

Д. О. ВОЛОНЦЕВИЧ, Е. А. ВЕРЕТЕННИКОВ, Я. М. МОРМИЛО, А. С. ЯРЕМЧЕНКО, В. О. КАРПОВ

## ТЯГОВЫЙ БАЛАНС ПЕРСПЕКТИВНОГО КОЛЕСНОГО БРОНЕТРАНСПОРТЕРА С ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИЕЙ

Пропонується оцінка потужності тягового електроприводу для реалізації заданих характеристик рухливості колісного бронетранспортера БТР-4 і проводиться аналіз можливості побудови електромеханічної трансмісії для зазначеної машини із одноступінчастими і двоступінчастими колісними редукторами. Зроблено висновок про неможливість обійтися без розширення діапазону зміни крутного моменту на механічному двоступінчастому колісному редукторі в разі використання тягових електродвигунів типу EMRAX 348 (Словенія).

**Ключові слова:** бронетранспортер, електромеханічна трансмісія, тяговий баланс, рухливість, динамічні характеристики.

Предлагается оценка мощности тягового электропривода для реализации заданных характеристик подвижности колесного бронетранспортера БТР-4 и проводится анализ возможности построения электромеханической трансмиссии для указанной машины с одноступенчатыми и двухступенчатыми колесными редукторами. Сделан вывод о невозможности обойтись без расширения диапазона изменения крутящего момента на механическом двухступенчатом колесном редукторе в случае использования тяговых электродвигателей типа EMRAX 348 (Словения).

**Ключевые слова:** бронетранспортер, электромеханическая трансмиссия, тяговый баланс, подвижность, динамические характеристики.

It is proposed evaluation of the power of the traction electric drive for the implementation of the specified characteristics of the mobility of a wheeled armored personnel carrier BTR-4. The values of the required power were determined for the implementation of each requirement to mobility separately. As a result the rational value of the mechanical power output on wheels was chosen, which able to satisfy the requirements of machine mobility. Analysis of the feasibility of developing an electromechanical transmission for wheeled armored personnel carrier BTR-4 with a single-stage and two-stage wheel gearboxes was conducted. It is concluded that using traction motor EMRAX 348 (Slovenia) can not use single-stage wheel gearboxes without derating machine mobility. The value of the required coefficient adaptability for torque of the traction motor to be able to use it with single-stage wheel gearboxes was determined.

**Keywords:** armored personnel carrier, electromechanical transmission, traction balance, mobility, dynamic performance.

### Введение. Актуальность задачи.

Електрические трансмісії в последнее время находят все более широкое распространение не только в гражданских автомобилях, но и в военной технике [1–4]. Это связано с тем, что электрические трансмісії позволяют обеспечить:

- бесступенчатое изменение скорости и тягового усилия;
- легкость автоматизации трансмісії и обеспечения управления машиной любым членом экипажа и дистанционного управления;
- расширенные возможности по рекуперации энергии замедления, поворота, колебаний подрессоренных масс и т.д.;
- возможность кратковременного движения без работающего ДВС;
- возможность кратковременного суммирования мощности генераторной установки и накопителей энергии;
- простоту реализации системы поддержания курсовой устойчивости и регулирования тяги для исключения буксования;
- отсутствие жестких механических связей между основными агрегатами, облегчающее компоновку;
- высокую блочную унификацию между машинами различных видов и классов;
- более высокую надежность за счет дублирования и быстрота замены при повреждениях (для мотор-колес);
- возможность повысить минную стойкость корпуса и увеличить динамический ход подвески (для мотор-колес).

За два последних десятилетия произошел

революционный скачок в развитии накопителей электроэнергии, резко сократились габариты и вес управляющей аппаратуры, а также были созданы тяговые электродвигатели (ТЭД) с показателями, позволяющими на их основе создать электрическую трансмісію для колесных бронетранспортеров не только по мостовой схеме, но и по принципу мотор-колес [5].

