

УДК 621.85-52

Толстолицкий В.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДИНАМИЧЕСКОГО И ЭКОНОМИЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСМИССИЕЙ БТР-4 С ДВИГАТЕЛЕМ ЗТД-3А

В нынешнее время экономия топлива особенно актуальна, так как цены на него постоянно и уверенно растут. Для военной техники проблема экономии топлива остро встает в мирное время, когда есть возможность пожертвовать временем, необходимым для переброски техники, и сократить потребление топлива, а значит, сэкономить средства и ресурсы. Определяющим фактором, влияющим на экономичность движения, является стиль вождения. Приемы вождения автомобиля в экономичном режиме хорошо известны [1, 2]. Приведем наиболее эффективные из них:

- избегать любых резких движений с педалью подачи топлива, стараясь постоянно находиться в экономичном режиме;
- никаких резких стартов, переключать передачи как можно раньше, двигаться прямолинейно и равномерно;
- избегать обгонов и перестроений, не двигаться "накатом" на нейтральной передаче, избегать любых изменений "крейсерской" скорости, стараться, как можно меньше тормозить;
- снижать скорость автомобиля, используя прием "торможение двигателем".

Список приемов экономичного вождения можно продолжать достаточно долго, однако они все сводятся к обеспечению равномерного движения с постоянной или близкой к постоянной скорости.

Внедрение данного принципа в алгоритмы системы управления трансмиссией БТР-4 позволит снизить объемы потребления топлива, увеличить запас хода по шоссе и повысить экологичность БТР. Однако, не всегда топливная экономичность является определяющей. В условиях боевой обстановки (или приближенной к боевой) военная техника должна обладать высокой подвижностью, что предполагает максимальную динамичность движения машины: интенсивный разгон, торможение, движение на максимальных скоростях и т.д., что достигается за счет увеличения потребления топлива.

Таким образом, наряду с экономичным режимом управления трансмиссией БТР-4, который позволит снизить расход топлива, необходим противоположный по сущности, динамичный режим управления, который позволит, если того потребует ситуация, увеличить характеристики подвижности.

Движение машины можно разделить на три этапа: разгон, движение с постоянной скоростью и торможение. Каждый из этих этапов характеризуется своей интенсивностью расхода топлива (рис. 1). При разгоне расход топлива максимален, что связано с необходимостью преодоления сил инерции, возникающих при ускоренном движении. Движение с постоянной скоростью характеризуется наименьшим расходом топлива, необходимым для обеспечения уровня крутящего момента двигателя, соответствующего сумме сил сопротивления движению, таких как сила трения, сопротивления воздуха и т.д. При торможении двигателем потребление топлива минимально или отсутствует.

Автоматическая система управления движением БТР-4 оказывает непосредственное влияние на интенсивность разгона и эффективность торможения двигателем.

Рассмотрим типы управления. Экономичное управление подразумевает прохождение определенного участка трассы с минимальными затратами топлива или

$$\text{const } \Delta S \text{ при min } \Delta g_e, \quad (1)$$

где ΔS – пройденный путь; Δg_e – расход топлива.

