

ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВА ТЕХНІКА

1(9)
2016

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ

ЩОКВАРТАЛЬНИК
ВИДАЄТЬСЯ З СІЧНЯ 2014 РОКУ

Керівник проекту,
Голова редакційної ради
І.Б. Чепков,
д-р техн. наук.

Редакційна колегія:

Г.О. Бойко, д.т.н., гол. ред. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)
С.В. Лапицький, д.т.н., зам. гол. ред.
(ЦНДІ ОВТ ЗСУ)
О.Б. Анітко, д.т.н. (ХУПС)
Ю.М. Бусяк, д.т.н. (ХКБМ)
А.С. Довгополій, д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)
В.В. Зубарев, д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)
А.М. Зубков, д.т.н. (НАСВ)
О.П. Коростельов, д.т.н. (ДержККБ «Луц»)»
Д.Б. Кучер, д.т.н. (АВМС)
Б.М. Ланецький, д.т.н. (ХУПС)
М.І. Луханін, д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)
М.М. Мітрахович, д.т.н. (ДП «Івченко-Прогрес»)»
Б.О. Оліярник, д.т.н. (ЛНДРТІ)
А.І. Сбітнів, д.т.н. (НУОУ)

Редакційна рада:

Ю.А. Гусак, д.в.н. (ВНУ ГШ ЗСУ)
М.М. Шецов, (ОЗСУ)
Г.В. Певцов, д.т.н. (ХУПС)
О.В. Сотников, к.т.н. (НАНУ)
В.М. Телелім, д.в.н. (НУОУ)
П.П. Ткачук, д.іс.н. (НАСВ)
І.В. Толок, к.пед.н. (ДВОН МОУ)
В.Б. Толубко, д.т.н. (ДУТ)
О.В. Харченко, д.т.н. (ДНДІА)

Розглянуто та схвалено до друку науково-технічною радою інституту протокол № 3 від 24.03.2016

Оригінальний макет виготовлено Видавничим домом Дмитра Бураго

Адреса редакції:

Україна, 03049, м. Київ,
пр-т Повітрофлотський, 28
Тел.: (044) 271-0966
Факс: (044) 520-12-84
E-mail: cndi_ovt@mil.gov.ua

Свідство про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації серія КВ №20209-10009Р від 20.08.2013 з.

Журнал входить до переліку наукових видань Міністерства освіти і науки України Наказ №7-дск від 30.09.2014 р.



У НОМЕРІ

- Бадрак В. В.* Переозброєння Збройних Сил України: раціоналізація підходів, пошук альтернативних шляхів 3
- ВОЄННО-ТЕХНІЧНА ПОЛІТИКА**
- Борохвостов І. В.* Обґрунтування шляхів забезпечення Збройних Сил озброєнням та військовою технікою з урахуванням можливостей оборонно-промислового комплексу України (Частина 1) 9
- АРТИЛЕРІЙСЬКЕ ТА СТРІЛЕЦЬКЕ ОЗБРОЄННЯ**
- Макеев В. І., Вакал А. О.* Експериментальні методи визначення аеродинамічних коефіцієнтів нормальної сили і перекидального моменту 16
- РОЗВІДУВАЛЬНО-УДАРНІ КОМПЛЕКСИ**
- Коленніков А. П., Цветков Є. А.* Визначення кількості пускових установок сучасного ракетного комплексу, потрібних для вогневого ураження противника 21
- АВТОМОБІЛЬНА ТЕХНІКА**
- Бісик С. П., Чепков І. Б., Васьківський М. І., Давидовський Л. С., В. Г. Корбач, Висоцький О. М., Захаревич Д. М.* Теоретична оцінка протимінної стійкості багатоцільового тактичного автомобіля «Козак-2» 26
- Нікорчук А. І.* Визначення раціональних кінематичних параметрів повороту автомобіля при динамічному або комбінованому способі управління поворотом 32
- ЗЕНІТНІ РАКЕТНІ КОМПЛЕКСИ**
- Гриб Д. А., Лук'яничук В. В., Николаєв І. М.* Основні проблеми і напрями розвитку зенітного ракетного озброєння на тривалу перспективу 37
- ТЕХНІКА ЗВ'ЯЗКУ**
- Шишацький А. В., Жук О. Г., Борознюк М. В., Рубцов І. Ю.* Порівняльний аналіз ефективності сучасних сигнально-кодових конструкцій для систем військового радіозв'язку 41
- ТЕХНІКА Й ОЗБРОЄННЯ ВІЙСЬКОВО-МОРСЬКИХ СИЛ**
- Дереза А. В.* Дві складові гідроакустичного озброєння в комплексній системі «гідроакустичне озброєння – надводний корабель» 45
- ЕКСПЛУАТАЦІЯ**
- Чабаненко П. П., Бережний О. М.* Врахування розмаху ресурсу виробів військового призначення при подовженні їх терміну служби 51
- НЕКРОЛОГ**
- БОЙКО Георгій Олександрович* 55

ВООРУЖЕНИЕ И ВОЕННАЯ ТЕХНИКА

1(9)
2016

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ЕЖЕКВАРТАЛЬНИК
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 2014 ГОДА

