

технологий сушки древесины при условии обеспечения требуемого качества продукции. Реализована сформулированная математическая модель деформирования древесины при сушке, которая позволяет определить двумерное напряженно-деформированное состояние в условиях неизотермического влагопереноса, методом конечных элементов. Построен алгоритм метода конечных элементов для исследования двумерного анизотропного напряженно-деформированного состояния при сушке капиллярно-пористых материалов в упруговязкопластической области деформирования с учетом механико-сорбционной ползучести.

**Ключевые слова:** древесина, конвективная сушка, математическая модель, метод конечных элементов, тепломассоперенос, упруговязкопластическое состояние.

**Sokolovskyy Ya.I., Prusak Yu.V., Kroshnyy I.M. The Research of Timber Elastic-viscous-plastic State in the Drying Process**

The mathematical modelling of heat-mass transfer and elastic-viscous-plastic deformation processes based on mechanical-sorption creep in timber with variable anisotropic warm mechanical properties which has essential meaning for rational choice and justification timber drying of energy saving technologies that provided the required product quality was made. The mathematical model designed for the timber deformation during drying that allows defining a two-dimensional stress-strain state in non-isothermal and humidity transfer conditions, using a finite element method was implemented. The algorithm of the finite element method for researching two-dimensional anisotropic stress-strain state during drying of capillary-porous materials in elastic-viscous-plastic deformation area based on mechanical-sorption creep is built.

**Key words:** timber, convective drying process, mathematical model, the method of finite elements, heat and mass transfer, elastic-viscous-plastic state.

УДК 629.113:001.1(075)

*Проф. Ю.В. Шабатура, д-р техн. наук;  
ад'юнкт В.Д. Залипка – Академія сухопутних військ  
ім. гетьмана П. Сагайдачного, м. Львів*

**ОЦІНЮВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОХІДНОСТІ  
МОДИФІКОВАНИХ ВІЙСЬКОВИХ КОЛІСНИХ ЗАСОБІВ**

Отримано математичні моделі, що дають змогу оцінити та дослідити прохідність модифікованих військових колісних засобів. Проведено порівняльний аналіз прохідності традиційних військових колісних засобів та модифікованих, у якому визначено істотні переваги останніх, а саме: військові колісні засоби з новим принципом управління зміною напрямку руху без міжколісного диференціала, однозначно будуть мати підвищену прохідність, очевидно буде перевага модифікованих засобів перед традиційними під час криволінійного руху, оскільки зберігається одноколійність їх руху, також регульована зміна радіусу коліс дає змогу долати вищі перешкоди та усуває циркуляцію потужності.

**Ключові слова:** військові колісні засоби, прохідність, диференціал, зміна радіуса коліс.

**Вступ.** Військові частини і підрозділи Збройних сил України забезпечені великою кількістю озброєння та техніки різних типів та призначення. Визначальну роль у підтриманні їх бойового потенціалу і здатності оперативно вирішувати поставлені завдання сьогодні відіграють військові колісні засоби (ВКЗ). З огляду на це, особливо актуального значення набувають дослідження, пов'язані з розв'язанням задач підвищення їх експлуатаційних властивостей, зокрема прохідності. Пропонуємо розглянути можливість підвищення прохідності ВКЗ

за рахунок застосування нового методу управління зміною напрямку руху ВКЗ, в основі роботи якого лежить використання зміни ефективного діаметра коліс ВКЗ, причому для здійснення поворотів усі внутрішні колеса ВКЗ відносно кривизни траєкторії шляху зменшують в діаметрі, а всі зовнішні – відповідно збільшують [1]. У роботах [2-6] запропоновано та досліджено особливості конструкції ВКЗ із колесами змінного радіуса. Для такого ВКЗ нижче будемо вживати термін модифікований ВКЗ (МВКЗ). Оскільки ВКЗ, які мають високу прохідність, можуть чіткіше виконувати бойові завдання, тому тема таких досліджень є актуальною з наукового і практичного погляду.

**Аналіз попередніх досліджень і публікацій.** У попередніх роботах [2-6] розроблено теоретичні положення і практичні засади нового методу зміни напрямку руху ВКЗ, отримано аналітичні співвідношення, які дають змогу моделювати кінематику та динаміку руху модифікованих ВКЗ, виведено математичні моделі для визначення граничних параметрів руху та оцінено динамічні властивості системи управління напрямком руху модифікованих ВКЗ. Однак у цих роботах не виконані дослідження впливу нового методу управління зміною напрямку руху ВКЗ на прохідність таких колісних засобів.