Кроме того, классические ступенчатые механические трансмісії с гидродинамическими передачами практически полностью выбрали свой технический потенциал по повышению удельной мощности и подвижности полноприводных машин. Неоправданная сложность реализации на многоосных полноприводных машинах функций системы поддержания курсовой устойчивости и регулирования тяги для исключения буксования без участия энергетически невыгодного использования тормозной системы и АБС снижает их функциональные возможности.

Все это сделало задачу проектирования электромеханических трансмісій для колесных бронетранспортеров актуальной и своевременной.

### Краткий анализ проблемы, цель и постановка задачи.

Характеристики современных асинхронных ТЭД с частотным регулированием позволяют получать гиперболическую характеристику постоянной мощности близкую к идеальной, однако ее, как правило, все равно не хватает для получения электропривода с бесступенчатым регулированием во всем диапазоне, который требуется для машин, перемещающихся не только по дорогам с твердым покрытием, но и по бездорожью. Это связано с ограничением максимального крутящего момента ТЭД, которое диктуется

ограничением по силе тока в обмотках и перегреву. В существующих зарубежных конструкциях обычно для решения этой проблемы используют ТЭД с большим запасом мощности, которая вообще не может быть обеспечена даже суммарной мощностью генератора и накопителя. Это приводит к неоправданному увеличению веса и габаритов такой трансмиссии и снижает в совокупности те преимущества, которые можно было бы получить при внедрении электропривода для колесной бронетехники.

**Целью представленной работы** является определение рациональных характеристик ТЭД, которые смогли бы обеспечить требуемые параметры подвижности колесного бронетранспортера на примере бронетранспортера БТР-4.

Задачи, решаемые для достижения поставленной цели:

- определение суммарной мощности ТЭД, необходимой для обеспечения требуемых параметров подвижности бронетранспортера при постоянном передаточном отношении механических редукторов на примере характеристик современных ТЭД ведущих западных производителей;

- определение возможности построения электро-механической трансмиссии для БТР-4 на базе ТЭД EMRAX 348 (Словения) с одноступенчатыми колесными редукторами.

**Основная часть.**

Исходные данные для расчетов представлены в табл. 1 [6, 7].

Таблица 1 – Исходные данные для расчетов

Наименование показателя		Значение
Вес машины $G_M$ , Н		245250
Колесная формула		8x8
Максимальная скорость движения по шоссе $V_{max}$ , км/ч		110
Средняя скорость движения, км/ч	по шоссе $V_{cp}$	60
	по грунтовой дороге $V_{cp}^*$	45
Максимальный угол подъема по грунту $\alpha_{max}^0$		30
Скорость на подъем с уклоном $30^0$ не менее, км/ч		5 (10)
Высота машины $H$ , м		2,36
Ширина колеи $B$ , м		2,4
Клиренс $h$ , м		0,5
Статический радиус колеса $R_{вк}$ , м		0,53
Коэффициент обтекаемости $k$ , (Н·с <sup>2</sup> )/м <sup>4</sup>		0,65
Расчетное время разгона по шоссе, с (не более)	до скорости 30 км/час	5
	до скорости 70 км/час	25
	до скорости 110 км/час	75
Максимальное значение динамического фактора (не менее)		0,8

Для удовлетворения заданным параметрам подвижности были проведены расчеты, позволяющие определить минимально необходимую суммарную механическую мощность всех ТЭД, обеспечивающую реализацию каждого из параметров.

Так для получения мощности ТЭД  $N_{v_{max}}$ , обеспечивающей максимальную скорость движения  $v_{max}$  по горизонтальным дорогам с различным коэффициентом сопротивления движению  $f$  для колесной машины весом  $G_M$  была построена графическая зависимость, представленная на рис. 1. Для ее вычисления использовалась формула из [8]:

$$N_{v_{max}} = \frac{P_{v_{max}} v_{max}}{\eta_{KP}} = \frac{(G_M f + k F v_{max}^2) v_{max}}{\eta_{KP}},$$

где  $k$  – коэффициент обтекаемости корпуса машины ( $k=0,65 \text{ Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^4$ );  $F$  – площадь лобовой проекции машины ( $F=4,48 \text{ м}^2$ );  $\eta_{KP}$  – КПД планетарного колесного редуктора ( $\eta_{KP} \approx 0,97$ ).