В НОМЕРЕ

Бадрак В. В. Перевооружение Вооруженных Сил Украины:
рационализация подходов, поиск альтернативных путей 3

ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

Борохвостов И. В. Обоснование путей обеспечения Вооруженных Сил
вооружением и военной техникой с учетом возможностей
оборонно-промышленного комплекса Украины (часть 1) 9

АРТИЛЛЕРИЙСКОЕ И СТРЕЛКОВОЕ ВООРУЖЕНИЕ

Макеев В. И., Вакал А. А. Экспериментальные методы определения
аэродинамических коэффициентов нормальной силы
и опрокидывающего момента 16

РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНО-УДАРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

Коленников А. П., Цветков Е. А. Определение количества пусковых
установок современного ракетного комплекса, требующихся
для огневого поражения противника 21

АВТОМОБИЛЬНАЯ ТЕХНИКА

*Бисик С. П., Чепков И. Б., Васильковский М. И., Давыдовский Л. С.,
Корбач В. Г., Высоцкий О. Н., Захаревич Д. Н.* Теоретическая оценка
противоминной стойкости многоцелевого тактического
автомобиля «Козак-2» 26

Никорчук А. И. Определение рациональных кинематических параметров
поворота автомобиля при динамическом или комбинированном способе
управления поворотом 32

ЗЕНИТНЫЕ РАКЕТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

Гриб Д. А., Лукьянчук В. В., Николаев И. М. Основные проблемы
и направления развития зенитного ракетного вооружения
на длительную перспективу 37

ТЕХНИКА СВЯЗИ

Шишацкий А. В., Жук О. Г., Борознюк Н. В., Рубцов И. Ю.
Сравнительный анализ эффективности современных
сигнально-кодовых конструкций для систем военной радиосвязи 41

ТЕХНИКА И ВООРУЖЕНИЕ ВОЕННО-МОРСКИХ СИЛ

Дереза А. В. Две составляющие гидроакустического вооружения
в комплексной системе «гидроакустическое вооружение –
надводный корабль» 45

ЭКСПЛУАТАЦИЯ

Чабаненко П. П., Бережной О. Н. Учет размаха ресурса изделий
военного назначения при продлении их срока службы 51

НЕКРОЛОГ

БОЙКО Георгий Александрович 55

Руководитель проекта,
Председатель редакционного совета
И.Б. Чепков,
д-р техн. наук.

Редакционная коллегия:

Г.А. Бойко, д.т.н., гл. ред. (ЦНИИ ВВТ ВСУ)
С.В. Лапицкий, д.т.н., зам. гл. ред.
(ЦНИИ ВВТ ВСУ)
О.Б. Анишко, д.т.н. (ХУВС)
Ю.М. Бусяк, д.т.н. (ХКБМ)
А.С. Довгопольный, д.т.н. (ЦНИИ ВВТ ВСУ)
В.В. Зубарев, д.т.н. (ЦНИИ ВВТ ВСУ)
А.Н. Зубков, д.т.н. (НАСВ)
О.П. Коростелёв, д.т.н. (ГосККБ «Луч»)
Д.Б. Кучер, д.т.н. (АВМС)
Б.Н. Ланецкий, д.т.н. (ХУВС)
М.И. Луханин, д.т.н. (ЦНИИ ВВТ ВСУ)
М.М. Митрахович, д.т.н. (ГП «Івченко-
Прогресс»)
Б.А. Олиарник, д.т.н. (ЛНИРТИ)
А.И. Сбитнев, д.т.н. (НУОУ)

Редакционный совет:

Ю.А. Гусак, д.в.н. (ВНУ ГШ ЗСУ)
М.М. Шевцов, (ВВСУ)
Г.В. Певцов, д.т.н. (ХУВС)
А.В. Сотников, к.т.н. (НАНУ)
В.М. Телелим, д.в.н. (НУОУ)
П.П. Ткачук, д.ис.н. (НАСВ)
И.В. Толок, к.пед.н. (ДВОН МОУ)
В.Б. Толубко, д.т.н. (ГУТ)
А.В. Харченко, д.т.н. (ГНИИА)

Рассмотрено и одобрено к печати
научно-техническим советом института
протокол № 3 от 24.03.2016

Оригинал-макет подготовлен
Издательским домом Дмитрия Бураго

Адрес редакции:

Украина, 03049, г. Киев,
пр-т Воздухофлотский, 28
Тел.: (044) 271-0966
Факс: (044) 520-12-84
E-mail: cndi_ovt@mil.gov.ua

Свидетельство о государственной
регистрации печатного издания массовой
информации серия КВ №20209-10009Р
от 20.08.2013 г.

Журнал входит в перечень научных изданий
Министерства просвещения и науки Украины
Приказ №7-дск от 30.09.2014 г.



