

ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ УПРАВЛЕНИЯ БЛОКИРОВОЧНЫМ ФРИКЦИОНОМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ТРАНСФОРМАТОРА ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН С ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИЕЙ

JUSTIFICATION OF CRITERIA FOR CONTROLLING THE LOCKING CLUTCH OF A HYDRODYNAMIC TRANSFORMER OF TRACKED VEHICLES WITH A HYDROMECHANICAL TRANSMISSION

R. Topolnik

Summary. The article describes the problems of ensuring the mobility of tracked vehicles with a hydro-mechanical transmission. The possibility of improving the acceleration characteristics by controlling the locking clutch according to the algorithm, taking into account the characteristics of the joint operation of the engine and the torque Converter, operating modes and the position of the crawler controls is considered. The criteria for controlling the locking clutch are justified, and the appearance of the power plant control system of a tracked vehicle is proposed.

Keywords: tracked vehicles with a hydro-mechanical transmission, the algorithm for controlling the locking clutch, the criteria for controlling the locking clutch, and the power plant control system.

Топольник Роман Андреевич

Преподаватель, Рязанское гвардейское высшее воздушно-десантное командное училище
topolro@mail.ru

Аннотация. В статье изложены проблемы обеспечения подвижности гусеничных машин с гидромеханической трансмиссией. Рассмотрена возможность улучшения разгонных характеристик за счет управления блокировочным фрикционом по алгоритму, с учетом характеристики совместной работы двигателя и гидротрансформатора, эксплуатационных режимов работы и положения органов управления гусеничной машиной. Обоснованы критерии управления блокировочным фрикционом, предложен облик системы управления силовой установкой гусеничной машины.

Ключевые слова: гусеничные машины с гидромеханической трансмиссией, алгоритм управления блокировочным фрикционом, критерии управления блокировочным фрикционом, система управления силовой установкой.

Введение

Создаваемые с учетом всех тактико-техничко-экономических требований, диктуемых заказчиком, современные гусеничные машины являются основным средством обеспечения подвижности большинства наземных объектов вооружения, а также средством обеспечения тактической и оперативной подвижности войск.

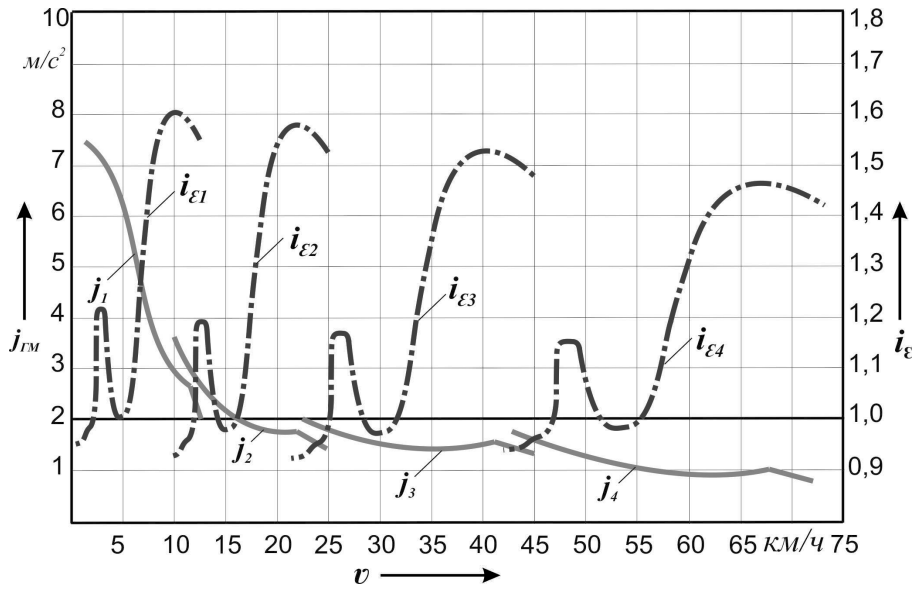
Подвижность является одним из основных свойств вооружения и военной техники (ВВТ) и характеризуется способностью исправных и работоспособных машин к быстрому перемещению в различных дорожных и климатических условиях при выполнении поставленных задач. Она определяется проходимостью, маневренностью, массово-габаритными и тягово-скоростными свойствами, которые напрямую зависят от технического уровня применяемой техники.