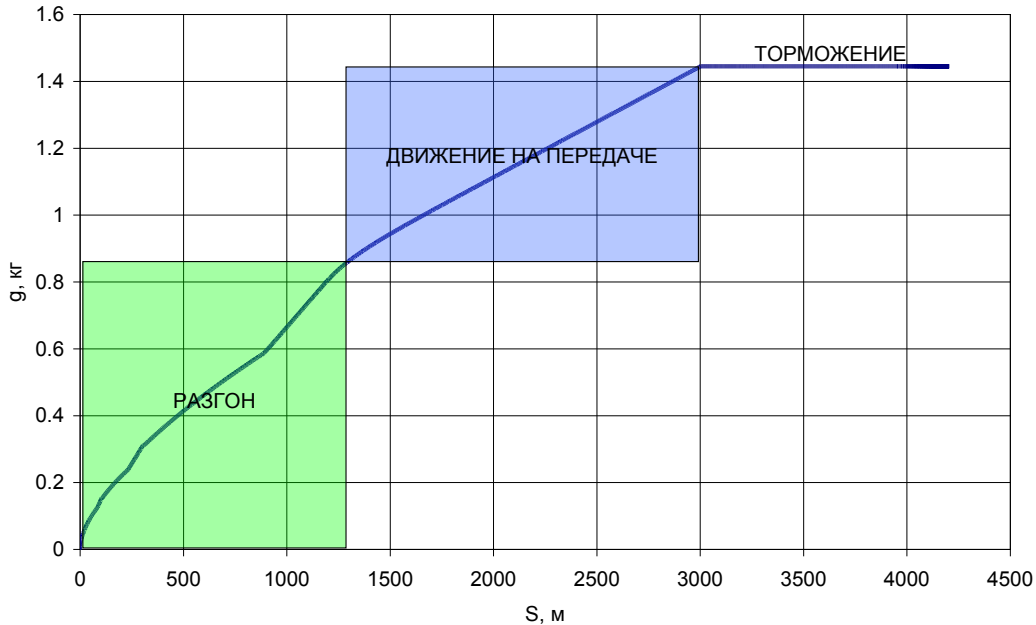


Рисунок 1 – Расход топлива в процессе движения машины

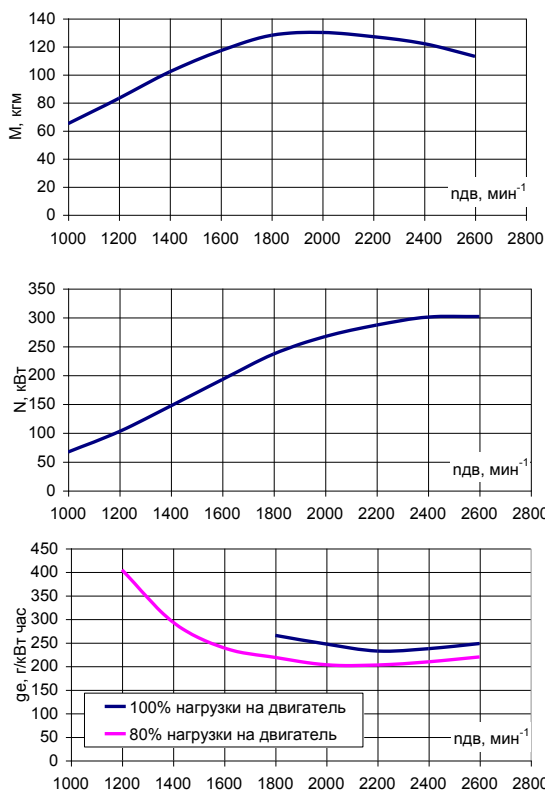


Рисунок 2 – Внешние характеристики двигателя 3ТД-3А

При условии приемлемой динамичности. Динамичное управление, в свою очередь, подразумевает преодоление определенного участка трассы за минимальное время или

$$\text{const } \Delta S \text{ при min } \Delta t, \quad (2)$$

где Δt – время прохождения дистанции ΔS .

При условии не превышения предельных динамических нагрузок в элементах трансмиссии и на местах водителя и пассажиров.

Дальнейшее исследование будет построено исходя из этих принципов.

Объектом исследования является шасси изделия БТР-4 с двигателем 3ТД-3А, гидромеханической трансмиссией и системой автоматического управления коробкой перемены передач.

Трансмиссия БТР-4 включает вспомогательный (входной) редуктор, коробку перемены передач, раздаточную

коробку, а также четыре моста, который в свою очередь включают главную передачу и колесный редуктор.

Двигатель ЗТД-3А оснащен гидромеханическим всережимным регулятором частоты вращения прямого действия. Минимальная частота вращения вала двигателя составляет 800 мин^{-1} , максимальная 2800 мин^{-1} . Максимальная мощность двигателя ЗТД-3А в условиях стенда составляет 368 кВт (500 лс). Соответствующие внешние характеристики двигателя в условиях объекта приведены на рис. 2.