УДК 629.017

А. І. НІКОРЧУК,*ад'юнкт (Національна академія Національної
звардії України, м. Харків)*

Визначення раціональних кінематичних параметрів повороту автомобіля при динамічному або комбінованому способі управління поворотом

Вперше визначена гранична за умовою стійкого повороту динамічним або комбінованим способом лінійна швидкість автомобіля, а також лінійна швидкість автомобіля, при якій забезпечується максимальний повертаючий момент, величини лінійного і кутового прискорення, що є граничними за умовою зчеплення ведучих коліс автомобіля з дорогою при різних динамічних станах лівого і правого коліс ведучого моста автомобіля внаслідок перерозподілу горизонтального навантаження між зазначеними колесами.

Впервые определена предельная по условию устойчивого поворота динамическим или комбинированным способом линейная скорость автомобиля, а также линейная скорость автомобиля, при которой обеспечивается максимальный поворачивающий момент, величины линейного и углового ускорения, являющиеся предельными по условию сцепления ведущих колес автомобиля с дорогой при различных динамических состояниях левого и правого колес ведущего моста автомобиля вследствие перераспределения горизонтальной нагрузки между указанными колесами.

Практика використання колісних машин, а саме вантажних автомобілів, в зоні проведення бойових дій показує, що традиційні рульові управління цих машин не забезпечує їх високу маневреність і живучість при русі в колоні та під час обстрілу. Для забезпечення вписуваності автомобіля при розвороті на малій площі та спробі виходу із зони обстрілу по зустрічній смугі необхідне використання динамічного або комбінованого способу повороту.

У статті визначені гранична лінійна швидкість автомобіля за умовою стійкого повороту динамічним або комбінованим способом, лінійна швидкість автомобіля, при якій забезпечується максимальний повертаючий момент. Також розглянуті граничні за умовою зчеплення ведучих коліс автомобіля з дорогою величини лінійного і кутового прискорення.

У відомих роботах [1–3] були досліджені динамічний і комбінований способи управління поворотом і визначені раціональні кінематичні параметри повороту; при цьому колеса вважалися динамічно незалежними одне від одного. Але при різних динамічних станах лівого і правого коліс ведучого моста, що виникають при динамічному способі повороту колісної машини, відбувається перерозподіл горизонтального навантаження між зазначеними колесами. Для цього випадку необхідно визначити граничну за умовою стійкості лінійну швидкість автомобіля при повороті динамічним або комбінованим способом, лінійну швидкість автомобіля, при якій забезпечується максимальний повертаючий момент, граничні за умовою зчеплення ведучих коліс автомобіля з дорогою величини лінійного і кутового прискорення.

Метою дослідження є підвищення маневреності автомобілів при виконанні повороту динамічним і комбінованим способом шляхом визначення граничної лінійної швидкості автомобіля за умовою сталого повороту і лінійної швидкості автомобіля, при якій забезпечується максимальний повертаючий момент.

Для досягнення поставленої мети необхідно визначити:

- граничну лінійну швидкість автомобіля за умовою сталого повороту;
- лінійну швидкість автомобіля, при якій забезпечується максимальний повертаючий момент;
- граничні величини лінійного і кутового прискорення за умовою зчеплення ведучих коліс автомобіля з дорогою.

Теоретично визначимо кінематичні параметри повороту автомобіля при динамічному або комбінованому способі управління поворотом.

Повертаючий момент на ведучому мосту автомобіля при виконанні повороту динамічним або комбінованим способом може бути визначений як

$$M_{пов} = \frac{B}{2} (R_x'' - R_x'), \quad (1)$$

де B – колія автомобіля;

R_x' – дотичні реакції дороги на відстаючому (внутрішньому) колесі;

R_x'' – дотичні реакції дороги на забігаючому (зовнішньому) колесі.

У початковий момент часу при здійсненні повороту бічні сили відсутні, і дотичні реакції на ведучих колесах

$$R'_x = \varphi R'_z; \quad (2)$$

$$R'_y = -\varphi R'_z; \quad (3)$$

Після підстановки виразів (2) і (3) у вираз (1) отримаємо формулу, аналогічну тій, що отримана В. О. Петрушовим [4]:

$$M_{пов} = \frac{B}{2} R_z, \quad (4)$$

де R_z – сумарна нормальна реакція дороги, яка діє на ведучий міст.

В процесі повороту на осі виникає бічна сила P_y , обумовлена дією доцентрових і відцентрових прискорень,

$$P_y = R_y = \frac{mv_a^2}{R}, \quad (5)$$

де R_y – сумарна бічна реакція дороги на колесах ведучої осі автомобіля;

m – маса автомобіля, приведена на ведучу вісь;

v_a – лінійна швидкість автомобіля;

R – радіус повороту автомобіля (відстань від середини задньої осі до центра повороту).

Рівняння (1) подамо у вигляді

$$M_{пов} = \frac{B}{2} \left(\frac{(R''_x)^2 - (R'_x)^2}{R''_x + R'_x} \right). \quad (6)$$

При появі бічної сили граничні за зчепленням дотичні реакції на ведучих колесах можуть бути визначені за допомогою кругової діаграми (кола Камма) [5]

$$(R'_x)^2 = (\varphi R'_z)^2 - (R'_y)^2; \quad (7)$$

$$(R'_x)^2 = (\varphi R'_z)^2 - (R'_y)^2; \quad (8)$$

де φ – коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою;

R'_y ; R'_z – бічні реакції дороги на внутрішньому і зовнішньому колесах відповідно.