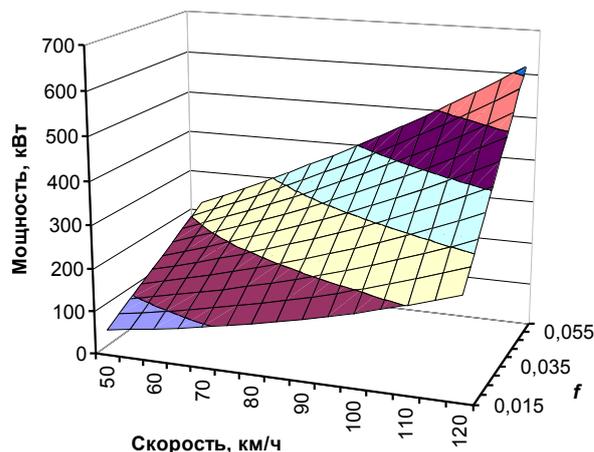


Рис. 1 – Зависимость мощности привода от максимальной скорости и качества дороги

В нашем случае для достижения скорости  $v_{max}=110 \text{ км/ч}$  по дороге с коэффициентом сопротивления  $f=0,02$  при весе машины  $G_M=245250 \text{ Н}$  необходима мощность  $N_{v_{max}}=240 \text{ кВт}$ , то есть минимальная мощность одного ТЭД может составлять 30 кВт.

Потребление мощности для обеспечения средних скоростей движения по шоссе составляет 98 кВт ( $f=0,02$  и  $v_{cp}=60 \text{ км/ч}$ ), по грунтовым дорогам 132 кВт ( $f=0,04$  и  $v_{cp}^*=45 \text{ км/ч}$ ).

Для получения мощности ТЭД  $N_\alpha$ , обеспечивающей движение на подъем под углом  $\alpha=30^\circ$  с заданной скоростью движения  $v_\alpha$  по склонам с различным коэффициентом сопротивления движению  $f$  для колесной машины весом  $G_M$ , была построена графическая зависимость, представленная на рис. 2. Коэффициент сцепления движителя с дорогой при

этом не анализировался. Для ее вычисления использовалась формула из [8]:

$$N_{\alpha} = \frac{P_{\alpha} v_{\alpha}}{\eta_{КР}} = \frac{(G_M f \cos \alpha + G_M \sin \alpha + k F v_{\alpha}^2) v_{\alpha}}{\eta_{КР}}$$

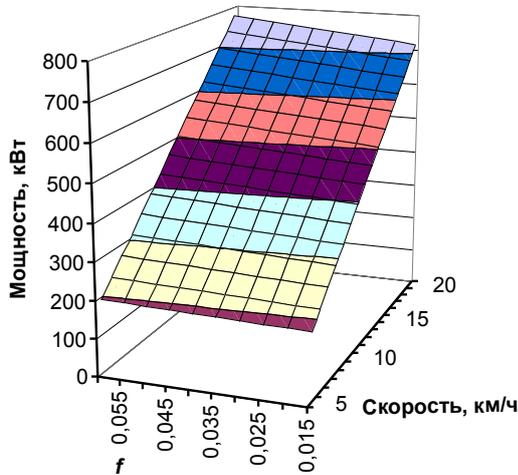


Рис. 2 – Зависимость мощности привода от скорости движения на склон 30° и качества дороги

В нашем случае для достижения скорости  $v_{\alpha}=5$  км/ч по дороге с коэффициентом сопротивления  $f=0,04$  при весе машины  $G_M=245250$  Н необходима мощность  $N_{v_{max}}=188$  кВт, а для скорости  $v_{\alpha}=10$  км/ч – 376 кВт, то есть минимальная мощность одного ТЭД может составлять соответственно 23,5 и 47 кВт.

Для получения мощностей ТЭД  $N_i$ , обеспечивающих разгон бронетранспортера до заданных скоростей  $v_i$  по шоссе ( $f=0,02$ ) и сухой грейдерной грунтовой дороге ( $f=0,04$ ) были построены графики зависимости времени разгона  $t_i$  от достигаемой скорости и суммарной мощности ТЭД (рис. 3 и 4). Расчет разгонных характеристик и построение графиков проводилось по методике [8] с учетом сохранения постоянной мощности привода во всем скоростном диапазоне с ограничением по коэффициенту сцепления колесного движителя с дорогой:  $\varphi=0,8$  для шоссе и  $\varphi=0,5$  для грунтовой дороги.