**Метою статті** є проведення досліджень і формування основних теоретичних положень і практичних рішень, які дають змогу підвищити прохідність МВКЗ відносно їх традиційних аналогів.

**Основний матеріал.** Прохідність як експлуатаційна властивість ВКЗ визначає можливість його руху в погіршених умовах, бездоріжжям та під час подолання різноманітних перешкод [7]. Розрізняють профільну та опорно-зчіпну прохідність. Профільна прохідність залежить від геометричних параметрів ВКЗ і визначає здатність рухатися по нерівній поверхні. Опорно-зчіпну прохідність ВКЗ називають його здатність рухатися по слабких деформованих ґрунтах. Конструктивні особливості ВКЗ та характер його використання визначають його прохідність загалом. Під час опису показників прохідності ВКЗ завжди вказують клас прохідності (обмежена, підвищена і висока) та окремі показники (кути переднього та заднього звісу, радіуси поперечної та поздовжньої прохідності тощо). Рух по місцевості та механіка взаємодії колісного засобу із поверхнями різних типів залежить від численних параметрів, опис деяких із них можна знайти, наприклад, у роботах [7-9]. Впливають на прохідність конструктивні й експлуатаційні фактори. Так, наприклад, для зменшення опору коченню необхідно, щоб колія коліс усіх осей була однаковою, а тиск у контакті шин передніх коліс, які прокладають колію, був на 20-30 % менший, ніж задніх. Зменшення питомого тиску колеса на дорогу досягається зниженням внутрішнього тиску в шинах, збільшенням їх профілю і діаметра, збільшенням кількості осей і коліс ВКЗ. Наявність незалежної підвіски забезпечує кращу пристосованість коліс до нерівностей дороги, тобто більш повне використання ваги ВКЗ для збільшення зчеплення. Схема і тип трансмісії визначає плавність передачі крутного моменту від двигуна до ведучих коліс, що теж впливає на прохідність. Під час руху ВКЗ у поворотах та по нерівностях дороги, колеса проходять шлях різної довжини, тому для того, щоб не було проковзування шин, вони повинні обертатися з різними швидкостями. Колеса веденої осі обертаються

незалежно одне від одного, тому котяться без проковзування. У приводі до ведучих коліс застосовують міжколісні та міжосьові диференціали. Диференціал – механізм, що дає змогу колесам ведучої осі обертатися з різними швидкостями та підводить до них крутний момент. У трансмісії з однією ведучою віссю диференціал встановлюється між приводами коліс (півосями), тому його називають міжколісним. У повнопривідних ВКЗ (зі всіма ведучими колесами) він може знаходитися між ведучими осями (міжосьовий диференціал). Наявність міжколісного диференціала погіршує прохідність, оскільки максимальне тягове зусилля, що розвивається колесами осі, обмежується зчепленням колеса, що знаходиться на поверхні з найменшим коефіцієнтом зчеплення. Тобто, для прикладу, якщо в традиційному ВКЗ використовується нерегульована трансмісія з приводом на два ведучі колеса за схемою 4×2, а міжколісний диференціал не має ні часткового, ні повного блокування, то тягові зусилля такого засобу визначатимуться за співвідношенням:

$$F_{m1} = G_k K_{36} \zeta_{\min}, \quad (1)$$

де:  $G_k = G_{\text{вкз}}(1 - K_{36})$  – частина ваги ВКЗ, яка перерозподіляється на ведуче колесо,  $K_{36}$  – коефіцієнт зчіпної ваги, що визначає частку ваги ВКЗ на ведучому колесі,  $\zeta_{\min}$  – мінімальний коефіцієнт зчеплення, який існує між одним із двох ведучих коліс і поверхнею, по якій відбувається рух.

Для МВКЗ, який побудований за тією ж схемою 4×2 і в якого відсутній міжколісний диференціал, тягове зусилля будемо визначати за формулою

$$F_{m2} = G_{k1} K_{361} \zeta_1 + G_{k2} K_{362} \zeta_2, \quad (2)$$

де перший доданок відповідає величині тягового зусилля, яке забезпечує одне ведуче колесо, а другий доданок – відповідно інше ведуче колесо. Якщо вважати, що вага МВКЗ перерозподіляється на ведучі колеса симетрично, тобто коефіцієнти зчіпної ваги є рівними, то тягове зусилля визначиться так:

$$F_{m2} = G_{\text{вкз}}(1 - K_{36}) K_{36} (\zeta_1 + \zeta_2), \quad (3)$$

де  $\zeta_1, \zeta_2$  – коефіцієнти зчеплення обох коліс.