В роботі [6] для випадку руху автомобіля на повороті визначені бічні реакції дороги на внутрішньому і зовнішньому колесах

$$R'_y = \frac{h}{B} \left(\operatorname{tg} \alpha - \frac{V_a^2}{gR} \right) \frac{mV_a^2}{R}; \quad (9)$$

$$R''_y = \left[1 - \frac{h}{B} \left(\operatorname{tg} \alpha - \frac{V_a^2}{gR} \right) \right] \frac{mV_a^2}{R}; \quad (10)$$

де h – висота центра мас автомобіля;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

α – кут поперечної стійкості автомобіля,

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{B}{2h}. \quad (11)$$

Після підстановки (11) в (9) і (10) отримаємо

$$R'_y = \left(0,5 - \frac{h}{B} \frac{V_a^2}{gR} \right) \frac{mV_a^2}{R}; \quad (12)$$

$$R''_y = \left(0,5 + \frac{h}{B} \frac{V_a^2}{gR} \right) \frac{mV_a^2}{R}; \quad (13)$$

У разі рівного розподілу сумарних реакцій дороги R_{Σ} на кожному з коліс граничні сили за зчепленням $P_{ц}$ рівняння (6) з урахуванням (7) і (8) можна подати у вигляді

$$M_{пов} = \frac{B}{2} \frac{\varphi^2 (R''_z - R'_z)(R''_z + R'_z) - (R''_y - R'_y)(R''_y + R'_y)}{R'_x + R''_x}. \quad (14)$$

У виразі (14)

$$R'_x + R''_x = R_x; \quad (15)$$

$$R'_z + R''_z = R_z; \quad (16)$$

$$R'_y + R''_y = R_y = \frac{mV_a^2}{R}; \quad (17)$$

де R_x – сумарна дотична реакція на ведучих колесах автомобіля,

$$R_x = M_a \dot{V}_a + P_c; \quad (18)$$

M_a – маса автомобіля;

\dot{V}_a – лінійне прискорення автомобіля;

P_c – сумарна сила опору руху, що діє з боку рами автомобіля на осі коліс,

$$P_c = gf(M_a - m); \quad (19)$$

f – коефіцієнт опору коченню.

При дії бічної сили P_y нормальні реакції на зовнішньому і внутрішньому колесах можуть бути визначені як

$$R'_z = 0,5R_z - R_y \frac{h}{B} = 0,5R_z - \frac{h}{B} \frac{mV_a^2}{R}; \quad (20)$$

$$R''_z = 0,5R_z + R_y \frac{h}{B} = 0,5R_z + \frac{h}{B} \frac{mV_a^2}{R}. \quad (21)$$

Рівняння (14) з урахуванням співвідношень (12), (13), (15) – (21) набуде вигляду

$$M_{нов} = (M_{нов})_{\max} = mV_a^2 \frac{h}{R} \frac{\varphi^2 R_z - \frac{mV_a^2}{gR^2}}{M_a \dot{V}_a + P_c}. \quad (22)$$

Сумарну нормальну реакцію дороги на ведучому мосту автомобіля можна визначити як

$$R_z = mg. \quad (23)$$

Після підстановки (19) і (23) в (22) та розділивши ліву і праву частину рівняння (22) на $M_a g$, приведемо (22) до вигляду

$$(M_{нов})_{max} = M_a g \left[\frac{m^2 V_a^2 h}{M_a^2 \dot{V}_a + g f \left(1 - \frac{m}{M_a} \right)} \left(\varphi^2 - \frac{V_a^2}{g^2 R^2} \right) \right]. \quad (24)$$

На рис. 1 наведені графіки залежності максимального повертаючого моменту $(M_{нов})_{max}$ від відношення m/M_a , маси вантажу, що перевозиться, швидкості руху автомобіля при різних коефіцієнтах зчеплення коліс з дорогою, коефіцієнтів зчеплення коліс з дорогою при різному значенні $M_{ван}$.

Формула (22) дозволяє отримати новий науковий результат

$$(M_{нов})_{max} \leq 0$$

при

$$\varphi^2 R^2 - \frac{m V_a^4}{g R^2} \leq 0. \quad (25)$$

Після підстановки (23) в (25) отримаємо

$$V_a \geq \sqrt{\varphi g R} \quad (26)$$

Рівняння (26) може бути отримано при умові появи бічного ковзання осі під дією відцентрової сили

$$\frac{m V_a^2}{R^2} \geq m g \varphi; \quad (27)$$

$$(V_{a_{max}})_{cm} = \sqrt{\varphi g R}. \quad (28)$$

Графік залежності $(V_{a_{max}})_{cm} = f(\varphi R)$ зображений на рис. 2. Вираз (28) для випадку вимірювання швидкості в км / год може бути змінено до вигляду

$$(V_{a_{max}})_{cm} = 3,6 \sqrt{\varphi g R} = 11,27 \sqrt{\varphi R}, \text{ км/ч} \quad (29)$$

Визначимо лінійну швидкість автомобіля, при якій забезпечується максимум-максимумів повертаючого моменту.