В нашем случае для достижения скорости  $v_1=30$  км/ч за время меньше, чем 5 с при движении машины весом  $G_M=245250$  Н по шоссе с коэффициентом сопротивления  $f=0,02$  необходима мощность не менее 260 кВт (32,5 кВт на один ТЭД).

Для достижения скорости  $v_2=70$  км/ч в аналогичных условиях за время меньше, чем 25 с необходима мощность не менее 300 кВт (37,5 кВт на один ТЭД).

Для достижения скорости  $v_3=110$  км/ч в аналогичных условиях за время меньше, чем 75 с

необходима мощность не менее 340 кВт (42,5 кВт на один ТЭД).

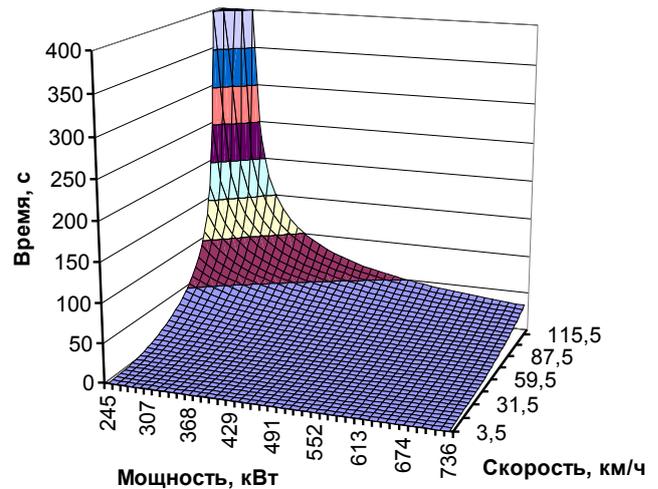


Рис. 3 – Зависимость времени разгона от скорости и мощности привода для шоссе

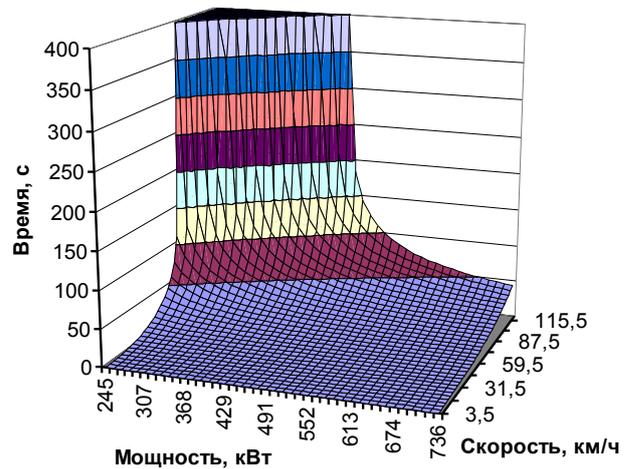


Рис. 4 – Зависимость времени разгона от скорости и мощности привода для грунтовой дороги

Обобщенные результаты оценки необходимой суммарной механической мощности ТЭД приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Обобщенные результаты расчетов

Параметр	Требуемая мощность, кВт	Принимаемая мощность, кВт	Теоретически ожидаемые значения параметра
$v_{max}=110$ км/ч	240	340 (42,5)	$> 120$ км/ч; 110 км/ч при $f=0,032$
$v_{\alpha}=5(10)$ км/ч	188 (376)		$v_{\alpha}=9$ км/ч
$v_1$ за 5 с	260		за 3,5 с
$v_2$ за 25 с	300		за 21 с
$v_3$ за 75 с	340		за 75 с

Однако, как уже было сказано в кратком анализе проблемы, ТЭД на своей внешней характеристике в зоне малых скоростей имеют горизонтальную полку по крутящему моменту, связанную с ограничениями по силе тока в обмотках. Так для ТЭД EMRAX 348 (Словения), характеристики которого приведены в табл. 3, график зависимости крутящего момента от частоты вращения якоря представлен на рис. 5.