Рух військових колісних засобів переважно здійснюється у важких дорожніх умовах, тому велика ймовірність того, що ведучі колеса будуть попадати на ділянки поверхонь з різними значеннями коефіцієнтів зчеплення.

Для прикладу, визначимо такі параметри для традиційного і модифікованого зразків ВКЗ:  $G_{\text{вкз}} = 3500$  кг;  $K_{36} = 0,5$ ;  $\zeta_1 = 0,4$ ;  $\zeta_2 = 0,8$ . Для традиційного ВКЗ отримаємо  $F_{m1} = 3500(1 - 0,5)0,5 \cdot 0,4 = 350$  Н, для модифікованого ВКЗ –

$$F_{m2} = 3500(1 - 0,5)0,5(0,4 + 0,8) = 1050 \text{ Н.}$$

Отже, якщо тягове зусилля від двигуна не розподіляти між ведучими колесами за допомогою диференціала, а передавати його напряму до цих коліс, без диференціала, то прохідність такого ВКЗ однозначно повинна зрости, тому, що тягове зусилля буде визначатися сумою коефіцієнтів зчеплення обох ведучих коліс. Тому МВКЗ з новим принципом управління зміною напрямку руху, в яких тягове зусилля двигуна безпосередньо передається на ведучі колеса без

міжколісного диференціала, однозначно будуть мати підвищену опорно-зчіпну прохідність відносно аналогічних ВКЗ, побудованих за традиційною схемою.

Під час прямолінійного руху кінематичні й геометричні параметри МВКЗ практично не відрізняються від класичного ВКЗ, а тому будуть справедливими всі результати, що стосуються прохідності звичайних ВКЗ та автомобілів загалом, тобто профільна й опорно-зчіпна прохідність МВКЗ по суті відповідатиме традиційному ВКЗ із повністю заблокованим диференціалом. Однак прямолінійний рух ВКЗ здійснюють досить рідко, траєкторія їх руху майже завжди є криволінійною. Окрім цього, що профільна прохідність характеризує можливість ВКЗ долати нерівності шляху і перешкоди, її також оцінюють здатністю ВКЗ вписуватися у визначену смугу руху. Оцінкові показники профільної прохідності будь-яких колісних транспортних засобів визначаються чинними сьогодні в Україні стандартами, а саме:

- згідно з ГОСТ 22653-77, профільна прохідність визначається такими параметрами: дорожній просвіт, передній і задній звиси, кути переднього і заднього звисів, поздовжній радіус прохідності, найбільший кут підйому, який може подолати колісний транспортний засіб, найбільший кут косягору, який може подолати колісний транспортний засіб;
- згідно з ГОСТ 2345-75 і ГОСТ 12405-74: кути гнучкості автопоїзда, ширина рову, який може подолати колісний транспортний засіб, висота ескарпу (стілки), який може подолати колісний транспортний засіб;
- згідно з ОСТ 37.001.061-74: глибина броду, який може подолати колісний транспортний засіб, поперечний радіус прохідності, кут перекосу мостів (діагональне вивішування), коефіцієнт співпадання слідів передніх і задніх коліс. Зрозуміло, що оцінити всі перелічені вище параметри профільної прохідності МВКЗ у межах однієї статті неможливо, тому розглянемо лише деякі з них. Одним із найбільш важких режимів руху ВКЗ є криволінійний рух по поверхні, яка має понижено несучу здатність, тобто деформується під колесами (вологий ґрунт, сніг). Такий рух супроводжується збільшенням ширини і глибини колії та характеризується виникненням так званого екскавційно-бульдозерного опору з зовнішньої сторони коліс. У таких умовах відбувається значне зростання опору рухові. Отже, необхідно виконати аналіз, який буде враховувати режими криволінійного руху МВКЗ по деформованих поверхнях з метою порівняння можливих втрат і зміни запасу сили тяги.

Як відомо з теорії руху традиційних ВКЗ [7] і з практичного досвіду, схема формування колії без бокового ковзання таких засобів має вигляд, який зображено на рис. 1 а. Однак у більшості випадків криволінійний рух важких колісних ВКЗ по деформованих поверхнях супроводжується боковим ковзанням, у такому випадку схема колії має вигляд, який наведено на рис. 1 б). Проведені теоретичні дослідження [7-9] та експериментальні випробування макетного зразка модифікованого ВКЗ показали, що схема формування колії під час криволінійного руху таких ВКЗ без бокового ковзання має вигляд, який наведено на рис. 1 в, а у випадку виникнення бокового ковзання схему колії МВКЗ наведено на рис. 1 г.

