

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

**ВІСНИК**  
**НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**  
**«ХПІ»**

*Серія: Автомобіле- та тракторобудування*

№ 9 (1118) 2015

Збірник наукових праць

Видання засноване у 1961 р.

Харків  
НТУ «ХПІ», 2015

**Вісник Національного технічного університету «ХПІ».** Збірник наукових праць. Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х. : НТУ «ХПІ». – 2015. – № 9 (1118). – 184 с.

**Державне видання**

**Свідоцтво Держкомітету з інформаційної політики України**

**КВ № 5256 від 2 липня 2001 року**

Збірник виходить українською та російською мовами.

*Вісник Національного технічного університету «ХПІ» внесено до «Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук», затвердженого Постановою президії ВАК України від 26 травня 2010 р., № 1 – 05/4 (Бюлетень ВАК України, № 6, 2010 р., с. 3, № 20).*

**Координаційна рада:**

Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф. (**голова**);

К. О. ГОРБУНОВ, канд. техн. наук, доц. (**секретар**);

А. П. МАРЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.; Є. І. СОКОЛ, д-р техн. наук, чл.-кор. НАН України;

Є. Є. АЛЕКСАНДРОВ, д-р техн. наук, проф.; А. В. БОЙКО, д-р техн. наук, проф.;

Ф. Ф. ГЛАДКИЙ, д-р техн. наук, проф.; М. Д. ГОДЛЕВСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф.;

А. І. ГРАБЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.; В. Г. ДАНЬКО, д-р техн. наук, проф.;

В. Д. ДМИТРИЄНКО, д-р техн. наук, проф.; І. Ф. ДОМНІН, д-р техн. наук, проф.;

В. В. СПІФАНОВ, канд. техн. наук, проф.; Ю. І. ЗАЙЦЕВ, канд. техн. наук, проф.;

П. О. КАЧАНОВ, д-р техн. наук, проф.; В. Б. КЛЕПІКОВ, д-р техн. наук, проф.;

С. І. КОНДРАШОВ, д-р техн. наук, проф.; В. М. КОШЕЛЬНИК, д-р техн. наук, проф.;

В. І. КРАВЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.; Г. В. ЛІСАЧУК, д-р техн. наук, проф.;

О. К. МОРАЧКОВСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф.; В. І. НІКОЛАЄНКО, канд. іст. наук, проф.;

П. Г. ПЕРЕРВА, д-р екон. наук, проф.; В. А. ПУЛЯЄВ, д-р техн. наук, проф.;

М. І. РИЩЕНКО, д-р техн. наук, проф.; В. Б. САМОРОДОВ, д-р техн. наук, проф.;

Г. М. СУЧКОВ, д-р техн. наук, проф.; Ю. В. ТИМОФІЄВ, д-р техн. наук, проф.;

М. А. ТКАЧУК, д-р техн. наук, проф.

**Редакційна колегія серії:**

**Відповідальний редактор:** В. Б. Самородов, д-р техн. наук, проф.

**Заступник відповідального редактора:** А. І. Бондаренко, канд. техн. наук, доц.

**Відповідальний секретар:** С. Г. Селевич, канд. техн. наук, доц.

**Члени редколегії:** Є. Є. Александров, д-р техн. наук, проф.; В. П. Волков, д-р техн. наук, проф.; Д.

О. Волонцевич, д-р техн. наук, проф.; О. В. Григоров, д-р техн. наук, проф.; Б. І. Кальченко, д-р

техн. наук, проф.; А. Т. Лебедєв, д-р техн. наук, проф.;

В. І. Омеляненко, д-р техн. наук, проф.; В. П. Писарєв, д-р техн. наук, проф.; М. А. Подригало, д-

р техн. наук, проф.; А. М. Пойда, д-р техн. наук, проф.;

В. П. Сахно, д-р техн. наук, проф.; А. П. Солтус, д-р техн. наук, проф.

*У квітні 2014 р. Вісник Національного технічного університету «ХПІ», серія «Автомобіле- та тракторобудування», включений у довідник періодичних видань бази даних **Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA)**.*

Рекомендовано до друку Вченою радою НТУ «ХПІ».

Протокол № 1 від 15 травня 2015 р.

© Національний технічний університет «ХПІ», 2015

УДК 625.032.821

**В. П. ВОЛКОВ**, д-р техн. наук, проф. ХНАДУ, Харків;

**Э. Х. РАБИНОВИЧ**, канд. техн. наук, доц. ХНАДУ;

**В. А. ЗУЕВ**, інженер, асс. ХНАДУ;

**Ю. В. ЗЫБЦЕВ**, інженер, ст. преп. ХНАДУ

## НОРМИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАЗГОНА ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ

В статье обоснован выбор метода расчета нормативов времени разгона автомобилей при дорожном диагностировании с эмпирическими поправками, отражающими изменение конфигурации кривой крутящего момента при разгоне на разных передачах: снижение максимального крутящего момента и смещение его частоты вдоль оси частот вращения коленчатого вала в зависимости от передаточного числа включенной передачи в трансмиссии, а также увеличение крутизны ветвей этой кривой в зависимости от возраста или наработки двигателя.

**Ключевые слова:** разгон, время, крутящий момент, максимум, частота, снижение, смещение, эксперимент, расчет, поправки.

**Введение.** Для нормирования диагностических параметров, характеризующих тягово-скоростные свойства автомобиля – тяговой силы, ускорения разгона и т.д. – нужна кривая крутящего момента на внешней скоростной характеристике (ВСХД). Однако при разгоне вид этой кривой искажается – меняется форма, снижается максимальный крутящий момент, а точка максимума смещается к другим частотам вращения коленчатого вала. Эти изменения необходимо учитывать в расчетах.

**Анализ основных достижений и литературы.** Разгонные характеристики двигателя и автомобиля исследовали с 50-х годов XX века отечественные и зарубежные специалисты [1-3]. Интерес к этой теме заметно возрос с проникновением в стендовую технику современных электронных систем [4-7]. Все авторы признавали влияние ускорения разгона на форму и размеры кривой момента, однако не удалось найти ни одной публикации, в которой говорилось бы, как оценить количественно это влияние – ни на уменьшение момента, ни хотя бы на направление смещения максимума. В [8] описаны попытки получить разгонные кривые момента по результатам дорожных испытаний. В [9] предложены эмпирические поправки к обычному расчету:

$$K_1 = 1 - 0,02 \cdot u_{кп}, \quad \Delta n_M = \pm 275 \cdot u_{кп}. \quad K_2 = 1 - \left[ (n - \Delta n_M) / (4n_N) \right]^2, \quad (1)$$

где  $K_1$  – коэффициент, учитывающий снижение крутящего момента в зависимости от передачи;

$\Delta n_M$  – смещение точки максимального момента вдоль оси частот вращения коленвала, мин<sup>-1</sup>; принимать знак "+" для двигателей с плоской кривой момента, "-" для случая выпуклой кривой;

$K_2$  – коэффициент, учитывающий увеличение крутизны ветвей кривой крутящего момента справа и слева от точки максимума; предложено вводить  $K_2$  для автомобилей старше 5 лет;

$u_{кп}$  – передаточное число передачи, для которой ведется расчет;

$n_N$  – частота вращения коленвала при номинальной мощности, мин<sup>-1</sup>.

Позднее формула для  $K_2$  была изменена:

$$K_2 = 1 - T \cdot [U_1 + U_2 \cdot (n/n_M - 1)^2], \quad (2)$$

© В.П. Волков, Э.Х. Рабинович, В.А. Зуев, Ю.В. Зыбцев, 2015

где  $T$  –  
возраст  
автомоб

иля в годах;

$n_M$  – обороты максимального момента, мин<sup>-1</sup>.

По разнице номинальной кривой момента двигателя ВАЗ-21011 и кривой при полностью изношенной ЦПП [10] приняты значения  $U_1=0,018$ ,  $U_2=0,03$ .

**Цель исследования и постановка задачи.** Цель исследования – повышение точности нормирования диагностических параметров в практических расчетах. Для достижения этой цели нужно выбрать метод расчета и, в частности, проверить и при необходимости уточнить указанные поправки.

**Методика проверки и сопоставления вариантов расчета.** Узкой практической задачей расчета в настоящем случае является вычисление времени разгона автомобиля от первой заданной скорости до второй. Более широкая задача – расчет диаграммы разгона  $v(t)$ . Все варианты расчета

– это, по существу, варианты аппроксимации экспериментальной диаграммы. По каждому варианту вычислялась относительная ошибка аппроксимации по формуле

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{\sum [1 - t(v_i)/t_i]^2}{n-1}} 100\%, \quad (2)$$

где  $t_i$  – экспериментальное значение времени достижения скорости  $v_i$ ;

$t(v_i)$  – расчетное значение времени достижения скорости  $v_i$ ;

$n$  – количество точек.

Поскольку использовались значения времени разгона по разным автомобилям, в разных диапазонах скоростей и на разных передачах, результаты разных расчетов и значения ошибки аппроксимации могли оказаться несопоставимыми. Поэтому при сравнении разных вариантов расчета для одного автомобиля на одной передаче каждому варианту присваивалось место по значению ошибки аппроксимации. Окончательный выбор предпочтительного варианта определялся по средней ошибке и сумме мест во всех выполненных расчетах.

Сравнивались следующие варианты расчета разгона:

а) Номинальная кривая – опубликованная кривая крутящего момента по ВСХД, аппроксимированная полиномом 6-ой степени (такая аппроксимация искажала конфигурацию кривой в допустимых пределах);

б) Н + Е – номинальная кривая с тремя эмпирическими поправками;

в) Н + Е T2/3 – предыдущий вариант, но в расчетной формуле для  $K_2$  приняты значения  $U_1=0,006$ ,  $U_2=0,01$ ; такое изменение подсказано опытом расчетов для более долговечных двигателей, в частности, двигателя 2Е автомобиля Volkswagen Passat B4;

г) Н + Е –  $K_2$  – номинальная кривая с двумя эмпирическими поправками  $K_1$  и  $\Delta_{LM}$ ; поправка  $K_2$  уместна только в расчетах эталонных значений для автомобилей конкретного возраста  $T$ . Подсчитанный с нею норматив говорит, чего можно ждать от автомобиля после такого срока эксплуатации, а сопоставление с временем, вычисленным без учета  $K_2$ , показывает, насколько далеко от идеального нынешнее техническое состояние двигателя, в частности, его ЦПГ. Однако при расчете нормативов времени разгона для автомобилей, снятых с производства  $R$  лет назад, учитывать  $K_2$  необходимо, принимая, например,

$$T = R + 3; \quad (3)$$

д) Л – кривая, исходящая из значений момента, вычисленных по формуле С.Р. Лейдермана:

$$M_e = A + Bn - Cn^2, \quad (4)$$

где  $n$  – текущая частота вращения коленчатого вала,  $\text{мин}^{-1}$ ;

$A$ ,  $B$ ,  $C$  – по формулам, приведенным, например в [4];

е) Л+Е – предыдущая кривая с тремя эмпирическими поправками;

ж) Л+Е T2/3 (как в п. в);

и) Л+Е –  $K_2$  (как в п. г);

к) Ном.3+Е – Номинальная кривая, аппроксимированная полиномом 3 степени + эмпирические поправки;

л) Ном.3+Е T2/3 (как в п. в);

м) Ном.3+ –  $K_2$  (как в п. г).

В расчетах использованы данные экспериментов на автомобилях ВАЗ-21053 (разгоны на I, II, III и IV передачах), KIA Cerato (III передача), Honda Civic (Drive), Lada Priora (II и III передачи), ВАЗ-2111 (II и III передачи), Volkswagen Polo Sedan (II и III передачи), Volkswagen Passat B4 (II и III передачи), Chery Tiggo (разгон на IV передаче), Ford Focus II (IV передача на спуск), DAEWOO Matiz (II и III передачи).

Табл. 1 – пример расчета разгона одного автомобиля на одной передаче. Верхняя строка – скорость, откорректированная по градуировке. Вторая строка – экспериментальные данные, время достижения автомобилем скорости, указанной в каждом столбце. В последующих строках приведены расчетные значения времени для каждого из сравниваемых методов. Предпоследний столбец – основная ошибка аппроксимации для данного варианта. Последний столбец – место, занятое вариантом по критерию ошибки аппроксимации.

В табл. 2 сведены результаты расчета по всем автомобилям. Во втором столбце указана сумма мест, занятых каждым методом во всех расчетах, в третьем приведены значения средней по всем автомобилям относительной ошибки каждого варианта. Как видно из табл. 2, по сумме мест в каждой группе все варианты с эмпирическими поправками лучше, чем такие же варианты, но без поправок. Самые близкие к эксперименту значения дают расчеты с уменьшенными значениями  $K_2$ . Но, как уже отмечалось, этот коэффициент применим только в отдельных случаях. Из вариантов без  $K_2$  лучшее приближение к эксперименту дает расчет по номинальной кривой, аппроксимированной полиномом 6-ой степени, несколько хуже расчеты при аппроксимации полиномом 3-ей степени и при пользовании формулой Лейдермана.

Таблица 1 – Сравнение методов расчета по автомобилю Chery Tiggo

V, км/ч	54,3	63,8	73,4	83,0	92,7	102,4	112,1	121,9	$\bar{\varepsilon}$	Место
t эксп., с	0	3,10	6,11	9,19	12,57	16,25	20,31	24,47		
Ном. Апб	0	3,02	5,99	9,00	12,14	15,48	19,08	22,98	<b>4,20</b>	<b>6</b>
Ном.6+E	0	3,37	6,68	10,02	13,51	17,24	21,28	25,72	<b>7,42</b>	<b>9</b>
Ном.6+E T2/3	0	3,18	6,31	9,48	12,79	16,32	20,14	24,30	<b>2,12</b>	<b>2</b>
Ном.6 – K2	0	3,09	6,14	9,24	12,46	15,90	19,62	23,65	<b>2,02</b>	<b>1</b>
Л	0	2,79	5,57	8,39	11,29	14,30	17,50	20,96	<b>11,33</b>	<b>11</b>
Л+E	0	3,11	6,21	9,33	12,54	15,89	19,47	23,39	<b>2,58</b>	<b>4</b>
Л+E T2/3	0	2,86	5,75	8,71	11,79	15,06	18,60	22,53	<b>7,05</b>	<b>8</b>
Л+E–K2	0	2,95	5,92	8,95	12,12	15,48	19,13	23,19	<b>4,41</b>	<b>7</b>
Ном.3+E	0	3,39	6,77	10,20	13,72	17,41	21,34	25,65	<b>8,52</b>	<b>10</b>
Ном.3+E T2/3	0	3,20	6,40	9,65	13,00	16,49	20,20	24,24	<b>3,19</b>	<b>5</b>
Ном.3+E – K2	0	3,11	6,23	9,40	12,66	16,06	19,67	23,59	<b>2,18</b>	<b>3</b>

Таблица 2 – Сравнение методов расчета по всем автомобилям

Вариант расчета	Сумма мест	Ср. относительная ошибка, %
Номинальная кривая	<b>128</b>	<b>15,81</b>
Ном. + эмпирич. поправки	<b>120</b>	<b>16,03</b>
Ном.+ эмпирич. поправки с уменьшенным $K_2$	<b>95</b>	<b>16,92</b>
Ном. + эмпирич. поправки без $K_2$	<b>97</b>	<b>13,51</b>
Л	<b>145</b>	<b>18,91</b>
Л + эмпирич. поправки	<b>87</b>	<b>11,70</b>
Л + эмпирич. поправки с уменьшенным $K_2$	<b>102</b>	<b>14,47</b>
Л + эмпирич. поправки без $K_2$	<b>111</b>	<b>17,65</b>
Ном. кривая, аппроксимированная полиномом 3 степени+ эмпирич. поправки	<b>113</b>	<b>16,30</b>
Ном. кривая, аппроксимированная полиномом 3 степени+ эмпирич. поправки с уменьш. $K_2$	<b>83</b>	<b>11,29</b>

Оценки по средней относительной ошибке не так однозначны – сильно сказывается расхождение между расчетными и экспериментальными значениями на малых скоростях, выраженное их отношением  $t(v_i)/t_i$ .

**Вывод.** Исследование позволило рекомендовать в качестве предпочтительного метод расчета контрольных значений времени разгона автомобилей на разных передачах по номинальной кривой крутящего момента с эмпирическими поправками, отражающими изменение этой кривой в зависимости от ускорения разгона. Расчет, основанный на формуле Лейдермана, допускается ограниченно в случаях, когда нет номинальной кривой.

**Список литературы:** 1. Шмидт А.Г. Мощностные показатели двигателя на режиме разгона автомобиля / Шмидт А.Г., Новохатный П.Н., Сытин К.Ю. // Автомоб. пром. – № 7. – 1977. – С. 18-20. 2. Лурье М.И. Получение разгонной характеристики двигателя путем стендовых испытаний автомобиля / М.И. Лурье // Автомоб. пром. – 1958. – № 8. – С.22-25. 3. Performance measurements on chassis dynamometers. Published by Rototest Research Institute, March 2005. Part 2/2. SAL-N05030802-CH2-PRI04.pdf. 4 .MD Mustang Dynamometer. Mustang Dyno Library [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.mustangdyne.com/mustangdyne/dyno-library>. 5. Bergeron B. Dynamometer Tech: How They Work [Электронный ресурс] / Bob Bergeron – Режим доступа к ресурсу: // <http://www.land-and-sea.com/dyno-dynamometer-article.htm> 6. Бурдинский И.Н. Исследовательский комплекс для измерения крутящего момента двигателя внутреннего сгорания [Электронный ресурс] / И.Н Бурдинский – Режим доступа к ресурсу: [http://www.khstu.ru/rus/ics/ics\\_pdf/N07\\_15.pdf](http://www.khstu.ru/rus/ics/ics_pdf/N07_15.pdf) 7. Pomiar momentu bezwładności silnika pojazdu Moment of inertia measurement of vehicle engine / Martin PECHA, Josef POŠTA, Zdeněk ALEŠ, Bohuslav PETERKA // Wydawca: Polskie Naukowo-Techniczne Towarzystwo Eksploatacyjne. Czasopismo: Eksploatacja i Niezawodność (Maintenance and Reliability). – NR 3. – 2010. – s. 44-47. / [Электронный ресурс] Режим доступа к статье: <http://www.ein.org.pl/podstronywydania/47pdf07.pdf> 8. Изменение конфигурации кривой крутящего момента ДВС при разгоне автомобиля / В.П. Волков, Э.Х. Рабинович, И.В. Пономаренко, Ю.В. Зыбцев, В.А. Зуев, В.В. Мутасов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле-тракторобудування». – Х.: НТУ «ХПІ», 2014. – № 9 (1052). – С. 27-32. – Бібліогр.: 5 назв. 9. Рабинович Э.Х. Математическое моделирование разгонных кривых двигателя. Эмпирический поход / Рабинович Э.Х., Зыбцев Ю.В. // Всеукраїнська науково-практична конференція "Інформаційні технології і мехатроніка". Харків, 15 квітня 2014 р : Матеріали конференції. – С. 120-122. 10. Методика и результаты проведения испытаний двигателя ВАЗ 21011 на моторном масле с добавкой Ройл Тритмент (РТ) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.toppartner.ru/allinfo/rezults/roil/mami1.htm>. 11. Методика расчета тягово-скоростных свойств и топливной экономичности автомобиля на стадии проектирования. Учебное пособие / [Вохминов Д.Е., Коновалов В.В., Московкин В.В. и др.] – М.: МГАПИ, МГТУ «МАМИ».–2000.–43 с.

**Bibliography (transliterated):** 1. Shmidt A.G. Moschnostnyie pokazateli dvigatelya na rezhime razgona avtomobilya / Shmidt A.G., Novohatnyiy P.N., Syitin K.Yu. Avtomob. prom., # 7 1977. – p. 18-20. 2. Lur'e M.I. Poluchenie razgonnoy harakteristiki dvigatelya putem stendovyih ispytaniy avtomobilya / M.I. Lur'e . Avtomob. prom.. 1958. – # 8. – P.22-25 3. Performance measurements on chassis dynamometers. Published by Rototest Research Institute, March 2005. Part 2/2. SAL-N05030802-CH2-PRI04.pdf. 4 .MD Mustang Dynamometer. Mustang Dyno Library / [Elektronnyiy resurs]. Rezhim dostupa k resursu: <http://www.mustangdyne.com/mustangdyne/dyno-library> 5. Bergeron B. Dynamometer Tech: How They Work / Bob Bergeron . [Elektronnyiy resurs]. Rezhim dostupa k resursu: <http://www.land-and-sea.com/dyno-dynamometer-article.htm> 6. Burdinskiy I.N. Issledovatel'skiy kompleks dlya izmereniya krutyashego momenta dvigatelya vnutrennego sgoraniya / I.N Burdinskiy . [Elektronnyiy resurs]. Rezhim dostupa k resursu: [http://www.khstu.ru/rus/ics/ics\\_pdf/N07\\_15.pdf](http://www.khstu.ru/rus/ics/ics_pdf/N07_15.pdf) 7. Pomiar momentu bezwładności silnika pojazdu. Moment of inertia measurement of vehicle engine / Martin PECHA, Josef POŠTA, Zdeněk ALEŠ, Bohuslav PETERKA . Wydawca: Polskie Naukowo-Techniczne Towarzystwo Eksploatacyjne. Czasopismo: Eksploatacja i Niezawodność (Maintenance and

Reliability). – NR 3. – 2010. – P. 44-47. /: <http://www.ein.org.pl/podstronywydania47pdf07.pdf>  
**8.** Изменение конфигурации кривой крутящего момента ДВС при разгоне автомобиля / *V.P. Volkov, E.H. Rabinovich, I.V. Ponomarenko, Y.V. Zybcev, V.A. Zuev, V.V. Mitasov*. Visnik NTU «KhPI». Serija: Avtomobile-traktorobuduvannja». – Kharkov: NTU «KhPI», 2014. – No 9 (1052). – P. 27-32. – Bibliogr.: 5 nazv. **9.** *Rabinovich E.H.* Matematicheskoe modelirovanie razgonnyh krivyh dvigatelja. Jempiricheskij podhod / *Rabinovich E.H., Zybcev Y.V.* / Vseukraïns'ka naukovо-praktichna konferencija "INFORMACIJNI TEHNOLOGII I MEHATRONIKA". Kharkov, 15 kvitnja 2014 r. Materiali konferencii. – p. 120-122. **10.** Metodika i rezul'taty provedenija ispytanij dvigatelja VAZ 21011 na motornom masle s dobavkoj Rojl Tritment (RT) / Jelektronnyj resurs. Rezhim dostupa <http://www.toppartner.ru/allinfo/rezults/roil/mami1.htm>. **11.** Metodika rascheta tjagovo-skorostnyh svojstv i toplivnoj ekonomichnosti avtomobilja na stadii proektirovanija. Uchebnoe posobie / [*Vohminov D.E., Konovalov V.V., Moskovkin V.V. i dr.*] / Moscow: MGAPI, MGTU «MAMI». – 2000. – 43 p.

*Поступила (received) 27.01.15*

УДК 629.33:004.8

**О. Я. НИКОНОВ**, д-р техн. наук, проф., ХНАДУ, Харьков;  
**В. И. ФАСТОВЕЦ**, канд. техн. наук, доц. ХНАДУ;  
**В. Н. ШУЛЯКОВ**, ассистент, ХНАДУ

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АДАПТИВНОЙ ПОДВЕСКИ АВТОМОБИЛЯ**

В статье рассмотрена задача исследования эффективности функционирования системы управления адаптивной подвески автомобиля на основе использования нейро-нечетких регуляторов. Синтезированы два нейро-нечетких регулятора работающих в разных условиях эксплуатации. Один регулятор создан с использованием метода решетки с треугольной функцией принадлежности, а второй с использованием метода субтрактивной кластеризации. Проведенные исследования подтвердили эффективность использования интеллектуальных систем управления в интегрированных информационно-управляющих системах адаптивной подвески автомобиля.

**Ключевые слова:** нейронные сети, нечеткая логика, система управления, адаптивная подвеска, моделирование, эффективность, автомобиль.

**Введение.** В настоящее время использование электронного управления параметрами подвески автомобиля – жесткостью и коэффициентом демпфирования амортизаторов, изменением дорожного просвета для оптимальной технической эксплуатации автомобилей является реальной необходимостью. Особенно такие системы необходимы для транспортных средств, работающих в условиях интенсивных нагрузок, сложных условий эксплуатации и повышенной ответственности механизмов.

Автомобильный транспорт всегда считался наиболее опасным видом транспорта. Значительное внимание уделяется проблемам комфорта и безопасности автомобилей. При этом все более высокие требования предъявляются к качеству и надежности работы автомобильных подвесок.