З рівняння (27) знаходимо граничну лінійну швидкість автомобіля за умовою стійкого повороту динамічним або комбінованим способом, для цього, враховуючи (23) приведемо (22) до виду

$$(M_{нов})_{max} = \frac{m^2 h}{M_a \dot{V}_a + P_c} \left(\varphi^2 g V_a^2 - \frac{V_a^4}{g R^2} \right); \quad (30)$$

Умовами отримання максимуму функції (30) є

$$\begin{cases} \frac{\partial (M_{нов})_{max}}{\partial V_a} = 0; \\ \frac{\partial^2 (M_{нов})_{max}}{\partial V_a^2} < 0. \end{cases} \quad (31)$$

Це можливо при

$$V_a^* = 3,6 \sqrt{0,5 \varphi g R} \quad (32)$$

або

$$V_a^* = 3,6 \sqrt{0,5 \varphi g R} = 25 \varphi R, \text{ [км/год]}. \quad (33)$$

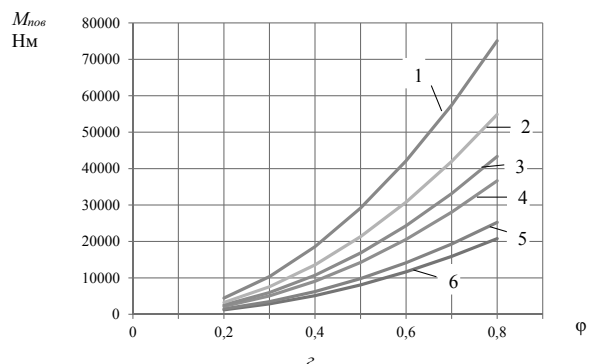
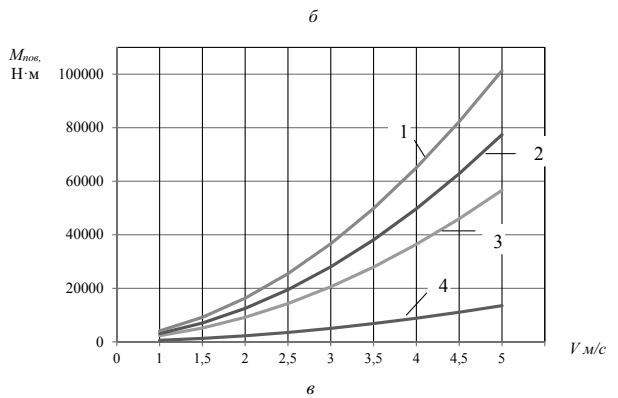
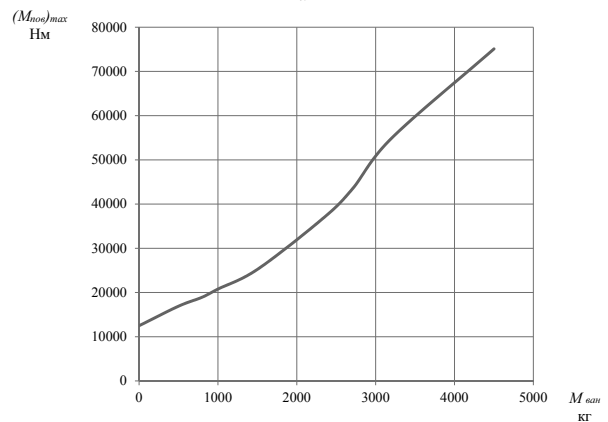
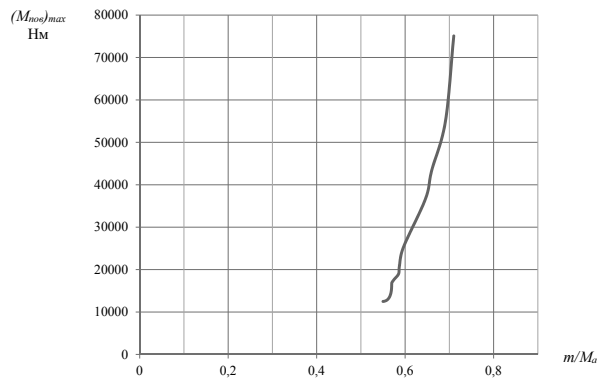


Рис.1. Залежність максимального повертаючого моменту $(M_{нов})_{max}$:
 a – від відношення m/M_a автомобіля ГАЗ-3307 при $\varphi = 0,8$; $V_a = 3$ м/с;

b – від маси вантажу що перевозиться автомобілем ГАЗ-3307 при $\Phi = 0,8$; $V_a = 3$ м/с;
 v – від швидкості V автомобіля ГАЗ-3307 при різних коефіцієнтах зчеплення: 1 – $\Phi = 0,8$; 2 – $\Phi = 0,7$; 3 – $\Phi = 0,6$; 4 – $\Phi = 0,3$; $M_a = 4000$ кг; $M_{ван} = 2340$ кг;
 z – від коефіцієнта зчеплення Φ автомобіля ГАЗ-3307 при різних значеннях $M_{ван}$ автомобіля: 1 – 4500 кг; 2 – 3200 кг; 3 – 2700 кг; 4 – 2335 кг; 5 – 1500 кг; 6 – 1000 кг.