Таблица 3 – Характеристики ТЭД EMRAX 348

Показатель	Значение
Масса ТЭД, кг	41
Габариты (диаметр x длина), мм	348 x 105
Максимальная мощность ТЭД, кВт	150
Максимальная длительная мощность ТЭД, кВт	120
Максимальная частота вращения, об/мин	3350
Максимальный длительный момент, Нм	500
Максимальный кратковременный момент (менее минуты), Нм	1000

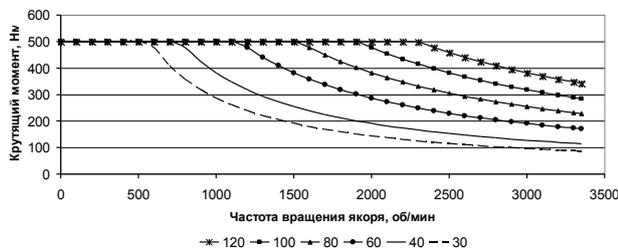


Рис. 5 – Зависимость крутящего момента ТЭД от частоты вращения якоря для полного и частичных режимов использования мощности

Если проанализировать табл. 2 и рис. 5, то будет понятно, что для обеспечения максимальной скорости при движении бронетранспортера по шоссе ( $f = 0,02$ ) с учетом сопротивления воздуха нужна та же тяга, что для движения по дороге ( $f = 0,032$ ), но без сопротивления воздуха.

Одновременно для уверенного преодоления искусственных препятствий и труднопроходимой местности на малых скоростях необходим динамический фактор не менее 0,8. Соответственно, ТЭД должен обеспечить коэффициент приспособляемости привода по крутящему моменту

$$k_M = \frac{0,8}{0,032} = 25.$$

Исходя из табл. 2, для движения с максимальной скоростью по шоссе нам достаточно мощности одного ТЭД, равной 30 кВт. Рассматриваемый ТЭД EMRAX 348 (Словения) в режиме максимальной частоты вращения якоря выдает крутящий момент, равный 85,5 Нм, что всего в 5,85 раза меньше максимального длительного момента 500 Нм, который способен выдать ТЭД.

#### Выводы.

1. Для реализации заданных характеристик подвижности колесного бронетранспортера БТР-4 при переходе на электромеханическую трансмиссию без учета ограничения в ТЭД крутящего момента по

величине силы тока в обмотках достаточно обеспечить на каждом колесе механическую мощность не менее 42,5 кВт.

2. Для реальных ТЭД типа EMRAX 348 (Словения), имеющих коэффициент приспособляемости по крутящему моменту 1,5 – 3, невозможно обойтись без расширения диапазона изменения крутящего момента на механическом двухступенчатом редукторе.

3. Для реализации заданных характеристик подвижности колесного бронетранспортера БТР-4 при одноступенчатых колесных редукторах необходимо обеспечить на ТЭД длительно действующий крутящий момент 2137,5 Нм.