Решение задачи улучшения эксплуатационных характеристик подвесок обычно искалось на пути демпфирования колебаний. Однако если недавно повышение эффективности демпфирования в подвеске связывалось с совершенствованием ее конструкции в целом и отдельных элементов в частности, в настоящее время перспективным направлением стало создание нейро-нечетких систем адаптивного управления подвеской. Совершенствование систем адаптивного управления подвеской автомобиля позволит повысить плавность хода и эксплуатационные показатели автомобиля, такие как устойчивость, надежность, долговечность, проходимость.

В адаптивной подвеске степень демпфирования амортизаторов изменяется в зависимости от состояния дорожного покрытия, параметров движения и запросов водителя. Под степенью демпфирования понимается скорость затухания колебаний, которая зависит от сопротивления амортизаторов и величины подрессоренных масс. Подвеска автомобиля выполняет одновременно несколько важных функций, от ее конструкции и рабочих характеристик зависят управляемость,

устойчивость, плавность хода и другие свойства автомобиля, определяющие его безопасность, комфортность, надежность и экономичность.

**Анализ основных достижений и литературы.** В настоящее время наблюдается интенсивное развитие и практическое применение нейро-нечетких систем для управления и регулирования различных технических объектов [1-3]. Использование новой технологии, нейро-нечеткого моделирования, обусловлено тенденцией увеличения сложности математических

© О.Я. Никонов, В.И. Фастовец, В.Н. Шуляков, 2015  
моделей  
реальны

х систем. Получить исчерпывающую информацию для построения математической модели сложной реальной системы часто в принципе невозможно. В этих случаях целесообразно использовать методы, специально ориентированные на построение моделей, учитывающих неполноту и неточность входных данных. Именно в таких ситуациях технология нейро-нечеткого моделирования является одной из наиболее конструктивных [4].

Среди нейронных сетей наибольший интерес представляют так называемые нейро-нечеткие сети [5-8]. Алгоритм формирования этих сетей построен на основе системы нечеткого вывода, которая требует ручной настройки параметров. Это является главным препятствием применения нечетких регуляторов в адаптивных системах. С другой стороны, рассматривая систему нечеткого вывода как нейронную сеть, можно применить метод обратного распространения ошибки с целью поиска оптимальных коэффициентов нечеткой системы вывода, которые соответствуют условию адекватного отображения учебных данных.

Это значительно облегчает практическое решение задачи формирования системы управления с использованием нейро-нечетких сетей. Применение алгоритмов автоматической настройки параметров нейро-нечеткой сети на основе метода обратного распространения ошибки позволяет избежать процесса ручной настройки. Однако в этом случае в процессе настройки параметров указанной сети все же нужны достаточно большие временные затраты. Так как вычислительная сложность алгоритмов настройки нейронной сети пропорциональна количеству используемых учебных данных, то при введении локальной оптимизации можно существенно снизить объем этих постоянно обновляемых учебных данных и тем самым существенно уменьшить мощность используемых вычислительных средств, решая задачи настройки сети в реальном масштабе времени.

Поскольку нейро-нечеткие системы относительно легко настраиваются и обладают свойством робастности, то эти свойства могут позволить обеспечить их эффективное использование для управления сложными нелинейными динамическими объектами с неопределенными и существенно изменяемыми параметрами.

**Цель исследования, постановка задачи.** Интеграция гидравлических устройств и электронных систем управления позволяет решать задачи повышения качества процессов управления, адаптивной настройки и поддержания параметров или структуры системы при воздействии на объект управления случайных возмущений, диагностики отказов и неисправностей при сохранении относительно небольших массы и габаритов комплекса «привод - система управления».

Таким образом, возникает актуальная задача создания современных электрогидравлических преобразователей на основе современных систем управления, способных надежно работать в условиях повышенной запыленности внешней среды, большом перепаде температур, значительных вибрациях и ударах и других неблагоприятных факторах, возникающих при эксплуатации автомобилей [9-11].

**Материалы и результаты исследований.** Рассмотрим электрогидравлическую следящую систему [12, 13] работающую при сложных условиях эксплуатации и два нечетких регулятора, описанных в работе [14].

С помощью редактора ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) среды Matlab синтезированы нечеткие регуляторы для электрогидравлической следящей системы подвески автомобиля на основе адаптивной нейро-нечеткой гибридной технологии. Первый из регуляторов



создан с помощью метода решетки с использованием треугольной функции принадлежности. Второй нечеткий регулятор создан с использованием метода субтрактивной кластеризации.

Объектом исследования являются процессы функционирования системы управления электрогидравлического следящего привода адаптивной подвески автомобиля с нейро-нечетким регулятором при сложных условиях эксплуатации. Обучение проводилось гибридным методом, который сочетает метод обратного распространения ошибки с методом наименьших квадратов.

Нейро-нечеткая модель рассматривается как одна из разновидностей систем нечеткого логического вывода типа Сугено. При этом функции принадлежности синтезированных систем настроены так, чтобы минимизировать отклонения между результатами нечеткого моделирования и экспериментальных данных.

Цикл обучения проводился в течение 20 эпох. В конце обучения получены следующие значения нормированной среднеквадратичной ошибки: для метода решетки с использованием треугольной функции принадлежности  $3,1295 \cdot 10^{-9}$ , для метода субтрактивной кластеризации  $1,0399 \cdot 10^{-5}$ .

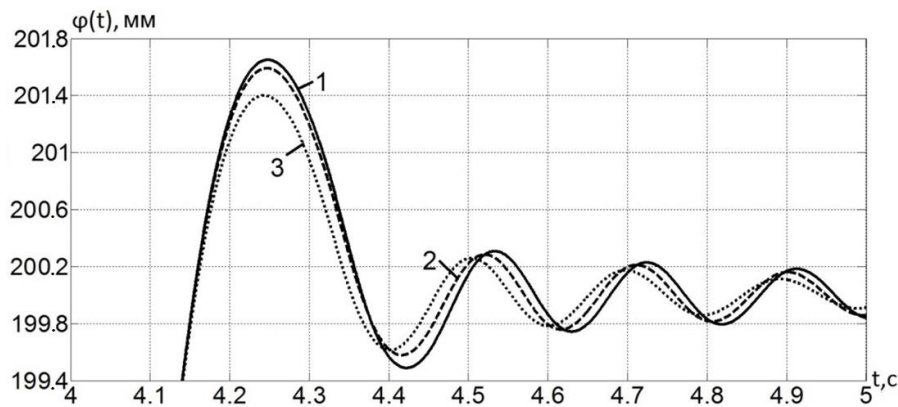
В результате проведенных экспериментов была апробирована работа созданных нечетких регуляторов. На рис. 1 представлены переходные процессы замкнутой системы электрогидравлического следящего привода адаптивной подвески автомобиля, работающего в сложных условиях эксплуатации, при заданных блоком управления значениях для штатного регулятора (кривая 1), нечеткого регулятора с использованием метода решетки с треугольной функцией принадлежности (кривая 2) и нечеткого регулятора с использованием метода субтрактивной кластеризации (кривая 3).

На рис. 1а представлены переходные процессы замкнутой системы электрогидравлического следящего привода адаптивной подвески автомобиля для выбранного значения перемещения объекта управления (200 мм). Как видно из рисунка, регулятор созданный с использованием метода решетки с треугольной функцией принадлежности (кривая 2) и регулятор с использованием метода субтрактивной кластеризации (кривая 3) позволяют уменьшить как показатель перерегулирования так и время регулирования по сравнению со штатным регулятором (кривая 1). Улучшение составляет до 15 %.

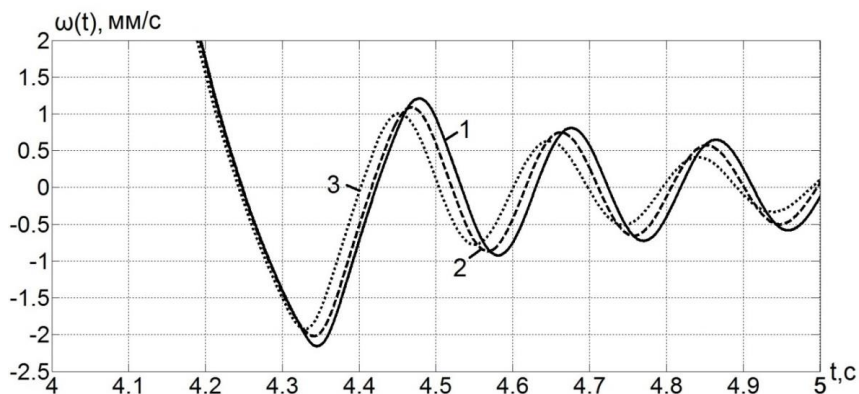
На рис. 1б приведены переходные процессы замкнутой системы электрогидравлического следящего привода адаптивной подвески автомобиля для скорости перемещения объекта управления в случае перемещения объекта управления на 200 мм. Как видно из рисунка, подобно предыдущему примеру, регулятор созданный по методу решетки с треугольной функцией принадлежности (кривая 2) и регулятор с использованием метода субтрактивной кластеризации (кривая 3) позволяют уменьшить как показатель перерегулирования так и время регулирования по сравнению со штатным регулятором (кривая 1). В этом случае улучшение составляет также до 15%.

В обоих случаях регулятор с использованием метода субтрактивной кластеризации демонстрирует еще лучшие результаты чем регулятор созданный по методу решетки с использованием треугольной функции принадлежности.

**Выводы.** В работе исследована эффективность функционирования системы управления адаптивной подвески автомобиля на основе использования нейро-нечетких регуляторов при сложных условиях эксплуатации. Синтезированы два нейро-нечетких регулятора. Первый регулятор создан с использованием метода решетки с треугольной функцией принадлежности, второй с использованием метода субтрактивной кластеризации.



а



б

Рисунок 1 – Переходные процессы замкнутой системы электрогидравлического следящего привода адаптивной подвески автомобиля, работающего в сложных условиях эксплуатации: а – для значения перемещения объекта управления на 200 мм; б – скорости объекта управления

Проведенные экспериментальные исследования подтвердили эффективность использования интеллектуальных систем управления в интегрированных информационно – управляющих системах адаптивной подвески автомобиля. Применение нейро-нечетких адаптивных регуляторов целесообразно при проектировании электронных систем управления агрегатами, механизмами и узлами автомобилей, электромобилей, гибридных автомобилей, а также при разработке новых методов диагностики и прогнозирования технического состояния средств транспорта, обеспечивающих высокую эффективность их использования и надежность работы.

Использование нейро-нечетких регуляторов в системах управления электрогидравлических следящих приводов адаптивной подвески автомобиля позволило улучшить качество переходных процессов при регулировании, и время регулирования. Этих результатов удалось достичь с использованием метода решетки с треугольной функцией принадлежности и метода субтрактивной кластеризации. Также введение в контур системы нейро-нечеткого регулятора позволило расширить область устойчивости системы, что в свою очередь позволит повысить надежность системы. Вышесказанное позволит в целом повысить надежность, энергоэффективность, быстродействие, безотказность, долговечность, безопасность использования узлов и агрегатов транспортных средств, что чрезвычайно важно для автомобилей, а также быстроходных транспортных средств специального назначения.

**Список литературы:** 1. Гостев В.И. Проектирование нечетких регуляторов для систем автоматического управления / В.И. Гостев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 416 с. 2. Круглов В.В. Нечёткая логика и искусственные нейронные сети / В.В. Круглов, М.И. Дли, Р.Ю. Голунов. – М.: Физматлит, 2001. – 221с. 3. Ali H.K. Fuzzy Controller Design of Servo System / H.K. Ali // Asian Journal of Applied Science. – 2011. – P. 403–413. 4. Ross T.J. Fuzzy logic with engineering applications / T.J. Ross. – Chichester: Wiley, 2004. – 628 p. 5. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская,

*М. Пилиньский, Л. Рутковский.* – М.: Горячая линия-Телеком, 2004. – 452 с. **6.** *Liu G.P.* Nonlinear identification and control: a neural network approach / *G.P. Liu.* – London: Springer, 2001. – 210 p. **7.** *Bodyanskiy Ye., Kolodyazhniy V., Stephan A.* An adaptive learning algorithm for a neuro-fuzzy network / Ed. by B. Reusch "Computational Intelligence. Theory and Applications." – Berlin – Heidelberg – New York: Springer, 2001. – P. 68-75. **8.** *Bodyanskiy Ye., Yegorova E., Vynokurova O.* Radial-basis-fuzzy-wavelet- neural network with adaptive activation-membership function // Int. J. on Artificial Intelligence and Machine Learning. 2008. V.8. П. P. 9-15. **9.** *Башута Т. М.* Гидравлические следящие приводы / *Башута Т. М.* – М.: Машгиз, 1961. – 742 с. **10.** *Гладкий П. М.* Оптимальне проектування гідропневмосистем і їх елементів / *Гладкий П. М.* – Харків: НТУ «ХПІ», 2003. – 240 с. **11.** *Mitshke M.* Bremsschwingungen von Lastkraftwagen // AutomobilIndustrie. 1980. – №1. – S. 129-134. **12.** *Гамынин Н.С.* Гидравлический привод систем управления / *Н.С. Гамынин.* – М.: Машиностроение, 1972. – 376 с. **13.** *Никонов О.Я.* Розроблення інформаційно-структурної схеми електрогідролічних слідкуючих приводів багатоцільових транспортних засобів / *О.Я. Никонов, В.Ю. Улько* // Вестник НТУ «ХПІ». – Харьков: НТУ «ХПІ», 2010. – № 57. – С. 214–220. **14.** *Шуляков В.М.* Аналіз використання методу субтрактивної кластеризації при створенні нечітких регуляторів електрогідролічних слідкуючих приводів автомобілів / *В.М. Шуляков* // Вісник НТУ «ХПІ». Серія «Нові рішення в сучасних технологіях». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. – № 4(978). – С. 69–73.

**Bibliography (transliterated):** **1.** *Gostev V.I.* Proektirovanie nechetkih reguljatorov dlja sistem avtomaticheskogo upravlenija. SPb.: BHV-Peterburg, 2011. Print. **2.** *Kruglov V., M Dli, R. Golunov.* Nechjotkaja logika i iskusstvennye nejronnye seti. Moscow: Fizmatlit, 2001. Print. **3.** *Ali H.K.* "Fuzzy Controller Design of Servo System." Asian Journal of Applied Science. No 4. 2011. 403–413. Print. **4.** *Ross T.J.* Fuzzy logic with engineering applications. Chichester: Wiley, 2004. Print. **5.** *Rutkovskaja D., M. Pilin'skij, L. Rutkovskij.* Nejronnye seti, geneticheskie algoritmy i nechetkie sistemy. Moscow: Gorjachaja linija-Telekom, 2004. Print. **6.** *Liu G.P.* Nonlinear identification and control: a neural network approach. London: Springer, 2001. Print. **7.** *Bodyanskiy Ye., V. Kolodyazhniy, A. Stephan.* "An adaptive learning algorithm for a neuro-fuzzy network." Computational Intelligence. Theory and Applications. 2001. 68–75. Print. **8.** *Bodyanskiy, Ye., E. Yegorova, O. Vynokurova.* "Radial-basis-fuzzy-wavelet- neural network with adaptive activation-membership function." Int. J. on Artificial Intelligence and Machine Learning. No 8. 2008. 9–15. Print. **9.** *Bashta T. M.* Gidravlicheskie sledjashhie privody. Moscow: Mashgiz, 1961. Print. **10.** *Gladkij P.M.* Optimal'ne proektuvannja gidropnevmosistem i ih elementiv. Kharkov: NTU "KhPI", 2003. Print. **11.** *Mitshke M.* "Bremsschwingungen von Lastkraftwagen." AutomobilIndustrie. No1. 1980. 129–134. Print. **12.** *Gamynin N.S.* Gidravlicheskij privod sistem upravlenija. Moscow: Mashinostroenie, 1972. Print. **13.** *Nikonov O.J., V.J. Ul'ko.* "Rozroblennja informacijno-strukturnoi shemi elektrogidravlichnih slidkujuchih privodiv bagatocil'ovih transportnih zasobiv." Vestnik NTU "KhPI ". No 57. 2010. 214–220. Print. **14.** *Shuliakov V.M.* "Analiz vikoristannja metodu subtraktivnoi klasterizacii pri stvorenii nechetkih reguljatoriv elektrogidravlichnih slidkujuchih privodiv avtomobiliv." Visnik NTU "KhPI". Serija "Novi rishennja v suchasni tehnologijah". No 978.4. 2013. 69–73. Print.

*Надійшла (received) 27.02.2015*

УДК 629.114:622.684

**Ю. А. МОНАСТИРСЬКИЙ**, доктор техн. наук, професор, завідувач кафедри, Кривий Ріг;  
**В. М. СЕРЕБРЕНИКОВ**, кандидат техн. наук, доцент, Кривий Ріг;  
**В. В. ПОТАПЕНКО**, старший викладач ДВНЗ «Криворізький національний університет»

## **СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ЯК МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ КАР'ЄРНИХ САМОСКІДІВ**

Застосовано системний підхід при дослідженні функціонування кар'єрних автосамоскидів БЕЛАЗ. Виконано моделювання підсистем технологічних станів машин і переходів між ними за схемою марківського процесу з дискретними станами й безперервним часом. Згідно до моделі ймовірності знаходження автомобілів у різних

технологічних станах описані системою диференціальних рівнянь, рішення якої дало можливість сформулювати мету і функціонал ефективної експлуатації техніки, досягнути раціональної вартості роботи транспортної системи кар'єрних самоскидів.

**Ключові слова:** кар'єрний самоскид, системний підхід, математична модель.

**Вступ.** Інтенсифікація експлуатації систем великовантажних автосамоскидів як основного засобу транспортування добутої гірничої маси є основною ознакою удосконалення відкритого способу розробки корисних копалин. У зв'язку зі значною глибиною (більше 300 метрів) і перспективою подальшого поглиблення кар'єрів, як в Україні, так і у світі, гірничотехнічні умови роботи автомобілів погіршуються.

Істотно підвищити продуктивність гірничотранспортного обладнання можна за рахунок удосконалювання системи технічного обслуговування і ремонтів, що забезпечить скорочення часу перебування машин у ремонтній зоні. Тому з усією гостротою постають питання підвищення якості обслуговування кар'єрних самоскидів, що є резервом зниження вартості життєвого циклу, підвищення їх надійності й ефективності.

**Аналіз основних досягнень і літератури.** У роботах [1, 2, 3] узагальнені досягнення у галузі проектування, виробництва та обслуговування кар'єрних автосамоскидів особливо великої вантажопід'ємності. Питанням структурних концепцій моделювання надійності складних транспортних систем, методам якісного та кількісного аналізу присвячені праці [4, 5].

Останні «Положення про технічне обслуговування, діагностування й ремонт кар'єрних самоскидів «БЕЛАЗ» (далі – «Положення»), розроблені ВАТ «БЕЛАЗ» – керуючою компанією холдингу «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ» з 2003 по 2013 роки [6, 7, 8], керівництва по експлуатації [9] та ремонту [10] носять не обов'язковий, а рекомендаційний характер і тільки частково вирішують питання ефективного функціонування машин, розширюють поле для творчості фахівців, що експлуатують цю техніку. Проблема адаптації положення до конкретних гірничотехнічних умов експлуатуючого підприємства залишається актуальним завданням, розв'язок якої повністю лягає на плечі вчених і практиків.

**Мета дослідження, постановка задачі.** Метою роботи є підвищення ефективності експлуатації кар'єрних самоскидів БЕЛАЗ за рахунок використання моделювання процесів функціонування. Одним з доцільних шляхів найбільш повного розв'язку цих питань є застосування системного підходу, що показав свою універсальність як інструмент для вирішення практичних проблем. Системний підхід при моделюванні станів і переходів самоскидів дозволяє оцінювати й прогнозувати фактичний стан машин, коригувати структуру системи техобслуговування й підвищувати надійність роботи.

**Матеріали досліджень.** Моделювання процесів функціонування кар'єрних самоскидів є основою для організації ефективного використання техніки, раціонального обслуговування й прогнозування її стану. Системний підхід дасть можливість розглядати процес функціонування кар'єрних самоскидів як систему, що включає послідовність взаємозалежних операцій. До таких операцій природно віднести три узагальнені технологічні стани кар'єрних самоскидів: роботу, планові технічні обслуговування й ремонти, поточний ремонт.

Аналіз технологічних станів кар'єрних самоскидів дозволяє зробити висновок про можливість аналізу їх протікання як випадкових процесів, оскільки вони залежать від випадкових факторів, що впливають на ці стани. У розглянутому випадку технологічні стани кар'єрних самоскидів із часом змінюються, причому вони міняються у часі випадковим заздалегідь непередбаченим образом. Важливим моментом є те, що у першому наближенні можна припустити про залежність технологічного стану кар'єрного самоскида у майбутньому від його справжнього стану і його незалежності від того, як і коли був досягнутий цей стан у даний момент часу.

Для математичного опису таких технологічних станів кар'єрних самоскидів передбачається доцільним застосування математичного апарата, відомого як марківські випадкові процеси. Більше того, враховуючи, що розглядаються три технологічні стани кар'єрного самоскида, можна застосувати математичне моделювання за схемою марківського процесу з дискретними станами й безперервним часом.

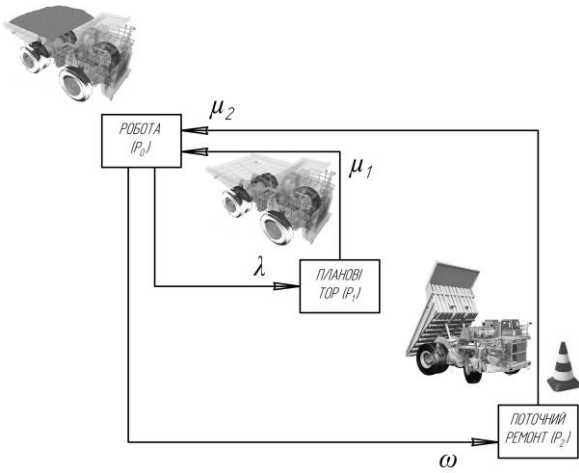


Рис.1. Розмічений граф підсистем технологічних станів кар'єрних самоскидів:

$\lambda, \omega$  – умовні щільності ймовірностей переходів кар'єрного самоскида зі стану роботи у стани планових техобслуговувань й ремонтів та непланових поточних ремонтів;  $\mu_1, \mu_2$  – умовні щільності ймовірностей повернення кар'єрного самоскида у стан роботи зі станів планових ТОР і непланових ПоР відповідно

На рисунку 1 представлений розмічений граф підсистем технологічних станів при функціонуванні кар'єрних самоскидів, згідно з яким імовірності технологічних станів кар'єрних самоскидів описуються за допомогою системи диференціальних рівнянь Колмогорова

$$\begin{cases} \frac{dP_0}{dt} = -(\lambda + \omega)P_0 + \mu_1P_1 + \mu_2P_2, \\ \frac{dP_1}{dt} = \lambda P_0 - \mu_1P_1, \\ \frac{dP_2}{dt} = \omega P_0 - \mu_2P_2 \end{cases} \quad (1)$$

де  $P_0 = P_0(t)$  – імовірність знаходження системи у стані роботи;  $P_1 = P_1(t)$  – імовірність знаходження системи у стані планових технічних обслуговувань і ремонтів (ТОР);  $P_2 = P_2(t)$  – імовірність знаходження системи у стані непланового поточного ремонту (ПоР).

Вважається, що у початковий момент часу машина перебувала в стані роботи

$$P_0(t=0) = 1, \quad P_1(t=0) = 0, \quad P_2(t=0) = 0. \quad (2)$$

При цьому повинна також виконуватися умова повноти системи технологічних станів кар'єрного самоскида:

$$P_0(t) + P_1(t) + P_2(t) = 1. \quad (3)$$

Як відомо, рівняння (1) і початкові умови (2) визначають задачу Коші. Для вирішення цього завдання необхідно знайти загальний розв'язок системи диференціальних рівнянь (1) а потім, згідно з початковими умовами (2), визначити частковий розв'язок.

