

Подригало М. А., Холодов М. П.

**ТОРМОЖЕНИЕ ТРАКТОРА С ОДНООСНЫМ ПРИЦЕПОМ БЕЗ
БЛОКИРОВАНИЯ КОЛЕС**

Основываясь на своих ранее проведенных исследованиях, авторы получили математическую модель процесса торможения тракторного поезда в составе колесного трактора и одноосного прицепа при незаблокированных колесах, что позволяет уточнить ранее полученные результаты исследований.

Podrigalo M. A., Kholodov M.P.

**BRAKING OF A SINGLE AXLE TRAILER TRACTOR WITHOUT WHEELS
LOCKING**

Based on our previous studies, the authors obtained a mathematical model of the process of braking of the tractor train in the wheel of the tractor and trailer with a uniaxial unlocked wheels, allowing to clarify the earlier results of research.

УДК 623.438.22

*Поторока А.В., Решетило Е.И., Гращенков Г.П., Липовец В.В.,
Евтушенко В.В., Бондарь А.И.*

**ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ ДЛЯ
МАШИН КЛАССА БРОНЕТРАНСПОРТЕРОВ**

Введение. В настоящее время на рынках военной техники проявляется интерес к бронированным колёсным машинам. Требуются шасси с высокой удельной мощностью, автоматической трансмиссией, высокой манёвренностью и обладающие высокими эксплуатационно-техническими качествами. Механические и гидромеханические трансмиссии достигли своих пределов совершенствования, в части отработки узлов и массово габаритных показателей по передачи определенной мощности и крутящего момента, а принятие концепции электрических приводов, которые бесспорно являются в этом отношении наиболее перспективными, зависит от уровня появляющихся технологий.

Пришло время очередного пересмотра концепции применения электромеханической трансмиссий в многоосных колесных шасси с точки зрения реализуемости.

Анализ последних достижений и публикаций. Разработанные в зарубежных странах последние образцы колесных бронетранспортеров, специальных шасси и продукции автомобильной промышленности гражданского назначения свидетельствуют о том, что разработчики все чаще отказываются от механической и гидромеханической трансмиссий в пользу электромеханической. Но до наших дней все электро-трансмиссии уступали механическим и гидромеханическим по ряду основных показателей, а именно технологических, стоимостных и габаритномассовых. Ограниченное применение электромеханической трансмиссии на транспорте до настоящего времени объяснялось трудностями бесступенчатого регулирования скорости вращения и нагрузки тяговых электродвигателей, большой массой и габаритами блоков управления.

При появлении современных электронных систем регулирования скорости вращения и нагрузки тяговых электродвигателей переменного тока стало реальным широкое использование электромеханической трансмиссии на транспорте и практическая реализация её достоинств.

Сегодня на вооружении бельгийской армии находится многоцелевая гусеничная бронированная машина с электротрансмиссией «Cobra», в Японии освоен выпуск серийного автомобиля Toyota-Prius и Lexus RX400H, фирмой VOLVO разработан пассажирский автобус с электромеханической трансмиссией, разработано и готовится к серийному выпуску универсальное шасси HEMTT (4) для вооружённых сил США. Также разработаны опытные образцы машины разведки RST-V-разработчик General Dynamics (США) (2) и разведывательной боевой машины Rooikat производства ЮАР (3).

Цель и постановка задачи. Целью настоящей публикации является обоснование применения гибридной электромеханической трансмиссий (ГЭМТ) на колесных машинах класса бронетранспортеров в современных условиях.

Обоснование применения ГЭМТ. В применяемых для бронетранспортёров в настоящее время механических и гидромеханических трансмиссиях присутствуют недостатки, устранение которых путём доработки имеющихся конструкций ведёт к ухудшению технических и экономических показателей машины, а именно росту массы, габаритов и стоимости. Традиционная кинематическая схема бронетранспортёра с гидромеханической трансмиссией изображена на рисунке 1.