В виду того, что среднетехническая скорость (СТС) движения по различным дорогам является одним из основных показателей подвижности [1], то, следовательно, от состояния дорожной сети на основных стратегиче-

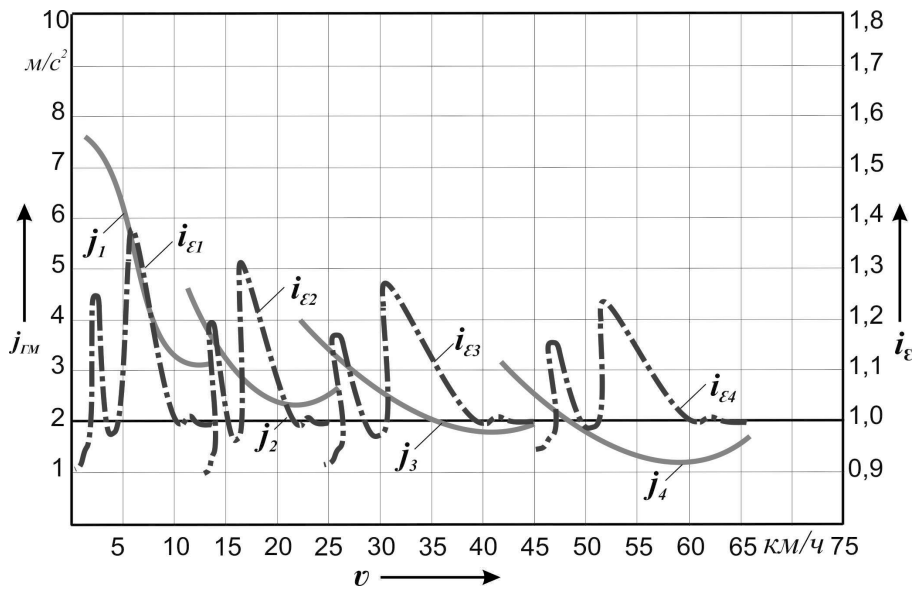
ских направлениях напрямую зависит успешность применения частей и подразделений.

В настоящий момент наиболее эффективным средством обеспечения подвижности войск в сложных дорожных условиях являются боевые гусеничные машины (БГМ), высокие эксплуатационные свойства которых обусловлены применением в конструкции гидромеханической трансмиссии (ГМТ). Применяемый в конструкции гидротрансформатор (ГДТ) исключает жесткую связь между двигателем и агрегатами трансмиссии, благодаря чему значительно снижаются крутильные колебания и динамические нагрузки, а также отсутствует явление разрыва потока мощности при переключении передач [2, 3].

Однако, наряду с указанными преимуществами, ГМТ имеет ряд недостатков, основным из которых является низкий, коэффициент полезного действия (КПД), редко достигающий значений от 0,85 до 0,9. Ввиду этого, характеристики разгона, входящие в составляющую подвижности БГМ, как показывают наши исследования, улучшились незначительно [4].



$j_{1...4}$ — линейное ускорение гусеничной машины на 1, 2, 3, 4 передачах;
 $i_{\epsilon 1...4}$ — передаточное отношение угловых ускорений ГДТ на 1, 2, 3, 4 передачах;
 Рис. 1. Включение БлФ ГДТ без учета коэффициента i_{ϵ}



$j_{1...4}$ — линейное ускорение гусеничной машины на 1, 2, 3, 4 передачах;
 $i_{\epsilon 1...4}$ — передаточное отношение угловых ускорений ГДТ на 1, 2, 3, 4 передачах;

Рис. 2. Включение БлФ ГДТ в диапазоне $0,85 \leq i_{\epsilon} \leq 1,15$

На основании этого сформулирована гипотеза предполагающая возможность улучшения разгонных характеристик боевой гусеничной машины (БГМ) за счет своевременного исключения гидротрансформатора из силового потока путем блокирования по алгоритму, учитывающему характеристики совместной работы двигателя и гидротрансформатора, эксплуа-

тационные режимы работы БГМ и положение ее органов.