Исследование возможности динамического и экономичного управления трансмиссией БТР-4 с двигателем ЗТД-3А проводилось на базе комплекса численных экспериментов, для чего была использована полная математическая модель шасси БТР-4 [3]. В процессе исследования последовательно рассмотрено влияние отдельных элементов трансмиссии и способов их управления на динамичность и экономичность движения машины.

Процесс переключения передач вверх в значительной степени определяет характеристики динамичности движения машины в процессе разгона. Повышение передачи при низких частотах вращения двигателя положительно сказывается на расходе топлива (табл. 1), но ухудшает динамику разгона (рис. 3).

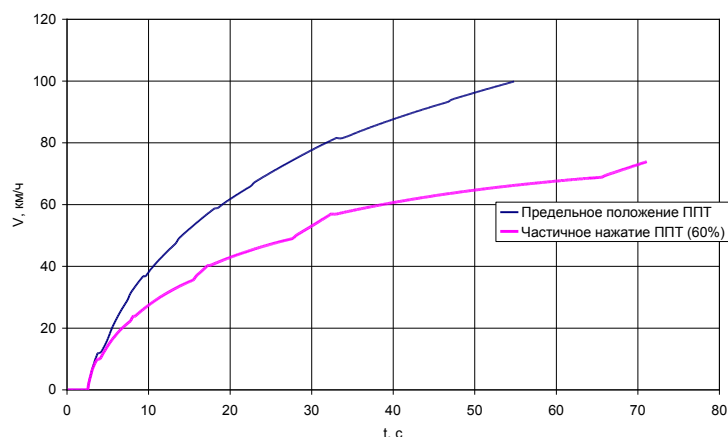


Рисунок 3 – Изменение скорости движения БТР-4 во время разгона при полном и частичном нажатии педали подачи топлива (ППТ)

Это связано с тем, что при раннем переключении в полной мере не реализуется потенциал низших передач, ускорение на которых при разгоне выше, чем на более высоких передачах. Соответственно, общая картина разгона становится плавной, что способствует экономии топлива. Частота вращения вала двигателя при раннем переключении передач соответствует максимуму момента и выбрана в соответствии с наиболее распространенными рекомендациями [1,2,4].

Таблица 1 – Сравнение эффективности раннего и позднего переключения передач

Вариант	Путь, м	Расход топлива, кг	Время, с	Скорость, км/ч
Разгон при полном нажатии ППТ и переключении передач при частоте вращения вала двигателя 2800 мин^{-1}	1000	1,16	54,6	100
Разгон при частично нажатии ППТ (60 %) при частоте вращения вала двигателя 2000 мин^{-1}		0,664	71,1	73
Изменение параметра	-	43 %	-30 %	27 %

Исследование полного цикла движения – разгон, движение с постоянной скоростью, торможение, так же показало большую топливную эффективность варианта с ранним переключением передач (рис. 4, табл. 2).

