

І. Л. Страшний, І. М. Тіхонов, А. І. Нікорчук

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ТЯГОВО-ШВИДКІСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАЗЕМНОГО КОЛІСНОГО РОБОТА З ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЮ ТРАНСМІСІЄЮ

Сформовано методику визначення тягових характеристик наземного колісного робота з електромеханічною трансмісією і встановлено основні показники його тягово-швидкісних властивостей. Методика охоплює низку таких послідовних етапів: визначення необхідної потужності двигуна внутрішнього згорання; визначення параметрів тягового електродвигуна; визначення передатного числа механічної коробки передач; розрахунок і побудова тягової характеристики та динамічної характеристики; визначення прискорювальних характеристик робота. Запропонована методика дає змогу швидко і з достатньою точністю визначати характеристики енергетичної установки й електромеханічної трансмісії наземного колісного робота, а також значення його тягово-швидкісних властивостей. Наведений підхід може бути використаний як на етапі проектування, так і під час попереднього оцінювання ефективності машин, що пропонуються до прийняття на озброєння.

Ключові слова: наземний колісний робот, електромеханічна трансмісія, тягово-швидкісні властивості, методика.

Постановка проблеми. Одним із напрямів розвитку озброєння і тактики його застосування у сучасній війні є використання на полі бою наземних колісних роботів – дистанційно керованих або частково автономних платформ, здатних виконувати бойові та (або) логістичні завдання без безпосередньої присутності людини. Досвід бойових дій Сил оборони України свідчить, що наземні колісні роботи фактично стали невід’ємним елементом сучасної війни. Їхнє масове впровадження змінює тактику бою, робить його більш технологічним і безпечнішим для людини. Водночас є також і проблеми: обмежений запас ходу через відносно короткий час роботи автономного джерела живлення, обмежена прохідність на місцевості зі складними рельєфом і фізико-механічними властивостями опорної поверхні, недостатня стійкість систем зв’язку в умовах радіоелектронної боротьби та ін.

Результати проведеного аналізу конструкції наземних роботів свідчать, що тип силової установки і будова трансмісії суттєво залежать від призначення та вагових і габаритних характеристик робота. Роботи, які мають відносно невеликі габарити й масу, оснащуються електричним приводом від хімічного джерела живлення, що забезпечує їм достатні ходові якості та відповідні маскувальні властивості. Однак поряд із визначеними перевагами електричний привод має й певні недоліки, зокрема обмежений запас ходу, який за певних кліматичних умов та умов руху може спричинити навіть небойову втрату робота. Іншим відносно негативним чинником може бути необхідність мати у зоні застосування робота потужні електричні зарядні пристрої, що в умовах інтенсивної вогневої протидії противника може бути складно забезпечити. Роботи зі збільшеними габаритами й масою мають кращі тактико-технічні характеристики, але й потребують більш потужних силових установок. У цьому випадку найчастіше застосовують силові установки з двигуном внутрішнього згорання та електромеханічною трансмісією. За сучасною термінологією таку силову установку називають гібридною. У разі її застосування зростають тягові характеристики машини, збільшуються бойовий радіус, тривалість автономної дії та прохідність. Особливо важливим чинником це може бути для наземних роботів логістичного призначення та важких бойових роботів.

У найбільш доцільному для наземного колісного робота варіанті електромеханічна трансмісія складається з електричного генератора, що приводиться в дію від двигуна внутрішнього згорання, електричних мотор-колес та накопичувача електричної енергії. У простішому і дешевшому варіанті трансмісія може бути реалізована й без накопичувача енергії. Електромеханічна трансмісія, крім уже зазначених переваг, також дає змогу використовувати потенційну енергію розгону машини для електродинамічного гальмування з рекуперацією гальмівної енергії.

Оцінювання тягово-швидкісних властивостей наземного колісного робота з електромеханічною трансмісією потребує відповідної методики. Така методика може використовуватись як на етапі проектування колісного робота, так і під час оцінювання показників тягово-швидкісних властивостей

машин, що в ініціативному порядку пропонуються розробниками для прийняття на озброєння.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основними джерелами інформації за темою дослідження на сьогодні є інтернет-видання, наукові статті у відкритих джерелах та доступні патентно-інформаційні матеріали.