Известно, что максимальные значения КПД ГДТ изменяются в зависимости от соотношения между нагрузочными и преобразующими характеристиками, а также от качества изготовления лопастной системы

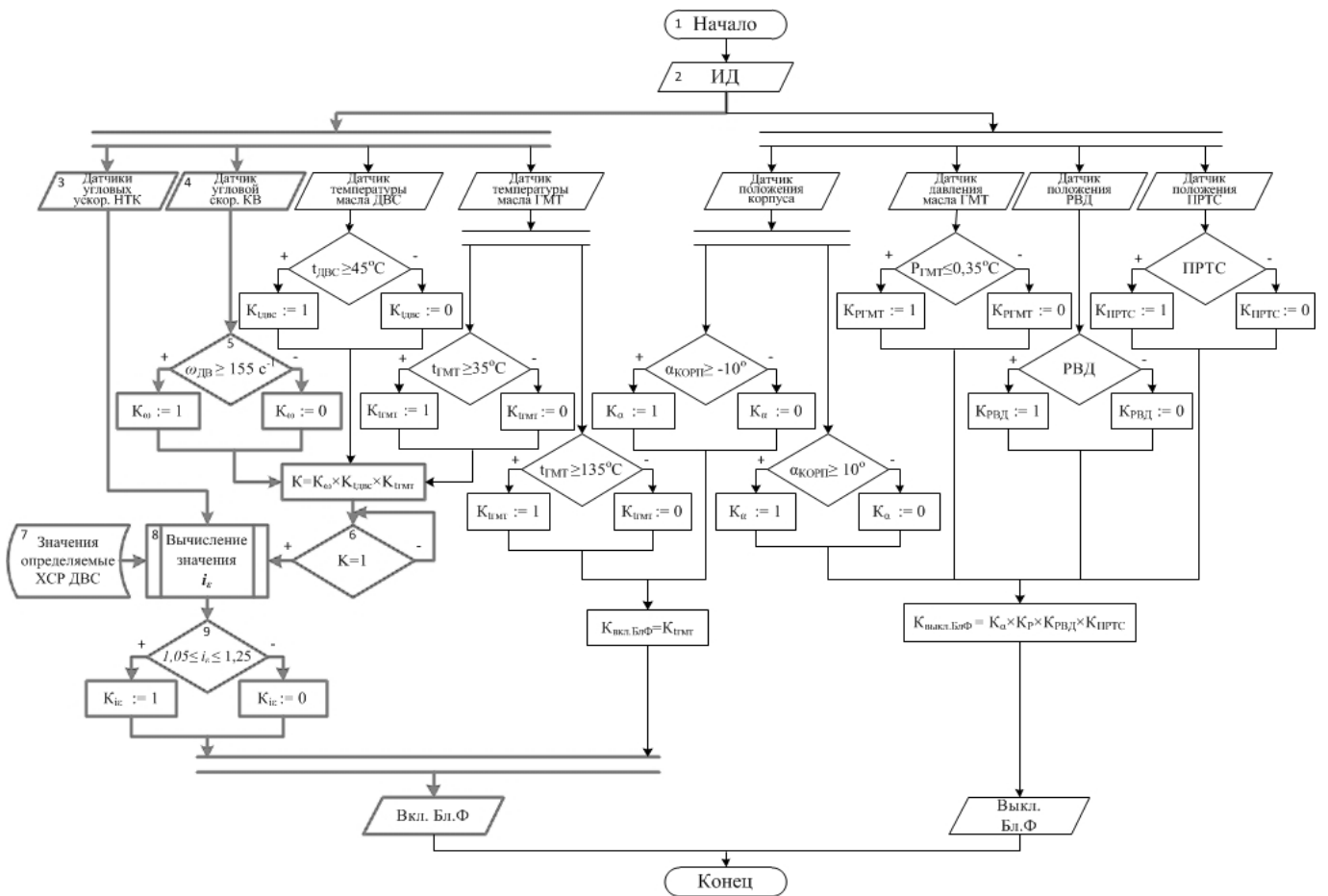


Рис. 3. Алгоритм управления блокировочным фрикционом

в довольно широком диапазоне — от 80 до 93%. В дополнение к этому блокирование ГДТ позволяет повысить КПД ГМТ на величину от 5 до 7%. Отсюда следует, что ГДТ целесообразно использовать в начальный период разгона (на первой и частично на второй передачах), а на последующих передачах блокировать его [5, 6]. В настоящий момент на БГМ сигнал на блокирование ГДТ начинает формироваться после достижения коленчатым валом двигателя угловой скорости 185 c^{-1} . Соответственно, неучтенными остаются параметры работы силовой установки и дорожные условия, в которых в данный момент находится гусеничная машина.