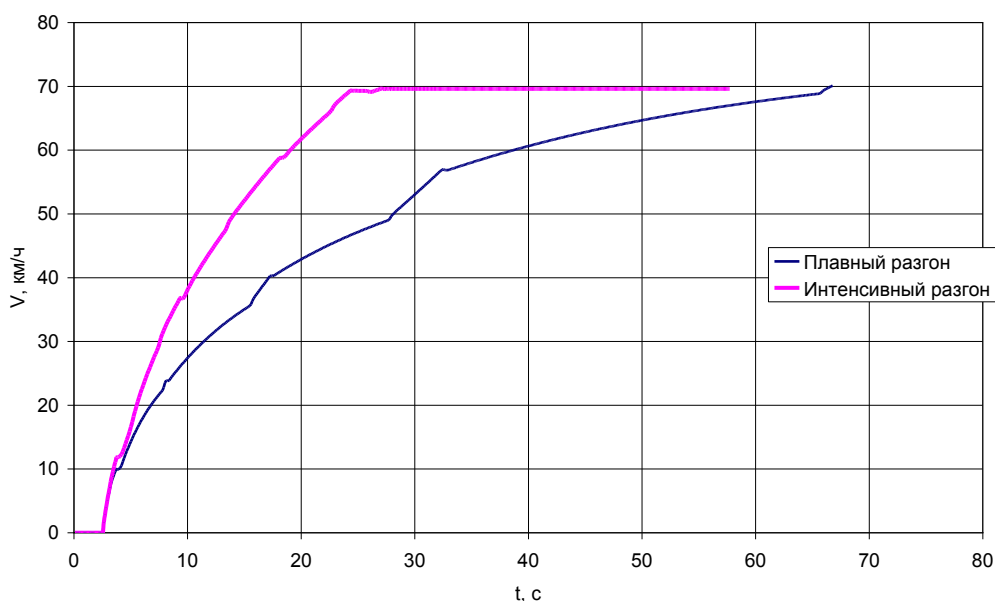


Рисунок 4 – Изменение скорости движения БТР-4 при прохождении дистанции 914 м с разными стилями управления

Таблица 2 – Сравнение эффективности различных стилей вождения при полном цикле движения (для дистанции 914 м)

Вариант управления	Путь, м	Расход топлива, кг	Время, с	Скорость, км/ч
Динамичный	914	0,67	57,72	70
Экономичный		0,604	68,78	
Изменение параметра	–	10 %	-19 %	–

Гидродинамические трансформаторы служат для преобразования крутящего момента двигателя, обеспечивая гидравлическую связь между ведущим и ведомым (трансмиссия) звеньями транспортного средства. Основными преимуществами ГТ являются: автоматичность изменения режима работы в зависимости от нагрузки на ведомом валу, отсутствие жесткой связи между ведущим и ведомым звеньями, гашение крутильных колебаний двигателя и динамических нагрузок трансмиссии, увеличение срока службы элементов двигателя и трансмиссии.

При блокировке ГТ обеспечивается жесткая кинематическая связь двигателя и трансмиссии, что способствует повышению КПД силовой установки и позволяет реализовать двигателю полный крутящий момент. Однако, срабатывание блокировки ГТ приводит к резкому падению частоты вращения вала двигателя, что приводит к выходу двигателя на внешнюю характеристику и увеличению потребления топлива.

Ранняя блокировка ГТ увеличивает динамичность разгона машины (рис. 5) за счет более полного использования крутящего момента двигателя (рис. 6), однако значительно увеличивает потребление топлива (табл. 3).

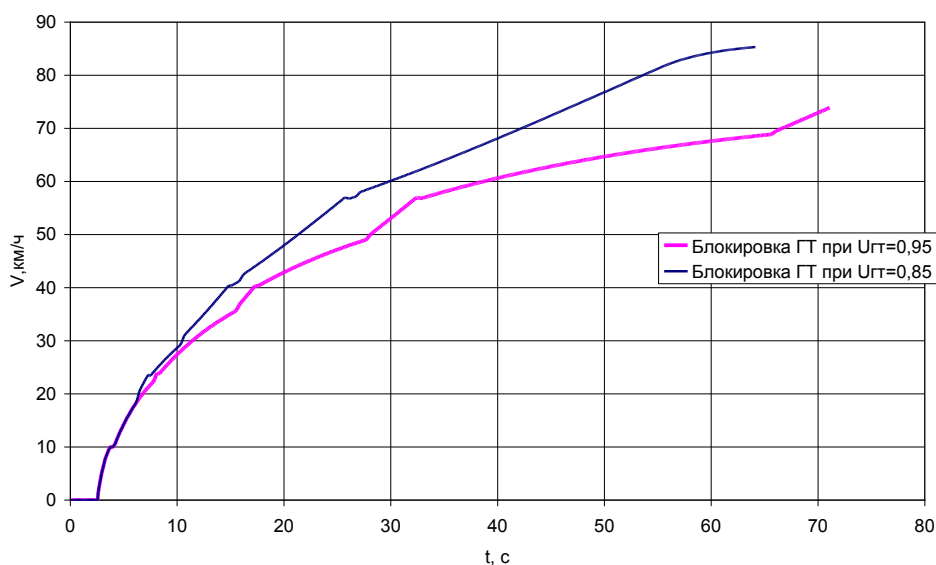


Рисунок 5 – Изменение скорости движения БТР-4 при прохождении дистанции 1000 м с ранней (кинематическое передаточное отношение ГТ, $U_{гт} = 0,85$) и штатной ($U_{гт} = 0,95$) блокировкой ГТ