У Доктрині Головнокомандувача ЗС України [1] визначено загальну роль безпілотних систем і комплексів, зокрема наземних, у підвищенні бойового потенціалу Сил оборони України, забезпеченні технологічної переваги та створенні потужного асиметричного інструменту для протидії ворогу, а також наголошено на необхідності реалізації системного підходу до застосування безпілотних комплексів на стратегічному, оперативному та тактичному рівнях з метою забезпечення максимального ефекту і завдання втрат противнику.

У монографії [2] поряд з іншими питаннями акцентується увага на використанні роботизованих наземних платформ для вирішення логістичних завдань, зокрема доставляння боєприпасів та іншого обладнання і забезпечення логістичної підтримки військ в умовах бойових дій без ризику для особового складу. Цілком доцільно припустити, що для ефективного виконання цих завдань наземні колісні роботи повинні мати відносно високі середню швидкість руху, прохідність та вантажопідйомність, великий радіус дії, а отже, й відносно велику масу. Аналіз наведеної в інтернет-виданнях [3–6] інформації свідчить, що в конструкції наземних логістичних і багатофункціональних колісних роботів повною масою від 1,5 т до 15 т, як прийнятих на озброєння, так і перспективних, використовується електромеханічна трансмісія. У статті [7] обґрунтовано використання гібридної силової установки з електромеханічною трансмісією й у конструкції бойових наземних роботів важкого класу і визначено, що застосування гібридних силових установок є загальносвітовою тенденцією розвитку середніх і важких наземних роботизованих комплексів; це може забезпечити високі бойові якості й приховану роботу в зоні безпосереднього зіткнення з противником. У статті [8] з достатньою повнотою обґрунтовується конструкція наземного колісного робота з гібридною трансмісією. Однак у складі силової установки пропонується використовувати гідростатичну трансмісію, яка хоч і має компонувальні і тягові властивості, що їх можна порівняти з відповідними властивостями електромеханічної трансмісії, проте забезпечує меншу швидкість руху.

Необхідну для виконання дослідження інформацію про загальні вимоги до конструкції трансмісії наземних транспортних засобів, конструктивні рішення щодо їх забезпечення та типові конструкції трансмісій наведено у працях [9, 10]. У статті [11] розглянуто сучасні трансмісії багатовісних машин. У монографії [12] проаналізовано особливості будови автомобілів з гібридною силовою установкою, розглянуто електричні системи та комплекси гібридного автомобіля, надано загальні відомості про електромеханічну трансмісію та описано математичну модель гібридного автомобіля. Концептуальні основи формування гібридного приводу автомобіля високої прохідності та методичні рекомендації щодо визначення його базових параметрів розглянуто у статтях [13, 14]. У праці [15] зазначено основні показники тягово-швидкісних властивостей автомобіля, сформульовано зміст і наведено послідовність їх розрахунку, а також визначено вплив конструктивних та експлуатаційних чинників на тягово-швидкісні властивості. У статті [16] запропоновано графоаналітичний метод оцінювання тягової динамічності військових автомобілів, в основу якого покладено метод порівняння тягової сили, що її розвиває автомобіль на ведучих колесах, із силами опору, які виникають під час руху. Окремі положення запропонованої у статті [17] методики розрахунку параметрів електромобіля, що логічно поєднує електричні та механічні параметри, можна використати для визначення основних параметрів електричної частини електромеханічної трансмісії наземного колісного робота. Загалом аналіз досліджень і публікацій надає достатню кількість інформації, необхідної для визначення змісту і доцільних методів дослідження.

Метою статті є формування методики тягового розрахунку наземного колісного робота з електромеханічною трансмісією та визначення основних показників його тягово-швидкісних властивостей.

Виклад основного матеріалу. Дослідження виконано для повнопривідного наземного робота логістичного призначення, який рухається прямолінійно вздовж координати X нерухомої системи координат XOZ . Рух відбувається під дією сил і моментів, створюваних джерелом енергії та навколишнім середовищем (рисунок 1).