Розв'язок системи (1) будемо шукати у вигляді

$$P_i(t) = X_i \cdot e^{k_i \cdot t}, \quad (i = 0, 1, 2). \quad (4)$$

Підставляючи (4) у систему диференціальних рівнянь (1) отримуємо однорідну систему лінійних алгебраїчних рівнянь

$$\begin{cases} -(\lambda + \omega + k)X_0 + \mu_1X_1 + \mu_2X_2 = 0 \\ \lambda X_0 - (\mu_1 + k)X_1 = 0 \\ \omega X_0 - (\mu_2 + k)X_2 = 0 \end{cases} \quad (5)$$

Для того щоб однорідна система лінійних алгебраїчних рівнянь мала ненульовий розв'язок, необхідно, щоб її визначник дорівнював нулю

$$\begin{vmatrix} -(\lambda + \omega + k) & \mu_1 & \mu_2 \\ \lambda & -(\mu_1 + k) & 0 \\ \omega & 0 & -(\mu_2 + k) \end{vmatrix} = 0. \quad (6)$$

Розкриваючи визначник (6), отримуємо алгебраїчне рівняння для знаходження власних чисел

$$k^3 + k^2(\lambda + \omega + \mu_1 + \mu_2) + k(\lambda\mu_2 + \omega\mu_1 + \mu_1\mu_2) = 0. \quad (7)$$

Розв'язок цього рівняння має вигляд

$$\begin{aligned} k_1 &= 0, \\ k_2 &= \frac{-(\lambda + \omega + \mu_1 + \mu_2) - \sqrt{D}}{2}, \\ k_3 &= \frac{-(\lambda + \omega + \mu_1 + \mu_2) + \sqrt{D}}{2}, \end{aligned} \quad (8)$$

де  $D = (\lambda + \omega + \mu_1 + \mu_2)^2 - 4(\lambda\mu_2 + \omega\mu_1 + \mu_1\mu_2)$ .

У свою чергу, власні вектори, які відповідають знайденим власним числам (8), знаходимо шляхом підстановки цих чисел у систему лінійних алгебраїчних рівнянь (5).

Для значень  $k = k_i$  отримуємо систему двох рівнянь

$$\begin{cases} -(\lambda + \omega + k_i)X_0 + \mu_1 X_1 + \mu_2 X_2 = 0 \\ \lambda X_0 - (\mu_1 + k_i)X_1 = 0 \end{cases} \quad (i = 1, 2, 3) \quad (9)$$

Уважаючи  $X_0 = 1$ , шляхом розв'язку (9) знаходимо координати власного вектора, відповідного до власного числа  $k_i$ :

$$\begin{aligned} x_1^{(i)} &= 1, \\ x_2^{(i)} &= \frac{\lambda}{\mu_1 + k_i}, \\ x_3^{(i)} &= \frac{\omega}{\mu_2 + k_i}. \quad (i = 1, 2, 3). \end{aligned} \quad (10)$$

Враховуючи (10), загальний розв'язок системи диференціальних рівнянь (1) запишеться у вигляді:

$$\begin{aligned} P_0 &= C_1 + C_2 e^{k_2 t} + C_3 e^{k_3 t}, \\ P_1 &= \frac{\lambda}{\mu_1} C_1 + \frac{\lambda}{\mu_1 + k_2} C_2 e^{k_2 t} + \frac{\lambda}{\mu_1 + k_3} C_3 e^{k_3 t}, \\ P_2 &= \frac{\omega}{\mu_2} C_1 + \frac{\omega}{\mu_2 + k_2} C_2 e^{k_2 t} + \frac{\omega}{\mu_2 + k_3} C_3 e^{k_3 t}. \end{aligned} \quad (11)$$

де  $C_1, C_2, C_3$  – довільні постійні.

Для знаходження довільних постійних скористаємося початковою умовою (2), що дасть систему лінійних алгебраїчних рівнянь

$$\left\{ \begin{array}{l} C_1 + C_2 + C_3 = 1 \\ \frac{1}{\mu_1} C_1 + \frac{1}{\mu_1 + k_2} C_2 + \frac{1}{\mu_1 + k_3} C_3 = 0 \\ \frac{1}{\mu_2} C_1 + \frac{1}{\mu_2 + k_2} C_2 + \frac{1}{\mu_2 + k_3} C_3 = 0 \end{array} \right. \quad (12)$$

Вирішуючи систему (12), знаходимо

$$C_1 = \frac{\mu_1 \mu_2}{k_2 k_3},$$

$$C_2 = \frac{(\mu_1 + k_2)(\mu_2 + k_2)}{k_2(k_2 - k_3)}, \quad (13)$$

$$C_3 = \frac{(\mu_1 + k_3)(\mu_2 + k_3)}{k_3(k_3 - k_2)}.$$

Підставляючи (13), у загальний розв'язок (11), знаходимо розв'язок задачі Коші

$$P_0 = \frac{\mu_1 \mu_2}{k_2 k_3} + \frac{(\mu_1 + k_2)(\mu_2 + k_2)}{k_2(k_2 - k_3)} e^{k_2 t} + \frac{(\mu_1 + k_3)(\mu_2 + k_3)}{k_3(k_3 - k_2)} e^{k_3 t} \quad (14)$$

$$P_1 = \frac{\lambda \mu_2}{k_2 k_3} + \frac{\lambda(\mu_2 + k_2)}{k_2(k_2 - k_3)} e^{k_2 t} + \frac{\lambda(\mu_2 + k_3)}{k_3(k_3 - k_2)} e^{k_3 t} \quad (15)$$

$$P_2 = \frac{\omega \mu_2}{k_2 k_3} + \frac{\omega(\mu_2 + k_2)}{k_2(k_2 - k_3)} e^{k_2 t} + \frac{\omega(\mu_2 + k_3)}{k_3(k_3 - k_2)} e^{k_3 t} \quad (16)$$

Математична модель, описувана функціями (14), (15) і (16), дозволяє обчислити ймовірності станів системи, що описує три основні технологічні стани функціонування кар'єрних самоскидів залежно від часу.

**Результати досліджень.** Дослідження функціонування кар'єрних самоскидів на основі отриманої математичної моделі представляє певні труднощі, пов'язані, насамперед, із залежністю ймовірностей від часу. Тому доцільно розглянути граничний стаціонарний режим, за якого система, що описує функціонування кар'єрних самоскидів, випадковим образом міняє свої стани, але ймовірність кожного з них уже не залежить від часу. У цьому випадку ймовірність характеризує середній відносний час перебування системи в даному стані. Для обчислення цих ймовірностей достатньо у формулах (14), (15) і (16) спрямувати час до нескінченності, що дасть

$$P_0 = \frac{\mu_1 \mu_2}{\lambda \mu_2 + \omega \mu_1 + \mu_1 \mu_2},$$

$$P_1 = \frac{\lambda \mu_2}{\lambda \mu_2 + \omega \mu_1 + \mu_1 \mu_2}, \quad (17)$$

$$P_2 = \frac{\omega\mu_1}{\lambda\mu_2 + \omega\mu_1 + \mu_1\mu_2}.$$

Аналогічний результат може бути отриманий, якщо в системі диференціальних рівнянь (1) дорівняти похідні нулю

$$\begin{cases} -(\lambda + \omega + k)P_0 & + \mu_1 P_1 & + \mu_2 P_2 = 0 \\ \lambda P_0 & -(\mu_1 + k)P_1 & = 0 \\ \omega P_0 & & -(\mu_2 + k)P_2 = 0 \end{cases}$$

і потім розв'язати отриману систему алгебраїчних рівнянь із урахуванням умови (3).

Математична модель стаціонарного стану системи функціонування кар'єрних самоскидів (17) дає можливість порівняно просто сформулювати мету. Беручи до уваги розуміння імовірностей стаціонарного стану системи, що описує функціонування кар'єрних самоскидів, як середній відносний час перебування системи в цих станах, мета може бути сформульована у вигляді функціонала

$$F = c_0 \cdot P_0 - c_1 \cdot P_1 - c_2 \cdot P_2, \quad (18)$$

$c_0$  – середня вартість прибутку, отриманого від роботи кар'єрного самоскида,  $c_1$ ,  $c_2$  – середня вартість втрат, пов'язаних із плановими технічним обслуговуванням і ремонтом і поточним ремонтом кар'єрних самоскидів відповідно.

Функціонал (18) визначає середній прибуток від функціонування системи, описуваної трьома основними станами кар'єрних самоскидів.

Підставляючи (17) у функціонал (18), отримуємо

$$F = c_0 \frac{\mu_1\mu_2}{\lambda\mu_2 + \omega\mu_1 + \mu_1\mu_2} - c_1 \frac{\lambda\mu_2}{\lambda\mu_2 + \omega\mu_1 + \mu_1\mu_2} - c_2 \frac{\omega\mu_1}{\lambda\mu_2 + \omega\mu_1 + \mu_1\mu_2}. \quad (19)$$

Варіюючи параметрами, що визначають умовні щільності ймовірностей переходів  $\lambda$ ,  $\omega$ ,  $\mu_1$ ,  $\mu_2$ , можна досягнути необхідної середньої вартості функціонування системи, що описує три основні стани кар'єрних самоскидів.

**Висновки.** На основі системного підходу досліджене функціонування кар'єрних самоскидів. Моделювання станів і переходів машин дозволило обчислити ймовірності станів системи залежно від часу, дало можливість сформулювати мету і функціонал прибутку від експлуатації системи, описуваної трьома основними станами кар'єрних самоскидів. Варіюючи параметрами функціонала можна досягнути раціональної вартості роботи транспортної системи.

Планується виконати аналіз уточненої моделі підсистем технологічних станів кар'єрних самоскидів, у якій існує перехід від планових техобслуговувань й ремонтів до поточних ремонтів, що має місце на практиці, тому що в результаті діагностичних дій у зоні ТОР можливе виявлення прихованих дефектів, виправлення яких потребує непланового поточного ремонту, що дозволить оцінювати й прогнозувати фактичний стан машин, коригувати структуру системи техобслуговування й підвищувати надійність роботи.

**Список літератури:** 1. Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы / П.Л. Мариев, А.А. Кулешов, А.Н. Егоров, И.В. Зырянов. – СПб. : Наука, 2004. – 429 с. 2. Карьерный автотранспорт стран СНГ в XXI веке / П.Л.Мариев, А.А.Кулешов, А.Н.Егоров, И.В.Зырянов. – СПб.: Наука, 200. – 387 с. 3. Карьерные самосвалы особо большой грузоподъёмности. Проектирование, технологии, маркетинг / П.Л.Мариев [ и др. ]. – Минск : Интегралполиграф, 2008. – 320 с. 4. Диллон Б. Инженерные методы обеспечения надежности систем / Б. Диллон, Ч. Сингх : Пер. с англ. – М.: Мир, 1984.– 318 с., ил. 5. Хенли Э. Дж. Надежность



технических систем и оценка риска / Э. Дж. Хенли, Х. Кумамото : Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1984. – 528 с., ил.

6. Положение о техническом обслуживании, диагностировании и ремонте карьерных самосвалов БелАЗ : временное / РУПП «Белорусский автомобильный завод». – Жодино: РУПП “БелАЗ”, 2003. – 38 с. 7. Положение о техническом обслуживании, диагностировании и ремонте карьерных самосвалов БелАЗ / РУПП «Белорусский автомобильный завод». – Жодино : РУПП “БелАЗ”, 2004. – 38 с. 8. Положение о техническом обслуживании, диагностировании и ремонте карьерных самосвалов «БЕЛАЗ» / ОАО “БЕЛАЗ” – управляющая компания холдинга “БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ”. – Жодино : ОАО “БЕЛАЗ”, 2013. – 20 с. 9. Карьерные самосвалы серии БЕЛАЗ-7513 : руководство по эксплуатации : 75131-3902015 РЭ / ОАО “БЕЛАЗ” – управляющая компания холдинга “БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ”. – Жодино : ОАО “БЕЛАЗ”, 2012. – 192 с. 10. Карьерные самосвалы серии БЕЛАЗ-7513 : руководство по ремонту : 7513-3902080 РС / ОАО “БЕЛАЗ” – управляющая компания холдинга “БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ”. – Жодино : ОАО “БЕЛАЗ”, 2013. – 217 с.

**Bibliography (transliterated):** 1. P.L. Mariev, A.A. Kuleshov, A.N. Egorov, I.V. Zyrjanov. Kar'ernyj avtotransport: sostojanie i perspektivy. SPb. : Nauka, 2004. 2. P.L.Mariev, A.A.Kuleshov, A.N.Egorov, I.V.Zyrjanov. Kar'ernyj avtotransport stran SNG v XXI veke. SPb.: Nauka, 200. 3. P.L.Mariev, et al. Kar'ernye samosvaly osobo bol'shoj gruzopodjornosti. Proektirovanie, tehnologii, marketing. Minsk : Integralpoligraf, 2008. 4. B. Dillon, Ch. Singh : Per. s angl. Dillon B. Inzhenernye metody obespechenija nadezhnosti sistem. Moscow: Mir, 1984. 5. Je. Dzh. Henli, X. Kumamoto : Per. s angl. Henli Je. Dzh. Nadezhnost' tehniceskikh sistem i ocenka riska. Moscow: Mashinostroenie, 1984. 6. RUPP «Belorusskij avtomobil'nyj zavod». Polozhenie o tehnicесkom obsluzhivanii, diagnostirovanii i remonte kar'ernyh samosvalov BelAZ : vremennoe. Zhodino : RUPP “BelAZ”, 2003. 7. RUPP «Belorusskij avtomobil'nyj zavod». Polozhenie o tehnicесkom obsluzhivanii, diagnostirovanii i remonte kar'ernyh samosvalov BelAZ. Zhodino : RUPP “BelAZ”, 2004. 8. ОАО “BELAZ” – upravljajushhaja kompanija holdinga “BELAZ-HOLDING”. Polozhenie o tehnicесkom obsluzhivanii, diagnostirovanii i remonte kar'ernyh samosvalov «BELAZ». Zhodino : ОАО “BELAZ”, 2013. 9. ОАО “BELAZ” – upravljajushhaja kompanija holdinga “BELAZ-HOLDING”. Kar'ernye samosvaly serii BELAZ-7513 : rukovodstvo po jekspluatácii : 75131-3902015 RJe. Zhodino : ОАО “BELAZ”, 2012. 10. ОАО “BELAZ” – upravljajushhaja kompanija holdinga “BELAZ-HOLDING”. Kar'ernye samosvaly serii BELAZ-7513 : rukovodstvo po remontu : 7513-3902080 RS. Zhodino : ОАО “BELAZ”, 2013.

Надійшла (received) 26.01.2015

УДК 629.33.067

**С. А. ОСТАШЕВСЬКИЙ**, канд. техн. наук, доцент, «Національна академія державної прикордонної служби України» ім. Б.Хмельницького;

**Р. М. ШВЕЦЬ**, ад'юнкт «Національна академія державної прикордонної служби України» ім. Б.Хмельницького;

## **АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ РІЗНОТИПНИХ ДАТЧИКІВ ТА СИСТЕМ В АВТОМОБІЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБАХ**

Викладений перспективний підхід до збільшення інформованості водія про оперативну обстановку на дорозі, зниженню ймовірності дорожньо-транспортних пригод, а також покращення управління автомобілем при русі в щільному транспортному потоці, колоні. У зв'язку з цим, особливої значущості набуває вимога до високої рухомості автомобільних базових шасі озброєння і військової техніки. Проведено порівняння між собою різнотипних неконтактних датчиків швидкості і дальності до потенційно-небезпечних об'єктів, що використовуються при виробництві системи попередження зіткнень автомобілів.

**Ключові слова:** системи попередження зіткнень автомобілів, транспортні засоби

**Вступ.** Сучасні форми та способи ведення оперативно-службових дій органів охорони державного кордону, особливо під час ускладнення обстановки на кордоні та в особливий період

передбачають необхідність оперативного здійснення маневру силами та засобами. При цьому, одночасно можливим є пересування на великих швидкостях та в обмежений час рухомих груп (колон) на достатньо широкому та глибокому просторі, часто в умовах обмеженої видимості. Разом з тим, досвід показує, що реальні маршеві швидкості не завжди задовольняють вимогам, що висуваються і в багатьох випадках виявляються значно нижчі, ніж ті, що рекомендовані керівними документами. В колонах часто відбуваються попутні зіткнення та наїзди на нерухомі перешкоди.

Розтягнутість колон затrudняє управління колонами, знижує пропускну здатність доріг, призводить до збільшення дорожньо-транспортних пригод (ДТП).

**Актуальність теми** та направленість дослідження викликані необхідністю підвищення рухомості та безпеки руху колони, в тому числі в умовах обмеженої видимості. Відомо також те, що швидкості колон завжди менше швидкості одиночних машин, а швидкість добре керованих колон вище швидкості некерованих.

Виявлено, що збільшення рухомості машин і мобільності, задача скритного пересування прикордонників в умовах обмеженої видимості знаходяться в протиріччі з організацією управління колоною машин та забезпеченням безпеки дорожнього руху.

Існуючі можливості техніки та досвід розробки деяких засобів радіоелектроніки принципово дозволяє ставити питання про створення системи попередження зіткнень автомобілів (СПЗА), заснованої на застосуванні радіолокаційних датчиків дистанції та дійсної швидкості руху.

Однак, розроблені СПЗА не забезпечують управління дистанцією між автомобілями та передачу сигналів небезпеки зіткнення у колоні, а через низьку адаптаційну здатність до умов руху та експлуатації рухомих колон мають ряд недоліків, зокрема, високу ймовірність хибних спрацьовувань та малої ефективності роботи, що не дозволяє рекомендувати їх для застосування на транспортних засобах та спеціальної техніки. Це висуває задачі по їх адаптації до умов експлуатації та розробки закону управління дистанцією між машинами із наступною алгоритмізацією та застосуванням в роботі СПЗА.

Існуючі методи визначення величини безпечної дистанції до потенційно небезпечних об'єктів та

© С.А. Остапешський, Р.М. Швець, 2015

способи передачі інформації водіям про небезпеку зіткнення не в повній мірі відповідають умовам руху колони. Тому основним змістом роботи є розробка комплексної методики формування закону управління дистанцією між машинами в колоні з використанням системи попередження зіткнень направленої на підвищення рухомості та безпеки руху колони.

**Аналіз публікацій.** Проведений аналіз публікацій, присвячених автомобільним системам попередження зіткнень автомобілів, показав, що усі вони носять чисто рекламний характер, спрямований на задоволення споживацьких інтересів як автовиробників, так і окремих фізичних осіб. Матеріали, які публікуються, розкривають можливості застосування вказаних систем і лише деякі їх технічні характеристики[3,7].

Нажаль, ніде не розглядаються принципи побудови, схемні рішення і елементна база, що забезпечує реалізацію автомобільних систем попередження зіткнень автомобілів, а саме що стосується систем попередження зіткнень автомобілів на яких змонтовані рухомі технічні засоби охорони кордону, та їх швидкого маневрування та пересування в складі колони.

**Мета дослідження** – Розробка методики функціонування радіолокаційної системи попередження зіткнень транспортних засобів в колоні, що включає в себе закон управління дистанцією між машинами у відповідності до режимів руху та гальмівними можливостями транспортних засобів, алгоритм визначення величини безпечної дистанції між транспортними засобами в колоні, а також спосіб індикації про небезпеку зіткнення та передачі сигналів управління по колоні.

#### **Постановка завдання:**

1. Надати оцінку пристосованості до використання на рухомих ТЗОК систем забезпечення безпеки руху з різними типами неконтактних датчиків та алгоритмів функціонування. Вибрати елементну базу для СПЗА.

2. Розробити методику функціонування радіолокаційної системи попередження зіткнень транспортних засобів в колоні, що включає в себе закон управління дистанцією між машинами у відповідності до режимів руху та гальмівними можливостями транспортних засобів, алгоритм визначення величини безпечної дистанції між транспортними засобами в колоні, а також спосіб індикації про небезпеку зіткнення та передачі сигналів управління по колоні.

3. Експериментально підтвердити адекватність комплексної методики формування закону управління дистанцією між транспортними засобами в колоні при функціонуванні системи попередження зіткнень транспортних засобів.

4. Синтезувати вимоги та структуру СПЗА, розробити науково обґрунтовані практичні рекомендації по створенню та застосуванню СПЗА.

### **Матеріал дослідження**

**Оцінка пристосованості до використання на транспортних засобах систем забезпечення безпеки руху з різними типами неконтактних датчиків.** Зростання потенціалу органів охорони державного кордону, збільшення технічних можливостей технічних засобів охорони кордону нерозривно пов'язані з вдосконаленням тактико-технічних показників і підвищенням ефективності використання транспортних засобів. У зв'язку з прийняттям на комплектування новітніх видів технічних засобів охорони кордону, зміною форм і методів їх використання, транспортні засоби стали основним засобом їх рухомості, що забезпечують пересування та застосування в охороні державного кордону, а також маневр силами і засобами. У зв'язку з цим, особливої значущості набуває вимога до високої рухомості автомобільних базових шасі озброєння і військової техніки.

**Конструктивні особливості систем запобігання зіткненням автомобілів. Аналіз існуючих розробок.** В даний час, завдяки зусиллям вчених багатьох країн, широкого поширення набули інформаційні системи запобігання зіткненням, в яких водій сам виконує необхідні дії, після здобуття застережливих сигналів.

У основу принципу дії цих систем покладено розпізнавання дорожньої обстановки за допомогою пристроїв технічного зору. В якості таких пристроїв застосовуються різного виду локатори, наприклад: СВЧ-локатори (радар); ультразвукові локатори (сонари); лазерні локатори (лідари); телевізійні інфрачервоні далекоміри (ТВІЧ системи). Порівняємо між собою неконтактні датчики швидкості і дальності до потенційно-небезпечних об'єктів, що використовуються при виробництві СПЗА. Виберемо елементну базу СПЗА стосовно рухомих технічних засобів охорони кордону.

**Застосування пристроїв радіолокації технічного зору.** Радар, як пристрій технічного зору, використовується в запропонованому японськими інженерами пристрої підтримки дистанції між автомобілями, що рухаються. Цей пристрій забезпечує точний вимір дистанції між двома автомобілями і управлінням двигуном автомобіля, на якому воно встановлене, для витримки заданої дистанції. З процесу обробки виключені автомобілі, що рухаються по зустрічній смузі або припарковані на узбіччі дороги. Пристрій містить станцію радіолокації, яка вимірює відстань до об'єкту і швидкість зближення з ним.

Австралійськими фахівцями запатентований пристрій для автоматичного запобігання зіткненням автомобілів. Воно включає дві антени, розташовані на шасі над переднім бампером на певній відстані один від одного і встановлені під кутом, який автоматично змінюється залежно від швидкості транспортного засобу, СВЧ-генератор і приймач. Одна антена є передавальною і випромінює довільний промінь, що створює вузький пучок електромагнітних хвиль, а друга – приймальна антена приймає промінь, що відбилася від перешкоди. Надвисокочастотний генератор генерує електромагнітні хвилі, що випромінюються передавальною антеною. До приймальної антени підключений приймач, який при здобутті відбитого сигналу виробляє імпульс, що викликає уповільнення швидкості транспортного засобу для запобігання зіткненню.

Фірма Ford (США) запропонувала розробку радарної системи, що виявляє в тумані або в темноті предмети, не помітні для водія. У системі використовується невелика антена, розташована в передній частині автомобіля. Індикатор виконаний у вигляді дисплея, розміщеного у верхній частині вітрового скла. Пристрій дозволяє розрізнити на відстані 450 метрів 2 зустрічних

автомобіля, що їдуть на відстані 1 м один від одного. Зображення предметів, що ближче знаходяться, може бути збільшене у відповідному масштабі.

**Застосування ультразвукових пристроїв технічного зору.** Широке впровадження як пристроїв технічного зору отримали ультразвукові локатори – сонари.

Великі успіхи в розробці ультразвукових локаторів досягнуті в Японії. Пристрій, що патентується там, для підтримки безпечної дистанції між автомобілями складається з ультразвукового локатора, що містить випромінювач; приймача; датчика швидкості, вхідного підсилювача; генератора імпульсів; компаратора. В процесі руху автомобіль безперервно випромінює сигнал, який в разі виявлення перешкоди відбивається від нього і ловиться приймачем. Шляхом порівняння відбитої хвилі і еталонної хвилі для даної швидкості виходить інформація про дистанцію до автомобіля який їде попереду. В разі порушення безпечної дистанції включаються звуковий і світловий сигнали.

Для підвищення надійності роботи системи попередження зіткнень автомобілів з ультразвуковими локаторами і зменшення числа помилкових спрацьовувань японські фахівці запропонували збільшити число передавальних антен. Запропонований ними пристрій забезпечує виявлення перешкод попереду або позаду автомобіля шляхом посилки ультразвукових хвиль і прийому відбитих хвиль.

**Застосування лазерних пристроїв технічного зору.** Останнім часом у всьому світі все більше увага приділяється лазерним локаторам як системи технічного зору. Однією з основних переваг лазерних локаторів є їх краща перешкодозахищеність в порівнянні зі СВЧ-локаторами. У багатьох країнах розробляються навіть загальнонаціональні проекти безпеки руху, в основі яких лежать системи попередження зіткнень автомобілів з лазерними локаторами.