Порівнюючи вирази (29) і (33), можна зробити висновок про те, що максимум-максимумів повертаючого моменту знаходиться за границею його реальних значень, оскільки $V_a^* > (V_{a_{max}})_{cm}$.

Аварійний розворот автомобіля повинен здійснюватися з мінімальним радіусом. Мінімальний радіус

$$R_{min} = \frac{B}{2}. \quad (34)$$

Після підстановки (34) в (29) отримаємо

$$(V_{a_{max}})_{cm} = 8\sqrt{\varphi B} \quad [\text{км/год}]. \quad (35)$$

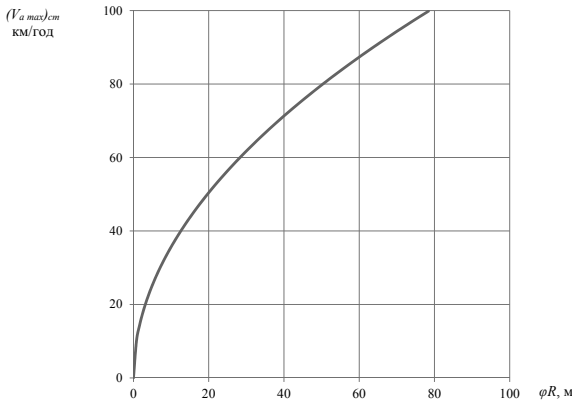


Рис. 2. Залежність $(V_{a_{max}})_{cm} = f(\varphi R)$

На рис. 3 показаний графік залежності $(V_{a_{max}})_{cm} = f_1(\varphi B)$.

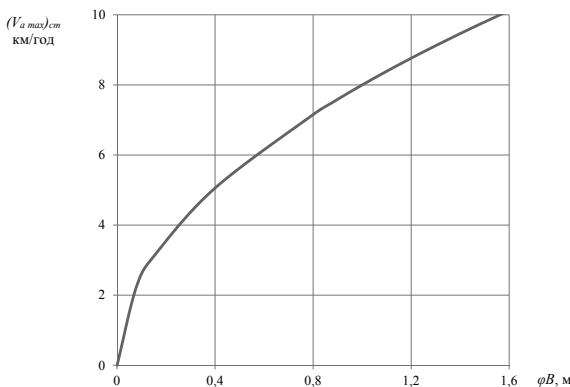


Рис. 3. Залежність $(V_{a_{max}})_{cm} = f_1(\varphi B)$

При криволінійному русі автомобіля існує співвідношення

$$R = \frac{V_a}{\omega_z}, \quad (36)$$

де ω_z – кутова швидкість автомобіля відносно вертикальної осі

Вираз (22) з урахуванням (36) прийме вид

$$(M_{нов})_{max} = mV_a \omega_z h \frac{\varphi^2 R_z - \frac{m}{g} V_a^2 \omega_z^2}{M_a V_a + P_c}; \quad (37)$$

при виконанні умов $R'_z = P'_{cy}$ і $R'_z = P'_{cy}$ величина

$$R_x = \sqrt{\varphi^2 R_z^2 - R_y^2} = \sqrt{\varphi^2 R_z^2 - m^2 V_a^2 \omega_z^2}. \quad (38)$$

У цьому випадку рівняння (37) прийме вигляд

$$(M_{нов})_{max} = mV_a \omega_z h \frac{\varphi^2 R_z - \frac{m}{g} V_a^2 \omega_z^2}{\sqrt{\varphi^2 R_z^2 - m^2 V_a^2 \omega_z^2}}. \quad (39)$$

Таким чином, граничний за умовою зчеплення ведучих коліс з дорогою повертаючий момент змінюється в процесі повороту в залежності від лінійної V_a і кутової ω_z швидкостей автомобіля в площині дороги.

Лінійне прискорення автомобіля може бути визначено за допомогою рівнянь (18) і (38) (при одному ведучому мосту автомобіля)

$$\left(\frac{dV_a}{dt}\right) = \sqrt{\frac{\varphi^2 R_z^2}{M_a} - V_a^2 \omega_z^2} - \frac{P_c}{M_a}; \quad (40)$$

кутове прискорення автомобіля в площині дороги при жорстких в бічному напрямку колесах

$$\left(\frac{d\omega_z}{dt}\right)_{max} = \frac{(M_{нов})_{max} - M_{on}}{I_{z_c}}; \quad (41)$$

де M_{on} – момент опору повороту автомобіля; I_{z_c} – момент інерції автомобіля відносно центральної вертикальної осі.

