигуна.

In the given work the new approach in an estimation of indicators of dynamism of land vehicles and perfection of their transmissions is offered, and also the estimation of dynamism of domestic army wheel cars and degree of perfection of their transmissions by criterion of maximum use of capacity of the engine is spent.

### **Введение.**

При проектировании новых или выборе лучшего образца из имеющихся в наличии колесных и гусеничных машин любого назначения всегда возникает вопрос сравнительной оценки их показателей динамичности. Особенно это важно для автомобилей спортивного класса и колесных и гусеничных машин военного назначения, где параметры динамичности имеют более высокий приоритет по сравнению с параметрами топливной экономичности и требованиями по экологии к транспортному средству.

Кроме того, далеко не каждая машина, имеющая весьма мощный двигатель, способна из-за структуры и параметров своей трансмиссии во всем диапазоне скоростей реализовывать всю эту мощность в виде силы тяги.

### **Анализ последних достижений и публикаций.**

Для решения описанных выше задач и в теории автомобиля и в теории колесных и гусеничных машин обычно используются такие показатели как динамический фактор и удельная сила тяги, время и путь разгона до заданной скорости или график достижимых ускорений [1-3].

Однако ни один из этих показателей не является достаточно универсальным и удобным в процессе автоматизированного анализа показателей, например, на этапе оптимизационных расчетов. Поэтому был предложен критерий максимального использования мощности двигателя [4], с помощью которого удобно оценивать динамичность машин и качество их трансмиссий, в том числе и при параметрической оптимизации. Также данный критерий позволяет сравнивать степень совершенства гидродинамических и механических трансмиссий.

### Цель и постановка задачи.

Целью данной работы является оценка показателей динамичности армейских колесных машин и совершенства разных типов трансмиссий по критерию максимального использования мощности двигателя.

### Основная часть.

Рассмотрим этот показатель для бронетранспортеров, характеристики которых приведены в таблице 1.

Таблица 1

Основные характеристики бронетранспортеров

Характеристики	Модели бронетранспортеров			
	БТР-80	БТР-3Е	БТР-3У	Дозор Б-1
1	2	3	4	5
Длина, мм	7650	7850	7650	5680
Высота, мм	2350	2928	2930	2400
Ширина, мм	2900	2900	2900	2700
Масса автомобиля полная, кг	14000	16000	16400	8000
Мощность брутто, кВт/л.с., при (мин <sup>-1</sup> )	191/260 ( 2600 )	221/300 ( 2600 )	240/326 ( )	140/191 ( 2300 )
Макс. крутящий момент брутто, Нм при (мин <sup>-1</sup> )	785 (1600-1800)	981 (1500-1600)		714 (1400)
Максимальная скорость, км/ч	80	80	100	120
Передаточные числа КПП	7,82; 4,03; 2,5; 1,53; 1; зх 7,38	7,82; 4,03; 2,5; 1,53; 1; зх 7,38	3,49; 1,86; 1,41; 1; 0,75; зх 5,03	
Передаточные числа РК	0,76; 1,39	0,76; 1,39		
Передаточные числа ГП	1,826	1,826	1,826	1,826
Радиус ВК, м	0,54	0,54	0,522	0,522

Графики динамического фактора для машин с гидродинамической трансмиссией на высшей ступени раздаточной коробки представлены на кривых 1 – 2 рис. 1.

Графики динамического фактора для машин с механической трансмиссией на высшей ступени раздаточной коробки представлены на кривых 1 – 2 рис. 2.

При определении времени и пути разгона машины до заданной скорости оценивается для каждой скорости движения разница между динамическим фактором  $D$  и суммарным коэффициентом сопротивления движению  $f_0$ , после чего находится потенциально возможное максимальное ускорение