Так в Німеччині ведуться роботи над системою Convoypiloten, що є направляючою системою руху автомобілів (розробляється фірмою VW), що повністю автоматизує процес управління автомобілями при їх русі в колоні на відособленій проїжджій частині. На автомобілях встановлюються лазерні датчики, які вимірюють відстань до попереду рухомого транспортного засобу. Отримана інформація обробляється за допомогою ЕОМ, яка через пристрої, що керують, регулює швидкість руху, допускаючи відхилення від заданого значення дистанції не більше 0,5 м. Крім того, автоматично регулюється положення транспортного засобу в поперечному профілі, що дає можливість здійснювати рух автомобіля по вузькій проїжджій частині. Впровадження цієї системи підвищує безпеку руху на дорогах, особливо при здійсненні перевезень вантажів. Вартість системи Convoypiloten з розрахунку на один транспортний засіб не перевищує 2000 марок. Вченими швейцарської фірми Wild Leits A.g. запатентований лазерний інформаційний далекомір для автомобілів, що працює в діапазоні 5–150 м. Точність виміру дистанції на малих відстанях близько 0,1 м, на гранично більшому – 0,8 м. Час виміру вагається від 0,01 до 0,1 секунди залежно від відстані, оскільки потужність відбитого сигналу швидко падає із збільшенням відстані. Японською фірмою Nissan розроблена система попередження зіткнень автомобілів для вантажних автомобілів, в основі якої лежить лазерний локатор, що встановлюється в передній частині автомобіля. В разі виявлення небезпеки система подає звуковий сигнал. Для виявлення перешкод на більшій відстані потрібні лазери більшої потужності, які при великій концентрації променя можуть бути небезпечні для здоров'я людини, що є головною причиною, що заважає їх масовому впровадженню.

**Застосування оптичних пристроїв технічного зору.** На відміну від лазерних, оптичні системи попередження зіткнень автомобілів нешкідливі для оточуючого середовища. Зараз у всьому світі ведуться розробки таких систем. Наприклад, американськими фахівцями запатентована швидкодіюча оптична система виміру відстані до об'єкту. Джерелом світла служить світлодіод або напівпровідниковий лазер. Паралельний пучок світла від джерела проходить через опуклу лінзу, фокусується перед плоским дзеркалом і відбивається від нього. Пучок світла, що далі розходиться, потрапляє на 6-гранне дзеркало, що обертається, відбивається від нього і проходить через другу опуклу лінзу. На виході з лінзи промені світла знову паралельні. Фокуси обох лінз збігаються. Паралельний пучок світла потрапляє на об'єкт, частково відбиваючись від нього, знов проходить через другу опуклу лінзу і потрапляє на дзеркало, що обертається.

Відбиваючись від дзеркала пучок світла падає на плоский фотоелемент, на якому він фокусується у вигляді плями. Якщо об'єкт, від якого відбився пучок світла, розташований близько, то сфокусована пляма світла на фотоелементі знаходиться на максимальній відстані від дзеркала, що обертається. Якщо він розташований на максимальній відстані, то пляма світла максимально наближена до дзеркала, що обертається. По положенню плями на фотоелементі визначається відстань до об'єкту. Оскільки дзеркало обертається, то відбувається сканування всіх об'єктів в певному секторі.

Ці сигнали надходять в елементи пам'яті ЕОМ, яка, порівнюючи попередні і подальші сигнали, видає інформацію про зміну дистанції між автомобілями.

**Застосування телевізійних і інфрачервоних пристроїв технічного зору.** Велика увага приділяється також телевізійним системам, що використовують в своїй роботі інфрачервоне випромінювання. Так департамент поліції Далласа (США) провів випробування ІЧ-системи нічного бачення фірми GMS. Ця система за допомогою ІЧ-випромінювання сканує дорогу і її узбіччя і автомобіля який рухається попереду. Датчик системи визначає температурну різницю між різними об'єктами і зображення виводиться на дисплей, встановлений на панелі приладів. Система може використовуватися не лише вночі, але і при поганій видимості вдень і в разі засліплення фарами.

Особливо велику допомогу водієві інфрачервоні системи попередження зіткнень автомобілів надають при русі в тумані. Американськими інженерами розроблений прилад «Visir», що допомагає водіям здійснювати рух під час туману і правильно вибирати швидкісний режим. Прилад складається з джерела інфрачервоного випромінювання і приймача з частотою 2500 Гц. Залежно від густини туману «Visir» дозволяє визначити відстань видимості. На колесі автомобіля встановлюється детектор швидкості, передавальний відомості в мікро ЕОМ, куди надходить інформація з приймача інфрачервоного випромінювання. Отримана інформація порівнюється, і у випадку, перевищення водієм безпечної швидкості руху, включається звуковий сигнал.

**Застосування систем радіобачення.** Однією з шляхів забезпечення безпеки управління рухом автомобільного транспорту в умовах обмеженої оптичної видимості є створення автомобільних радіолокаційних систем (АРЛС) переднього огляду місцевості. Проведені Расторгуєвим В.В. на кафедрі радіоприймальних пристроїв Московського авіаційного інституту теоретичні і перші експериментальні дослідження АРЛС показали, що радіолокаційні зображення (РЛЗ) різних типів дорожніх покриттів, автомобілів, дорожніх знаків, обгороджувальних мостів, формовані на виході АРЛС, є інформативними і стійкими. Вони можуть бути використані для підвищення безпеки дорожнього руху.

#### **Результати досліджень:**

– існуючі можливості техніки і наявний досвід розробки деяких засобів радіоелектроніки принципово дозволяють ставити питання про створення системи запобігання зіткненням автомобілів, функціонування якої направлена на забезпечення рухомості і безпеки руху автомобілів в щільному транспортному потоці і колоні;

– розроблені системи попередження зіткнень автомобілів не забезпечують управління дистанцією між транспортними засобами і передачу сигналів небезпеки зіткнення по колоні, що не дозволяє їх рекомендувати для застосування на транспортних засобах які рухаються в колоні.

**Висновки.** В результаті проведеного аналізу встановлено що перераховані типи датчиків та систем незабезпечують необхідної надійності роботи, існує висока ймовірність помилкових спрацювань, що негативно впливає на ефективність їх роботи.

Таким чином розглянуті раніше типи датчиків мають ряд недоліків. Найвагоміші з них є: шкідливість для оточуючих, низька ефективність в умовах обмеженої видимості, недостатня адаптивність систем до умов дорожньої обстановки. Подальшим напрямком роботи вбачається розробка адекватної комплексної методики формування закону управління дистанцією між транспортними засобами при функціонуванні системи попередження зіткнень автомобілів в колоні.

**Список літератури:** 1. Автомобильный радиолокатор: краткий обзор // ТИИЭР. 1979 г., 6, с. 185–209. 2. Байбородин Ю.В. Справочник по лазерной технике. – Киев: Техника, 1988. 3. Информационный интернет-проект «Безопасный автомобиль». 4. Ветлинский В.Н. Автомобильные радиолокационные станции // Зарубежная радиоэлектроника. 1978 г., 10, с. 51-70. 5. Патент 55129-79 (Япония). Измеритель путевой доплеровской скорости. 6. Патент НКИ 180/105 № 3444950/BOSCH. Радиолокационная система для обеспечения безопасности движения. 7. Парнес М. Применение радарных датчиков в автомобиле / М. Парнес // Компоненты и технологии, №1, 2008. – с. 41 – 44. 8. Патент США НКИ 303/21 № 3795426. Применение радиолокаторов систем предупреждения столкновений. 9. Юрчевский А.А. Синтез систем предотвращения столкновений автомобилей (теория, эксперимент, реализация). Дисс. ... докт. техн. наук – М: МАДИ, 1984, – 408 с. 10. Jones T.O., Grimes G.M., Dork R.A., Reguero W.R. Automotive radar problems and promises. – WESCON Technical Papers, 1973, v. 17, p. 1-8. 11. Kaplan G., Sterzer F. Dualmode automobile collision avoidance radar. – JEEE – MTTT – Sent. Microwave Symp., Microwave Serk. Man., Palo Alto, Cal., 1975, New York, № 4, p. 335-337.

**Bibliography (transliterated):** 1. Avtomobylnyi radyolokator: kratkyi obzor . TYIЭP. 1979 h., 6, [. 185-209. 2. Baiborodyn Iu.V. Spravochnyk po lazernoi tekhnike. – Kiev: Tekhnyka, 1988. 3. Ynformatsyonnyi ynternet-proekt «Bezopasnyi avtomobyl». 4. Vetlynskyi V.N. Avtomobylnye radyolokatsyonnye stantsyy . Zarubezhnaia radyoelektronyka. 1978 h., 10, P. 51-70. 5. Patent 55129-79 (Iaponyia). Yzmerytel putevoi doplerovskoi skorosty. 6. Patent NKY 180/105 No 3444950/BOSCH. Radyolokatsyonnay systema dlia obespecheniya bezopasnosty dvyzhenya. 7. Parnes M. Prymenenye radarnykh datchykov v avtomobyle / Moscow: Parnes. Komponenti y tekhnolohyy, No1, 2008. – P.41 – 44. 8. Patent SShA NKY 303/21 No 3795426. Prymenenye radyolokatorov system preduprezhdeniya stolknovenyi. 9. Yurchevskyi A.A. Syntez system predotvrashcheniya stolknovenyi avtomobylei (teoryia, eksperyment, realizatsyia). Dyss. ... dokt. tekhn. nauk – Moscow: MADY, 1984, – 408 p. 10. Jones T.O., Grimes G.M., Dork R.A., Reguero W.R. Automotive radar problems and promises. – WESCON Technical Papers, 1973, v. 17, p. 1-8. 11. Kaplan G., Sterzer F. Dualmode automobile collision avoidance radar. – JEEE – MTTT – Sent. Microwave Symp., Microwave Serk. Man., Palo Alto, Cal., 1975, New York, No 4, p. 335-337.

*Надійшла (received) 27.02.2015*

**К. Г. ЯЦЕНКО**, заместитель начальника ХУВС им. И.Кожедуба, Харьков

## **ОЦЕНКА ВОЗМУЩАЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ДОРОГИ НА МНОГО-ЗВЕННЫЙ МНОГООСНЫЙ АВТОМОБИЛЬНЫЙ ПОЕЗД**

Получила дальнейшее развитие теория эксплуатационных свойств средств подвижности, движущихся в сложных дорожных условиях. Определены максимальные частоты возмущающих воздействий неровностей дороги на ходовую часть многозвенных многоосных автопоездов. Полученные аналитические выражения позволяют определить максимально допустимую скорость движения автомобильного поезда при воздействии на ходовую часть дорожных неровностей. Ограничение скорости движения позволит сохранить устойчивость и управляемость автомобильного поезда.

**Ключевые слова:** средства подвижности, автомобильный поезд, многоосный, многозвенный, частота собственных колебаний, резонанс.

**Введение.** Устойчивость и управляемость являются одними из важнейших эксплуатационных свойств, отвечающих за безопасность движения колесных машин. Задача повышения стабильности указанных свойств приобретает особую актуальность при движении многоосных и многозвенных автомобильных поездов в сложных дорожных условиях, при влиянии возмущающих воздействий от неровностей опорной поверхности.

**Постановка проблемы и анализ литературы.** В работах [1, 2] определен новый критерий для оценки устойчивости и управляемости автомобилей – собственная частота колебаний машины в плоскости дороги. При совпадении частот собственных и вынужденных колебаний происходит явление резонанса, приводящее к резкому увеличению амплитуды вынужденных колебаний. В качестве вынужденных колебаний в работах [1 - 4] представлялись колебания направляющих колес автомобиля, создаваемые водителем на рулевом колесе.

В работе [5] приведены результаты оценки верхнего предела способности человека производить поворот, полученные в итоге многочисленных исследований с использованием маневров с двойным переходом с одной полосы на другую. Использование частоты воздействия на рулевое колесо  $\nu_{возм} = 0,7$  Гц приводит к тому, что время от завершения первого поворота рулевого колеса (первый пик) до завершения поворота в обратном направлении (второй пик) составляет приблизительно 714 миллисекунд независимо от заданной величины угла поворота [5]. Исходя из указанного, в работах [1, 2] предлагалось проектировать ходовую часть таким образом, чтобы обеспечить значение собственной частоты колебаний автомобиля в плоскости дороги  $\nu_{возм} > 0,7$  Гц при любых эксплуатационных условиях.

Антонов А. С. и др. [6 - 9] рассматривают частоты собственных колебаний корпуса автомобиля и указывают, что они являются важными обобщающими параметрами, оказывающими влияние на всю совокупность свойств, по которым оценивается плавность хода автомобиля. Частоты собственных колебаний в данной работе предлагается определять опытным или расчетным путем.

Однако в указанных выше работах не выполнялась оценка устойчивости и управляемости автомобильных поездов, поэтому представляет интерес исследование указанных эксплуатационных свойств при движении в сложных дорожных условиях.

**Целью статьи** является оценка влияния параметров дороги на важнейшие эксплуатационные свойства многозвенных многоосных автомобильных поездов.

**Оценки частоты возмущающих воздействий неровностей дороги на автомобиль.**

© К.Г. Яценко, 2015  
Предпол  
ожим,

что длина неровности больше колесной базы автопоезда ( $L_{нер} > L_{ан}$ ). В этом случае, импульсы возмущающей силы от дорожной неровности, через которую последовательно переезжают все колеса одного борта автомобиля, будут осуществляться с частотами

$$(v_{возм})_{средняя} = \frac{V_{ан} \cdot n}{L_{ан}}; \quad (1)$$

$$(v_{возм})_{max} = \frac{V_{ан}}{L_{min}}, \quad (2)$$

где  $n$  – число осей автомобильного поезда,

$$n = n_a + n_{np}, \quad (3)$$

$n_a, n_{np}$  – число осей автомобиля и прицепа.

Наибольшую опасность с позиции предотвращения резонанса колебаний звеньев автопоезда в плоскости дороги представляет  $(v_{возм})_{max}$ . На рис. 1 представлена зависимость максимальной возмущающей частоты колебаний  $(v_{возм})_{max}$  от скорости автопоезда при различных значениях  $L_{min}$ .

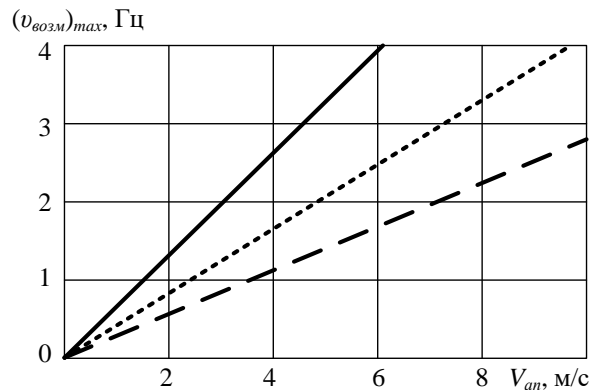


Рисунок 1 – Зависимость максимальной возмущающей частоты колебаний от скорости автопоезда:  
 —  $L_{min} = 1,5$  м;  $\cdots \cdots L_{min} = 2,5$  м;  $-\ - - - L_{min} = 3,5$  м

На рис. 2 приведена зависимость средней частоты возмущающих воздействий неровности дороги  $(v_{возм})_{средняя}$  от скорости движения автопоезда при различном числе осей. При моделировании принято  $L_{ан} = 20$  м.

Однако возмущающие воздействия на колеса автомобиля могут создавать и дорожные неровности, особенно при движении по бездорожью и в условиях пересечённой местности. На рис. 3 приведена схема, позволяющая оценить частоту возмущающих воздействий на колеса автомобильного поезда дорожных неровностей. Предположим, что шаг неровностей дороги (под колесами одного борта) больше, чем расстояние между передними колесами автомобиля и задними колесами прицепа. Это расстояние назовем базой автомобильного поезда  $L_{ан}$ .

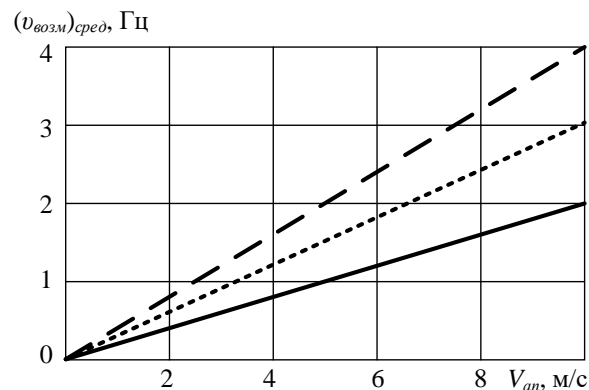




Рисунок 2 – Зависимость средней частоты возмущающих воздействий неровности дороги от скорости движения автопоезда: —  $n = 4$ ; ····  $n = 6$ ; ----  $n = 8$

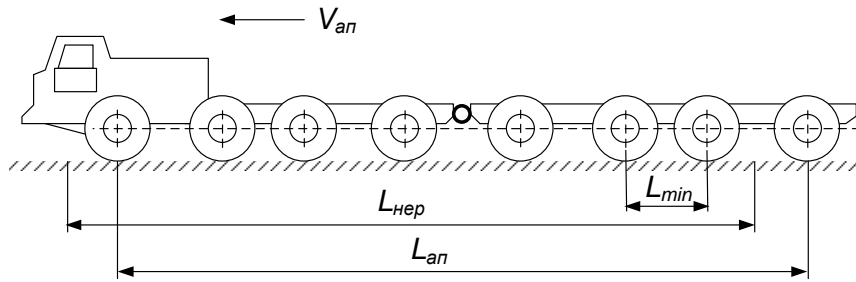


Рисунок 3 – Расчётная схема для оценки частоты возмущающих воздействий неровностей дороги на автомобиль:  $V_{an}$  – скорость движения автомобильного поезда;  $L_{an}$  – база автомобильного поезда;  $L_{нер}$  – шаг неровностей дороги;  $L_{min}$  – минимальные расстояние между осями (расстояние между наиболее сближёнными осями автопоезда)

При  $L_{min} < L_{нер} < L_{an}$  частота возмущающих воздействий дороги (рис. 4а)

$$(v_{возм})_{max}^* = \frac{V_{an}}{L_{нер} - L_{min}} \quad (4)$$

При  $L_{нер} < L_{min}$  (рис. 4б)

$$(v_{возм})_{max}^* = \frac{V_{an}}{L_{min} - L_{нер}} \quad (5)$$

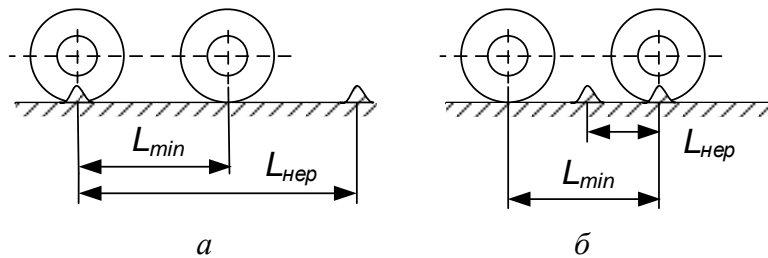


Рисунок 4 – Схема воздействия неровностей дороги на колеса наиболее сближенных осей автопоезда: а – при  $L_{min} < L_{нер}$ ; б – при  $L_{нер} < L_{min}$ : —  $n = 4$ ; ····  $n = 6$ ; ----  $n = 8$

Преобразуем выражения (4) и (5) к виду

$$(v_{возм})_{max}^* = \frac{V_{an}}{L_{min}} \left( \frac{L_{нер}}{L_{min}} - 1 \right)^{-1} = (v_{возм})_{max} \left( \frac{L_{нер}}{L_{min}} - 1 \right)^{-1}; \quad (6)$$

$$(v_{возм})_{max}^* = \frac{V_{an}}{L_{min}} \left( 1 - \frac{L_{нер}}{L_{min}} \right)^{-1} = (v_{возм})_{max} \left( 1 - \frac{L_{нер}}{L_{min}} \right)^{-1}. \quad (7)$$

Таким образом, выражение для оценки соотношения частот возмущающих воздействий дороги можно записать в общем виде

$$K_v = \frac{(v_{возм})_{max}}{(v_{возм})_{max}^*} = \left| 1 - \frac{L_{нер}}{L_{min}} \right|, \quad (8)$$

где  $(v_{возм})_{\max}$  – максимальная частота возмущающих воздействий дороги при  $L_{ан} < L_{нер}$ ;

$(v_{возм})_{\max}^*$  – максимальная частота возмущающих воздействий дороги при  $L_{нер} < L_{ан}$ .

На рис. 5 приведена зависимость  $K_v$  от  $\left|1 - L_{нер}/L_{\min}\right|$ .

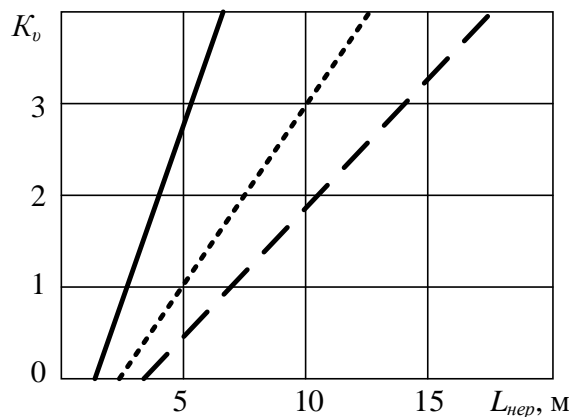


Рисунок 5 – Зависимость  $K_v \left( \left| 1 - \frac{L_{нер}}{L_{\min}} \right| \right)$ : —  $L_{\min} = 1,5 \text{ м}$ ; · · ·  $L_{\min} = 2,5 \text{ м}$ ; - -  $L_{\min} = 3,5 \text{ м}$

**Определение допустимой скорости движения автомобильного поезда.** При проектировании автопоезда оценку максимально допустимой скорости движения можно определять по средней частоте возмущающих воздействий дорожных неровностей, определяемой с помощью выражения (1). В этом случае, учитывая, что  $v_{собств} > 0,7$ , для системы «средство подвижности – дорожная среда» необходимо выполнение условия

$$(v_{возм})_{средняя} = \frac{V_{ан} \cdot n}{L_{ан}} < v_{собств} \cdot \quad (9)$$

Из выражения (9) определим

$$V_{ан} < v_{собств} \cdot \frac{L_{ан}}{n}. \quad (10)$$

Величина  $L_{ан}/n = \bar{L}$  – среднее расстояние между осями автопоезда.

При невыполнении условия (10) автопоезд теряет устойчивость и управляемость.

На рис. 6 приведена зависимость  $(V_{ан})_{\max} = f(v_{собств})$  при различных значениях собственной частоты колебаний автомобиля и прицепа.

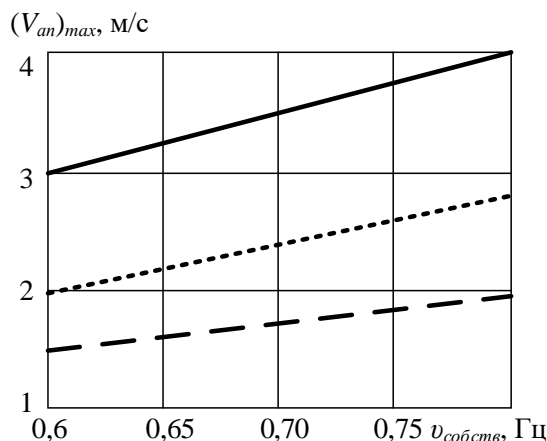


Рисунок 6 – Зависимость максимально допустимой скорости движения автомобильного поезда от частот собственных колебаний: —  $L_{an}/n = 5$  м; ·····  $L_{an}/n = 3,3$  м; — — —  $L_{an}/n = 2,5$  м

В случае, если частоты собственных колебаний автомобилей и прицепа значительно отличаются, то выбирать максимально допустимую скорость движения автопоезда по частоте собственных колебаний того звена, для которого указана частота меньше.

**Выводы.** В результате проведенного исследования определены максимальные частоты возмущающих воздействий неровностей дороги на ходовую часть многозвенных многоосных автопоездов. Полученные аналитические выражения позволяют определить допустимую скорость движения автомобильного поезда при воздействии на ходовую часть дорожных неровностей. Ограничение скорости движения позволит сохранить устойчивость и управляемость автомобильного поезда по условию ограничения частоты возмущающих колебаний его звеньев в плоскости дороги.