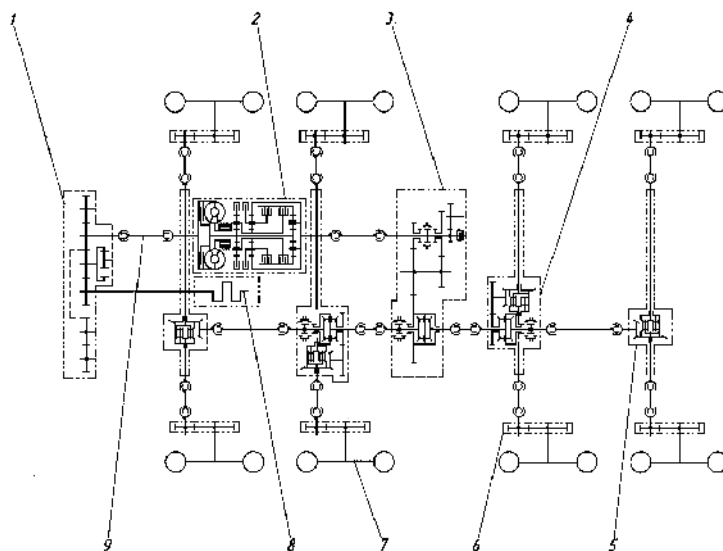


Рис. 1. Кинематическая схема бронетранспортёра с гидромеханической трансмиссией:

- 1 – входной редуктор; 2 – коробка передач; 3 – раздаточная коробка;
4 – проходной мост; 5 – непроходной мост; 6 – колесный редуктор; 7 – колесо;
8 – коленвал двигателя; 9 – карданная передача.

Наличие значительного количества вращающихся деталей создаёт большой момент инерции, что ухудшает динамику машины в целом и способствует возникновению высокого уровня вибрации и шумности. Это к достоинствам трансмиссии, изображенной на рисунке 1, отнести нельзя. Кроме того, множество, входящих в узлы и агрегаты трансмиссии, зубчатых зацеплений приводит к снижению КПД в цепочке коленвал двигателя - ведущие колёса.

В предлагаемой ГЭМТ, кинематическая схема которой приведена на рисунке 2, отсутствуют приведенные выше недостатки.

Также устранена проблема с переключением передач в раздаточной коробке и блокировкой межосевых и межколёсных дифференциалов, в связи с отсутствием последних. В бронетранспортёрах с механической или гидромеханической трансмиссией для выполнения этих операций необходима остановка машины.

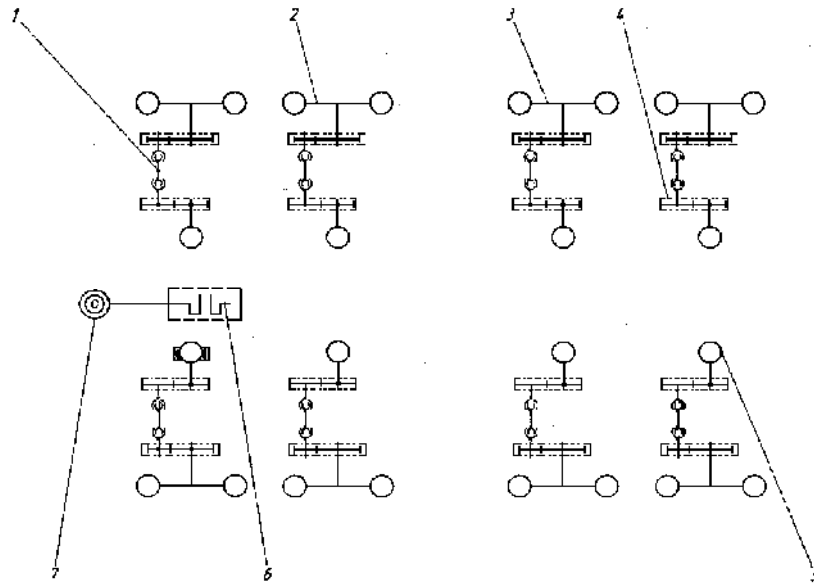


Рис. 2. Кинематическая схема бронетранспортера с гибридной электромеханической трансмиссией: 1 – карданная передача; 2 – колесный редуктор; 3 – колесо; 4 – согласующий редуктор; 5 – тяговый электродвигатель; 6 – коленвал двигателя; 7 – генератор

В случае применения ГЭМТ, отсутствие ступенчатых передаточных звеньев улучшает тяговые и разгонные характеристики машины.