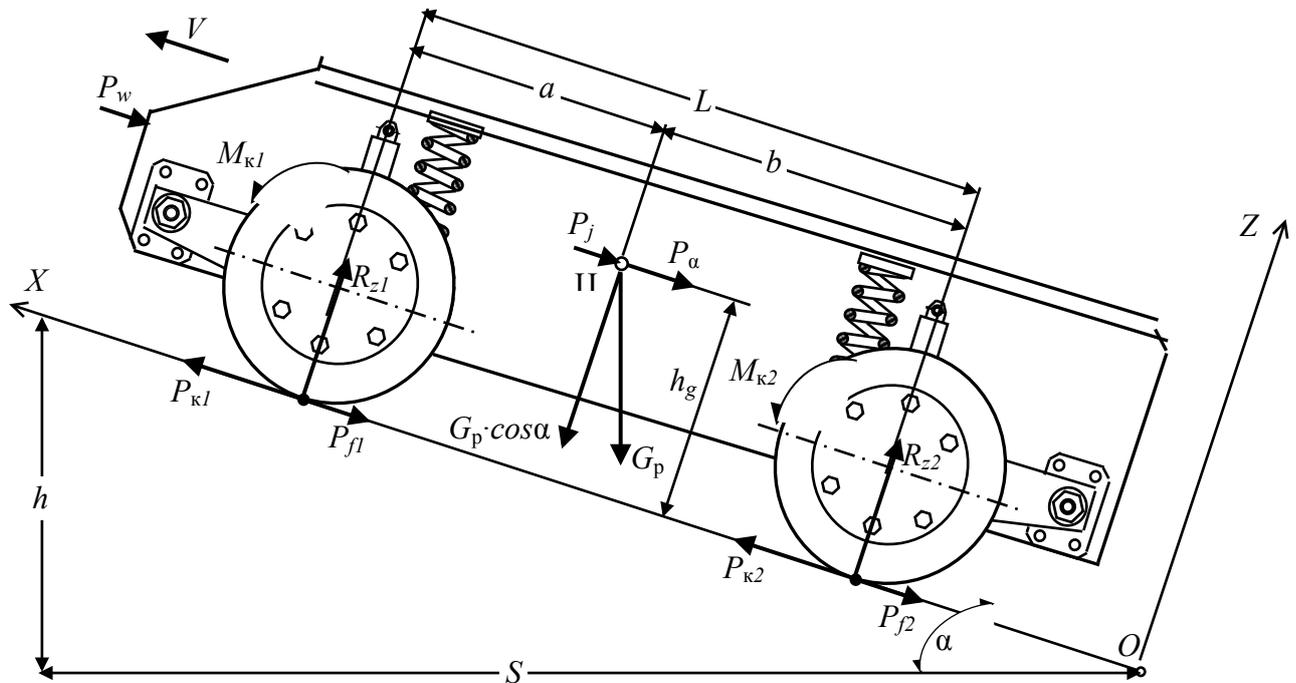


Рисунок 1 – Сили і моменти, що діють на колісний робот під час руху

На цьому рисунку позначено: P_{k1} , P_{k2} – тягові сили на ведучих колесах; P_{f1} , P_{f2} – сили опору коченню; P_{α} – сила опору підйому; P_j – сила опору розгону; P_w – сила опору повітря; R_{z1} , R_{z2} – вертикальні реакції опорної поверхні; G_p – повна вага робота; M_{k1} , M_{k2} – крутні моменти на ведучих колесах; L – колісна база робота; ЦВ – центр ваги.

Джерело енергії встановлене на платформі і складається із двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) та генератора електричної енергії. Енергія генератора передається на тягові електродвигуни і перетворюється у механічну енергію, яка через механічні редуктори подається на ведучі колеса. У разі використання електричних мотор-колес механічний редуктор є елементом їх конструкції. Для підвищення живучості і зменшення невіднесених мас колісного робота військового призначення тягові електродвигуни і редуктори можуть бути розміщені всередині захищеного корпусу. За такої умови крутний момент на ведучі колеса передається карданною передачею.

Методика дослідження охоплює низку послідовних етапів, змістом яких є визначення основних параметрів силової установки наземного колісного робота та розрахунок значень показників його тягово-швидкісних властивостей.

Визначення потужності ДВЗ. Максимальну потужність ДВЗ визначаємо з умови забезпечення заданої максимальної швидкості руху V_{\max} під час сталого руху по горизонтальній дорозі ($P_j = 0$, $P_{\alpha} = 0$). У цьому разі рівняння балансу потужностей має такий вигляд:

$$N_k + N_f + N_w = 0, \quad (1)$$

де N_k – потужність на ведучих колесах;

N_f – потужність, необхідна для подолання опору коченню;

N_w – потужність, необхідна для подолання опору повітря.