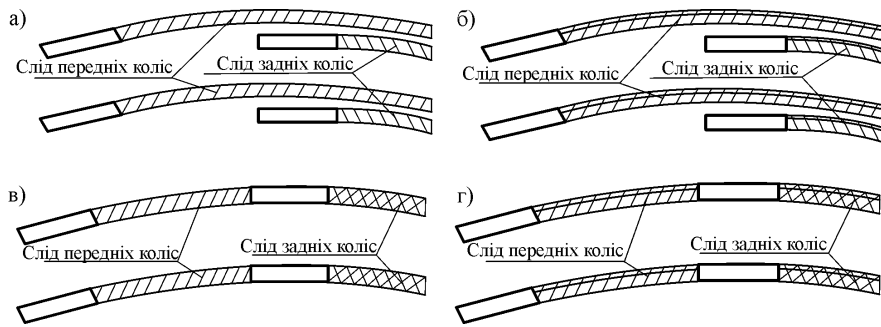


Рис. 1. Схеми формування колії під час криволінійного руху: а) традиційного ВКЗ без бокового ковзання; б) традиційного ВКЗ з боковим ковзанням; в) модифікованого ВКЗ без бокового ковзання; г) модифікованого ВКЗ з боковим ковзанням

Для обчислення глибини колії  $h$  [см], що утворюється колесом, можна скористатися емпіричною залежністю Летишньова:

$$h = \mu \sqrt{\left(\frac{p}{c_o}\right)}, \quad (4)$$

де:  $\mu$  – коефіцієнт ущільнення;  $p$  – тиск колеса на опорну поверхню (наближено його можна вважати рівним тиску в шині) [кг/см<sup>2</sup>];  $c_o$  – коефіцієнт осадки.

Коефіцієнт опору коченню колеса по поверхні, яка деформується, обчислюємо за формулою:

$$f_{kk} = \frac{3}{2\mu - \mu^2 + 3} \sqrt{\frac{h}{2r}}, \quad (5)$$

де:  $r$  – радіус колеса [см].

Для довідки, коефіцієнт ущільнення  $\mu$  може змінюватися в межах: від 0 – рідке болото, до 1...2 – сухий ґрунт, відповідно коефіцієнт осадки  $c_o$  може змінюватися в межах: від 0,5...1 – рідке болото, до 15...20 глинистий ґрунт за відносної вологості менше 0,5. Коефіцієнт зчеплення колеса з ґрунтом  $\zeta$ , виходячи з властивості ґрунту опиратися горизонтальному зсуву під дією дотичної реакції в зоні зчеплення з колесом, можна обчислити, використовуючи як базову залежність Кулона:

$$\tau = p \operatorname{tg} \rho + C_{zp}, \quad (6)$$

де:  $\tau$  – питомий опір ґрунту до зсуву [кг/см<sup>2</sup>],  $C_{zp}$  – питомий опір ґрунту до зрізу [кг/см<sup>2</sup>],  $\rho$  – кут внутрішнього тертя ґрунту. Причому, якщо врахувати, що коефіцієнт внутрішнього тертя ґрунту  $f_{zp} = \operatorname{tg} \rho$ , то остаточно отримуємо:

$$\zeta = f_{zp} + \frac{C_{zp}}{p}. \quad (7)$$

Виконаємо оцінку прохідності звичайного і модифікованого ВКЗ, як здатності рухатися по поверхні, яка деформується за таких параметрів:  $G_{\text{ВКЗ}} = 3500$  кг;  $K_{\text{зв}} = 0,5$ ;  $p = 2$  кг/см<sup>2</sup>;  $r = 50$  см. Рух передбачається по неущільне-

ному ґрунті з характеристиками:  $\mu = 0,5$ ;  $c_o = 1$ ;  $C_{zp} = 0,1$ ;  $f_{zp} = 0,2$ . На підставі наведених вище співвідношень отримуємо: глибина колії  $h = 0,5 \sqrt{\frac{2}{1}} = 4$  см; коефі-

цієнт опору коченню колеса  $f_{kk} = \frac{3}{2 \cdot 0,5 - 0,5^2 + 3} \sqrt{\frac{4}{2 \cdot 50}} = 0,16$ ; коефіцієнт зчеп-