Следует заметить, что для изготовления электромашин к колесным шасси уже имеется производственная база (5). На территории бывшего СССР, к которой принадлежала и Украина, асинхронные двигатели общего назначения составляли свыше 90% парка электродвигателей по количеству и около 55% - по мощности. Кроме того, считается, что асинхронные двигатели с короткозамкнутым якорем предлагают лучший компромисс между противоречивыми требованиями низкой массы и стоимости, а также простоты и прочности. Однако электромашин, основанные на синхронных двигателях с постоянным магнитом, обеспечивают более значительные преимущества по массе. Но их производство является более дорогостоящим, главным образом из-за высокой стоимости постоянных магнитов.

Общее описание ГЭМТ и анализ преимуществ и недостатков применения электромеханической трансмиссии для колесных машин. Предлагаемая к разработке ГЭМТ технически может быть реализована следующим образом. Дизель-генераторная установка с электронным регулятором оборотов приводного ДВС и возбуждения синхронного трехфазного генератора (напряжением 600В) обеспечивает энергией всю систему. На каждое колесо шасси передается мощность от индивидуального тягового асинхронного электродвигателя. В силовую цепь параллельно с генератором включены тяговые аккумуляторные батареи для накопления и отдачи в систему электроэнергии.

Состав и работа электромеханической трансмиссии и ее систем видна из функциональной схемы (рис. 3), а вариант расположения их на шасси показан на компоновочной схеме (рис. 4).

На функциональной схеме электромеханической трансмиссии показано управление тяговыми электромоторами только по одному борту.

Электронный блок автоматического управления движением системы управления в зависимости от сигналов, поступающих от датчиков положения органов управления и частоты вращения ведущих колес и коленвала ДВС, осуществляет управление:

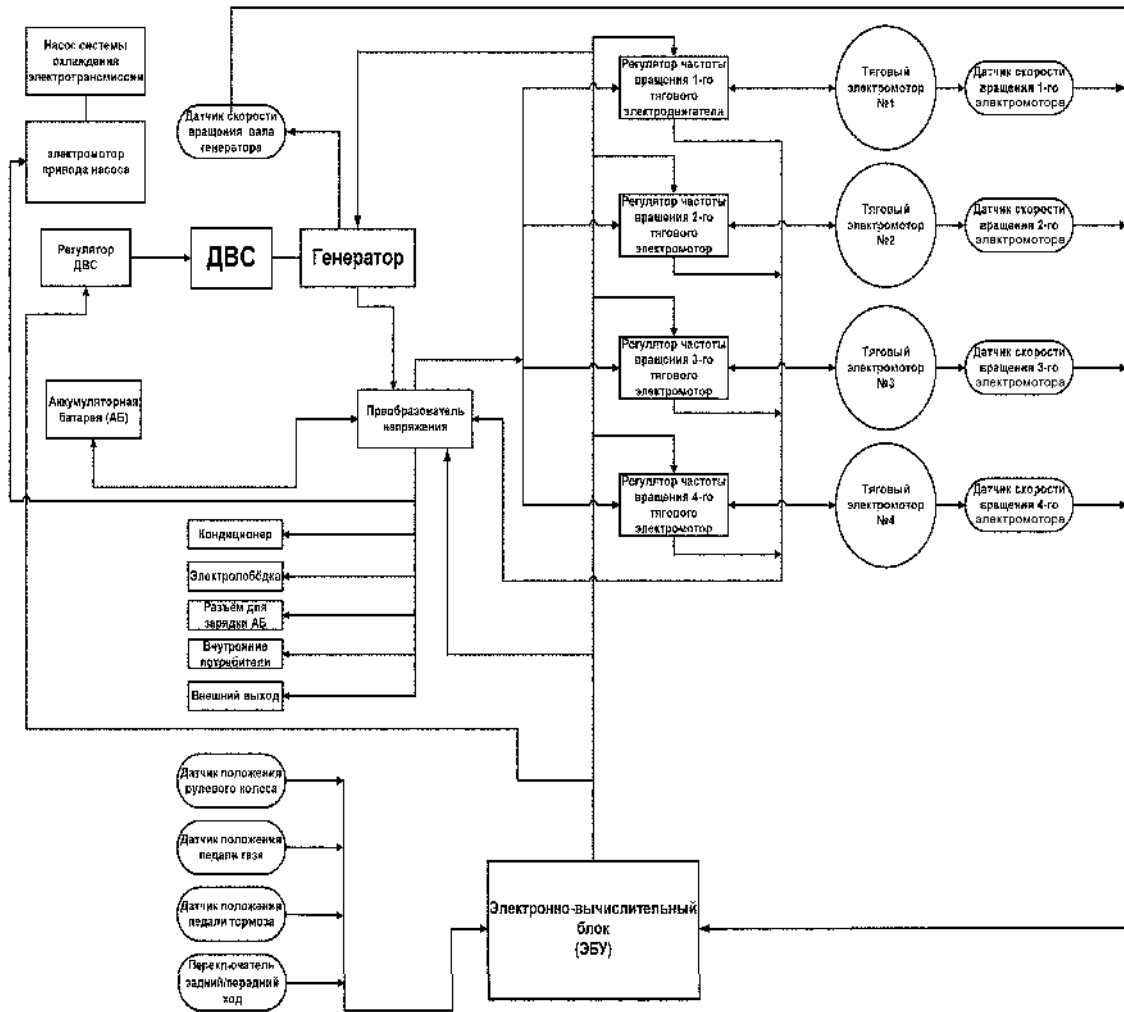


Рис. 3. Функциональная схема электромеханической трансмиссии

- оборотами ДВС и, как следствие, возбуждением генератора;
- скоростью вращения тяговых электродвигателей в зависимости от условий движения, например, обеспечивая разные скорости вращения наружных и внутренних управляемых колёс одной оси при выполнении поворота;
- перераспределением потоков энергии как от накопителя к колёсам (режим разгона), так и возврат энергии от колёс в накопитель (режим рекуперативного торможения).

Органы управления находятся у водителя, при помощи которых задаётся режим работы и траектория движения машины.

Отвод тепла от всех электроагрегатов осуществляется при помощи системы принудительного жидкостного охлаждения.

На данный момент нет единого мнения по месту расположения тяговых электродвигателей. Каждый разработчик исходит из тех задач, которые перед ним поставлены. Основными компоновочными решениями являются:

- установка электродвигателей для приводов мостов исключаящую карданную связь (универсальное шасси НЕМТТ);
- установка электродвигателей в корпусе с сохранением колесных редукторов (предлагаемая нами конструкция);
- установка электродвигателей в колесе (опытные образцы машины разведки RST-V).