$$a = \frac{g}{d}(D - f_0),$$

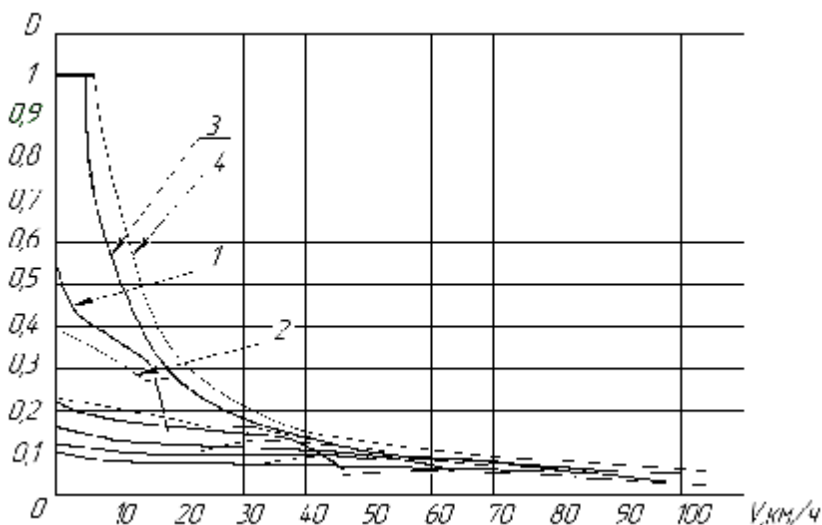


Рисунок 1 – Графики классического динамического фактора на высшей ступени раздаточной коробки для бронетранспортеров:  
 динамический фактор для реальных трансмиссий бронетранспортеров:  
 1 – БТР-3У; 2 – Дозор Б-1; динамический фактор для идеальных трансмиссий бронетранспортеров: 3 – БТР-3У; 4 – Дозор Б-1

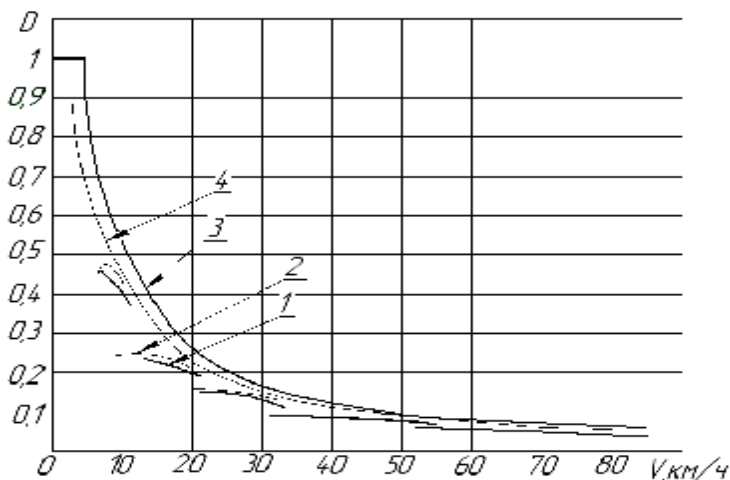


Рисунок 2 – Графики классического динамического фактора на высшей ступени раздаточной коробки для бронетранспортеров:  
 динамический фактор для реальных трансмиссий бронетранспортеров:  
 1 – БТР-3Е; 2 – БТР-80; динамический фактор для идеальных трансмиссий бронетранспортеров: 3 – БТР-3Е; 4 – БТР-80

где  $g$  – ускорение свободного падения;  $d$  – коэффициент приведения вращающихся масс. И тогда приращение по времени при переходе из  $j$  – ой точки со скоростью  $V_{l,j}$  в  $(j+1)$  – ую со скоростью  $V_{l,j+1}$  при движении на  $l$  – ой передаче составит

$$\Delta t = \frac{(V_{l,j+1} - V_{l,j})(d_{l,j+1} + d_{l,j})}{g(D_{l,j+1} + D_{l,j} - 2f_0)}.$$

Далее, зная в каждой точке скорость движения машины и время перехода из точки в точку, можно определить путь, проходимый машиной за время достижения заданной скорости. Однако все эти вычисления можно произвести, только задавшись предварительно условиями движения (значение  $f_0$ ), что не позволяет или сильно затрудняет получение полной информации об абсолютной или относительной динамичности машины во всем спектре скоростей и дорожных условий. Для решения этой проблемы предлагается от графика классического динамического фактора  $D$  перейти к графику интегрального динамического фактора  $D_S$ :

$$D_S = \int_0^{V_{\max}} D dV, \quad (1)$$

который фактически является площадью под кривой  $D = f(V)$  и характеризует динамические возможности машины при разгоне ее с места до любой текущей скорости  $V$ . При этом в процессе сравнения динамических характеристик различных машин может получиться, что на разных участках скоростной характеристики машины могут иметь лучшие или худшие сравнительные показатели.

Графики интегрального динамического фактора, рассчитанного по формуле (1) для высшей ступени раздаточной коробки представлены на кривых

1 – 3 рис. 3.

С помощью критерия максимального использования мощности двигателя можно оценивать динамические возможности машины как с полной нагрузкой, так и с частичной, как на нормальном так и на замедленном ряду в раздаточной коробке, независимо от условий движения, и, самое главное – в автоматизированном режиме, используя этот параметр в качестве одной из целевых функций в процессе оптимизации параметров или структуры трансмиссии.