**Список літератури:** 1. *Подригало М. А.* Обеспечение управляемости и устойчивости автомобилей при установившемся движении / *М. А. Подригало, Д. М. Клец, В. И. Гацько* // Вестник ХНАДУ. Сборник научных трудов. – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2013. – Вып. 60. – с. 42-48. 2. *Подригало М. А.* Оценка управляемости и устойчивости многоосных автомобилей при установившемся прямолинейном движении / *М. А. Подригало, Д. М. Клец, В. И. Гацько, В. Н. Плетнёв* // Вісник СевНТУ. Збірник наукових праць. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. – Севастополь. – СевНТУ, 2013. – Вип. 143. – с. 41-44. 3. *Подригало М. А.* Оценка устойчивости и управляемости автомобиля по собственной частоте его колебаний в плоскости дороги / *М. А. Подригало, Д. М. Клец, В. И. Гацько* // Автомоб. пром-ть. – М., 2014. – № 5. – С. 29–33. 4. *Подригало М. А.* Оценка параметров маневренности автомобиля по критерию собственной частоты его колебаний в плоскости дороги / *М. А. Подригало, Д. М. Клец* // Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту : міжнар. наук.–практ. інтернет–конф., 12–14 листопада 2013 р. : тези доп. – Вінниця, 2013. – С. 6–7. 5. Электронные системы контроля устойчивости: ECE/TRANS/180/Add.8 – Введены в Глобальный регистр 2008-06-26. – Женева: Глобальный регистр. Организация объединённых наций, 2008. – 116 с. 6. *Антонов А. С.* Армейские автомобили. Конструкция и расчет / *А. С. Антонов, Ю. А. Кононович, Е. И. Магидович, В. С. Прозоров* // Часть первая. Воениздат. – М. – 1970. – 540 с. 7. *Аксенов П. В.* Многоосные автомобили / *Аксенов П. В.* – М.: Машиностроение, 1989. – 280 с. 8. *Литвинов А. С.* Управляемость и устойчивость автомобиля / *Литвинов А. С.* – М.: Машиностроение, 1971. – 416 с. 9. *Ротенберг Р. В.* Подвеска автомобиля. Колебания и плавность хода / *Ротенберг Р. В.* – М.: Машиностроение, 1972. – 392 с.

**Bibliography (transliterated):** 1. *Podrigalo M. A.* Obespechenie upravljaemosti i ustojchivosti avtomobilej pri ustanovivshemsja dvizhenii / *M. A. Podrigalo, D. M. Klets, V. I. Gac'ko* . Vestnik HNADU. Sbornik nauchnyh trudov. – Kharkov: Izd-vo HNADU, 2013. – Vyp. 60. – p. 42-48. 2. *Podrigalo M.A.* Ocenka upravljaemosti i ustojchivosti mnogoosnyh avtomobilej pri ustanovivshemsja prjamolinejnom dvizhenii / *M.A. Podrigalo, D. M. Klets, V. I. Gac'ko, V. N. Pletnjov* . Visnik SevNTU. Zbirnik naukovih prac'. Serija: Mashinopriladobuduvannja ta transport. – Sevastopol'. – SevNTU, 2013. – Vip. 143. – p. 41-44. 3. *Podrigalo M. A.* Ocenka ustojchivosti i upravljaemosti avtomobilja po sobstvennoj chastote ego kolebanij v ploskosti dorogi / *M. A. Podrigalo, D. M. Klets, V. I. Gac'ko* . Avtomob. prom-t'. – Moscow, 2014. – No 5. – P. 29–33. 4. *Podrigalo M. A.* Ocenka parametrov manevrennosti avtomobilja po kriteriju sobstvennoj chastoty ego kolebanij v ploskosti dorogi / *M. A. Podrigalo, D. M. Klets* . Suchasni tehnologii ta perspektivi rozvitku avtomobil'nogo transportu : mizhnar. nauk.–prakt. internet–konf., 12–14 listopada 2013 r. : tezi dop. – Vinnicja, 2013. – P. 6–7. 5. Jelektronnye sistemy kontrolja ustojchivosti: ECE/TRANS/180/ Add.8 – Vvedeny v Global'nyj registr 2008-06-26. – Zheneva: Global'nyj registr. Organizacija ob#edinjonnyh nacij, 2008. – 116 p. 6. *Antonov A.S.* Armejskie avtomobili. Konstrukcija i raschet / *A. S. Antonov, Ju. A. Kononovich, E. I. Magidovich, V. S. Prozorov* . Chast' pervaja. Voenizdat. – Moscow. – 1970. – 540 p. 7. *Aksenov P. V.* Mnogoosnye avtomobili / *Aksenov P. V.* – Moscow: Mashinostroenie, 1989. – 280 p. 8. *Litvinov A. S.* Upravljaemost' i ustojchivost'

avtomobilja / *Litvinov A. S.* – Moscow: Mashinostroenie, 1971. – 416 p. **9.** *Rotenberg R. V.* Podveska avtomobilja. Kolebanija i plavnost' hoda / *Rotenberg R. V.* – Moscow: Mashinostroenie, 1972. – 392 p.

*Надійшла (received) 06.02.2015*

*А. О. БОРИСЕНКО*, асп. ХНАДУ, Харків

## **РОЗРАХУНОК ПРОБІГУ ГІБРИДНОГО АВТОМОБІЛЯ НА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ТЯЗІ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

В роботі проведено розрахунок пробігу гібридного автомобіля на електричній тязі в залежності від умов експлуатації. Проведено обґрунтування необхідності підвищення паливної економічності та екологічної чистоти гібридних автомобілів за рахунок використання електричної енергії, що накопичується у блоку акумуляторних батарей. В результаті виконання розрахунку проведений вибір та обґрунтування кількості акумуляторних батарей у накопичувачі електричної енергії. Зроблені висновки.

**Ключові слова:** екологічність, електромобіль, гібридний автомобіль, умови експлуатації, акумуляторна батарея

**Вступ.** На сьогоднішній час конкурентоспроможний і порівняно екологічно чистий автотранспортний засіб можна зробити за рахунок розроблення гібридної силової установки, що включає двигун внутрішнього згоряння, тяговий електричний двигун і накопичувач електричної енергії. В якості накопичувача енергії доцільно застосовувати літій-іонні акумуляторні батареї. Найбільш зручними в експлуатації є гібридні автомобілі, які мають режим електромобіля, та які здатні накопичувати енергію у блоці тягових акумуляторних батарей безпосередньо від стаціонарних джерел електричної енергії. Це обумовлено суттєво нижчою вартістю кВт·год. з електричної мережі, в порівнянні з вартістю кВт·год. одержаних з генераторних установок, які отримують енергію від бензину, дизпалива або газу. Такий підхід до створення силової установки дозволяє суттєво знизити витрати моторного палива, підвищити екологічність та поліпшити тягово-швидкісні характеристики автомобіля.

**Аналіз основних досягнень і літератури.** Вже більше 10 р. у ХНАДУ проводять дослідження в галузі розробки енергоефективних та екологічно чистих технологій автотранспортних засобів, що використовують різноманітні джерела енергії та виконавчі пристрої. Розроблено декілька модифікацій автомобілів з нетрадиційними силовими установками (електричними, пневматичними, мехатронними) з проведенням їх натурних випробувань в реальних умовах експлуатації [1-5].

Остання модифікація гібридного автомобіля створена на базі автомобіля ЗАЗ Ланос Пікап. При цьому сам автомобіль та його існуюча силова установка залишається без змін, лише доповнюється тяговим вентиляним електричним двигуном, який отримує живлення через перетворювач напруги від блоку літій-іонних акумуляторних батарей [6-8].

**Мета дослідження, постановка задачі.** Метою роботи є підвищення паливної економічності та екологічної чистоти гібридних автомобілів за рахунок використання електричної енергії, що накопичується у блоку акумуляторних батарей. Для визначення кількості акумуляторних батарей у складі гібридної силової установки необхідно провести розрахунок пробігу гібридного автомобіля на електричній тязі в залежності від умов експлуатації. Основною задачею є вибір та обґрунтування кількості акумуляторних батарей у накопичувачі електричної енергії гібридного автомобіля.

**Матеріали дослідження.** Аналіз вартості основних компонентів гібридної силової установки показав, що вартість літій-іонних акумуляторних батарей є визначальною. Але кількість застосованих акумуляторних батарей визначає дальність пробігу автомобіля на електричній тязі. В теперішній час висока вартість літій-іонної технології створення акумуляторів стримує розвиток електро мобілів. Наприк

© А.О. Борисенко, 2015

лад, для пробігу електромобіля масою 1000 кг на відстань до 200 км необхідна акумуляторна батарея ємністю 20...25 кВт·год. Ціна такої акумуляторної батареї складає більш 200 тис. грн., що перевищує вартість базового автомобіля.

Для рішення даної проблеми необхідно проведемо розрахунок дальності пробігу гібридного автомобіля на електричній тязі спорядженою масою 1000 кг з різною кількістю акумуляторних батарей LFP090AHА 3.2V/90Ah, котрі призначені спеціально для застосування в гібридних автомобілях, електромобілях, електроавтобусах та інших електричних транспортних засобах. Основні експлуатаційні характеристики акумулятора TS-LFP90AHА наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Характеристики акумулятора TS-LFP90AHА

Тип	Акумулятор літій-залізо-фосфатний
Ємність C, А·год	90
Струм заряду, А	0,5·C
Макс струм розряду, А	3·C
Робоча напруга, В	2,5...4,25
Кількість циклів заряд-розряд	3000...5000
Діапазон робочих температур, °С	- 45...+ 85
Вага, кг	3,2

Для визначення дальності пробігу гібридного автомобіля на електричній тязі проведемо розрахунок питомої енергоємності акумулятора TS-LFP90AHА, який застосовується для живлення тягового електропривода гібридного автомобіля, створеного на базі ЗАЗ Ланос Пікап, Вт·год./кг.

$$E_n = \frac{U_{ел} \cdot I \cdot t}{m_{АКБ}}, \quad (1)$$

де  $E_n$  – питома енергоємність акумулятора, Вт·год./кг;

$U_{ел}$  – середня напруга на елементі, В;

$I$  – розрядний струм, А;

$t$  – час розряду, год.;

$m_{АКБ}$  – маса акумуляторної батареї, кг.

Ємність акумулятора визначає розрядний струм за час розряду  $t$ , год.

$$C = I \cdot t, \quad (2)$$

Тому формула 1 приймає вигляд

$$E_n = \frac{U_{ел} \cdot C}{m_{АКБ}}, \quad (3)$$

Споживання електричної енергії автомобілем, рух якого відбувається за рахунок електричного двигуна, залежить від умов експлуатації та може відрізнятись майже у три рази (табл. 2).

Таблиця 2 – Залежність питомого споживання енергії від режиму експлуатації автомобіля на електричній тязі

Питоме споживання енергії $K_E$ , Вт·год./ (кг·км)	Режим експлуатації
0,10...0,15	Легкі умови, рух на невеликій швидкості
0,15...0,20	Середні умови, нормальний міський рух
0,20...0,25	Складні умови, при багаторазових динамічних прискореннях, різкому гальмуванні до повної зупинки або рух

Пробіг автомобіля на електричній тязі залежить від режиму руху, маси автомобіля, вантажу та пасажирів, швидкості автомобіля, дорожніх умов, стилю водіння та складності руху: інтенсивності та кількості циклів гальмування-зупинка-розгін, динамічності зрушення з міста, інтенсивності натискання на електрону педаль акселератора та педаль гальмування, стану покриття, наявності підйомів або спусків та від багатьох інших факторів.

Дальність пробігу автомобіля  $S_e$  на електричній тязі, км

$$S_e = \frac{E_n \cdot n \cdot m_{AKB}}{K_E \cdot (m_{El} + n \cdot m_{AKB})}, \quad (4)$$

де  $E_n$  – питома енергоємність акумулятора, Вт·год./кг;

$n$  – кількість акумуляторних батарей, шт.;

$K_E$  – питома споживання енергії автомобіля, що рухається на електричній тязі, в різних режимах руху, Вт·год./(кг·км);

$m_{El}$  – споряджена маса автомобіля, кг.

**Результати дослідження.** Проведемо розрахунок дальності пробігу електромобіля та гібридного автомобіля на електричній тязі в залежності від кількості використаних акумуляторних батарей та умов експлуатації. Пробіг електромобіля, на відміну від пробігу гібридного автомобіля, може складати до 150 км у легких умовах руху, тому для електромобіля достатньо застосовувати 50 акумуляторних батарей типа LFP090АНА 3.2V/90Ah. З отриманих розрахунків випливає, що блок з 50 акумуляторних батарей TS-LFP90АНА може запасати енергію 14,4 кВт·год., якої вистачить на подолання автомобілем спорядженою масою до 1000 кг відстані до 145 км у легких умовах руху. Для прикладу, блок акумуляторних батарей серійного електромобіля Mitsubishi i-MiEV запасає 16 кВт·год. За даними виробника пробіг Mitsubishi i-MiEV складає 160 км, що практично співпадає з проведеними розрахунками. Але Mitsubishi i-MiEV – це електромобіль, ми же розробляємо гібридний автомобіль, тому дальність пробігу на електричній тязі будемо визначати з щоденного середньостатистичного пробігу автомобіля. Світова статистика пробігу міського легкового автомобіля показує, що 80 % легкових автомобілів в Європі проїжджають на день не більше 40 км, а близько 50 % – до 20 км. Для автомобіля це фактично означає, як мінімум 2 поїздки, по 10...20 км в кожную сторону, як правило, у міському режимі руху. Для задовольняють потреби більшості автовласників запас ходу на електричній тязі гібридного автомобіля може складати 30...40 км у середніх міських умовах експлуатації (див. рис. 1).

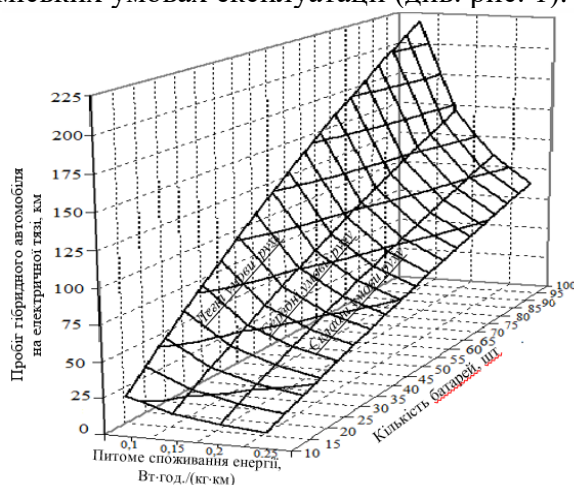


Рисунок 1 – Результати розрахунку пробігу електромобіля в залежності від кількості використаних акумуляторних батарей

**Висновки.** Результати розрахунку дальності пробігу гібридного автомобіля спорядженою масою 1000 кг на електричній тязі в залежності від умов експлуатації та кількості використаних акумуляторних батарей у блоку живлення показують, що для подолання 30...40 км у середніх умовах руху достатньо застосовувати 20 акумуляторних батарей типу LFP090ANA 3.2V/90Ah. Максимальний пробіг при цьому буде складати до 60 км.

**Список літератури:** 1. *Смирнов О.П.* Розрахунок еквівалентної витрати палива електромобілями у різних країнах / *О.П. Смирнов, О.Б. Богаєвський, А.О. Смирнова* // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2013. – № 29 (1002). – С. 114-119. 2. *Бажинів А.В.* Пути зниження стоимости подзаряжаемого гибридного автомобиля / *А.В. Бажинів, В.Я. Двадненко, С.А. Сериков, Е.А. Серикова, О.П. Смирнов* // Вісник СевНТУ. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. – 2012. – № 134/2012. – С. 36-39. 3. *Бажинів А.В.* Разработка экологически чистых автотранспортных средств / *А.В. Бажинів, О.П. Смирнов, В.Я. Двадненко, М. Хаким* // – Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2012. – № 128 – С. 138-142. 4. *Борисенко А.О.* Впровадження класів економічності автомобілів на Україні / *А.О. Борисенко* // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2014. – № 10 (1053). – С. 95-99. включений у довідник періодичних видань бази даних Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA). 5. *Смирнов О.* Experimental research of power characteristics car TOYOTA Prius in the mode electromobile [Електронний ресурс] / *О. Смирнов, С. Клыменко* // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання. – 2014. – № 6. с. 94-96. – ISSN 2226-9266 – Режим доступу к джерелу: [http://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P\\_SIS/AE14\\_1/14soptme.pdf](http://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_SIS/AE14_1/14soptme.pdf). 6. *Смирнова А.О.* Порівняльний аналіз паливної економічності гібридних автомобілів / *А.О. Смирнова* // Вісник СНТУ серія «Машиноприборобудування і транспорт»– 2013. – №142 – С. 173-176. 7. *Борисенко А.О.* Аналіз методів оцінки паливної економічності автомобілів [Електронний ресурс] / *А.О. Борисенко* // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання. – 2013. – № 5. с. 17-21. 8. *Смирнов О.П.* Гибридная силовая установка для транспортных средств / *О.П. Смирнов, А.Б. Богаевский, А.О. Смирнова* // – Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2013. – № 139 – С. 207-211. 9. *Смирнов О.П.* Вибір та розрахунок джерела живлення для електромобіля / *О.П. Смирнов* // Наукові нотатки. – 2012. – № 36. – С. 260-263. 10. *Смирнов О.П.* Перспективні напрями розвитку сучасного автомобілебудування / *О.П. Смирнов* // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2014. – № 9 (1052). – С. 61-65.

**Bibliography (transliterated):** 1. *Smyrnov O.P.* Rozrakhunok ekvivalentnoyi vytraty palyva elektromobilyamy u riznykh krayinakh / *O.P. Smyrnov, O.B. Bohayevs'kyu, A.O. Smyrnova* . Visnyk Natsional'noho tekhnichnoho universytetu «KhPI». Zbirnyk naukovykh prats'. Seriya: Avtomobile- ta traktorobuduvannya. – Kharkov: NTU «KhPI». – 2013. – # 29 (1002). – P. 114-119. 2. *Bazhynov A.V.* Puty snyzhenyya stoymosty podzaryazhaemoho hybrydnogo avtomobylya / *A.V. Bazhynov, V.Ya. Dvadnenko, S.A. Serykov, E.A. Serykova, O.P. Smyrnov* . Visnyk SevNTU. Seriya: Mashynopryladobuduvannya ta transport. – 2012. – # 134/2012. – P. 36-39. 3. *Bazhynov A.V.* Razrobotka ekolohychesky chystykh avtotransportnykh sredstv / *A.V. Bazhynov, O.P. Smyrnov, V.Ya. Dvadnenko, M. Khakym* . – Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu sil'skoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka. – 2012. – # 128 – P. 138-142. 4. *Borysenko A.O.* Vprovadzhennya klasiv ekonomichnosti avtomobiliv na Ukraini / *A.O. Borysenko* . Visnyk Natsional'noho tekhnichnoho universytetu «KhPI». Zbirnyk naukovykh prats'. Seriya: Avtomobile- ta traktorobuduvannya. – Kharkov: NTU «KhPI». – 2014. – # 10 (1053). – P. 95-99. vklyuchenyu u dovidnyk periodychnykh vydan' bazy danykh Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA). 5. *Smyrnov O.* Experimental research of power characteristics car TOYOTA Prius in the mode electromobile [Elektronnyy resurs] / *O. Smyrnov, S.*



*Klymenko* . Avtomobil' i elektronika. Suchasni tekhnolohiyi: elektronne naukove spetsializovane vydannya. – 2014. – # 6. p. 94-96. – ISSN 2226-9266 – Rezhym dostupu k dzherelu: [http://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P\\_SIS/AE14\\_1/14soptme.pdf](http://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_SIS/AE14_1/14soptme.pdf). **6.** *Smyrnova A.O.* Porivnyal'nyy analiz palyvnoyi ekonomichnosti hibrydnykh avtomobiliv / *A.O. Smyrnova* . Visnyk SNTU seriya «Mashynopryborobuduvannya i transport»- 2013. – #142 – P. 173-176. **7.** *Borysenko A.O.* Analiz metodiv otsinky palyvnoyi ekonomichnosti avtomobiliv [Elektronnyy resurs] / *A.O. Borysenko* . Avtomobil' i elektronika. Suchasni tekhnolohiyi: elektronne naukove spetsializovane vydannya. – 2013. – # 5. p. 17-21. **8.** *Smyrnov O.P.* Hybrydnaya sylovaya ustanovka dlya transportnykh sredstv / *O.P. Smyrnov, A.B. Bohaevskyy, A.O. Smyrnova* . – Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu sil's'koho hospodarstva imeni Petra Vasylenka. – 2013. – # 139 – P. 207-211. **9.** *Smyrnov O.P.* Vybir ta rozrakhunok dzherela zhyvlennya dlya elektromobilya / *O.P. Smyrnov* . Naukovi notatky. – 2012. – # 36. – P. 260-263. **10.** *Smyrnov O.P.* Perspektyvni napryamy rozvytku suchasnoho avtomobilebuduvannya / *O.P. Smyrnov* . Visnyk Natsional'noho tekhnichnoho universytetu «KhPI». Zbirnyk naukovykh prats'. Seriya: Avtomobile- ta traktorobuduvannya. – Kharkov: NTU «KhPI». – 2014. – # 9 (1052). – P. 61-65.

## РЕФЕРАТИ

УДК 621.83.062

**Обґрунтування застосування гідрооб'ємно-механічних трансмісій на колісних тракторах шляхом експериментального визначення основних експлуатаційних характеристик гідрооб'ємної передачі / В.Б. Самородов, О.І. Деркач, С.О. Шуба, В.М. Шевцов, М.О. Мігцель // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 9 (1118). – С. 3–8. – Бібліограф.: 10 назв. – ISSN 2078-6840.**

Проведено експериментальні дослідження гідрооб'ємної передачі, що входить до складу гідрооб'ємно-механічної трансмісії, і отримані основні параметри, що характеризують ефективність її роботи. В результаті експерименту підтверджено ефективність безступінчастої гідрооб'ємно-механічної трансмісії і доцільність її використання на колісних тракторах різного тягового класу. Представлена кінематична схема оригінального випробувального стенду трансмісії і місця підключення реєструючих контрольно-вимірювальних приладів.

**Ключові слова:** трактор, безступінчаста трансмісія, гідрооб'ємна передача, експлуатаційні характеристики, експериментальний стенд.

УДК 631.3-52

**Тракторна енергетика: проблеми та їх розв'язання / А.Т. Лебедєв // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 9 (1118). – С. 9–16. – Бібліограф.: 15 назв. – ISSN 2078-6840.**

Систематизовані основні напрямки розвитку тракторної енергетики на найближчі роки та перспективу, які базуються на результатах розгляду проблем у цій галузі та аналізі наукових досліджень з теорії і конструкції трактора. Даними напрямками можуть бути: агротехнологічна адаптивність, енергетична адаптація моторно-трансмісійних установок, агрофільність ходових систем, мехатроніка. Розв'язання цих проблем спрямовано на підвищення технологічної адаптації тракторів та їх екологічної безпеки, а також розв'язання питань їх автоматизації і контролю технічного стану.

**Ключові слова:** тракторна енергетика, агротехнологічна адаптивність, моторно-трансмісійні установки, ходові системи, мехатроніка.

УДК 621.793.7

**Підвищення ресурсу деталей шасіколісних тракторів під час їх відновлювального ремонту / С.О. Лузан // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 9 (1118). – С. 17–22. – Бібліограф.: 11 назв. – ISSN 2078-6840.**

Досліджена динаміка зношування плазмових покриттів ПГ-10Н-01 і встановлена залежність величини зносу покриттів від напрацювання. Встановлено, що динаміка зносу від напрацювання досліджених зносостійких матеріалів покриттів ПГ-10Н-01 і ПГ-12Н-01 мають однаковий характер, найменша величина зносу у покриття ПГ-10Н-01, що в 6,4 рази менше ніж у сталі 45. З метою підвищення ресурсу відновленого вала привода переднього й заднього мостів трактора типу Т-150К рекомендовано застосовувати спосіб плазмового напилення порошкового матеріалу ПГ-10Н-01.

**Ключові слова:** плазмове напилення, покриття, знос, ресурс, порошковий матеріал.

УДК 631.372

**Аналіз використання шин на сільськогосподарських тракторах / О.Ю. Ребров, Р.П. Мигущенко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХП», 2015. – № 9 (1118). – С. 23–27. – Бібліограф.: 12 назв. – ISSN 2078-6840.**

Розглянуті дані щодо використання типорозмірів шин на зарубіжних сільськогосподарських тракторах. Запропоновано методику визначення ефективності використання тракторних шин за коефіцієнтом ефективності шин на тягових технологіях. Зазначений коефіцієнт враховує різні режими роботи трактора при виконанні типових сільськогосподарських технологій. Коефіцієнт ефективності є еквівалентом середньоінтегральної продуктивності. Наведені результати теоретичних досліджень перспективності комплектування вітчизняних тракторів шинами, що широко використовуються зарубіжними виробниками.

**Ключові слова:** тракторна сільськогосподарська пневматична шина, типорозмір шини, обід колеса, типова сільськогосподарська операція.

УДК 625.032.821

**Нормування параметрів розгону легкового автомобіля / В.П. Волков, Е.Х. Рабінович, В.О. Зуєв, Ю.В. Зибцев** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 9 (1118). – С. 28–32. – Бібліограф.: 11 назв. – ISSN 2078-6840.