Потужність на ведучих колесах визначається за формулою

$$N_k = N_{\text{двз}} \times (1 - k_d) \times \eta_e \times \eta_m, \quad (2)$$

де $N_{\text{двз}}$ – потужність ДВЗ;

k_d – коефіцієнт використання потужності на привод додаткового обладнання ДВЗ і функціонування систем управління колісного робота;

η_e – коефіцієнт корисної дії електричної частини трансмісії;

η_m – коефіцієнт корисної дії механічної частини трансмісії (редуктора мотор-колес).

Виконавши необхідні перетворення і підставивши відомі вирази для P_f і P_w [15], отримаємо

максимальну потужність ДВЗ (у ватах):

$$N_{\text{двз.макс}} = \frac{V_{\text{макс}} \times (m_p \times g \times \gamma_v + F_p \times k_w \times V_{\text{макс}}^2)}{h_e \times \eta_m \times (1 - k_d)}, \quad (3)$$

де m_p – повна маса робота, кг;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

γ_v – коефіцієнт опору дороги за максимальної швидкості;

F_p – лобова площа (площа міделя) робота, м²;

k_w – коефіцієнт опору повітря, Н·с²/м⁴.

На горизонтальній дорозі $\gamma_v = f$, де f – коефіцієнт опору коченню, довідкова величина для заданих типу і стану дорожнього покриття. У разі руху на підйом $\gamma_v = f + i$, де $i = h / S = \text{tga}$ – позовжній ухил дороги.

Визначення параметрів тягового електродвигуна. Потужність тягового електродвигуна, необхідну для забезпечення руху робота зі швидкістю $V_{\text{макс}}$, визначаємо за формулою

$$N_{\text{ед.макс}} = \frac{N_{\text{двз.макс}} \times \eta_e \times (1 - k_d)}{l_{\text{ед}}}, \quad (4)$$

де $l_{\text{ед}}$ – кількість тягових електродвигунів у трансмісії робота (для трансмісії з мотор-колесами $l_{\text{ед}}$ дорівнює кількості ведучих коліс).

У разі проектування колісного робота за результатами розрахунку необхідно вибрати тяговий електродвигун із доступного модельного ряду та визначити його довідкові характеристики: номінальну потужність $N_{\text{ед.ном}}$, кВт; максимальний крутний момент електродвигуна $M_{\text{ед.макс}}$, Нм; максимальну частоту обертання вала електродвигуна $n_{\text{ед.макс}}$, об/хв. Далі необхідно визначити номінальну ω_1 і максимальну ω_2 кутові швидкості вала електродвигуна (у радіанах за секунду) за формулами:

$$\omega_1 = \frac{N_{\text{ед.ном}} \times 10^3}{M_{\text{ед.макс}}}; \quad \omega_2 = \frac{2\pi \times n_{\text{ед.макс}}}{60}. \quad (5)$$

Для побудови тягової і динамічної характеристик колісного робота необхідно знати характеристику зміни крутного моменту електродвигуна у діапазоні кутових швидкостей $0 \leq \omega \leq \omega_2$, де ω – поточне значення кутової швидкості. Для тягових електродвигунів ця характеристика описується виразом

$$M_{\text{ед}}(\omega) = \begin{cases} M_{\text{ед.макс}}, & \text{якщо } 0 \leq \omega \leq \omega_1, \\ M_{\text{ед.макс}} \times \frac{\omega_1}{\omega}, & \text{якщо } \omega_1 \leq \omega \leq \omega_2, \\ 0 & \text{якщо } \omega > \omega_2. \end{cases} \quad (6)$$

Потужність електродвигуна у діапазоні $0 \leq \omega \leq \omega_2$ визначається за формулою

$$N_{\text{ед}}(\omega) = M_{\text{ед}}(\omega) \times \omega. \quad (7)$$

Отже, у діапазоні кутових швидкостей $0 \dots \omega_1$ крутний момент електродвигуна залишається максимальним, а потужність лінійно наростає від нуля до $N_{\text{ед.ном}}$. У діапазоні кутових швидкостей $\omega_1 \dots \omega_2$ крутний момент зменшується за гіперболічним законом, а потужність залишається постійною на рівні $N_{\text{ед.ном}}$.

Визначення передатного числа механічного редуктора і крутного моменту на ведучих колесах. Передатне число механічного редуктора мотор-колеса визначаємо з умови забезпечення заданої максимальної швидкості руху за максимальної кутової швидкості ω_2 вала електродвигуна:

$$i_{\text{мр}} = (\omega_2 \times r_k) / V_{\text{макс}}, \quad (8)$$

де r_k – радіус колеса, м.