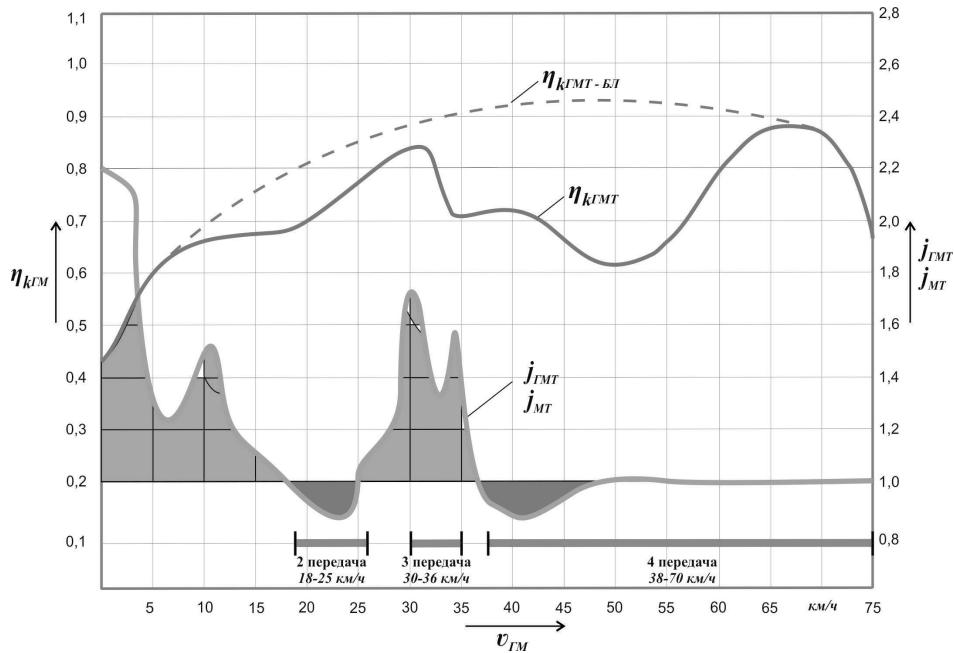
Это позволило выявить **противоречие**, между необходимостью изменения алгоритма управления блокировочным фрикционом ГДТ и отсутствием условий блокирования, применимым к эксплуатации машины на неустановившихся режимах движения.

Результаты расчетов разгона БГМ с ГМТ показали, что разгон на эксплуатационных режимах движения в зна-

чительной мере зависит от величины передаточного отношения угловых ускорений насосного и турбинного колес ГДТ в момент начала включения блокировочного фрикциона (БлФ). Выявлено, что наиболее благоприятные условия для включения БлФ создаются в диапазоне передаточного отношения угловых ускорений валов насосного и турбинного колес $0,95 \leq i_g \leq 1,25$. В этот момент происходит наиболее интенсивное ускорение БГМ, в связи с тем, что затраты на раскручивание инерционных масс минимальны.

На основании полученных данных были построены зависимости ускорений БГМ от отношения угловых ускорений валов насосного и турбинного колес ГДТ, с блокированием последнего без учета коэффициента (рис. 1) и с блокированием в диапазоне $0,95 \leq i_g \leq 1,25$ (рис. 2).

Из графиков видно, что линейное ускорение БГМ в период разгона, когда блокирование ГДТ происходит с выполнением условия $0,85 \leq i_g \leq 1,15$, значительно превосходит линейное ускорение БГМ, когда ГДТ блокируется без учета i_g .