Таблица 3 – Влияние момента блокировки ГТ

Вариант	Путь, м	Расход топлива, кг	Время, с	Скорость, км/ч
Разгон при штатной блокировке ГТ	1000	0,664	71,1	74
Разгон при ранней блокировке ГТ		0,79	64,1	85
Изменение параметра	-	-19%	10%	-15%

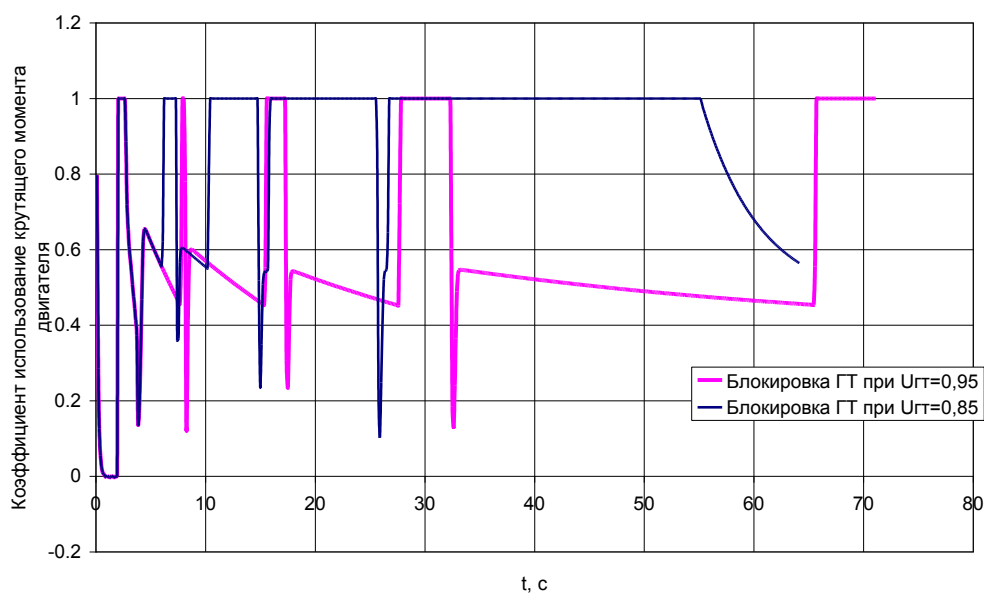


Рисунок 6 – Изменение коэффициента использования крутящего момента двигателя во время разгона БТР-4 на дистанции 1000 м с ранней и штатной блокировкой ГТ

Таким образом, наиболее экономичным вариантом управления является блокировка гидротрансформатора при приближении кинематического передаточного отношения к единице при условии ускоренного движения машины, что является необходимым для разгона. Обеспечить предельную динамичность разгона позволит блокировка ГТ при условии достаточности крутящего момента двигателя для разгона в данных дорожных условиях (рис. 7) или

$$K_M = K_{МДВ} \cdot K_{МГТ} \leq 1, \quad (3)$$

где $K_{МДВ}$ – коэффициент использования крутящего момента двигателя; $K_{МГТ}$ – коэффициент трансформации момента ГТ.