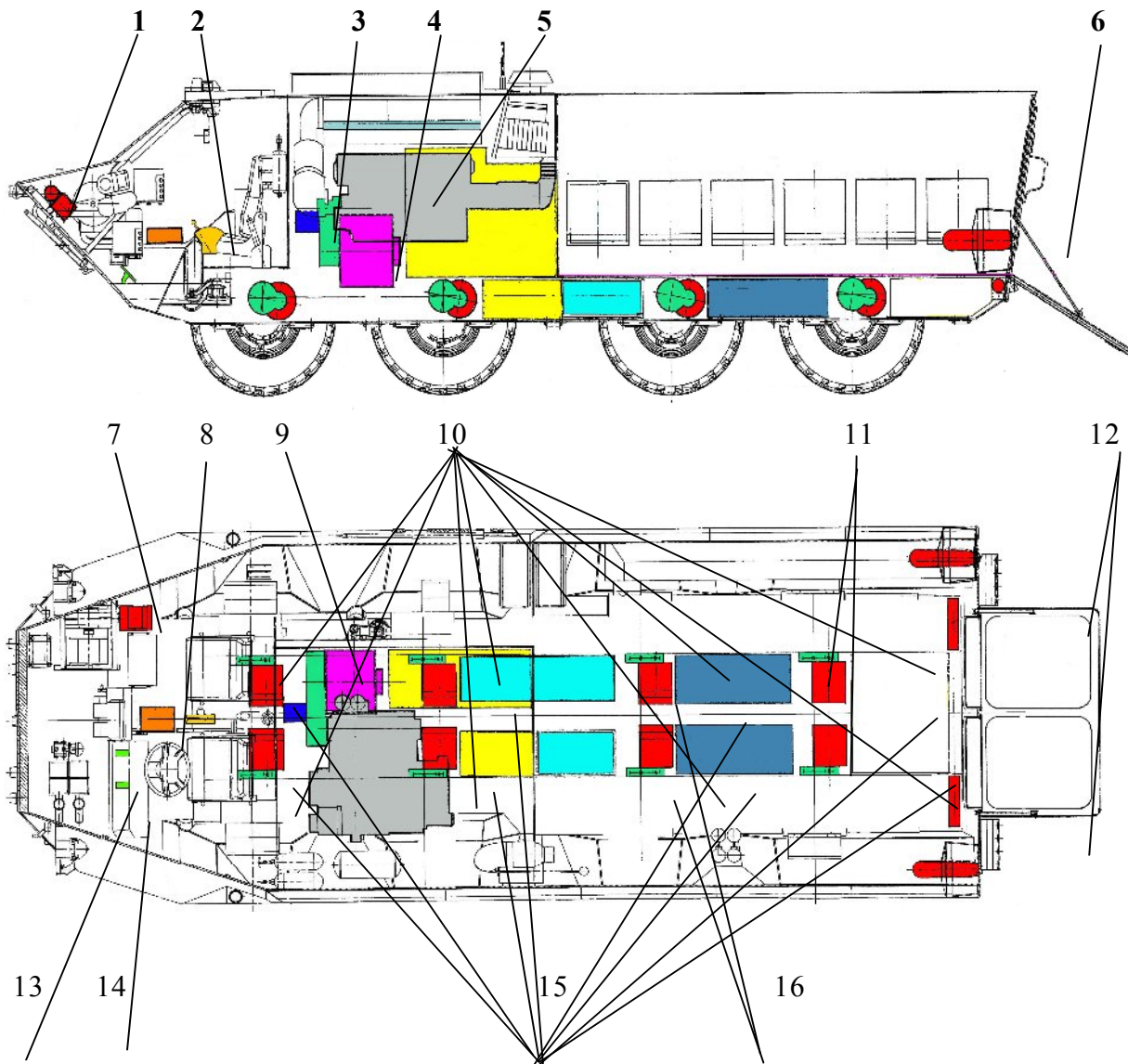


Рис. 4: Компонувочна схема розположення систем електромеханічної трансмісії на шасі бронетранспортера з колесною формулою 8x8 всередині машини: 1 – електродвигач з редуктором хвилотрапляльного щитка; 2 – переключач режимів роботи трансмісії; 3 – насос системи охолодження електроагрегатів; 4 – генератор; 5 – дизельний двигач (ЗТД); 6 – електродвигач водоходного движителя; 7 – електродвигач привода лебідки; 8 – центральний пульта управління роботою трансмісії; 9 – редуктор від двигача до генератора; 10 – редуктори бортові; 11 – акумуляторні батареї для електротрансмісії; 12 – електродвигачи привода відкриття апаратури; 13 – педаль газу; 14 – педаль тормоза; 15 – електродвигачи тягові; 16 – блоки системи управління електротрансмісією.

Аргументом в захисту установки електродвигачів в корпусі являється те, що вона забезпечує можливість об'єднати їх з електронною системою управління і таким образом зібрати їх в більш компактні герметизовані блоки з мінімальним кількістю зовнішніх електричних з'єдинень і з'єдинень системи охолодження. Вона також забезпечує їм меншу уязвимость і не дає значительного збільшення неподресореної маси машини.

Предложена схема интересна тем, что она может адаптироваться, как для установки во вновь проектируемые машины, так и для модернизации уже существующих (БТР-60; БТР-70; БТР-80).

Преимущества концепции реализуемой в этой схеме:

- увеличивает ресурс двигателя внутреннего сгорания, т.к. силовой агрегат работает в режиме дизель-генераторной установки с постоянной нагрузкой без переходных режимов;
- снижает массу трансмиссии и высвобождает объёмы в корпусе по сравнению с другими видами трансмиссий;
- обеспечивает движение с одинаковой скоростью вперёд и назад (от 3 до 130 км/ч);
- обеспечивает скрытное перемещение автомобиля без запуска ДВС по суше на 1...5км и на плаву 1...1,5км;
- позволяет мгновенно выезжать по тревоге с последующим запуском ДВС на ходу;
- микропроцессорная система управления обеспечивает свойства противобуксовочной системы при изменении или потере сцепления колёс с грунтом;
- при разгоне машины, за счет одновременного использования мощности накопительной батареи и силового генератора ускорение машины увеличивается на 10-15%;
- обеспечивает разворот машины на месте за счёт реверса колёс левого или правого борта, а на плаву за счет реверса левого или правого водоходного движителя;
- повышает тягово-динамические качества и проходимость, улучшить показатели устойчивости и управляемости за счёт:
 - плавного и непрерывного регулирования скорости вращения и силы тяги на всех ведущих колесах;
 - плавного трогания на слабонесущих грунтах и подъемах без пробуксовки ведущих колес;
 - индивидуального регулирования силы тяги на каждом из ведущих колес с использованием обратной связи по началу буксования, что позволяет наиболее рационально распределять мощность и избегать ее циркуляции в трансмиссии;
- обеспечивает установку на борту машины мощных потребителей электроэнергии (РЛС, средства связи и т.д.), работающих в стационарных условиях за счет высокой мощности генераторной установки;
- производить более гибкую компоновку транспортных средств т.к. отсутствуют жёсткие механические связи между элементами электротрансмиссии;
- упрощает управление машиной и снижает утомляемость водителя при совершении маневров и движении в сложных дорожных условиях;
- упрощает контроль и диагностику состояния трансмиссии;
- дает возможность использовать шасси как дизель-электрическую станцию;
- возможность применения силовых установок, использующих альтернативные источники энергии, благодаря возможной рекуперации энергии торможения;
- благодаря возможной рекуперации энергии торможения заряжать аккумуляторные батареи при движении изделия.