Після підстановки (39) в (41) отримаємо

$$\left(\frac{d\omega_z}{dt}\right)_{max} = \frac{mV_a \omega_z h}{I_{z_c}} \frac{\varphi^2 R_z - \frac{m}{g} V_a^2 \omega_z^2}{\sqrt{\varphi^2 R_z^2 - m^2 V_a^2 \omega_z^2}} - \frac{M_{on}}{I_{z_c}}; \quad (42)$$

При еластичних в бічному напрямку колесах

$$\left(\frac{d\omega_z}{dt}\right)_{max} = \frac{(M_{нов})_{max} - M_{on}}{I_{z_m}}; \quad (43)$$

де I_{z_m} – момент інерції автомобіля відносно вертикальної осі, що проходить через центр пружності автомобіля [3],

$$I_{z_i}^2 = I_{z_n}^2 + M_a H^2; \quad (44)$$

H – координата центра пружності автомобіля [3],

$$H = \frac{aC_{y_1} - bC_{y_2}}{C_{y_1} + C_{y_2}}; \quad (45)$$

C_{y_1} ; C_{y_2} – сумарні бічні жорсткості коліс передньої і задньої осей автомобіля;

a ; b – відстань від передньої і задньої осей автомобіля до проекції центра мас на горизонтальну площину, що проходить через ці осі.

Рівняння (43) з урахуванням (39), (44) і (45) набуде вигляду

$$\left(\frac{d\omega_z}{dt}\right)_{\max} = \frac{m}{M_a} \frac{V_a \omega_z h}{i_z^2 + \frac{aC_{y1} - bC_{y2}}{C_{y1} + C_{y2}}} \frac{\varphi^2 R_z - \frac{m}{g} V_a^2}{\sqrt{\varphi^2 R_z - m^2 V_a^2 \omega_z^2}} - \frac{\frac{M_{on}}{M_a}}{i_z^2 + \frac{aC_{y1} - bC_{y2}}{C_{y1} + C_{y2}}}, \quad (46)$$

де i_z – радіус інерції автомобіля відносно вертикальної осі,

$$i_z = \sqrt{\frac{I_{z_c}}{M_a}}. \quad (47)$$

Спільне рішення диференціальних рівнянь (40) і (46) дозволить визначити величини ω_z і V_a , що є граничними за умовою зчеплення ведучих коліс автомобіля з дорогою. Визначивши їх, можна за допомогою співвідношення (35) знайти радіус повороту машини R .

Висновки. Граничний за умовою зчеплення ведучих коліс з дорогою повертаючий момент змінюється в процесі повороту в залежності від лінійної V_a і кутової ω_z швидкостей автомобіля в площині дороги.

Отримані аналітичні вирази дозволяють вперше визначити:

- граничну лінійну швидкість автомобіля за умовою стійкого повороту динамічним або комбінованим способом;
- лінійну швидкість автомобіля, при якій забезпечується максимальний повертаючий момент при повороті динамічним або комбінованим способом;
- величини лінійного і кутового прискорення, що є граничними за умовою зчеплення ведучих коліс автомобіля з дорогою.

1. Подригало, М. А. Новое в теории эксплуатационных свойств автомобилей и тракторов [Текст] / М. А. Подригало. – Харьков : Изд-во Академии ВВ МВС Украины, 2013. – 222 с.
2. Маневренность и тормозные свойства колесных машин [Текст] / М. А. Подригало, В. П. Волков, В. И. Кирчатый [и др.] ; под ред. М. А. Подригало. – Харьков : Изд-во ХНАДУ, 2003. – 403 с.
3. Бобошко, А. А. Підвищення маневреності колісних тракторів і самохідних шасі [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.02. – Харків, 2002. – 19 с.
4. Петрушов, В. А. Особенности поворота колесных самоходов типа 4 x 4 с неповоротными колесами [Текст] / В. А. Петрушов. – М. : НАМИ, 1959. – 56 с.
5. Kamm. W Kraftwagen und Stkabe in ihrer Wechselwirkung (Motor vehicle and Road in their Interaction); VDI – Verlag, Berlin, Motor Vehicle Conference, 1934.
6. Стабильность эксплуатационных свойств колесных машин [Текст] / М. А. Подригало, В. П. Волков, В. А. Карпенко [и др.] ; под ред. М. А. Подригало. – Харьков : Изд-во ХНАДУ, 2003 – 614 с.

Рецензент А. П. Кондратенко, д-р техн. наук, проф.,
Національна академія Національної гвардії України

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ

Стаття подається в одному примірнику друкованого тексту на білому папері формату А4 у редакторі Microsoft Word шрифтом Times New Roman, розмір літер – 12 пт, стиль – normal (звичайний), міжрядковий інтервал – 1.2, абзац з відступом 8 мм, інтервал перед та після абзацу – 0 пт, параметри сторінки: зліва – 30 мм, справа – 15 мм, зверху та знизу – 20 мм, від краю до верхнього колонтитула – 15 мм, до нижнього – 25 мм; сторінки без нумерації.

Наукова праця має бути підписана авторами на звороті останнього аркуша та якісно відредагована.