У статті обґрунтовано вибір методу розрахунку нормативів часу розгону автомобілів при дорожнім діагностуванні з емпіричними поправками, що відбивають зміну конфігурації кривої крутного моменту при розгоні на різних передачах: зниження максимального крутного моменту й зсув його частоти уздовж осі частот обертання колінчатого вала залежно від передаточного числа включеної передачі в трансмісії, а також збільшення крутості гілок цієї кривої залежно від віку або напрацювання двигуна.

**Ключові слова:** розгін, час, крутний момент, максимум, частота, зниження, зсув, експеримент, розрахунок, поправки.

УДК 629.33:004.8

**Дослідження ефективності функціонування системи управління адаптивної підвіски автомобіля / О.Я. Ніконов, В.І. Фастовець, В.М. Шуляков** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 9 (1118). – С. 33–37. – Бібліограф.: 14 назв. – ISSN 2078-6840.

У статті розглянута задача дослідження ефективності функціонування системи управління адаптивної підвіски автомобіля на основі використання нейро-нечітких регуляторів. Синтезовано два нейро-нечітких регулятора що працюють у різних умовах експлуатації. Один регулятор створений з використанням методу решітки з трикутною функцією належності, а другий з використанням методу субтрактивної кластеризації. Проведені дослідження підтвердили ефективність використання інтелектуальних систем управління в інтегрованих інформаційно-керуючих системах адаптивної підвіски автомобіля.

**Ключові слова:** нейронні мережі, нечітка логіка, система управління, адаптивна підвіска, моделювання, ефективність, автомобіль.

УДК 629.114:622.684

**Системний підхід як метод дослідження функціонування кар'єрних самоскидів / Ю.А. Монастирський, В.М. Серебренников, В.В. Потапенко** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 9 (1118). – С. 38–44. – Бібліограф.: 10 назв. – ISSN 2078-6840.

Застосовано системний підхід при дослідженні функціонування кар'єрних автосамоскидів БЕЛАЗ. Виконано моделювання підсистем технологічних станів машин і переходів між ними за схемою марківського процесу з дискретними станами й безперервним часом. Згідно до моделі, ймовірності знаходження автомобілів у різних технологічних станах описані системою диференціальних рівнянь, рішення якої дало можливість сформулювати мету і функціонал ефективної експлуатації техніки, досягнути раціональної вартості роботи транспортної системи кар'єрних самоскидів.

**Ключові слова:** кар'єрний самоскид, системний підхід, математична модель.

УДК 629.33.067

**Аналіз застосування різнотипних датчиків та систем в автомобільних транспортних засобах / Р.М. Швець** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 9 (1118). – С. 45–50. – Бібліограф.: 11 назв. – ISSN 2078-6840.

Викладений перспективний підхід до збільшення інформованості водія про оперативну обстановку на дорозі, зниженню ймовірності дорожньо-транспортних пригод, а також покращення управління автомобілем при русі в щільному транспортному потоці, колоні. У зв'язку з цим, особливої значущості набуває вимога до високої рухомості автомобільних базових шасі озброєння і військової техніки. Проведено порівняння між собою різнотипних неконтактних датчиків швидкості і дальності до потенційно-небезпечних об'єктів, що використовуються при виробництві системи попередження зіткнень автомобілів.

**Ключові слова:** системипередження зіткнень автомобілів, транспортні засоби

УДК 629.017

**Оцінка збурюючих впливів дороги на багатоланковий багатовісний автомобільний поїзд / К.Г. Яценко** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 9 (1118). – С. 51–56. – Бібліограф.: 9 назв. – ISSN 2078-6840.

Отримала подальший розвиток теорія експлуатаційних властивостей засобів рухомості, що рухаються в складних дорожніх умовах. Визначено максимальні частоти збурюючих впливів нерівностей дороги на ходову частину багатоланкових багатовісних автопоїздів. Отримані аналітичні вирази дозволяють визначити максимально допустиму швидкість руху автомобільного поїзда при впливі на ходову частину дорожніх нерівностей. Обмеження швидкості руху дозволить зберегти стійкість та керованість автомобільного поїзду.

**Ключові слова:** засоби рухомості, автомобільний поїзд, багатовісний, багатоланковий, частота власних коливань, резонанс.

УДК 629.3+504

**Розрахунок пробігу гібридного автомобіля на електричній тязі в залежності від умов експлуатації / А.О. Борисенко** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 9 (1118). – С. 57–61. – Бібліограф.: 10 назв. – ISSN 2078-6840.

В роботі проведено розрахунок пробігу гібридного автомобіля на електричній тязі в залежності від умов експлуатації. Проведено обґрунтування необхідності підвищення паливної економічності та екологічної чистоти гібридних автомобілів за рахунок використання електричної енергії, що накопичується у блоку акумуляторних батарей. В результаті виконання розрахунку проведений вибір та обґрунтування кількості акумуляторних батарей у накопичувачі електричної енергії. Зроблені висновки.

**Ключові слова:** екологічність, електромобіль, гібридний автомобіль, умови експлуатації, акумуляторна батарея

УДК 629.017

**Вплив умов експлуатації на стійкість положення шарнірно-зчленованих засобів транспорту / Є.О. Дубінін** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 9 (1118). – С. 62–68. – Бібліограф.: 12 назв. – ISSN 2078-6840.

Виконана кількісна оцінка комплексного впливу умов експлуатації шарнірно-зчленованих засобів транспорту на їх стійкість проти перекидання при русі. Використання кутової швидкості в якості критерію дозволяє відстежувати процеси, які відбуваються при русі засобу транспорту нерівностями, і своєчасно інформувати водія про небезпеку виникнення аварійної ситуації. Отримані результати дозволяють підвищити безпеку експлуатації шарнірно-зчленованих засобів транспорту.

**Ключові слова:** засіб транспорту, шарнірно-зчленований, комплексний вплив, умови експлуатації, стійкість положення, безпека.

УДК 629.113

**Вплив типу системи живлення на екологічні показники автомобіля в умовах експлуатації / В.В. Славін, І.В. Манько, А.В. Гунько** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 9 (1118). – С. 69–75. – Бібліограф.: 10 назв. – ISSN 2078-6840.

Визначені екологічні показники бензинового двигуна з різними системами живлення в режимах навантаження та в швидкісних режимах активного і примусового холостого ходу. Експериментальними дослідженнями на моделюючому роликівому стенді за програмою Європейського їздового циклу визначено екологічний рівень забруднення атмосферного повітря автомобілем, обладнаним в умовах експлуатації системами впорскування бензину зі зворотнім зв'язком і нейтралізації відпрацьованих газів.

**Ключові слова:** відпрацьовані гази, бензиновий двигун, автомобіль, система впорскування, карбюратор, екологічні показники.

УДК 621.43+621.43.016.4+681.518

**Особливості теплової підготовки транспортного двигуна за допомогою накопичувача моторної оливи з тепловим акумулятором фазового переходу / І.В. Грицук** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 9 (1118). – С. 76–81. – Бібліограф.: 11 назв. – ISSN 2078-6840.

У статті описані результати теплової підготовки оливи транспортного двигуна за допомогою накопичувача моторної оливи з тепловим акумулятором фазового переходу у складі комплексної системи комбінованого прогріву. Отримані результати дозволяють повною мірою урахувати умови експлуатації для здійснення довготривалого зберігання теплової енергії не працюючого двигуна транспортного засобу в різних кліматичних умовах експлуатації і формування ефективного складу комплексної системи комбінованого прогріву.

**Ключові слова:** транспортний засіб, експлуатація, зберігання теплової енергії, накопичувач моторної оливи з тепловим акумулятором, фазовий перехід, комплексна система комбінованого прогріву.

УДК 629.3.504

**Методика оцінки потреби в запасних частинах для транспортних машин / Ан.В. Бажинов // Вісник НТУ «ХП». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХП», 2015. – № 9 (1118). – С. 82–85. – Бібліограф.: 10 назв. – ISSN 2078-6840.**

Запропоновано метод оцінки потреби запасних частин в системі технічного обслуговування транспортних машин в роботі, який дозволяє раціонально розробити номенклатуру і методи розрахунку номенклатури запасних частин, а також прогнозування потреби їх на заданий період часу по швидкості зношування, заснованих на обліку фізичних характеристик, що показують вплив на витрату запасних частин конструктивних, технологічних та експлуатаційних показників.

**Ключові слова:** автомобіль, метод, запасні частини, система, технічне обслуговування.

УДК 629.34.012

**Визначення шляхів удосконалення існуючої системи технічної експлуатації транспортних засобів, за рахунок розробки концептуальних підходів їх безпечної експлуатації в умовах охорони державного кордону / В.А. Сівак // Вісник НТУ «ХП». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХП», 2015. – № 9 (1118). – С. 86–91. – Бібліограф.: 10 назв. – ISSN 2078-6840.**

У даній статті проведено визначення та стисле обґрунтування шляхів удосконалення існуючої системи експлуатації транспортних засобів прикордонних підрозділів та органів охорони державного кордону, яке пропонується здійснити за рахунок розробки концептуальних підходів їх безпечної експлуатації в ході виконання оперативно-службових завдань з охорони державного кордону. Крім того, запропоновано послідовність впровадження даних концептуальних підходів з урахуванням складових елементів безпечної експлуатації прикордонних транспортних засобів.

**Ключові слова:** транспортні засоби, безпека експлуатації, концептуальні підходи, охорона державного кордону.

УДК 629.083

**Питомі трудомісткості обслуговування легкових автомобілів фірмовими СТО / В.І. Павлюк // Вісник НТУ «ХП». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХП», 2015. – № 9 (1118). – С. 92–97. – Бібліограф.: 10 назв. – ISSN 2078-6840.**

Проаналізовано нормативи трудомісткостей технічного обслуговування і ремонту легкових автомобілів, що обслуговуються фірмовими станціями технічного обслуговування автомобілів. Розглянуті норми трудовитрат ТО і ремонту для різних модифікацій легкових автомобілів світових виробників. Використовуючи методи теорії ймовірності і математичної статистики для обробки даних, визначені орієнтовні величини питомих трудомісткостей технічного обслуговування і ремонту легкових автомобілів.

**Ключові слова:** питома трудомісткість, технічне обслуговування, ремонт, станція технічного обслуговування автомобілів (СТО), легковий автомобіль, випадкова величина.

УДК 629.113.001

**Оцінка додаткових енергетичних втрат при сталому режимі руху транспортно-тягових машин / М.А. Подригало, Н.П. Артемов, Д.В. Абрамов, М.Л. Шуляк // Вісник НТУ «ХП». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХП», 2015. – № 9 (1118). – С. 98–107. – Бібліограф.: 10 назв. – ISSN 2078-6840.**

Пропонується метод оцінки додаткових енергетичних втрат при сталому режимі руху транспортно-тягових машин, заснований на вивченні періодичних законів зміни амплітуди коливання величини тягової сили машини і сил опору руху. Отримані аналітичні вирази, дозволяють проводити оцінку додаткових втрат енергії транспортно-тягових машин в усталеному русі при нерівномірності крутного моменту і сумарної сили опору руху. Визначено напрямок зниження додаткових витрат енергії.

**Ключові слова:** енергетичні втрати, усталений рух, коливання швидкості, нерівномірність моменту, транспортно-тягові машини.

УДК 629.1.032

**До питання використання магнітореологічних еластомірів в якості демпфіруючих пристроїв підвіски транспортних засобів / В.В. Душенко, О.Н. Агапов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 9 (1118). – С. 108–113. – Бібліограф.: 10 назв. – ISSN 2078-6840.**

Проведено аналіз фізико-хімічних властивостей і характеристик магнітореологічних еластомірів. Розглянуто вплив параметрів магнітної частини і еластомірної матриці на модуль втрат та діапазон його зростання під дією магнітного поля, що керує. Зроблено висновок про можливість застосування магнітореологічних еластомірів у якості демпфіруючих пристроїв з характеристиками, що керуються, у підвісці транспортних засобів. Намічені напрямки подальших досліджень з метою урахування специфіки експлуатації транспортних засобів та створення працездатних вузлів.

**Ключові слова:** магнітореологічний еластомір, демпфіруючий пристрій, модуль втрат, в'язкість, магнітне поле, керування.

УДК 621.43

**Вплив рециркуляції відпрацьованих газів на показники сучасного бензинового двигуна з відключенням групи циліндрів / Ю.Ф. Гутаревич, С.В. Карев // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 9 (1118). – С. 114–120. – Бібліограф.: 10 назв. – ISSN 2078-6840.**

В даній статті наведені результати експериментальних досліджень по впливу рециркуляції відпрацьованих газів, з відбором після нейтралізатора, на показники сучасного бензинового двигуна з відключенням групи циліндрів. Представлено методику визначення коефіцієнта рециркуляції відпрацьованих газів, виходячи з балансу теплоти. Визначений оптимальний коефіцієнт рециркуляції відпрацьованих газів для двигуна 6Ч 9,5/6,98 для режиму, який широко використовується в умовах експлуатації.

**Ключові слова:** комбінований метод регулювання потужності, рециркуляція відпрацьованих газів, бензиновий двигун, оксиди азоту, оптимальний коефіцієнт рециркуляції відпрацьованих газів.

УДК 656.13.002.3

**Показники якості антифризів та кореляційний зв'язок з електропровідністю / М.І. Наглюк, А.Б. Григоров, І.С. Наглюк // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 9 (1118). – С. 121–125. – Бібліограф.: 10 назв. – ISSN 2078-6840.**

Отримано залежності зміни показників якості антифризу (густини, в'язкості, водневого показника, електропровідності) в залежності від кількості витраченого палива при експлуатації легкових автомобілів. Наведені значення коефіцієнтів кореляції електропровідності з показниками якості антифризу: густиною, водневим показником, концентрацію продуктів корозійного зношування, мірою корозійного впливу на метали та температури антифризу. Пропонується виконувати зміну антифризу індивідуально на конкретному автомобілі за фактичним станом на підставі діагностичної інформації зміни показників якості.

**Ключові слова:** антифриз, паливо, показники якості, кореляція, електропровідність, автомобіль, експлуатація.

УДК 629.3.07:631.372

**Економічна ефективність переобладнання мобільної техніки для роботи на природному газі / О.В. Захарчук // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 9 (1118). – С. 126–131. – Бібліограф.: 13 назв. – ISSN 2078-6840.**

Визначено економічну ефективність переобладнання сільськогосподарської техніки для роботи на природному газі, враховуючи аспекти переобладнання техніки та забезпечення її паливом. Основним критерієм економічної ефективності використання техніки з газовими двигунами є зменшення витрат на паливо. Для забезпечення техніки природним газом в умовах сільськогосподарського господарства можливо застосування пересувного автомобільного газового заправника. Річний економічний ефект від експлуатації парку техніки з газовими двигунами буде 48943 грн. Термін окупності інвестицій – 5 років.

**Ключові слова:** мобільна техніка, газовий двигун, природний газ, економічна ефективність, термін окупності.

УДК 629.4-592

**Математична модель процесу гальмування трьохвісних автомобілів / В.В. Шелудченко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 9 (1118). – С. 132–138. – Бібліограф.: 10 назв. – ISSN 2078-6840.**

У роботі представлена універсальна математична модель процесу гальмування трьохвісних автомобілів, що дозволяє розкрити фізичну суть процесів і встановити вплив різних факторів (конструктивних параметрів) на динаміку гальмування автомобіля. Така модель дозволяє отримати достатньо точний якісний опис динаміки автомобіля за умови дії порівняно малих бічних сил. Наведена математична модель складається з опису взаємодії коліс з опорною поверхнею, математичної моделі гальмівного механізму та опису сил, що діють на гальмуючий автомобіль.

**Ключові слова:** автомобіль, гальмівний механізм, динаміка гальмування, математична модель.

УДК 629.118:631.3

**Динамічна модель плоскопаралельного руху мотоагрегатів / С.І. Овсянніков // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 9 (1118). – С. 139–144. – Бібліограф.: 11 назв. – ISSN 2078-6840.**

Розроблена динамічна модель плоскопаралельного руху мотоагрегатів, яка враховує динамічні процеси зміни векторів сили опору знярядь, дотичних сил рушіїв, сил уводу та опору руху. Наведена модель дозволяє визначити основні параметри руху, а також дає можливість провести оцінку динамічних параметрів агрегату під час конструювання та автоматизації процесів керування рухом.

**Ключові слова:** мотоагрегат, динамічна система, моделювання процесів, рівняння Лагранжа, плоско паралельний рух.

УДК629.113

**Оптимізація тягово-швидкісних показників ДВЗ з прогресивною технологією управління форсунками / М.В. Підгорний, Є.О. Роздобудько, С.О. Кузьменко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 9 (1118). – С. 145–151. – Бібліограф.: 10 назв. – ISSN 2078-6840.**

В роботі розглянуто методику оцінки тягово-швидкісних характеристик ДВЗ, виготовлено схему управління форсунками та проведено потрібну кількість експериментів. Розв'язано наступні задачі: аналіз існуючих методів оцінки тягово-швидкісних характеристик ДВЗ; розробка методики експерименту проведення дослідження; аналіз результатів експериментального дослідження; оцінка економічної ефективності експериментальних досліджень параметрів роботи двигуна. Виконано порівняльну характеристику у вигляді таблиць та графіків, щодо використання новітньої технології впорскування форсунок та стандартного режиму впорскування.

**Ключові слова:** тягово-швидкісна характеристика, схема управління форсунками, методика експерименту, параметри роботи двигуна, порівняльна характеристика.

УДК 656.052.8

**Оцінка адекватності існуючих методів визначення показників стійкості транспортних засобів / А.Л. Башинський // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 9 (1118). – С. 152–158. – Бібліограф.: 10 назв. – ISSN 2078-6840.**

Проведено аналіз існуючих методів визначення показників поперечної стійкості транспортних засобів. За результатами проведеного аналізу встановлено, що наявні міжнародні нормативні вимоги в оцінці активної безпеки автомобіля розроблені на недостатньому рівні. Визначено, що розрахункова методика оцінки розглянутих властивостей з високою точністю може бути застосована лише для зразків, які близькі по характеристикам до дослідженого зразка, для якого визначені всі показники експериментальним методом.

**Ключові слова:** керованість, стійкість, транспортні засоби, статична стійкість, методи випробувань.

РЕФЕРАТЫ

УДК 621.83.062

**Обоснование применения гидрообъемно-механических трансмиссий на колесных тракторах путем экспериментального определения основных эксплуатационных характеристик гидрообъемной передачи / В.Б. Самородов, О.И. Деркач, С.А. Шуба, В.М. Шевцов, Н.А. Митцель // Вестник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторостроения. – Харьков : НТУ «ХПІ», 2015. – № 9 (1118). – С. 3–8. – Библиогр.: 10 назв. – ISSN 2078-6840.**

Проведены экспериментальные исследования гидрообъемной передачи, входящей в состав гидрообъемно-механической трансмиссии, и получены основные параметры, характеризующие эффективность ее работы. В результате эксперимента подтверждена эффективность бесступенчатой гидрообъемно-механической трансмиссии и целесообразность ее использования на колесных тракторах различного тягового класса. Представлена кинематическая схема оригинального испытательного стенда трансмиссии и места подключения регистрирующих контрольно-измерительных приборов.

**Ключевые слова:** трактор, бесступенчатая трансмиссия, гидрообъемная передача, эксплуатационные характеристики, экспериментальный стенд.

УДК 631.3-52

**Тракторная энергетика: проблемы и их решения / А.Т. Лебедев // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Автомобиле- и тракторостроения. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2015. – № 9 (1118). – С. 9–16. – Библиогр.: 15 назв. – ISSN 2078-6840.**

Систематизированы основные направления развития тракторной энергетике на ближайшие годы и перспективу, которые базируются на результатах рассмотрения проблем в этой области и анализе научных исследований по теории и конструкции трактора. Данным направлениям могут быть: агротехнологическая адаптивность, энергетическая адаптация моторно-трансмиссионных установок, агрофильность ходовых систем, мехатроника. Решение этих проблем направлено на повышение технологической адаптации тракторов и их экологической безопасности, а также решение вопросов их автоматизации и контроля технического состояния.

**Ключевые слова:** тракторная энергетика, агротехнологическая адаптивность, моторно-трансмиссионные установки, ходовая система, мехатроника.

УДК 621.793.7

**Повышение ресурса деталей шасси колесных тракторов во время их восстановительного ремонта / С.А. Лузан // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Автомобиле- и тракторостроения. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2015. – № 9 (1118). – С. 17–22. – Библиогр.: 11 назв. – ISSN 2078-6840.**

Исследована динамика изнашивания плазменных покрытий ПГ-10Н-01 и установлена зависимость величины износа покрытий от наработки. Установлено, что динамика износа от наработки исследованных износостойких материалов покрытий ПГ-10Н-01 и ПГ-12Н-01 имеют одинаковый характер, наименьшая величина износа у покрытия ПГ-10Н-01, что в 6,4 раза меньше чем у стали 45. С целью повышения ресурса восстановленного вала привода переднего и заднего мостов трактора типа Т-150К рекомендовано применять способ плазменного напыления порошкового материала ПГ-10Н-01.

**Ключевые слова:** плазменное напыление, покрытие, износ, ресурс, порошковый материал.

УДК 631.372

**Анализ применяемости шин на сельскохозяйственных тракторах / А.Ю. Ребров, Р.П. Мигушенко // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Автомобиле- и тракторостроения. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2015. – № 9 (1118). – С. 23–27. – Библиогр.: 12 назв. – ISSN 2078-6840.**

Рассмотрены данные применения типоразмеров шин на зарубежных сельскохозяйственных тракторах. Предложена методика определения эффективности использования тракторных шин по коэффициенту эффективности шин на тяговых технологиях. Указанный коэффициент учитывает разные режимы работы трактора на типовых сельскохозяйственных операциях. Коэффициент эффективности является эквивалентом среднеинтегральной производительности трактора. Приведены результаты теоретических исследований перспективности комплектования отечественных тракторов шинами, которые используются зарубежными производителями тракторов.

**Ключевые слова:** тракторная сельскохозяйственная пневматическая шина, типоразмер шины, обод колеса, типовая сельскохозяйственная операция.

УДК 625.032.821

**Нормирование параметров разгона легкового автомобиля / В.П. Волков, Э.Х. Рабинович, В.А. Зуев, Ю.В. Зыбцев // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Автомобиле- и тракторостроения. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2015. – № 9 (1118). – С. 28–32. – Библиогр.: 11 назв. – ISSN 2078-6840.**

В статье обоснован выбор метода расчета нормативов времени разгона автомобилей при дорожном диагностировании с эмпирическими поправками, отражающими изменение конфигурации кривой крутящего момента при разгоне на разных передачах: снижение максимального крутящего момента и смещение его частоты вдоль оси частот вращения коленчатого вала в зависимости от передаточного числа включенной передачи в трансмиссии, а также увеличение крутизны ветвей этой кривой в зависимости от возраста или наработки двигателя.

**Ключевые слова:** разгон, время, крутящий момент, максимум, частота, снижение, смещение, эксперимент, расчет, поправки.

УДК 629.33:004.8

**Исследование эффективности функционирования системы управления адаптивной подвески автомобиля / О.Я. Никонов, В.И. Фастовец, В.Н. Шуляков // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Автомобиле- и тракторостроения. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2015. – № 9 (1118). – С. 33–37. – Библиогр.: 14 назв. – ISSN 2078-6840.**

В статье рассмотрена задача исследования эффективности функционирования системы управления адаптивной подвески автомобиля на основе использования нейро-нечетких регуляторов. Синтезированы два нейро-нечетких регулятора работающих в разных условиях эксплуатации. Один регулятор создан с использованием метода решетки с треугольной функцией принадлежности, а второй с использованием метода субтрактивной кластеризации. Проведенные исследования подтвердили эффективность использования интеллектуальных систем управления в интегрированных информационно-управляющих системах адаптивной подвески автомобиля.

**Ключевые слова:** нейронные сети, нечеткая логика, система управления, адаптивная подвеска, моделирование, эффективность, автомобиль.



УДК 629.114:622.684

**Системный подход как метод исследования функционирования карьерных самосвалов / Ю.А. Монастырский, В.М. Серебренников, В.В. Потапенко // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Автомобиле- и тракторостроения. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2015. – № 9 (1118). – С. 38–44. – Библиогр.: 10 назв. – ISSN 2078-6840.**

Применен системный подход при исследовании функционирования карьерных самосвалов БЕЛАЗ. Выполнено моделирование подсистем технологических состояний машин и переходов между ними по схеме марковского процесса с дискретными состояниями и непрерывным временем. В соответствии с моделью, вероятности нахождения автомобилей в разных технологических состояниях описаны системой дифференциальных уравнений, решение которой позволило сформулировать цель и функционал эффективной эксплуатации техники, достичь рациональной стоимости работы транспортной системы карьерных самосвалов.