Недостатки схемы:

- наличие высокого напряжения (660В) на борту бронетранспортёра обуславливает введение дополнительных мер по защите экипажа от поражения электрическим током при повреждении или эксплуатации любого электроагрегата;
- предъявляет высокие требования к герметичности устанавливаемого электрооборудования и бронетранспортера в целом;
- требует изучения степени долговременного влияния электромагнитных полей на экипаж;
- требует наличия сложной и разветвленной системы охлаждения для силовых агрегатов;
- не обеспечивает высокую надежность работы компонентов системы управления во время современного боя с применением ядерного оружия.

Выводы. На основании приведенного анализа можно сделать вывод, что электротрансмиссия может быть рекомендована для использования при проектировании колесных бронетранспортеров и специальных шасси нового поколения. Также она может быть использована при модернизации существующих машин с незначительными доработками в корпусе.

Технология электропривода колесных транспортных средств, в связи с наличием комбинированной системы обеспечения энергией, приоритетна для применения на территории Украины. При изготовлении опытных образцов можно базироваться, как на отечественные, так и на импортные комплектующие.

Наличие в недалеком будущем, отработанных конструкций готовых к внедрению или внедренных в производство будет одним из факторов, определяющих место Украины в ряду технологически развитых стран.

Поторока А.В., Решетило Е.И., Гращенко Г.П., Липовец В.В., Евтушенко В.В.,
Бондарь А.И.

ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ТРАНСМІСІЙ ДЛЯ МАШИН КЛАСУ БРОНЕТАНСПОРТЕРІВ

В статті наведено аналіз переваг та недоліків застосування електротрансмисії при проектуванні нових машин класу бронетранспортерів.

Поторока А.В., Решетило Е.И., Гращенко Г.П., Липовец В.В., Евтушенко В.В.,
Бондарь А.И.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ ДЛЯ МАШИН КЛАССА БРОНЕТАНСПОРТЕРОВ

В статье приведен анализ преимуществ и недостатков использования электротрансмиссии при проектировании новых машин класса бронетранспортеров.

Potoroka A.V., Reshetilo Ye.I., Grashchenkov G.P., Lipovec V.V., Evtushenko V.V.,
Bondar A.I.

USE OF ELECTROMECHANICAL TRANSMISSIONS FOR THE ARMoured CARRIER

In the report questions of application of electromechanical transmissions in armoured carrier, the analysis of their advantages and deficiencies, a function chart of operation of its elements, an instance of arrangement solutions on the basis of the designed chassis are observed.

УДК 629.3.064.3

Слюсаренко Ю.А., канд. техн. наук; Початовский С.В., Галушка Ю.В.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТРАНСМИССИИ КОЛЁСНОГО БРОНЕТАНСПОРТЁРА БТР-4Е ЗА СЧЁТ ВВЕДЕНИЯ В ГИДРОСИСТЕМУ АВТОНОМНОГО КОНТУРА СМАЗКИ И ОХЛАЖДЕНИЯ РАЗДАТОЧНОЙ КОРОБКИ

1. Введение. Одним из основных показателей при эксплуатации военных легкобронированных колёсных машин является надёжность гидравлических систем управления, смазки и охлаждения элементов трансмиссии и в частности раздаточной коробки (РК) [1].