$\eta_{K_{GMT}}$ — коэффициент использования мощности БГМ с ГМТ без блокирования ГДТ;
 $\eta_{K_{GMT-БЛ}}$ — коэффициент использования мощности БГМ с ГМТ с блокированием ГДТ по предложенному алгоритму; j_{GMT}/j_{MT} — отношение линейных ускорений БГМ

Рис. 4. Зависимость коэффициента использования мощности от скорости БГМ при различных алгоритмах блокирования

Таким образом, на основании математически описанных процессов, происходящих в ГМТ, задачу повышения подвижности БГМ возможно решать путем изменения алгоритма управления БлФ ГДТ. Для обеспечения работы алгоритма управления блокировочным фрикционом, были выбраны критерии управления БлФ ГДТ, определяющие момент включения блокировочного фрикциона ГДТ, основным из которых является критерий, учитывающий передаточное отношение угловых ускорений насосного и турбинного колес гидротрансформатора.

Управление блокировочным фрикционом ГДТ, с учетом характеристик совместной работы двигателя и ГДТ, эксплуатационных режимов работы и положения органов управления описывается выражениями:

1) включение БлФ

$$K_{Вкл.БлФ} = K_{i\varepsilon} \cdot (K_{\omega} \cdot K_{t_{ДВС}} \cdot K_{t_{ГМТ1}}) \quad (2)$$

где $K_{i\varepsilon}$ — критерий, учитывающий передаточное отношение угловых ускорений;

K_{ω} — критерий, учитывающий угловую скорость коленчатого вала двигателя;

$K_{t_{ДВС}}$ — критерий, учитывающий температуру масла в двигателе;

$K_{t_{ГМТ}}$ — критерий, учитывающий температуру масла в ГМТ;

На рис. 3 представлен алгоритм управления Бл Ф. Настоящий алгоритм имеет параллельную архитектуру и структурно состоит из 11 отдельных блоков, 6 из которых отвечают за включение БлФ, а 4 за выключение.

В блоке 5 осуществляется контроль угловой скорости вращения коленчатого вала двигателя. При переходе двигателя на внешнюю характеристику, что соответствует 155 c^{-1} , алгоритм разрешает включение БлФ ГДТ. До этого момента блокирование ГДТ запрещено. В блоке 8, на основании данных, заложенных в блоке 7, происходит расчет передаточного отношения угловых ускорений ГДТ. При выполнении условия $1,1 \leq i_{\varepsilon} \leq 1,2$ алгоритм подает сигнал на блокирование ГДТ. Наличие этих данных позволят опосредованно учитывать дорожные условия, в которых в данный момент находится БГМ, тем самым запрещая включение БлФ на участках с большим сопротивлением движению. Критические значения данных, заложенные в блоке 7 назначены согласно характеристике совместной работы двигателя и ГДТ и подтверждены экспериментальным путем при проведении пробеговых испытаний БМД-4М совместно с представителями завода — изготовителя гусеничной машины ООО «Курганмашзавод»;