**Ключевые слова:** карьерный самосвал, системный подход, математическая модель.

УДК 629.33.067

**Анализ применения разнотипных датчиков и систем в автомобильных транспортных средствах / Р.М. Швец // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Автомобиле- и тракторостроения. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2015. – № 9 (1118). – С. 45–50. – Библиогр.: 11 назв. – ISSN 2078-6840.**

Изложен перспективный подход к увеличению информированности водителей об оперативной обстановке на дороге, снижению вероятности дорожно-транспортных происшествий, а также улучшению управляемости автомобилей при движении в плотном транспортном потоке, колоне. В связи с этим особенного значения приобретает требования к высокой подвижности автомобильных базовых шасси вооружения и военной техники. Проведено сравнение разнотипных неконтактных датчиков скорости и дальности до потенциально-опасных объектов, что используются при производстве систем предупреждения столкновений автомобилей.

**Ключевые слова:** системы предупреждения столкновений автомобилей, транспортные средства

УДК 629.017

**Оценка возмущающих воздействий дороги на много-звенный многоосный автомобильный поезд / К.Г. Яценко // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Автомобиле- и тракторостроения. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2015. – № 9 (1118). – С. 51–56. – Библиогр.: 9 назв. – ISSN 2078-6840.**

Получила дальнейшее развитие теория эксплуатационных свойств средств подвижности, движущихся в сложных дорожных условиях. Определены максимальные частоты возмущающих воздействий неровностей дороги на ходовую часть многозвенных многоосных автопоездов. Полученные аналитические выражения позволяют определить максимально допустимую скорость движения автомобильного поезда при воздействии на ходовую часть дорожных неровностей. Ограничение скорости движения позволит сохранить устойчивость и управляемость автомобильного поезда.

**Ключевые слова:** средства подвижности, автомобильный поезд, многоосный, многозвенный, частота собственных колебаний, резонанс.

УДК 629.3+504

**Расчет пробега гибридного автомобиля на электрической тяге в зависимости от условий эксплуатации / А.О. Борисенко // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Автомобиле- и тракторостроения. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2015. – № 9 (1118). – С. 57–61. – Библиогр.: 10 назв. – ISSN 2078-6840.**

В работе проведен расчет пробега гибридного автомобиля на электрической тяге в зависимости от условий эксплуатации. Проведено обоснование необходимости повышения топливной экономичности и экологической чистоты гибридных автомобилей за счет использования электрической энергии, которая накапливается в блоке аккумуляторных батарей. В результате выполнения расчета проведен выбор и обоснование количества аккумуляторных батарей в накопителе электрической энергии. Сделанные выводы.

**Ключевые слова:** экологичность, электромобиль, гибридный автомобиль, условия эксплуатации, аккумуляторная батарея

УДК 629.017

**Влияние условий эксплуатации на устойчивость положения шарнирно-сочлененных средств транспорта / Е.А. Дубинин // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Автомобиле- и тракторостроения. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2015. – № 9 (1118). – С. 62–68. – Библиогр.: 12 назв. – ISSN 2078-6840.**

Выполнена количественная оценка комплексного влияния условий эксплуатации шарнирно-сочлененных средств транспорта на их устойчивость против опрокидывания при движении. Использование угловой скорости в качестве критерия позволяет отслеживать процессы, происходящие при движении средства транспорта по неровностям, и своевременно информировать водителя об опасности возникновения аварийной ситуации. Полученные результаты позволяют повысить безопасность эксплуатации шарнирно-сочлененных средств транспорта.

**Ключевые слова:** средство транспорта, шарнирно-сочлененный, комплексное влияние, условия эксплуатации, устойчивость положения, безопасность.

УДК 629.113

**Влияние типа системы питания на экологические показатели автомобиля в условиях эксплуатации / В.В. Славин, И.В. Манько, А.В. Гулько // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Автомобиле- и тракторостроения. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2015. – № 9 (1118). – С. 69–75. – Библиогр.: 10 назв. – ISSN 2078-6840.**

Определены экологические показатели бензинового двигателя с разными системами питания в режимах нагрузки и в скоростных режимах активного и принудительного холостого хода. Экспериментальными исследованиями на моделирующем роликовом стенде по программе Европейского ездового цикла определено экологический уровень загрязнения атмосферного воздуха автомобилем, оборудованного в условиях эксплуатации системами впрыска бензина с обратной связью и нейтрализации отработавших газов.

**Ключевые слова:** отработавшие газы, бензиновый двигатель, автомобиль, система впрыска, карбюратор, экологические показатели.

УДК 621.43+621.43.016.4+681.518

**Особенности тепловой подготовки транспортного двигателя с помощью накопителя моторного масла с тепловым аккумулятором фазового перехода / И. В. Грицук // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Автомобиле- и тракторостроения. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2015. – № 9 (1118). – С. 76–81. – Библиогр.: 11 назв. – ISSN 2078-6840.**

В статье описаны результаты тепловой подготовки масла транспортного двигателя с помощью накопителя моторного масла с тепловым аккумулятором фазового перехода в составе комплексной системы комбинированного прогрева. Полученные результаты позволяют в полной мере учесть условия эксплуатации для осуществления длительного хранения тепловой энергии не работающего двигателя транспортного средства в различных климатических условиях эксплуатации и формирования эффективного состава комплексной системы комбинированного прогрева.

**Ключевые слова:** транспортное средство, эксплуатация, хранение тепловой энергии, накопитель моторного масла с тепловым аккумулятором, фазовый переход, комплексная система комбинированного прогрева.

УДК 629.3.504

**Методика оценки потребности в запасных частях для транспортных машин / Ан.В. Бажинов // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Автомобиле- и тракторостроения. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2015. – № 9 (1118). – С. 82–85. – Библиогр.: 10 назв. – ISSN 2078-6840.**

Предложен метод оценки потребности запасных частей в системе технического обслуживания транспортных машин в работы, который позволяет рационально разработать номенклатуру и методы расчета номенклатуры запасных частей, а также прогнозирование потребности их на заданный период времени по скорости изнашивания, основанных на учете физических характеристик, оказывающих влияние на расход запасных частей конструктивных, технологических и эксплуатационных показателей.

**Ключевые слова:** автомобиль, метод, запасные части, система, техническое обслуживание.

УДК 629.34.012

**Определение путей совершенствования существующей системы технической эксплуатации транспортных средств, за счет разработки концептуальных подходов их безопасной эксплуатации в условиях охраны государственной границы / В.А. Сивак // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Автомобиле- и тракторостроения. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2015. – № 9 (1118). – С. 86–91. – Библиогр.: 10 назв. – ISSN 2078-6840.**

В данной статье проведено определение и краткое обоснование путей совершенствования, существующей системы эксплуатации транспортных средств пограничных подразделений и органов охраны государственной границы, которое предлагается осуществить за счет разработки концептуальных подходов их безопасной эксплуатации в ходе выполнения оперативно-служебных задач по охране государственной границы. Кроме того, предложено последовательность внедрения данных концептуальных подходов с учетом составных элементов безопасной эксплуатации пограничных транспортных средств.

**Ключевые слова:** транспортные средства, безопасность эксплуатации, концептуальные подходы, охрана государственной границы.

УДК 629.083

**Удельные трудоемкости обслуживания легковых автомобилей фирменными СТО / В.И. Павлюк // // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Автомобиле- и тракторостроения. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2015. – № 9 (1118). – С. 92–97. – Библиогр.: 10 назв. – ISSN 2078-6840.**

Проанализированы нормативы трудоемкости технического обслуживания и ремонта легковых автомобилей, которые обслуживаются фирменными станциями технического обслуживания автомобилей. Рассмотрены нормы трудозатрат ТО и ремонта для различных модификаций легковых автомобилей мировых производителей. Используя методы теории вероятности и математической статистики, для обработки данных, определены ориентировочные величины удельной трудоемкости технического обслуживания и ремонта легковых автомобилей.

**Ключевые слова:** удельная трудоемкость, техническое обслуживание, ремонт, станция технического обслуживания автомобилей (СТО), легковой автомобиль, случайная величина.

УДК 629.113.001

**Оценка дополнительных энергетических потерь при установившемся режиме движения транспортно-тяговых машин / М.А. Подригало, Н.П. Артемов, Д.В. Абрамов, М.Л. Шуляк // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Автомобиле- и тракторостроения. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2015. – № 9 (1118). – С. 98–107. – Библиогр.: 10 назв. – ISSN 2078-6840.**

Предлагается метод оценки дополнительных энергетических потерь при установившемся режиме движения транспортно-тяговых машин, основанный на изучении периодических законов изменения амплитуды колебания величины тяговой силы машины и сил сопротивления движению. Получены аналитические выражения, позволяют проводить оценку дополнительных потерь энергии транспортно-тяговых машин в установившемся движении при неравномерности крутящего момента и суммарной силы сопротивления движению. Определено направление снижения дополнительных затрат энергии.

**Ключевые слова:** энергетические потери, установившееся движение, колебания скорости, неравномерность момента, транспортно-тяговые машины.

УДК 629.1.032

**К вопросу использования магнитоэологических эластомеров в качестве демпфирующих устройств подвески транспортных средств / В.В. Душенко, О.Н. Агапов // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Автомобиле- и тракторостроения. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2015. – № 9 (1118). – С. 108–113. – Библиогр.: 10 назв. – ISSN 2078-6840.**

Проведен анализ физико-химических свойств и характеристик магнитоэологических эластомеров. Рассмотрено влияние параметров магнитной части и эластомерной матрицы на модуль потерь и диапазон его роста под действием управляющего магнитного поля. Сделан вывод о возможности применения магнитоэологических эластомеров в качестве демпфирующих устройств с управляемыми характеристиками в подвеске транспортных средств. Намечены направления дальнейших исследований с целью учета специфики эксплуатации транспортных средств и создания работоспособных узлов.

**Ключевые слова:** магнитоэологический эластомер, демпфирующее устройство, модуль потерь, вязкость, магнитное поле, управление

УДК 621.43

**Влияние рециркуляции отработавших газов на показатели современного бензинового двигателя с отключением группы цилиндров / Ю.Ф. Гутаревич, С.В. Карев // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Автомобиле- и тракторостроения. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2015. – № 9 (1118). – С. 114–120. – Библиогр.: 10 назв. – ISSN 2078-6840.**

В данной статье приведены результаты экспериментальных исследований по влиянию рециркуляции отработавших газов, с отбором после нейтрализатора, на показатели современного бензинового двигателя с отключением группы цилиндров. Представлено методику определения коэффициента рециркуляции отработавших газов, исходя из баланса теплоты. Определен оптимальный коэффициент рециркуляции отработавших газов для двигателя 6Ч 9,5/6,98 для режима, который широко используется в условиях эксплуатации.

**Ключевые слова:** комбинированный метод регулирования мощности, рециркуляция отработавших газов, бензиновый двигатель, оксиды азота, оптимальный коэффициент рециркуляции отработавших газов.

УДК 656.13.002.3

**Показатели качества антифризов и корреляционная связь с электропроводностью / М.И. Наглюк, А.Б. Григоров, И.С. Наглюк // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Автомобиле- и тракторостроения. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2015. – № 9 (1118). – С. 121–125. – Библиогр.: 10 назв. – ISSN 2078-6840.**

Получены зависимости изменения показателей качества антифризов (плотности, вязкости, водородного показателя, электропроводности) от количества израсходованного топлива при эксплуатации легковых автомобилей. Приведены значения коэффициентов корреляции электропроводности с показателями качества антифриза: плотностью, водородным показателем, концентрацией продуктов коррозионного изнашивания, величиной коррозионного воздействия на металлы и температуры антифриза. Предлагается производить смену антифриза индивидуально на конкретном автомобиле по фактическому состоянию на основании диагностической информации изменения показателей качества.

**Ключевые слова:** антифриз, топливо, показатели качества, корреляция, электропроводность, автомобиль, эксплуатация.

УДК 629.3.07:631.372

**Экономическая эффективность переоборудования мобильной техники для работы на природном газе / О.В. Захарчук // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Автомобиле- и тракторостроения. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2015. – № 9 (1118). – С. 126–131. – Библиогр.: 13 назв. – ISSN 2078-6840.**

Определена экономическая эффективность переоборудования сельскохозяйственной техники для работы на природном газе, учитывая аспекты переоборудования техники и обеспечения ее топливом. Основным критерием экономической эффективности использования техники с газовыми двигателями является уменьшение затрат на топливо. Для обеспечения техники природным газом в условиях сельскохозяйственного хозяйства возможно применение передвижного автомобильного газового заправщика. Годовой экономический эффект от эксплуатации парка техники с газовыми двигателями будет 48943 грн. Срок окупаемости инвестиций – 5 лет.

**Ключевые слова:** мобильная техника, газовый двигатель, природный газ, экономическая эффективность, срок окупаемости.

УДК 629.4-592

**Математическая модель процесса торможения трехосных автомобилей / В.В. Шелудченко // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Автомобиле- и тракторостроения. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2015. – № 9 (1118). – С. 132–138. – Библиогр.: 10 назв. – ISSN 2078-6840.**

В работе представлена универсальная математическая модель процесса торможения трехосных автомобилей, которая позволяет раскрыть физическую суть процессов и установить влияние разных факторов (конструктивных параметров) на динамику торможения автомобиля. Такая модель позволяет получить достаточно точное качественное описание динамики автомобиля при условии действия сравнительно малых боковых сил. Приведенная математическая модель состоит из описания взаимодействия колес с опорной поверхностью, математической модели тормозного механизма и описания сил, которые действуют на тормозящий автомобиль.

**Ключевые слова:** автомобиль, тормозной механизм, динамика торможения, математическая модель.

УДК 629.118:631.3

**Динамическая модель плоскопараллельного движения мотоагрегатов / С.И. Овсянников // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Автомобиле- и тракторостроения. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2015. – № 9 (1118). – С. 139–144. – Библиогр.: 11 назв. – ISSN 2078-6840.**

Разработана динамическая модель плоскопараллельного движения мотоагрегата, которая учитывает динамические процессы изменения вектора силы сопротивления орудия, касательных сил движителей, сил увода и сопротивления движению. Представленная модель позволяет определить основные параметры движения, а также дает возможность оценить динамические параметры агрегата в процессе конструирования и автоматизации процессов управления движением.

**Ключевые слова:** мотоагрегат, динамическая система, моделирование процессов, уравнение Лагранжа, плоскопараллельное движение.

УДК 629.113

**Оптимизация тягово-скоростных показателей ДВС с прогрессивной технологией управления форсунками / Н.В. Подгорный, Е.А. Роздобудько, С.О. Кузьменко // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Автомобиле- и тракторостроения. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2015. – № 9 (1118). – С. 145–151. – Библиогр.: 10 назв. – ISSN 2078-6840.**

В работе рассмотрена методика оценки тягово-скоростных характеристик ДВС, изготовлена схема управления форсунками и проведено экспериментальное исследование. Решены следующие задачи: анализ существующих методов оценки тягово-скоростных характеристик ДВС; разработана методика эксперимента исследования; проведен анализ результатов экспериментального исследования; подана оценка экономической эффективности экспериментальных исследований параметров работы двигателя. Выполнена сравнительная характеристика в виде таблиц и графиков, по использованию новейшей технологии впрыска форсунок и стандартного режима впрыска.

**Ключевые слова:** тягово-скоростная характеристика, схема управления форсунками, методика эксперимента, параметры работы двигателя, сравнительная характеристика.

УДК 656.052.8

**Оценка адекватности существующих методов определения показателей устойчивости транспортных средств / А.Л. Башинский // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Автомобиле- и тракторостроения. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2015. – № 9 (1118). – С. 152–158. – Библиогр.: 10 назв. – ISSN 2078-6840.**

Проведен анализ существующих методов определения показателей поперечной устойчивости транспортных средств. За результатами проведенного анализа установлено, что существующие международные нормативные требования в оценке активной безопасности автомобиля разработаны на недостаточном уровне. Определено, что расчетная методика оценки рассмотренных качеств с высокой точностью может быть применена только для образцов, которые близки по характеристикам к исследованному образцу, для которого определены все показатели экспериментальным методом.

**Ключові слова:** управляемость, устойчивость, транспортные средства, статическая устойчивость, методы испытаний.

## ABSTRACTS

**The justification for applying hydrostatic-mechanical transmissions on wheeled tractors by experimental determination of basic performance of hydrostatic transmission / V.B. Samorodov, O.I. Derkach, S. A. Shuba, V.M. Shevtsov, N.A. Mittsel // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015. – No 9 (1118). – P. 3–8. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2078-6840.**

The analysis of domestic and foreign literature devoted Experimental study work double-split hydrostatic mechanical sending. Experimental studies of hydrostatic transmission, which is part of hydrostatic-mechanical transmission, and obtained basic parameters characterizing the efficiency of its work. The experiment confirmed the effectiveness of a continuously variable hydrostatic-mechanical transmission and the feasibility of its use in various wheeled tractors drawbar category. Presented kinematic scheme of the original transmission test stand and place of connection recording instrumentation. The results are of interest to researchers working in the field of study of structural schemes HVMT and are proof of the trend increase in the overall efficiency of hydrostatic transmissions by improving the design and use of modern materials in creating hydraulic machines.

**Keywords:** tractor, continuously variable transmission, hydrostatic transmission, performance, experimental stand.

**Tractor power: problems and solutions / A.T. Lebedev // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015. – No 9 (1118). – P. 9–16. – Bibliogr.: 15. – ISSN 2078-6840.**

Systematized the main directions of development of tractor power for the coming years and the future, which are based on the results of the examination of the problems in this area, and analyzing scientific research on the theory and design of the tractor. These areas are: Agriculture technology adaptability, energy adaptation engine-transmission systems, agrofilmost running systems, mechatronics. Solving these problems is aimed at improving the technological adaptation of tractors and their environmental safety, as well as issues of automation and control of technical condition.

**Keywords:** tractor energy, agrotechnological adaptiveness, options of motor-transmissions, working system, mechatronics.

**Improving resource details the chassis of the wheeled tractors during the irreconditioning / S.A. Luzan // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015. – No 9 (1118). – P. 17–22. – Bibliogr.: 11. – ISSN 2078-6840.**

Dynamics wear of plasma coatings PG-10N-01 and the dependence the amount of wear the coatings from the experience. Comparative evaluation wear resistance of the restored surface by plasma spraying was carried out according to the average wear rate recovery of the coating and steel 45, heat-treated to a hardness HRC 50. To determine the average wear rate restorative coatings were performed research to determine the amount of wear from experience mate. Comparative tests on wear of plasma coatings were carried out on the car friction-type MI scheme is the disk block in the environment industrial oil brand I-20. The discs and pads were made of steel 45, the floor was nubilalis on the disc, the pads were subjected to heat treatment (hardening and tempering) to a hardness HRC 50.

It is established that the dynamics of wear from developments investigated for wear-resistant materials, coatings PG-10N-01 and PG-12N-01 have the same character, the smallest amount wear of the coating PG-10N-01, which is 6.4 times less than steel 45 HRC 50 in the environment of industrial oils I-20. Performance tests of the drive shaft axle tractor T-150K confirmed the results obtained on the machine friction. To improve resource rebuilt drive shaft front and rear axles of the tractor T-150K, it is recommended to apply the method of plasma spraying powder material PG-10N-01.

**Keywords:** plasma spraying, coating, wear, share, powder material.

**The analysis of tires using on agricultural tractors / A.Yu. Rebrov, R.P. Migushchenko // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015. – No 9 (1118). – P. 23–27. – Bibliogr.: 12. – ISSN 2078-6840.**

Within the weight of the tractor and engine power agricultural tires basically determine the technical and economic performance of wheeled tractors and tractor units. Wheeled tractors occupy prevalent segment of the agricultural tractor. Wheeled tractors account for up to 95% of all foreign companies produced tractors. The correct choice of tires for agricultural tractors significantly increases the feasibility, traction and energy performance and productivity of the tractor unit, and also provides an agriculturally allowable soil disturbance. That is why it is actual to analyze the experience of foreign tractor manufacturers relatively applicable tire sizes, as well as consideration of the possibility to equip native tractors with a new tires.

This article presents a method of determining the effectiveness of the tractor tires using on a base of tire performance coefficient due traction technology. We consider the use of the different tire sizes on foreign agricultural tractors. The results of theoretical studies of promising acquisition of domestic tractor tires, which are used by foreign manufacturers of tractors.

**Keywords:** agricultural tractor tire, tire size, rim, types of agricultural operation.

**The calculating of reference values for car acceleration time / V.P. Volkov, E.H. Rabinovich, V.A. Zuyev, Y.V. Zytsev // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015. – No 9 (1118). – P. 28–32. – Bibliogr.: 11. – ISSN 2078-6840.**

The theory of internal combustion engines do not provide a simple way to calculate the change in the shape of the torque curve as a function of acceleration, so it is difficult to set reference values of the acceleration and process duration for a

car diagnostics on a inertia dyno stand, as well as on the road. In the article the method for calculating the reference values of car acceleration parameters on different gears with empirical corrections to reflect the change in the torque curve configuration as a function of the acceleration is proposed. The K1 correction factor takes into account the decrease in torque according to the acceleration, which is approximately described by reduction ratio of the engaged gear in the transmission. The correction additive  $\pm\Delta n_{max}$  takes into account the offset of max torque revs along the axis of engine revolutions depending on the same parameter. The K2 correction factor takes into account an increase in the slope of the torque curve branches to the right and left of the maximum torque rpm depending on engine wear, which is approximately described as its life duration. Checking the data of 10 cars in 17 test showed that the proposed method of calculation gives a more close to the experimental values acceleration time than other methods that do not use such corrections. The corrections should be applied to the nominal torque curve approximated by a polynomial of the third or better the sixth degree. Leiderman's formula is supposed to apply only in the absence of the nominal curve in a limited range of speeds. A simplified version of this formula to use is not allowed.

**Keywords:** acceleration time, the torque, the maximum frequency, reduction, displacement, experiment, calculation, corrections

**Management system adaptive suspension car effectiveness research / O.J. Nikonov, V.I. Fastovec, V.M. Shuliakov** // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015. – No 9 (1118). – P. 33–37. – Bibliogr.: 14. – ISSN 2078-6840.

The problem of study of the effectiveness of the control system of the adaptive suspension car through the use of neuro-fuzzy controllers is considered. Two neuro-fuzzy controller working in different operating conditions are synthesized. One controller is created using a grid partition method with a triangular membership function, and a second one is created using subtractive clustering method. The effectiveness of the use of intelligent control systems for integrated information and control systems adaptive suspension car was confirmed. The application of neuro-fuzzy adaptive controllers is useful when designing electronic control systems and mechanisms cars units, electric cars, hybrid cars, as well as the development of new methods of diagnosis and prognosis of the technical state of means of transport, providing high efficiency of their use, and reliability. The use of neuro-fuzzy controllers in the control systems of electro-hydraulic servo drives of the car adaptive suspension has improved the quality of transients in the control and the regulation of time, and it allowed to expand the area of the system stability, which in its turn will improve the reliability of the system.

**Keywords:** neural networks, fuzzy logic, control system, adaptive suspension, modeling, efficiency, car.

**System approach as a research method of open pit truck functioning / Yu. Monastyr'skyy, V. Serebrenykov, V. Potapenko** // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015. – No 9 (1118). – P. 38–44. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2078-6840.

The article gives a detailed analysis of achievements in the field of design, production and maintenance operation of open pit trucks of especially big loading capacity. There were studied current regulation on maintenance operation, diagnosing and repair, operating and repair manuals for BelAZ open pit trucks. The work purpose, defined in using of system approach during modeling of open pit trucks' functioning, is formulated. Modeling of subsystems of technological conditions of cars and transitions between them according to the scheme of Markov process with discrete states and continuous time is realized. According to model, probabilities of finding of cars in different technological states are described by system of the differential equations. Solving the system of equations allowed formulating the purpose and the functionality of effective operation of open pit truck equipment considering profit, costs of scheduled and unscheduled maintenance of cars. Determination of optimum parameters of functionality will allow reaching rational working costs of open pit trucks' transport system. Results of researches allow continuing the analysis of transport system operation, in order to assess actual and forecasting future condition of cars, a correcting of maintenance operation system, diagnosing and car repairs, increase of their reliability.

**Keywords:** open pit truck, system approach, mathematical model.

**Application analysis of different sensors and systems in motor vehicles / R.M. Shvec** // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015. – No 9 (1118). – P. 45–50. – Bibliogr.: 11. – ISSN 2078-6840.

The growth potential of border protection units, increasing of technical capacity of means of border protection are inseparably linked with improving of tactical and technical performance and efficiency of vehicles. As a result of adoption of new types of acquisition of means of border protection, changing forms and methods of their use, vehicles have become the primary means of mobility, providing movement and use in border protection, and maneuver capabilities. In this regard, requirement of high mobility basic chassis acquires special significance.

The article reveals perspective approach to increase awareness of the driver concerning the operational situation on the road, reducing the likelihood of accidents and improving driving in heavy traffic flow, column.