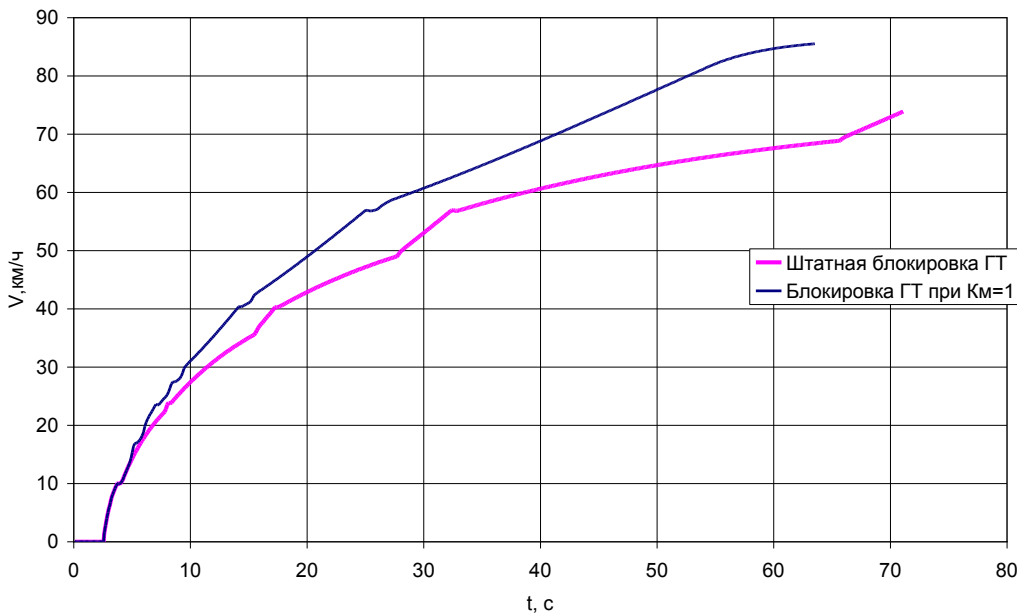


Рисунок 7 – Изменение скорости движения ВТР-4 при прохождении дистанции 1000 м со штатной и динамичной блокировкой ГТ

Данный метод блокировки ГТ обеспечит динамичный разгон ВТР-4 при любых положениях педали подачи топлива, а также не допустит останова двигателя под действием внешней нагрузки.

Выводы. Проведен комплекс численных экспериментов, благодаря чему определены направления развития алгоритмов системы автоматического управления трансмиссией ВТР-4. Обоснованы основные принципы управления элементами трансмиссии, применение которых обеспечит динамичность движения или топливную экономичность в зависимости от условий эксплуатации ВТР-4.

Литература

1. Автомобильный справочник BOSCH. Справ. Пособ. / Под общ. Ред. Robert Bosch GmbH. Второе издание переработанное и дополненное. Перевод с английского. – М.: За рулем, 2004. – 992 с.
2. Цыганков Э.С. Золотые правила безопасного вождения. – М.: Эксмо, 2007. – 48 с.

3. Толстолуцький В.О. Аналіз і параметричний синтез механічних трансмісій сучасних швидкохідних гусеничних машин: Дис. канд. техн. наук: 05.22.02. – Харків, 2007.– 134 с.

4. Харитонов С.А. Автоматические коробки передач. Инструкция по эксплуатации, диагностике и техобслуживанию./ Харитонов С.А., Сологуб С.А., Нагайцов М.В. – М.: "Легион-Автодата", 2000.– 78 с.

УДК 621.85-52

Толстолуцький В.А.

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ДИНАМІЧНОГО ТА ЕКОНОМІЧНОГО КЕРУВАННЯ ТРАНСМІСІЄЮ БТР-4 С ДВИГУНОМ ЗТД-3А

Проведено дослідження впливу моменту перемикання передач і блокування гідротрансформатора на динамічні характеристики розгону та паливну економічність БТР-4. Виявлені основні принципи підвищення ефективності керування трансмісією БТР-4 у різних умовах експлуатації.

Tolstolutskiy V.A.

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY FOR DYNAMICAL AND FUEL ECONOMICAL TRANSMISSION CONTROL OF BTR-4 WITH ENGINE 3TD-3A

Investigation of the gearshift and hydro transformer blocking influence at dynamic characteristics of the speed increasing and fuel economy of the BTR-4 was studied. Cardinal principles were discovered for increase efficiency of transmission control system of BTR-4 for different condition of usage.