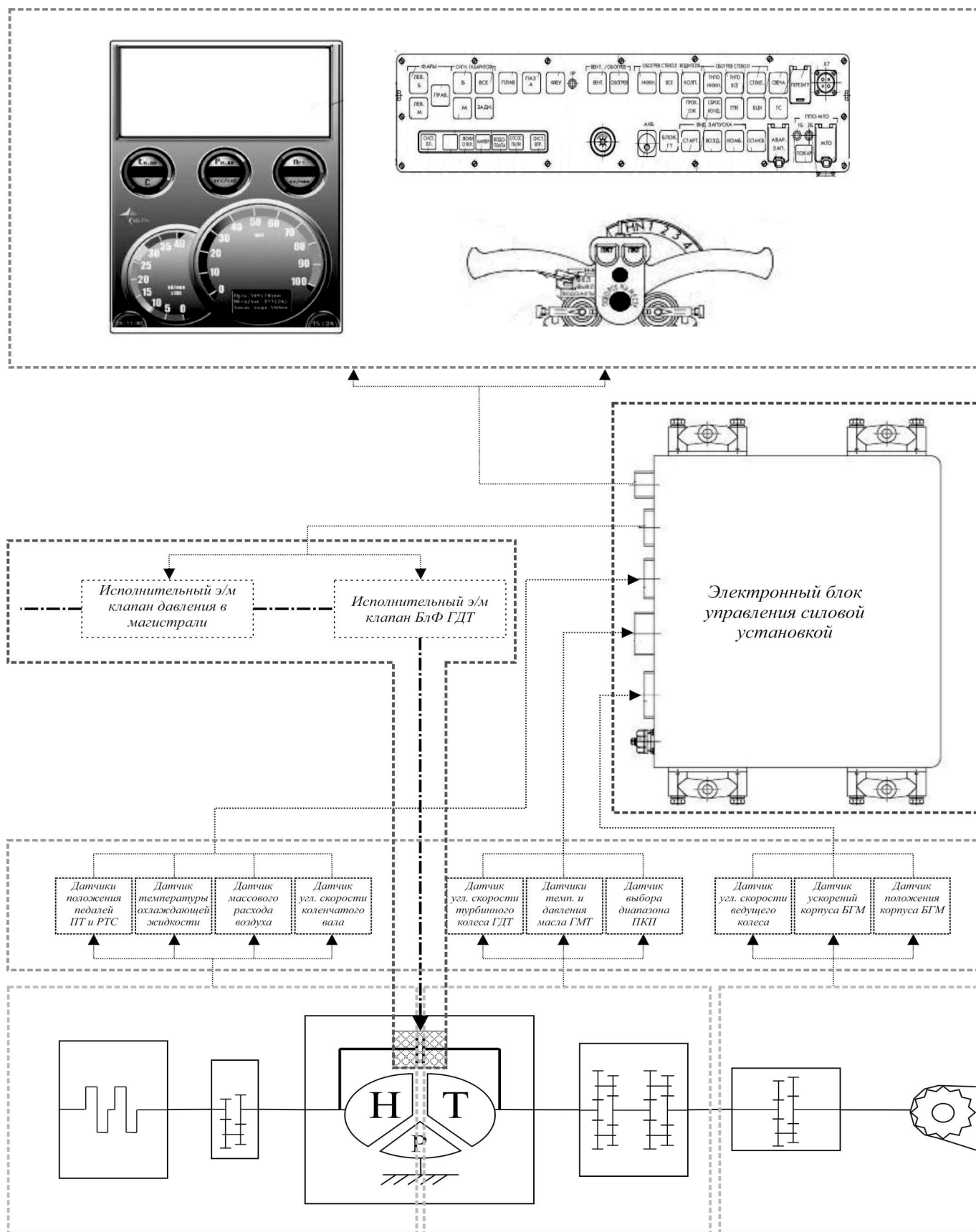


Рис. 5. Схема системы управления силовой установкой

В ходе настоящего исследования было установлено, что для решения научных и практических задач, предполагающих разработку способа улучшения разгонных характеристик БГМ с ГМТ, необходима не только разработка алгоритма блокирования ГДТ, но и совершенствование конструкции управляющего звена ГМТ. Путем изменения алгоритма блокирования ГДТ удалось исключить «проблемные зоны», когда ввиду характеристик ГДТ коэффициент использования мощности η_k , в период разгона резко снижается, что отрицательно сказывается на динамических качествах машины (рис. 4).

Чтобы обеспечить благоприятные условия для включения БлФ, необходимо расширить функционал системы управления силовой установкой, входящей в состав штатной бортовой информационно-управляющей системы (БИУС) БМД-4М, для чего предлагается:

1. в измерительную часть системы ввести датчики:
 - ◆ положения педали подачи топлива;
 - ◆ положения педали рабочей тормозной системы;
 - ◆ температуры охлаждающей жидкости двигателя;
 - ◆ массового расхода воздуха;
 - ◆ угловой скорости коленчатого вала;
 - ◆ угловой скорости вала турбинного колеса ГДТ;
 - ◆ температуры масла трансмиссии;
 - ◆ давления масла в магистрали управления;
 - ◆ положения рычага выбора диапазона ПКП;
 - ◆ положения корпуса БГМ;
 - ◆ угловой скорости ведущего колеса;
 - ◆ ускорения корпуса БГМ.
2. на анализирующую часть системы, состоящую из электронного блока управления силовой установкой, возложить следующие функции:
 - ◆ определение оптимальных моментов переключения передач;
 - ◆ управление величиной давления в основной магистрали ГМТ;
 - ◆ управление электромагнитным клапаном БлФ ГДТ;
 - ◆ осуществление контроля работы трансмиссии;
 - ◆ осуществление диагностики неисправностей трансмиссии.
3. на исполнительную часть системы возложить следующие функции:
 - ◆ управление электромагнитным клапаном БлФ ГДТ;
 - ◆ управление электромагнитным клапаном регулятора давления в основной магистрали ГДТ.