#### Список литературы

1. Electric transmission progress in Germany. / P. M. Ogorkevich // International defense review, 1992. no. 2, pp. 153–154. – Режим доступа : [http://btvt.narod.ru/4/electric\\_transmission\\_fritz.htm](http://btvt.narod.ru/4/electric_transmission_fritz.htm). – Дата обращения : 04 января 2017.
2. Elektrische Kraftübertragung - Technologie und praktische Anwendung / P. Erkhart // Soldat und Technik, – Mai, 2003, – P. 22–27. – Режим доступа [http://btvt.narod.ru/1/electr/el\\_transm3.htm](http://btvt.narod.ru/1/electr/el_transm3.htm). – Дата обращения: 03 марта 2016.
3. Hybrid and electric power drive combat vehicles. / Je. Walentynowicz // Journal of KONES Powertrain and Transport, 2011, vol. 18, no. 1, pp. 471–478.
4. Электрические трансмиссии для современных боевых машин / Рон Хэр, Алан Лосе, представители группы "Деренс Системз" фирмы FMC. – Режим доступа [http://btvt.narod.ru/1/electr4/el\\_transm.htm](http://btvt.narod.ru/1/electr4/el_transm.htm). – Дата обращения: 04 января 2017.
5. Теорія електроприводу транспортних засобів: підручник / А. В. Гнатюв, Ш. В. Аргун, І. С. Трунова. – Х. : ХНАДУ, 2015. – 292 с.
6. Технические характеристики бронетранспортера БТР-4. – Режим доступа <http://www.morozov.com.ua/rus/body/btr4.php>. – Дата обращения: 04 января 2017.
7. Технические характеристики бронетранспортера БТР-4. – Режим доступа <http://kolleksiya.ru/tanki/632-btr-4-butsefal-sovremennyj-ukrainskij-bronettransporter.html>. – Дата обращения: 04 января 2017.
8. Александров Е. Е. Тягово-скоростные характеристики быстроходных гусеничных и полноприводных колесных машин. / Е. Е. Александров, В. В. Епифанов, Н. Г. Медведев, А. В. Устиненко. – Харьков : НТУ "ХПИ", 2007. – 124 с.

#### References (transliterated)

1. Ogorkevich R. M. Electric transmission progress in Germany. International defense review, 1992. no. 2, pp. 153–154. – Available at : [http://btvt.narod.ru/4/electric\\_transmission\\_fritz.htm](http://btvt.narod.ru/4/electric_transmission_fritz.htm). (accessed 04.01.2017).
2. Erkhart P. Elektrische Kraftübertragung – Technologie und praktische Anwendung, Soldat und Technik, Mai, 2003, pp. 22–27. – Available at : [http://btvt.narod.ru/1/electr/el\\_transm3.htm](http://btvt.narod.ru/1/electr/el_transm3.htm). (accessed 03.03.2016).
3. Walentynowicz Je. Hybrid and electric power drive combat vehicles. Journal of KONES Powertrain and Transport, 2011, vol. 18, no. 1, pp. 471–478.
4. Elektricheskie transmissii dlja sovremennyh boevyh mashin [Electrical transmissions for modern combat vehicles] / Ron Hjer, Alan Lose, representatives of the group "Derens Systems" FMC company. – Available at : [http://btvt.narod.ru/1/electr4/el\\_transm.htm](http://btvt.narod.ru/1/electr4/el_transm.htm). (accessed 04.01.2017).
5. Gnatov A. V., Argun Shh. V., Trunova I. S. Teoriya elektropryvodu transportnyx zasobiv: pidruchnyk [The theory of electric vehicles: a textbook] / Kharkiv, Kharkiv National Automobile and Highway University publ., 2015, 292 p.
6. Technicheskie harakteristiki bronettransportera BTR-4 [Specifications of wheeled armored personnel carrier BTR-4]. – Available at : <http://www.morozov.com.ua/rus/body/btr4.php>. (accessed 04.01.2017).

7. *Tekhnicheskie karakteristiki bronetransportera BTR-4* [Specifications of wheeled armored personnel carrier BTR-4]. – Available at : <http://kolleksiya.ru/tanki/632-btr-4-butsefal-sovremennyj-ukrainskij-bronetrans-porter.html>. (accessed 04.01.2017).
8. *E. E. Aleksandrov, V. V. Epifanov, N. G. Medvedev, A. V. Ustinenko* Tjagovo-skorostnye karakteristiki bystrohodnyh gusenichnyh i polnoprivodnyh kolesnyh mashin [Trailer-speed characteristics of high-speed track and four-wheel drive wheeled vehicles]. Kharkiv, NTU "KhPI" publ., 2007, 124 p.