Сумарний крутний момент на ведучих колесах визначається за формулою

$$M_{\kappa}(\omega) = M_{\text{ед}}(\omega) \times_{\text{ед}} \times_{\text{мр}} \times_{\text{м}}. \quad (9)$$

Розрахунок і побудова тягової характеристики колісного робота. Тягова характеристика являє собою графічну залежність тягової сили на ведучих колесах P_{κ} від швидкості руху V . Характеристика $P_{\kappa} = f(V)$ розраховується для сталого руху робота, тобто за умови, якщо $dV / dt = 0$. Для колісного робота з електромеханічною трансмісією значення P_{κ} розраховується за формулою

$$P_{\kappa}(\omega) = M_{\kappa}(\omega) / r_{\kappa} = (M_{\text{ед}}(\omega) \times_{\text{ед}} \times_{\text{мр}} \times_{\text{м}}) / r_{\kappa}. \quad (10)$$

Швидкість руху робота (у метрах за секунду) визначається за допомогою формули

$$V(\omega) = (\omega \times_{\kappa}) / u_{\text{мр}}. \quad (11)$$

На рисунку 2 наведено тягову характеристику робота з електромеханічною трансмісією, що розрахована за формулами (3)–(11) для логістичного робота повною масою 1,7 т і максимальною швидкістю 30 км/год.

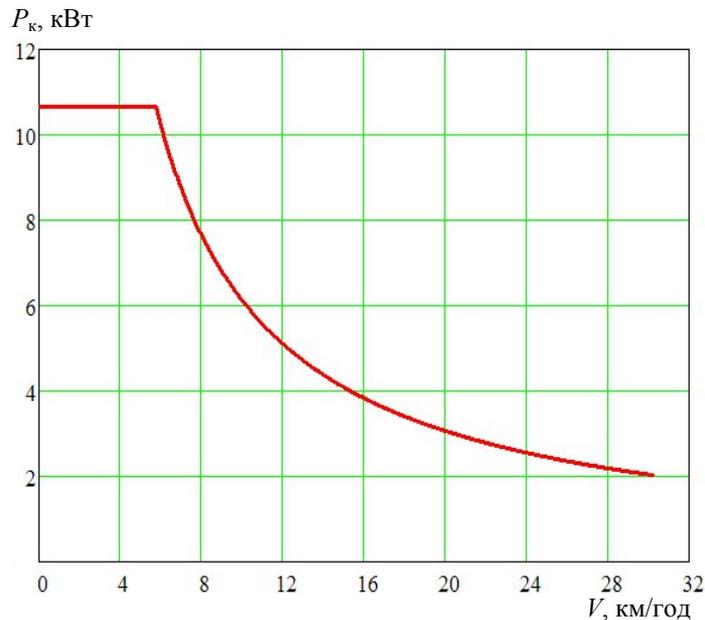


Рисунок 2 – Тягова характеристика

Розрахунок і побудова динамічної характеристики робота. Динамічна характеристика являє собою графічну залежність динамічного фактора D від швидкості руху: $D = f(V)$. Динамічний фактор є безрозмірною величиною, яка характеризує потенційні можливості колісного робота з подолання сумарного опору дороги та можливість його прискорення у заданих дорожніх умовах. Динамічний фактор визначається за формулою

$$D(\omega) = \frac{M_{\text{ед}}(\omega) \times_{\text{ед}} \times_{\text{мр}} \times_{\text{м}} - F_{\text{р}} \times_{\text{w}} [V(\omega)]^2}{m_{\text{р}} \times g}. \quad (12)$$

Динамічну характеристику колісного робота із зазначеними вище характеристиками маси і максимальної швидкості подано на рисунку 3.