Для оценки уровня совершенства по критерию максимального использования мощности двигателя собственно трансмиссии, а не машины в целом, необходимо построить графики классического и интегрального динамического фактора для этой машины при условии, что вместо штатной трансмиссии

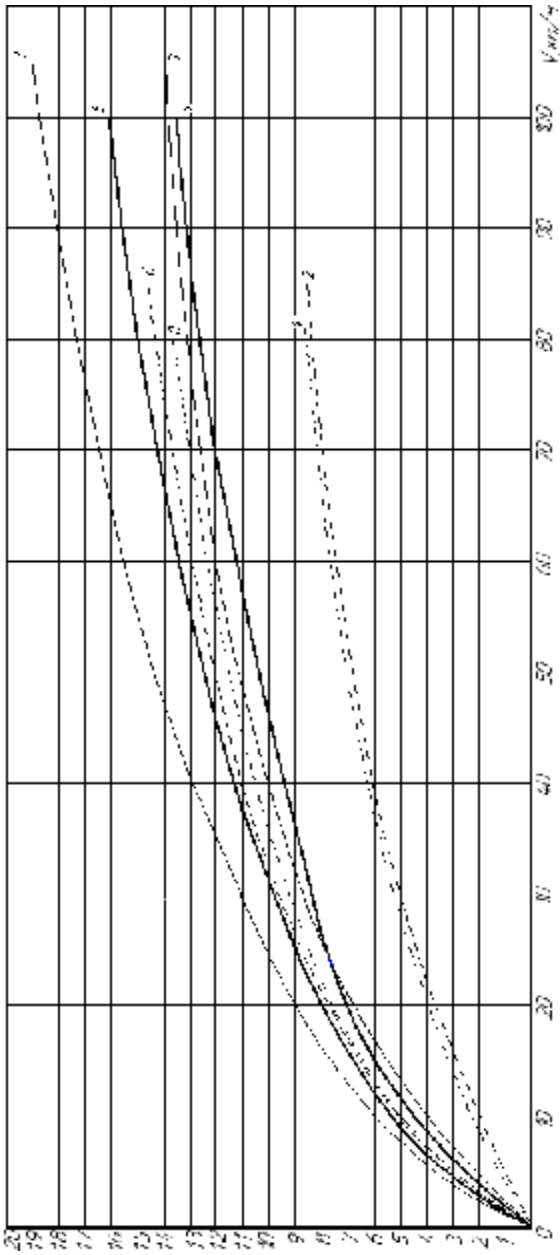


Рисунок 3 – Графики интегрального динамического фактора на высшей ступени раздаточной коробки для бронетранспортеров, приведенных в табл. 1:  
динамический фактор для реальных трансмиссий бронетранспортеров:  
1 – БТР-3У; 2 – БТР-3Е; 3 – Дозор Б-1; 4 – БТР-80;  
динамический фактор для идеальных трансмиссий бронетранспортеров:  
5 – БТР-3У; 6 – БТР-3Е; 7 – Дозор Б-1; 8 – БТР-80

на ней будет установлен идеальный трансформатор крутящего момента. Под идеальным трансформатором крутящего момента понимаем такое условное устройство, которое преобразует крутящий момент бесступенчато и без потерь мощности в соответствии с уравнением

$$M_i = \frac{N}{w}. \quad (2)$$

Для однозначного определения крутящего момента и динамического фактора при малых значениях  $w$  для всех  $D_i > 1$  принимаем  $D_i = 1$  (кривые 3–4 на рис. 1-2).

После этого строим графики интегрального динамического фактора для вариантов машин, указанных в табл. 1, с идеальной трансмиссией (кривые 5–8 на рис. 3).

Теперь в нашем распоряжении имеется численный материал по степени приближения рассматриваемых реальных трансмиссий к соответствующим идеальным при разгоне автомобиля до любой достижимой скорости с места. В этом случае мы получаем возможность проанализировать качество собственно трансмиссии по количеству передач, по закону разбивки передаточных чисел, по потерям в трансмиссии независимо от показателей мощности и грузоподъемности транспортного средства.

С целью получения коэффициента качества трансмиссии по критерию использования мощности двигателя в процессе разгона необходимо для каждого автомобиля во всем диапазоне скоростей от нуля до  $V_{\max}$  разделить текущее значение интегрального динамического фактора автомобиля с реальной трансмиссией на соответствующее значение интегрального динамического фактора автомобиля с идеальной трансмиссией:

$$K_{к.мп.i} = \frac{D_{Si}}{D_{Sид.мп.i}}. \quad (3)$$

Графики коэффициентов качества трансмиссии, рассчитанных по формуле (3), по критерию использования мощности двигателя в процессе разгона для бронетранспортеров, приведенных в табл.1, изображены на рис. 4.

#### **Выводы.**

В данной работе проведена оценка динамичности армейских колесных машин и степени совершенства разных типов трансмиссий по критерию максимального использования мощности двигателя.

Следует отметить, что:

– Большой интегральный динамический фактор не является залогом лучшего использования мощности двигателя, которая тем выше, чем ближе расположены реальный и идеальный интегральные динамические факторы машины.