Схематично система управления силовой установкой представлена на рисунке 5.

Блок управления силовой установкой предназначен для анализа сигналов с датчиков, установленных на узлах и агрегатах МТУ, сравнения показателей с эталонны-

ми значениями и формирования сигнала на включение блокировочного фрикциона.

Сигнал с датчика положения педали подачи топлива запускает алгоритм управления Бл Ф.

По сигналу датчика положения педали рабочей тормозной системы, в момент нажатия механиком-водителем на педаль, для обеспечения максимального замедления БГМ, происходит выключение БлФ ГДТ.

По показателям датчиков температуры охлаждающей жидкости двигателя, массового расхода воздуха, угловой скорости коленчатого вала двигателя и датчика угловой скорости ведущего колеса происходит оценка параметров системы двигатель-трансмиссия-дорога.

Путем сравнения показаний с датчиков угловых скоростей коленчатого вала двигателя и турбинного колеса ГДТ происходит расчет передаточного отношения угловых ускорений ГДТ. Данный параметр является ключевым в выборе момента блокирования ГДТ.

Сигнал с датчика температуры масла в ГМТ запрещает включение БлФ, пока температура масла не достигнет рабочих температур. Контроль данного параметра необходим потому, что масло не обеспечивает необходимых смазочных свойств до достижения им температуры 30 °С.

Датчик давления масла в магистрали управления регистрирует значения давления

в магистрали управления и запрещает блокирование ГДТ при снижении давления меньше значения 0,35 кгс/см².

Сигнал с датчика положения рычага выбора диапазона ПКП запрещает блокирование ГДТ на первой передаче. Это необходимо потому, что экспериментально установлена нецелесообразность исключения ГДТ из силового потока на первой передаче. Кроме того, по сигналу с данного датчика происходит выключение БлФ в момент переключения передач для снижения нагрузок в трансмиссии.

Для выбора момента начала блокирования значимым параметром является положение корпуса машины относительно горизонта. Для регистрации этого параметра в БИУС предлагается предусмотреть датчик положения корпуса. Сигнал с датчика будет запрещать блокирование гидротрансформатора при движении на подъем, чтобы не снижать силу тяги на ведущих колесах. А при движении на спуске сигнал с данного датчика будет принудительно блокировать гидротрансформатор для того, чтобы обеспечить возможность торможения двигателем.

Выводы

Анализ экспериментальных заездов двух гусеничных машин с гидромеханической трансмиссией показал, что машина, двигающаяся с блокированием ГДТ по алгоритму, управляющему БлФ с учетом дополнительных параметров, имеет большую среднетехниче-

скую скорость. При этом количество циклов «блокирование-разблокирование» гидротрансформатора на одинаковых участках маршрута снизилось, а расход топлива сократился. Особенно ярко эти изменения видны на эксплуатационных режимах движения, в сложных дорожных условиях, при разгоне, торможении, преодолении препятствий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Военная энциклопедия [Текст]. — М.: Огарков. — «Прогресс», 2002. — Том 6. — 193 с.
2. Гришкевич, Д. А. Боевое применение вооружения и военной техники в горно-пустынной местности Афганистана [Текст]: учеб. пособие / под ред. Д. А. Гришкевича. — М.: Воениздат, 1990. — 232 с.
3. Бельцев, Д. А. Оценка приспособленности танков к совершению марша [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 20.02.17 / Бельцев Денис Аркадьевич. — М., 2008. — 192 с.
4. Григоренко, Л. В. Динамика автотранспортных средств [Текст] / Л. В. Григоренко, В. С. Колесников. — Волгоград: Волгоградский комитет по печати и информатике, 1998. — 544 с.
5. Григоренко, Л. В. Исследование работы моторно-трансмиссионных установок транспортных машин на неустановившихся режимах [Текст] / Л. В. Григоренко, Е. С. Арсеньев // Труды института НИИ-21. — 1968 г. — Сб. 3. — С. 77–98.
6. Держанский, В. Б. Алгоритмы управления движением транспортной машины [Текст]: монография / В. Б. Держанский, И. А. Тараторкин. — Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2010. — 142 с.

© Топольник Роман Андреевич (topolro@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Рязань