Поступила (received) 05.02.2017

*Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions*

**Тяговий баланс перспективного колісного бронетранспортера з електромеханічною трансмісією / Д. О. Волонцевич, С. О. Веретенников, Я. М. Мормило, А. С. Яремченко, В. О. Карпов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Транспортне машинобудування. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – № 5 (1227). – С. 168–172. – Бібліогр.: 8 назв. – ISSN 2079-0066.**

**Тяговый баланс перспективного колесного бронетранспортера с электромеханической трансмиссией / Д. О. Волонцевич, Е. А. Веретенников, Я. М. Мормило, А. С. Яремченко, В. О. Карпов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Транспортне машинобудування. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – № 5 (1227). – С. 168–172. – Библиогр.: 8 назв. – ISSN 2079-0066.**

**Traction balance for perspective wheeled armored personnel carrier with electromechanical transmission / D. O. Volontsevich, E. A. Veretennikov, Ya. M. Mormilo, A. S. Yaremchenko, V. O. Karpov // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Transport machine building. – Kharkov : NTU "KhPI", 2017. – No. 5 (1227). – P. 168–172. – Bibliogr.: 8. – ISSN 2079-0023.**

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Волонцевич Дмитро Олегович** – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», завідувач кафедри інформаційних технологій і систем колісних та гусеничних машин ім. О.О. Морозова; тел.: (050) 902-73-80; e-mail: vdo\_khpi@ukr.net.

**Волонцевич Дмитрий Олегович** – доктор технических наук, профессор, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», заведующий кафедрой информационных технологий и систем колесных и гусеничных машин им. А.А. Морозова; тел.: (050) 902-73-80; e-mail: vdo\_khpi@ukr.net.

**Volontsevich Dmitriy Olegovich** – Doctor of Technical Sciences, Full Professor, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Head of the Department of Information Technology and Systems of wheeled and tracked vehicles named after A.A. Morozov; tel.: (050) 902-73-80; e-mail: vdo\_khpi@ukr.net.

**Веретенников Євгеній Олександрович** – кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри інформаційних технологій і систем колісних та гусеничних машин ім. О.О. Морозова; тел.: (050) 970-91-17; e-mail: eugen-tankist@mail.ru.

**Веретенников Евгений Александрович** – кандидат технических наук, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», доцент кафедры информационных технологий и систем колесных и гусеничных машин им. А.А. Морозова; тел.: (050) 970-91-17; e-mail: eugen-tankist@mail.ru.

**Veretennikov Evgeniy Aleksandrovich** – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Associate Professor at the Department of Information Technology and Systems of wheeled and tracked vehicles named after A.A. Morozov; tel.: (050) 970-91-17; e-mail: eugen-tankist@mail.ru.

**Мормило Яков Михайлович** – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», аспірант кафедри інформаційних технологій і систем колісних та гусеничних машин ім. О.О. Морозова; тел.: (099) 926-93-16; e-mail: morozov@morozov.com.ua.

**Мормило Яков Михайлович** – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», аспирант кафедры информационных технологий и систем колесных и гусеничных машин им. А.А. Морозова; тел.: (099) 926-93-16; e-mail: morozov@morozov.com.ua.

**Mormilo Yakov Mihaylovich** – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", graduate student at the Department of Information Technology and Systems of wheeled and tracked vehicles named after A.A. Morozov; tel.: (099) 926-93-16; e-mail: morozov@morozov.com.ua.

**Яремченко Анатолій Сергійович** – Державне підприємство «Харківське конструкторське бюро з машинобудування ім. О.О. Морозова», інженер – конструктор; тел.: (097) 520-71-55; e-mail: yarmas11@gmail.com.

**Яремченко Анатолий Сергеевич** – Государственное предприятие «Харьковское конструкторское бюро по машиностроению им. А.А. Морозова», инженер – конструктор; тел.: (097) 520-71-55; e-mail: yarmas11@gmail.com.

**Yaremchenko Anatoliy Sergeevich** – The State Enterprise «Kharkov Design Bureau of Machine Building named after A.A. Morozov, the engineer – designer; tel.: (097) 520-71-55; e-mail: yarmas11@gmail.com.

**Карпов Вадим Олегович** – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», студент; тел.: (093) 905-37-27; e-mail: darksnow125@gmail.com.

**Карпов Вадим Олегович** – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», студент; тел.: (093) 905-37-27; e-mail: darksnow125@gmail.com.

**Karpov Vadim Olegovich** – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", student; tel.: (093) 905-37-27; e-mail: darksnow125@gmail.com.