A comparison between a diverse non-contact velocity and range sensors to potentially hazardous objects that are used in the manufacture of car collision warning system has been conducted.

**Keywords:** collision warning car system, motor vehicles, vehicles.

**Evaluation of the road disturbances on multi-chassis multilink road train / K.G. Yatsenko** // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015. – No 9 (1118). – P. 51–56. – Bibliogr.: 9. – ISSN 2078-6840.

Stability and controllability are some of the most important performance properties that are responsible for wheeled vehicles traffic safety. The task of improving the stability of these properties has particular relevance when moving multi-chassis multilink road trains in difficult road conditions, under the influence of disturbances from the support surface irregularities. The theory of operational properties of mobility means moving in difficult road conditions is further developed. It's determined the maximum frequency of road disturbances on the multi-chassis multilink trucks. Obtained analytical expressions allow us to determine the road train maximum permissible speed when the road irregularities undercarriage exposed. Speed limit will keep the stability and control of road trains. When the own frequencies and forced oscillations are coincide the resonance phenomenon occurs, leading to a sharp increasing in the amplitude of forced oscillations. As the forced oscillations considered vehicle driven wheels oscillations, which creates the driver on the steering wheel.

**Keywords:** vehicle traffic, road train, polyaxial, multiaxial, natural frequency, resonance.

**The calculation mileage hybrid car on electricity, depending on the operating conditions / A.O. Borysenko //** Bulletin of NTU "KhPI". Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015. – No 9 (1118). – P. 57–61. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2078-6840.

In work calculated the mileage hybrid car to electric traction depending on operating conditions. A rationale for increasing fuel efficiency and environmental purity of hybrid vehicles through the use of electrical energy that is stored in the unit batteries. The objective is to increase fuel efficiency and environmental purity of hybrid vehicles through the use of electrical energy that is stored in the unit batteries. To determine the number of batteries as part of a hybrid power plant calculation of mileage hybrid car to electric traction depending on operating conditions. The main problem is the selection and justification of the number of batteries in electric energy storage hybrid vehicle. As a result of the calculation of distance run hybrid vehicle curb weight 1000 kg on electric traction depending on the operating conditions and the number of used batteries in the power supply show that breaking 30 ... 40 km in average driving conditions sufficient to apply 20 Battery type LFP090AHA 3.2V / 90Ah. Maximum mileage will then be up to 60 km.

**Keywords:** ecological compatibility, electric car, hybrid car, operating conditions, the battery

**Influence of operating conditions on the articulated vehicles position stability / Ye. Dubinin //** Bulletin of NTU "KhPI". Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015. – No 9 (1118). – P. 62–68. – Bibliogr.: 12. – ISSN 2078-6840.

The quantitative estimates of the operating conditions combined effect of articulated vehicles for their resistance to rollover while driving is carried out. It is determined that the mean values of angular velocities of sections on rough terrain exceeds the analogous provisions of the stability criterion for the case of motion on the horizontal surface with significant roughness of the microprofile more than 1,2 times for the front and not significantly different for the rear sections. Thus, the maximum values of the angular velocities of sections in the same driving conditions differ by no more than 35%. Using the criterion of angular velocity allows to monitor the processes occurring when driving over rough terrain and inform the driver of the danger of emergency situations occurrence. The results obtained make it possible to improve the safety of articulated vehicles operation.

**Keywords:** vehicle, articulated, complex influence, operating conditions, position stability, safety.

**The influence type feed system on environmental value automobile under operation conditions / V.V. Slavin, I.V. Manko, A.V. //** Bulletin of NTU "KhPI". Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015. – No 9 (1118). – P. 69–75. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2078-6840.

The conducted extensive studies and obtain comparative performance petrol engine 4CH7,6/6.6 and VAZ-21051 with the standard carburetor system and electronic fuel injection distributed feedback and neutralization system. From these characteristics of the active idling seen that the work with the carburetor system of the engine to rich air-fuel mixture is characterized by elevated concentrations of CO, CmHn in exhaust gases as compared with those at application rates of fuel injection system which provides a stoichiometric mixture composition. At idle, the injection system provides effective neutralization of CO, CmHn within 88...100% throughout the high-speed mode. In the load operation ( $n_d = 2000 \text{ min}^{-1}$ ) to enrich a mixture of CO and CmHn neutralization using the injection is 79...100%, with the carburetor system, respectively 45...78%. Neutralization efficiency throughout the range of NOx load curve increases from 69% to 91% of the injection system. In addition, the operation of the engine with a carburetor system provides less effective neutralization of NOx (34...81%), due to the deviation of the mixture composition. The characteristics of overrun can be seen that the use of fuel injection system increases the efficiency of the three-catalytic converter catalycity in these modes. In the range of loads  $n_d = 926...600 \text{ min}^{-1}$  neutralization efficiency of CO and CmHn injection system averages 94.2...80%, respectively, with a carburetor system 28...42.3%. Neutralization NOx when engine deceleration is increased with air injection in the range 27...81%. Under the same conditions neutralization less NOx (19...50%) for the operation of the engine with a carburetor system, due to a significant enrichment of the mixture. Experimental studies of the car equipped with fuel injection in motion by the European driving cycle demonstrated compliance with environmental standards level "Euro-2" with a reserve.

**Keywords:** exhaust gas, petrol engine, automobile, injection system, carburetor, environmental value.

**Features heat training vehicle engine by means of storage device motor oil with heat accumulator phase transition/ I.V. Gritsuk //** Bulletin of NTU "KhPI". Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015. – No 9 (1118). – P. 76–81. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2078-6840.



This article describes the results of thermal preparation of oil of transport motor by means of motor storage device motor oil with heat accumulator phase transition in complex systems combined heating. The complex system of combined heating motor vehicle or power plant consists of subsystems: the accelerated warming, waste heat exhaust gas heat accumulator phase transition, and the contact thermal battery storage device engine oil with a thermal battery. The complex system is structurally combined heating as a part, to cooling systems and engine lubrication and takes part of their functions and performs a decisive influence on the course of the workflow engine, and it provides pre-heating of starting and coolant in the cooling system and engine oil in engine lubrication system to the temperature at which it is possible to carry the load of the engine, and then to operating temperature and long-term support them within the stipulated workflow and design of the internal combustion engine. The article presents the results of experimental studies storage device motor oil with heat accumulator phase transition in the laboratory and in the vehicle and theoretical studies of its use in different variants and sub-elements of the complex system combined heating vehicle engine. The results allow to fully take into account the operating conditions for the implementation of long-term storage of thermal energy not working engine vehicle in different climatic conditions and forming an effective part of a comprehensive system of combined heating.

**Keywords:** vehicle, maintenance, storage of thermal energy, storage device engine oil with heat storage, phase transition, a complex system of combined heating.

**Methods of assessing the need for replacement parts for motor vehicles / An.V. Bazhinov // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015. – No 9 (1118). – P. 82–85. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2078-6840.**

A method for estimating the need of spare parts in the maintenance of transport vehicles in operation, which allows you to develop a rational nomenclature and methods of calculating the range of spare parts, as well as forecasting their needs for a specified period of time on the wear rate, based on consideration of the physical characteristics, showing the impact on consumption spare parts design, technology and performance. Assess the need for replacement parts produced by analysis of the transport of the machine operating conditions, which allows to determine the influence of features of work powertrains in specific circumstances to change the requirements for spare parts of a particular denomination. Also provides for the use of an experimental method in cases where a road transport enterprise operated a small number of cars of this model, calculation and statistical method can not be applied due to lack of evidence of the need for spare parts.

**Keywords:** car, method, spare parts and system maintenance.

**Determining of ways of improvement of the existing system of vehicle operation by means of the development of conceptual approaches of their safe operation in state border protection / V.A.Sivak // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015. – No 9 (1118). – P. 86–91. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2078-6840.**

This article provides a brief definition and grounding of ways of improvement of the existing system of vehicle operation of border protection units and detachments, which is offered to be implemented by means of the development of conceptual approaches of their safe operation during the execution of the operational and service tasks of border protection. The essence of the existing system of technical operation of vehicles, defined characteristic conditions of their use in border protection. The specified list of factors that affect the safe operation of vehicles during the execution of the border departments of various operational and service tasks. Considered one of the options for improving the system of technical operation and system software autotechnical, the essence of which is the introduction of a system of self-drive vehicles and fixing them by officials of departments and agencies, in addition to planned extensive involvement of civil service stations and auto repair businesses on a contractual basis for repair and preventive maintenance repair work on vehicles. Furthermore, the sequence of these conceptual approaches implementation considering the components of safe operation of border vehicles is offered in the article.

**Keywords:** vehicles, operational safety, conceptual approaches, border protection.

**The specific labour input in maintenance of passengers cars by Brand Service Stations / V.I. Pavlyuk // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015. – No 9 (1118). – P. 92–97. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2078-6840.**

This issue has analysed the standards of labour input in maintenance and repair of passengers cars according to warranty period. The data of service stations belongs to car manufacturers. The labour input in maintenance and repair is being studied for cars of different world vehicle manufacturers. The methods of Probability Theory and Mathematical Statistics have been used for data processing. The logarithmic-normal Law of Distribution of random Variable has been identified. The numeral characteristics of Law of Distribution of random Variable have been determined. The calculated value of labour input in maintenance and repair of passengers cars has been defined. The labour input in maintenance and repair of passengers cars is given for different car classes. The determined labour input in maintenance of passengers cars of Asian manufacturers is larger than similar of European manufacturers. The received values of labour input are lower than the defined ones in the legal normative documents in our country. The results of these calculations can be used in constructing Service Stations which belong to Vehicle manufacturers or Brand Service Station.

**Keywords:** specific labour input, maintenance, repair, vehicle service stations, passenger car, random Variable.

**Evaluation of additional energy losses in the steady state movement transport and traction machines / M.A. Podrigalo, N.P. Artiomov, D.V. Abramov, M.L. Shulyak // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015. – No 9 (1118). – P. 98–107. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2078-6840.**

We propose a method estimates the additional energy losses in the steady state of motion of transport and traction machines, based on the study of the laws of periodic variation of the amplitude fluctuations in the value of the traction force of the machine and motion resistance forces. Steady motion is accompanied by longitudinal linear acceleration caused by vibrations of the linear speed of the machine with respect to its mean value. The analytical expressions allow for evaluation of additional loss of energy transport and traction machines in steady motion with the uneven torque and total resistance force. In this case, the loss additional energy is directly proportional to the sum of vibration amplitudes traction and total resistance force. The direction of reducing the additional costs of energy. The use of engines with minimal indicators unevenness of torque direction there is additional energy reduction.

**Keywords:** energy losses, steady motion, speed fluctuations, unevenness of torque, transport and traction machines.

**On the question of the use of magnetorheological elastomers as suspension damping devices of vehicles / V.V. Dushchenko, O.N. Agapov // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015. – No 9 (1118). – P. 108–113. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2078-6840.**

Analysis of the physicochemical properties and characteristics of the magnetorheological elastomers. The influence of the parameters of the magnetic part and the elastomeric matrix on the loss modulus and the range of its growth under the control of the magnetic field. By adjusting the control of the magnetic field, depending on the size and concentration of magnetic particles can change the energy absorbing MRE (loss modulus) of 4 to 18 times or more. The larger the size and concentration of magnetic particles and magnetic field more, the greater the loss modulus. MRE research results showed that the elastic modulus of 4 ... 5 times dominated module losses, ie the elastic properties dominate the MRE damping. It remains unexplored question of speed, which is important when using MRE in vehicle suspension damping devices governed. Performance depends on the ratio of viscous and elastic properties of MRE. It is necessary to conduct a study on the matrix material (rubber, silicone, polyurethane or other.) That would satisfy most application requirements MRE in hardpoints vehicles. It is concluded that the possibility of using elastomers as a magnetorheological damper devices with controlled characteristics in a vehicle suspension. Outlined directions for further research to take into account the specifics of the operation of vehicles and the creation of efficient units.

**Keywords:** magnetorheological elastomers, damping device, the loss modulus, the viscosity, the magnetic field, control.

**Influence of exhaust gas recirculation on the performance of modern gasoline engine with group of cylinders which disconnected/ Y.F. Gutarevich, S.V. Karev // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015. – No 9 (1118). – P. 114–120. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2078-6840.**

In the article presents the results of experimental studies on the effects of recirculation of exhaust gases, with pick exhaust gases after neutralizing tank, the performance of modern gasoline engine with disconnected cylinders. The method of determining the coefficient of exhaust gas recirculation, based on heat balance. The results of experimental studies have shown that using of exhaust gas recirculation in modern gasoline engine did not influence on ratio of the fuel-air mixture results, decreased the fuel consumption per hour, and therefore effective power, sharply decreased the concentration of nitrogen oxides, the concentration of oxide and dioxide carbon almost not changed, the concentration of hydrocarbons slightly increased. Featuring the derivative of nitrogen oxides and specific fuel consumption have determined optimal ratio of exhaust gas recirculation for 6CH9.5/6.98 engine for the mode, which is widely used in operation, according to the profile it is 6 ... 6.5%.

**Keywords:** combined power control method, exhaust gas recirculation, petrol engine, nitrogen oxides, the optimal rate of exhaust gas recirculation.

**Quality parameters of antifreezes and correlation relationship with electroconductivity / M.I. Naglyuk, A.B. Grigorov, I.S. Naglyuk // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015. – No 9 (1118). – P. 121–125. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2078-6840.**

The dependences of change of quality parameters of antifreeze (density, viscosity, pH, electroconductivity) from the consumed fuel quantity in the maintenance of light vehicles are received. The values of correlation coefficients of electroconductivity with quality parameters of antifreeze: density, pH, concentration of the corrosive wear products, the value of the corrosive to metals and antifreeze temperature are described. It is proposed to make change of antifreeze individually on a particular car depending from actual condition on the basis of diagnostic information changes of quality parameters.

**Keywords:** antifreeze, fuel, quality parameters, correlation, electroconductivity, car, maintenance.

**Economic efficiency reconstruction of mobile technology for operation on natural gas / O. Zakharchuk // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015. – No 9 (1118). – P. 126–131. – Bibliogr.: 13. – ISSN 2078-6840.**

Determined economic efficiency of reconstruction of agricultural machinery for operation on natural gas, taking into account aspects of the conversion equipment and ensure its fuel. The main criterion of economic efficiency of using equipment with gas engines is a reduction the fuel costs. To ensure equipment of natural gas in the agricultural sector may with using a mobile automotive gas tanker that is designed for the transportation, storage and refilling machinery by top-pressure recovery method on the place of work. The annual economic effect from the operation of the park equipment with gas engines will be 48 943 UAN. Payback period – 5 years. The using of natural gas as a motor fuel for agricultural machinery showed the following advantages: achieving significant economic effect, stable ensuring equipment of fuel, improving environmental indicators and increasing engine resources.

**Keywords:** mobile machinery, gas engine, natural gas, economic efficiency, payback period.

**Mathematical model of process of braking of three axis cars / V.V. Sheludchenko // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015. – No 9 (1118). – P. 132–138. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2078-6840.**

In work the presented universal mathematical model of process of braking of three axes cars, that allows to expose physical essence of processes and to set influence of different factors (structural parameters) on the dynamics of braking of car. Such model allows to get sufficiently exact high-quality description of dynamics of car on condition of action it is comparative small lateral forces. The resulted mathematical model consists of description of co-operation of wheels with a supporting surface, mathematical model of brake mechanism and description of forces which operate on a braking car. The mathematical

model of brake mechanism from the present losses describes separately increase of drive pressure, delay of decline of brake moment, decline of drive pressure. In addition the external environments of car use in the mathematical model of braking process, the approximating function of  $\varphi$ -S diagram which is recommended for by the use at the design of process of braking of tractor is resulted. Authenticity of the got results in the process of design largely depends on correctness of choice of dependence function of  $\varphi=f(S)$ . For this reason in work for more correct determination of  $\varphi$  a such mathematical model which use the size of rate of movement of car is select.

**Keywords:** car, brake mechanism, braking dynamics, mathematical model.

**Dynamic model of the flat parallel motion is paved unit / S.I. Ovsyannikov // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015. – No 9 (1118). – P. 139–144. – Bibliogr.: 11. – ISSN 2078-6840.**

The article deals with the dynamic processes of the moto aggregate's motion, the distinguishing feature of them is the force operator involvement in the dynamics of movement, which is used to manage foreign exchange movement, depth control, traction machine parameters change. The analysis of the literature has shown that the existing mathematical models do not meet the goal, namely, does not take into account the force operator involvement in the dynamics of movement.

For definitions some of the components have been taken known dependencies, namely: the definition of the tangent wheel traction and rolling resistance - model Guskov V.V., rolling resistance – Heydekelyas` formula, resistance guns - dependence Goryachkina V.P. In this paper we consider a special case - plain-parallel motion of the motoaggregate. The model is based upon the Lagrange equation. Result of this work is a system of differential equations that can be solved by the method of Runge-Kutta 4th order. The developed model allows define the basic parameters of the movement and estimate the dynamic characteristics of the aggregate at the design stage but also use them in the automatic traffic control systems.

**Keywords:** motoaggregate, dynamic system modeling processes, Lagrange equation, plane-parallel motion.

**Optimize Pull-speed performance of internal combustion engines with advanced technology management nozzles / N. Pidhorny, E. Rozdobudko, S. Kuz'menko // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015. – No 9 (1118). – P. 145–151. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2078-6840.**

Car electronics continues to evolve under the influence of high-level global computer technology. The use of electronics enhances precision dispensing fuel compared to a carburetor mixing principle, increasing reliability of motor control, simplifying maintenance and unloading the driver receives the necessary information for efficient driving.

The paper deals with the method of evaluation Pull-speed characteristics of ICE. It is given the control scheme of nozzles and the required number of experiments is proposed.

It is shown that the following tasks are solved:

1. Analysis of existing valuation methods of Pull-speed characteristics of ICE.
2. Preplanning of experimental technique of investigation.
3. Analysis of results of experimental investigation.
4. Analysis of economic efficiency of an invention with its parameters.

It is introduced the comparative characteristic as to using the new technology of injection of nozzles and conventional mode of injection in tabular and graph forms. Comparative characteristics in tables and graphs on the use of new technology and injection nozzles default mode injection. During the performance turned out that the most appropriate mode of multi-injection parameters are close to 600 Hz and skvazhnosti 20% since the scheme was designed to control the average value of 4 ms pulse in and dividing it by 2 pulse period of 1.5 ms.

**Keywords:** Pull-speed characteristic, diagram control nozzles, experiment method, parameters of engine work, comparative characteristics.

**Evaluation of the adequacy of existing methods for determination of stability indicators of vehicles / A.L. Bashynskij // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015. – No 9 (1118). – P. 152–158. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2078-6840.**

Thereisanecessityformovingofnotonlypersonnelbutalso materialfacilities,inparticularcombustible-lubricating materials,variousunoverallloads,buildingmaterialsand other during providingof actionsofsubdivisionsofguardofborder. The vehicles usewithtrailers,bysemitrailersorin composition. These types fvehiclesbehavetothe carswitha barycenter, whichchange. Therefore, thereisanecessitytoprovidehighsafespeedof movingof load.

The analysis of existing methods for determination of lateral stability of vehicles has been conducted. The results of the analysis showed that existing international regulatory requirements on the evaluation of car active safety are insufficiently developed. It was determined that the calculation methodology of estimating properties with high accuracy can be used only for samples that are similar in characteristics to the samples for which all parameters are defined by experimental method.

**Keywords:** handling, stability, vehicles, static stability, test methods.

ЗМІСТ

ТРАКТОРОБУДУВАННЯ

<b>В. Б. Самородов, О. И. Деркач, С. А. Шуба, В. М. Шевцов, Н. А. Митцель</b> Обоснование применения гидрообъемно-механических трансмиссий на колесных тракторах путем экспериментального определения основных эксплуатационных характеристик гидрообъемной передачи .....	3
<b>А. Т. Лебедєв</b> Тракторна енергетика: проблеми та їх розв'язання .....	9
<b>С. А. Лузан</b> Повышение ресурса деталей шасси колесных тракторов во время их восстановительного ремонта .....	17
<b>А. Ю. Ребров, Р. П. Мигущенко</b> Анализ применяемости шин на сельскохозяйственных тракторах .....	23

## АВТОМОБІЛЕБУДУВАННЯ

<b>В. П. Волков, Э. Х. Рабинович, В. А. Зуев, Ю. В. Зыбцев</b> Нормирование параметров разгона легкового автомобиля .....	28
<b>О. Я. Никонов, В. И. Фастовец, В. Н. Шуляков</b> Исследование эффективности функционирования системы управления адаптивной подвески автомобиля .....	33
<b>Ю. А. Монастирський, В. М. Серебренников, В. В. Потапенко</b> Системний підхід як метод дослідження функціонування кар'єрних самоскидів .....	38
<b>С. А. Осташевський, Р. М. Швець</b> Аналіз застосування різнотипних датчиків та систем в автомобільних транспортних засобах .....	45
<b>К. Г. Яценко</b> Оценка возмущающих воздействий дороги на многозвенный многоосный автомобильный поезд.....	51
<b>А. О. Борисенко</b> Розрахунок пробігу гібридного автомобіля на електричній тязі в залежності від умов експлуатації .....	57

## ЕКСПЛУАТАЦІЯ І ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ АВТОМОБІЛІВ ТА ТРАКТОРІВ

<b>Е. А. Дубинин</b> Влияние условий эксплуатации на устойчивость положения шарнирно-сочлененных средств транспорта.....	62
<b>В. В. Славін, І. В. Манько, А. В. Гунько</b> Вплив типу системи живлення на екологічні показники автомобіля в умовах експлуатації .....	69
<b>І. В. Грицук</b> Особенности тепловой подготовки транспортного двигателя за допомогою накопичувача моторної оливи з тепловим акумулятором фазового переходу .....	76
<b>Ан. В. Бажинов</b> Методика оценки потребности в запасных частях для транспортных машин .....	82
<b>В. А. Сівак</b> Визначення шляхів удосконалення існуючої системи технічної експлуатації транспортних засобів, за рахунок розробки концептуальних підходів їх безпечної експлуатації в умовах охорони державного кордону .....	86
<b>В. І. Павлюк</b> Питомі трудомісткості обслуговування легкових автомобілів фірмовими СТО .....	92

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ У МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМАХ

<b>М. А. Подригало, Н. П. Артемов, Д. В. Абрамов, М. Л. Шуляк</b> Оценка дополнительных энергетических потерь при установившемся режиме движения транспортно-тяговых машин .....	98
--	----

<i>В. В. Дущенко, О. Н. Аганов</i> До питання використання магнітореологічних еластомірів в якості демпфіруючих пристроїв підвіски транспортних засобів.....	108
<i>Ю. Ф. Гутаревич, С. В. Карев</i> Вплив рециркуляції відпрацьованих газів на показники сучасного бензинового двигуна з відключенням групи циліндрів .....	114
<i>М. И. Наглюк, А. Б. Григоров, И. С. Наглюк</i> Показатели качества антифризов и корреляционная связь с электропроводностью .....	121
<i>О. В. Захарчук</i> Економічна ефективність переобладнання мобільної техніки для роботи на природному газі .....	126
<i>В. В. Шелудченко</i> Математична модель процесу гальмування трьохвісних автомобілів.....	132
<i>С. И. Овсянников</i> Динамическая модель плоскопараллельного движения мотоагрегатов.....	139
<i>М. В. Підгорний, Є. О. Роздобудько, С. О. Кузьменко</i> Оптимізація тягово-швидкісних показників ДВЗ з прогресивною технологією управління форсунками .....	145
<i>А. Л. Башинський</i> Оцінка адекватності існуючих методів визначення показників стійкості транспортних засобів .....	152
Реферати .....	159

## НАУКОВЕ ВИДАННЯ

### ВІСНИК НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ХПІ»

#### Збірник наукових праць

Серія:

**Автомобіле- та тракторобудування**

**№ 9 (1118) 2015**

*Науковий редактор В.Б. Самородов*

Технічний редактор ст. викл. С.О. Шуба, ст. викл. А.Г. Мамонтов  
Відповідальний за випуск канд. техн. наук І. Б. Обухова

Адреса редколегії:  
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21, НТУ «ХПІ»,  
Кафедра «Автомобіле- та тракторобудування», .  
Тел.: (057) 707-64-64; e-mail: shubaserg@mail.ru  
Обл.-вид № 172–15.

Підп. до друку 17.04.2015 р. Формат 60×84 1/8. Папір офісний.  
Riso-друк. Гарнітура Таймс. Умов. друк. арк. 14,2. Наклад 300 прим. 1-й з-д 1–45.  
Зам. № 328. Ціна договірна.

---

Видавець і виготовлювач  
Видавничий центр НТУ «ХПІ»,  
вул. Фрунзе, 21, м. Харків-2, 61002

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3657 від 24.12.2009 р.