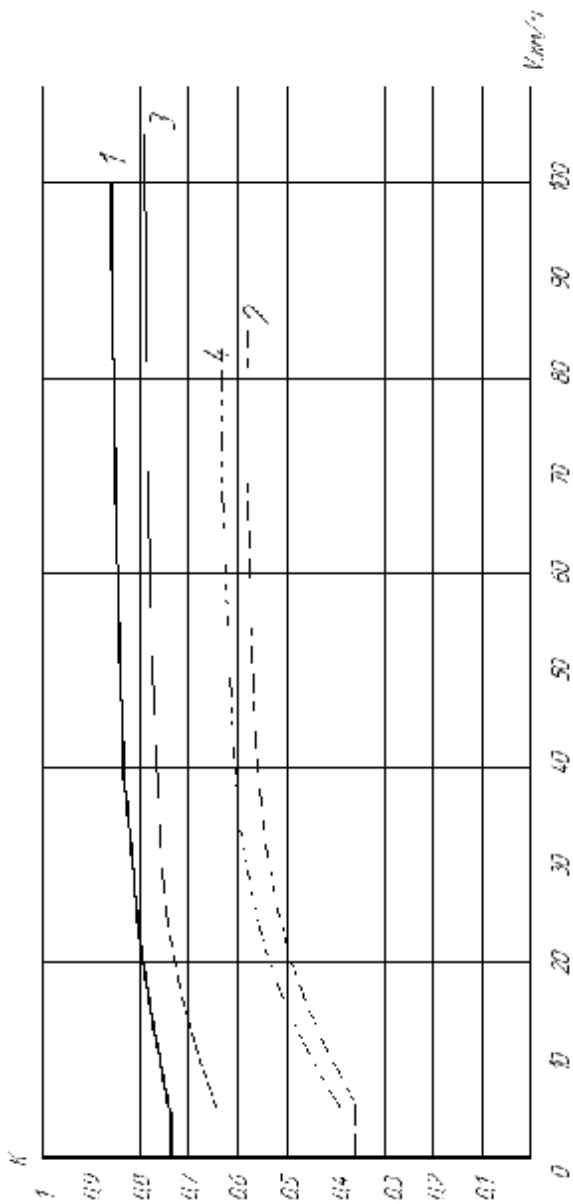


Рисунок 4 – Графики коэффициентов качества трансмиссии по критерию использования мощности двигателя в процессе разгона для бронетранспортеров:

1 – БТР-3У; 2 – БТР-3Е; 3 – Дозор Б-1; 4 – БТР-80

– Установка гидродинамической трансмиссии приводит к значительному улучшению динамических показателей. Так, по проведенным расчетам гидродинамическая трансмиссия бронетранспортера БТР-3У намного лучше использует мощность своего двигателя (при разгоне до скорости 80 км/ч – на 40%), чем механическая трансмиссия на бронетранспортере БТР-3Е. На легком бронетранспортере Дозор Б-1, несмотря на больший интегральный динамический фактор, использование мощности хуже, чем на бронетранспортере БТР-3У.

– На бронетранспортере БТР-3Е и бронетранспортере БТР-80 установлена одинаковая пятиступенчатая коробка передач КамАЗ. Однако при создании БТР-3Е была сделана ставка на повышение максимальной скорости за счет изменения передаточных чисел трансмиссии (раздаточная коробка, бортовой редуктор). Максимальная скорость машины выросла на 5%, но при этом потеря в использовании мощности двигателя при разгоне составила около 8%.

– По проведенным расчетам можно сделать вывод, что, несмотря на массовое производство, коробка передач КамАЗ с точки зрения использования мощности двигателя при динамичном разгоне далека от совершенства и при создании новой техники в данном вопросе не обязательно преследовать цель высокой унификации.

И в заключении следует отметить, что критерий использования мощности двигателя в процессе разгона для большинства машин может быть совсем не приоритетным и конечно не единственным при проектировании трансмиссии. В процессе параметрической оптимизации его наряду с другими критериями следует учитывать с применением соответствующих весовых коэффициентов, однако для спортивных автомобилей и колесных и гусеничных машин военного назначения именно критерий использования мощности двигателя в процессе разгона является особенно значимым.

**Список литературы:** 1. Методика расчета тягово-скоростных свойств и топливной экономичности автомобиля на стадии проектирования: Учебное пособие. // Д.Е. Вохминов, В.В. Коновалов, В.В. Московкин и др. – М.: МГТУ «МАМИ», 2000. – 43 с. 2. Смирнов Г.А. Теория движения колесных машин. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с. 3. Забавников Н.А. Основы теории транспортных гусеничных машин. – М.: Машиностроение, 1975. – 448 с.

*Поступила в редколлегию 17.11.2009*