До статті додаються: **акт експертизи** про можливість відкритого опублікування; **витяг з протоколу** засідання науково-технічної ради установи (підрозділу) з обґрунтуванням доцільності опублікування роботи; **рецензія** за підписом провідного вченого у даному напрямі наукових досліджень – доктора наук; **дані про авторів** із зазначенням прізвища (великими літерами), імені та по батькові (повністю), наукового ступеня, вченого звання, посади або професії, наукових інтересів (обов'язково), домашньої адреси, контактного телефону, факсу, e-mail.

Разом зі статтею подається її електронний варіант (по e-mail, на CD або дискеті 3,5") з файлами, які містять текст статті українською мовою, анотацію українською, російською, англійською мовами, а також дані про авторів.

ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ РУКОПИСУ

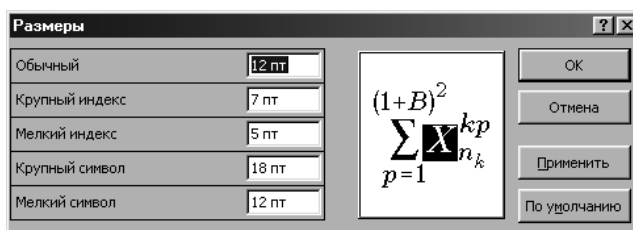
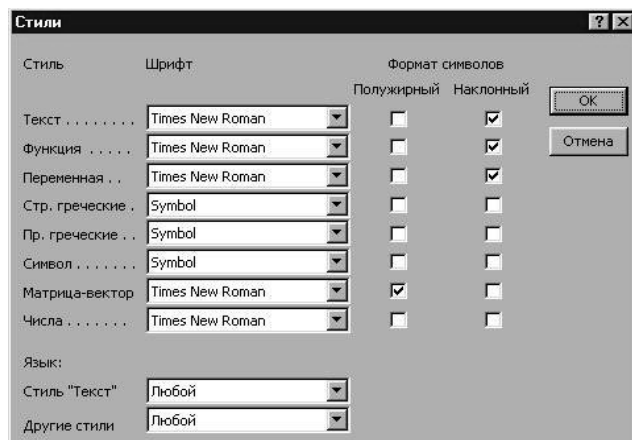
1. Індекс УДК зазначається у лівому верхньому куті перед відомостями про авторів.

2. Ініціали та прізвища авторів – у правому куті (без наукового ступеня та вченого звання, шрифт напівжирний, без нахилу і підкреслювань).

3. Назва статті друкується великими літерами (шрифт напівжирний, без нахилу і підкреслювань) по центрі аркуша без переносів і відокремлюється від тексту одним вільним рядком зверху та знизу.

4. Анотація українською мовою друкується курсивом під назвою статті й відокремлюється від заголовка та тексту одним вільним рядком, анотації російською й англійською мовами друкуються після списку літератури.

5. Формули у статтях повинні бути надруковані за допомогою редактора формул *Equation Editor*. Усі параметри в статтях мають повністю відповідати наведеним нижче формам:



Усі формули розміщують у таблиці без обрамлення, по центрі, без абзацу. Номер формули зазначається по середині висоти другої колонки з виключкою вправо.

Усі буквені позначення у формулах та рисунках, а також у тексті статті повинні бути однакові за розміром і гарнітурою. Допускаються виділення напівжирним шрифтом, курсивом та підкреслювання за бажанням автора.

6. Рисунки до статті потрібно виконувати у редакторі Microsoft Word за допомогою функції «Створити малюнок». Не допускаються рисунки, оформлені як растрові зображення або такі, що не піддаються редагуванню. Усі текстові написи на рисунках слід робити тільки в кадрах або текстових рамках. Розміри рисунка не повинні виходити з рамки полів.

7. Стандартні таблиці слід виконувати в редакторі Microsoft Word. Вони повинні мати короткий заголовок.

8. Список літератури подається загальним списком у кінці рукопису та складається відповідно до посилань на літературні джерела в тексті. Бібліографічний опис оформлюється згідно з ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 «Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання».

Необхідно дотримуватися вимог ВАК України щодо оформлення статей, п. 3 постанови від 15.01.03 № 7-05/1. Структура наукової статті повинна мати такі елементи: **постановка проблеми, огляд останніх досліджень і публікацій** з цієї проблеми; **формулювання завдання дослідження; виклад основного матеріалу дослідження** з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; **висновки; список використаних джерел**.

Редакція не несе відповідальності за зміст наукової праці та залишає за собою право відмови від опублікування статей, що не відповідають проблематиці журналу й умовам оформлення матеріалів.

Статті приймаються за адресою: 03049, м. Київ, пр-т Повітрофлотський, 28, Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України.

Телефон для довідок: (044) 271-08-78 (дод. 2-13-78).
E-mail: cndi_ovt@mil.gov.ua

Формат 60 x 84 1 / 8. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Друк офсетний. Обсяг 4,16 ум. др. арк., 7,00 обл.-вид. арк.
Наклад 300 прим. Зам. № 1538.

Видавничий дім Дмитра Бурого
Свідоцтво про внесення до державного реєстру
ДК № 2212 від 13.06.2005 р.
04080, Україна, м. Київ-80, а / с 41
Тел. / факс: (044) 227-38-28, 227-38-48; **e-mail:** info@burago.com.ua,
site: www.burago.com.ua