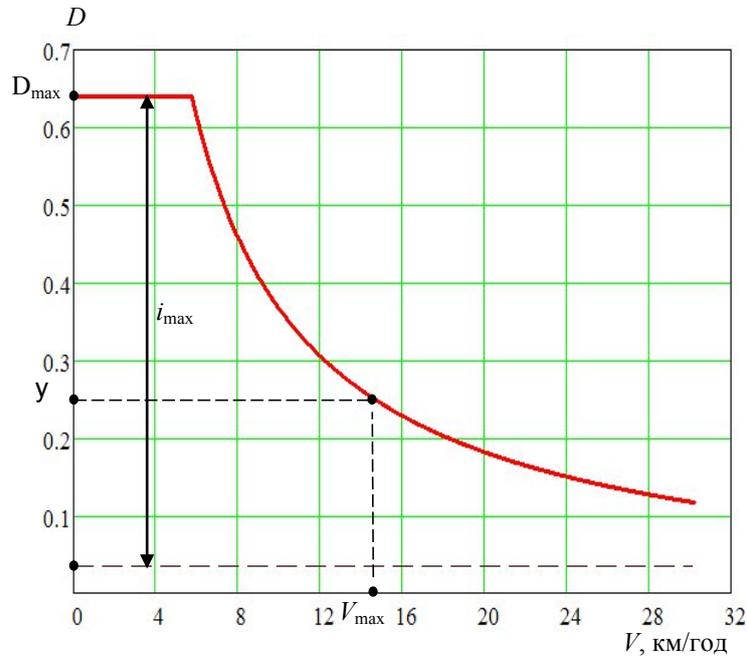


Рисунок 3 – Динамічна характеристика

Із використанням динамічної характеристики можна визначити такі показники тягово-швидкісних властивостей колісного робота: максимальну швидкість V_{\max} робота у заданих дорожніх умовах, що визначаються коефіцієнтом опору дороги y (див. рисунок 3); динамічний фактор D_v , за максимальної кінематичної швидкості робота; максимальний динамічний фактор D_{\max} і відповідну йому мінімальну стійку швидкість руху; максимальний поздовжній ухил дороги i_{\max} , який робот може подолати на дорозі із заданим коефіцієнтом опору коченню f , та деякі інші показники.

Для наведеного прикладу максимальний поздовжній ухил на ґрунтовій дорозі $i_{\max} = D_{\max} - f = 0,64 - 0,035 = 0,605$.

Відповідно максимальний кут підйому, який може подолати робот на ґрунтовій дорозі, $\alpha_{\max} = \arctg(0,605) = 31^\circ$.

Визначення характеристик розгону робота. Прискорення, яке може розвивати колісний робот під час руху, визначається за формулою [15]

$$j = \frac{D - y}{d} \times \text{Equation.DSMT4} \quad (13)$$

де d – коефіцієнт урахування інерції обертових мас, який показує, у скільки разів енергія, витрачена на розгін колісного робота, більша за енергію, необхідну для розгону його поступально рухомих мас.

У загальному випадку для колісного робота з електромеханічною трансмісією цей коефіцієнт визначається за формулою

$$d = 1 + \frac{(J_{\text{я}} \times \eta_{\text{мр}} \times \eta_{\text{м}} + J_{\text{мр}}) \times \eta_{\text{ед}} + J_{\text{к}}}{r_{\text{к}}^2 m_{\text{р}}} \quad (14)$$

де $J_{\text{я}}$ – момент інерції якоря електродвигуна;

$J_{\text{мр}}$ – приведений до ведучого колеса момент інерції обертових мас редуктора;

$J_{\text{к}}$ – момент інерції коліс.

Якщо немає точних даних про моменти інерції $J_{\text{я}}$, $J_{\text{мр}}$ та $J_{\text{к}}$, то наближено можна прийняти, що

$d = (1,005 \dots 1,008) \frac{G_{\text{р}}}{G}$, де G – фактична вага колісного робота.

Час і шлях розгону колісного робота розраховуємо за формулами:

$$t_{\text{р}}(\omega) = V(\omega) / j(\omega); \quad S_{\text{р}}(\omega) = j(\omega) \times [t(\omega)]^2 \quad (15)$$

Графіки часу і шляху розгону колісного робота наведено на рисунку 4.

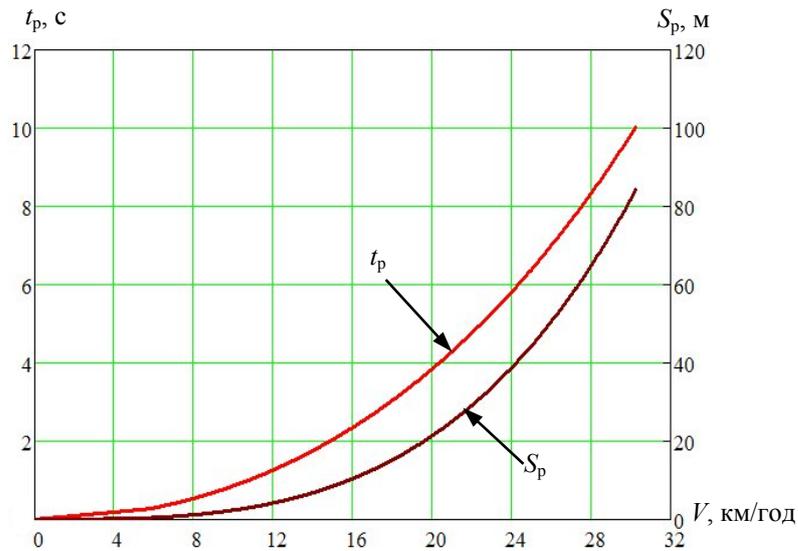


Рисунок 4 – Графіки часу і шляху розгону колісного робота

Графіки дають змогу визначити значення швидкості колісного робота у будь-який момент часу або на будь-якому метрі шляху розгону для прийнятих умов руху, а також розв'язувати обернену задачу. У наведеному прикладі час розгону завантаженого колісного робота до максимальної швидкості 30 км/год становить 10 с; шлях, що проходить колісний робот за час розгону до 30 км/год, – 85 м.

Зображені на рисунках 1, 2, 3 графіки побудовані за умови руху колісного робота по сухій горизонтальній ґрунтовій дорозі. У разі реалізації формульної схеми запропонованої методики у сучасному програмному математичному середовищі, наприклад Mathcad, можна з високою оперативністю виконувати дослідження тягово-швидкісних властивостей колісного робота за різних показників його маси і габаритів, характеристик силової установки й трансмісії та різноманітних умов руху.

Висновки

1. Електромеханічна трансмісія у порівнянні з електричною забезпечує більший запас ходу наземного колісного робота, його незалежність від наявності у бойових умовах електричних зарядних пристроїв, можливість приводу наземних роботів з більшою власною масою і, відповідно, з більшими бойовими можливостями.

2. Сформована методика дає змогу оперативно і з достатньою точністю визначати характеристики силової установки й електромеханічної трансмісії наземного колісного робота, а також значення показників його тягово-швидкісних властивостей. Методика може використовуватись як на етапі проектування колісного робота, так і під час оцінювання показників тягово-швидкісних властивостей машин, що в ініціативному порядку пропонуються розробниками для прийняття на озброєння.

У подальших дослідженнях передбачається аналіз показників плавності ходу наземного колісного робота.

Перелік джерел посилання

1. Застосування безпілотних систем у силах оборони України : Доктрина Головнокомандувача ЗС України від 01.01.2024 р. № 49/НВГШ. Київ : Генеральний штаб ЗСУ, 2024. 55 с.

2. Засади розвитку роботизованих систем в Збройних Силах України : монографія / В. Ф. Залужний та ін. ; за заг. ред. О. М. Семененка. Київ : 7БЦ, 2023. 348 с.

3. Згурець С. Допоможе вистояти та перемогти – в Україні представили керований ШІ багатофункціональний НРК VTAG. *DEFENSE EXPRESS*. URL: <https://surl.li/uskvvs> (дата звернення: 25.10.2025).

4. Згурець С. Війна дронів: Естонія представила безпілотну бойову машину Navos 8x8 RCV з зенітними ракетами, розробленими для України. *DEFENSE EXPRESS*. URL: <https://surl.li/uiyqfh> (дата

звернення: 25.10.2025).

5. HDT Hunter WOLF UGV. URL: <https://surl.li/lemnai> (дата звернення: 25.10.2025).

6. Ermine Lightweight Hybrid Vehicle Family, Germany. URL: <https://surl.li/ntpукс> (дата звернення: 25.10.2025).

7. Чепков І. Б., Довгополий А. С., Гусяков О. М. Концептуальні засади створення вітчизняних ударно-розвідувальних наземних роботизованих комплексів важкого класу. *Озброєння та військова техніка*. 2019. № 3 (23). С. 16–25.

8. Клішин В. М., Мазін С. П., Страшний І. Л. Нова конструкція шасі військового робота і визначення його основних параметрів. *Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України*. Харків, 2018. Вип. 1 (31). С. 35–40. DOI: <https://doi.org/10.33405/2409-7470/2018/1/31/138527>.

9. Страшний І. Л., Шабалін О. Ю. Основи конструкції автомобілів. Шасі : навч. посіб. Харків : НА НГУ, 2016. 205 с.

10. Страшний І. Л., Маренко Г. М., Горбунов А. П. Трансмсія вантажних автомобілів : навч. посіб. Харків : НА НГУ, 2020. 180 с.

11. Огляд сучасних трансмісій багатовісних транспортних засобів / В. Б. Самородов та ін. *Вісник НТУ «ХП»*. *Автомобіле- та тракторобудування*. Харків, 2012. Вип. 64 (970). С. 31–35.

12. Гібридні автомобілі : монографія / О. В. Бажинов та ін. Харків : ХНАДУ, 2008. 327 с.

13. Крайник Л., Кіхтан А., Кохан В., Волощук М. Концептуальні основи формування гібридного приводу автомобіля високої прохідності. *Військово-технічний збірник НАСВ ім. гетьмана П. Сагайдачного*. Львів, 2022. № 27. С. 10–18. DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.27.2022.10-18>.

14. Крайник Л., Кіхтан А., Габрієль Ю., Ужва А. Методичні засади визначення базових параметрів гібридного приводу автомобіля високої прохідності. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Агроінженерні дослідження*. Львів, 2023. № 27. С. 27–34. DOI: <https://doi.org/10.31734/agroengineering2023.27.027>.

15. Страшний І. Л., Горбунов А. П. Експлуатаційні властивості автомобілів : навч. посіб. Харків : Акад. ВВ МВС України, 2014. 94 с.

16. Кайдалов Р. О., Страшний І. Л., Калатинець О. В. Методи порівняльного оцінювання військових вантажних автомобілів за тяговою динамічністю. *Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України*. Харків, 2024. Вип. 2 (44). С. 69–78. DOI: <https://doi.org/10.33405/2409-7470/2024/2/44/319459>.

17. Мазанов В. Г., Мазін О. С., Горбунов А. П., Франков В. М. Нова конструкція військового електромобіля і методика визначення його основних параметрів. *Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України*. Харків, 2012. Вип. 1 (19). С. 5–11.

Стаття надійшла до редакції 05.11.2025 р.

UDC 623.1/.7

I. Strashnyi, I. Tihonov, A. Nikorchuk

METHODOLOGY FOR DETERMINING THE INDICATORS OF TRACTION- SPEED PROPERTIES OF A GROUND WHEELED ROBOT WITH AN ELECTROMECHANICAL TRANSMISSION

One of the directions of development of weapons and tactics of its application in modern warfare is the use of ground wheeled robots on the battlefield. The results of the analysis of the design of ground robots show that the type of power plant and the structure of the transmission significantly depend on the purpose and weight and dimensions characteristics of the robot. Robots with small dimensions and mass are equipped with an electric drive, which provides them with good running qualities and camouflage properties. Robots with increased dimensions and mass have better tactical and technical characteristics, but also require more powerful power plants. In this case, power plants with an internal combustion engine and an electromechanical transmission are most often used. In this case, the traction characteristics of the machine increase, the combat radius, the duration of autonomous action and cross-country ability increase.

The purpose of the article is to form a method for calculating the traction of a ground wheeled robot with

an electromechanical transmission and determine the main indicators of its traction-speed properties. The developed methodology includes a number of sequential stages: determining the required power of the internal combustion engine; determining the parameters of the traction electric motor; determining the gear ratio of the mechanical gearbox; calculating and constructing traction characteristic and dynamic characteristic; determining the acceleration characteristics of the robot. The developed methodology allows you to quickly and with sufficient accuracy determine the characteristics of the power plant and electromechanical transmission of a ground wheeled robot, as well as the values of its traction-speed properties. The methodology can be used both at the design stage of a wheeled robot and for evaluating the traction-speed properties of machines that are proposed by developers for adoption on an initiative basis.

Keywords: *ground wheeled robot, electromechanical transmission, traction-speed properties, methodology.*

Страшний Ігор Леонідович – кандидат військових наук, доцент, провідний науковий співробітник науково-дослідної лабораторії, Військовий інститут танкових військ НТУ «ХПІ»
<https://orcid.org/0000-0002-7517-3032>

Тіхонов Іван Митрофанович – кандидат військових наук, доцент, начальник факультету управління діями підрозділів танкових військ, Військовий інститут танкових військ НТУ «ХПІ»
<https://orcid.org/0000-0002-6747-015X>

Нікорчук Андрій Іванович – кандидат технічних наук, доцент, докторант, Національна академія Національної гвардії України
<https://orcid.org/0000-0003-2683-9106>