лення колеса з ґрунтом  $\zeta = 0,2 + \frac{0,1}{3} = 0,23$ ; сила опору прямолінійному руху для

обох ВКЗ становитиме  $F_o = 3500 \cdot 10 \cdot 0,16 = 5600$  Н; максимально можлива сила тяги для звичайного ВКЗ становитиме  $F_{mз} = 3500 \cdot 10 \cdot 0,5 \cdot 0,23 = 4025$  Н; макси-

мально можлива сила тяги для модифікованого ВКЗ становитиме

$$F_{mмз} = 3500 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,23 = 8050 \text{ Н.}$$

Необхідною умовою руху є виконання нерівності:

$$F_{mз} > F_o. \quad (8)$$

Перевірка виконання умови руху показує, що для звичайного ВКЗ рух буде неможливий, тоді як модифікований ВКЗ зможе продовжувати рух. Ще більш очевидно буде перевага МВКЗ перед традиційними ВКЗ під час криволінійного руху, оскільки, як це видно з рис. 1, для модифікованих ВКЗ зберігається одноколіїність руху, тому задні колеса будуть котитися по вже прокладеній і ущільненій передніми колесами колії, тоді як у традиційних ВКЗ задні колеса будуть змушені повністю або частково прокладати нову колію, тому сила опору рухові таких ВКЗ буде значно вищою, ніж у МВКЗ. Важливо зазначити і військовий аспект переваги, яку забезпечує одноколіїність модифікованих ВКЗ. Її суть полягає в тому, що для таких колісних засобів знижується ймовірність можливого підризу під час руху по замінованій території. Як відомо [8], для підвищення прохідності традиційних ВКЗ використовують повне, жорстке або часткове блокування міжколісного диференціалу. Такий захід під час криволінійного руху, внаслідок кінематичної невідповідності траєкторій руху коліс, приводить до того, що на одній осі з заблокованим диференціалом одне з коліс залишається ведучим тоді, як інше стає веденим або навіть гальмівним. Це призводить до паразитної циркуляції потужності, перевантаження елементів трансмісії, підвищеного зносу шин, втрати керованості. На відміну від цього, у модифікованих ВКЗ зазначених недоліків не виникає, оскільки конструкція МВКЗ передбачає кінематично-узгоджене регулювання радіусів коліс. Питання розробки адаптованої системи управління радіусами коліс МВКЗ становить значний технічний інтерес.

Розглянемо можливість підвищення прохідності МВКЗ шляхом використання конструктивної особливості зміни радіусів коліс, які розташовані на одній осі. Для цього виконаємо порівняльний аналіз традиційного ВКЗ і МВКЗ. Нехай на ведучі колеса ВКЗ діє симетрично розподілене вертикальне навантаження  $G_1 = G_2 = N_1 = N_2 = 10$  кН, радіуси коліс є однаковими  $r_1 = r_2 = 0,5$  м, умови зчеплення коліс визначаються коефіцієнтами:  $\zeta_1 = 0,6$ ;  $\zeta_2 = 0,2$ . Крутний момент  $M_k = 5$  кН порівно розподіляється між колесами ВКЗ  $M_{k1} = M_{k2} = \frac{M_k}{2}$  (рис. 2).

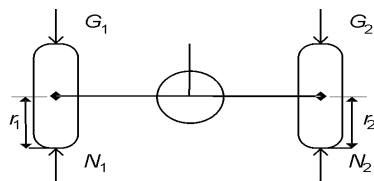


Рис. 2. Схематичне зображення ведучої осі традиційного МКЗ

При цьому максимальне тягове зусилля буде різним на правому та лівому колесах:

$$M_1 = N_1 \zeta_1 r_1 = 10 \cdot 0,6 \cdot 0,5 = 3 \text{ кНМ}; M_2 = N_2 \zeta_2 r_2 = 10 \cdot 0,2 \cdot 0,5 = 1 \text{ кНМ}. \quad (9)$$

Це призводить до того, що колесо 1 буде нерухомим, а колесо 2 буксуватиме  $M_2 > M_{k2}$ . Конструкція МКЗ дає змогу змінити радіуси коліс, наприклад  $r_1 = 0,4 \text{ м}$ ,  $r_2 = 0,6 \text{ м}$ , унаслідок чого:

$$M_1 = N_1 \zeta_1 r_1 = 10 \cdot 0,6 \cdot 0,4 = 2,4 \text{ кНМ}, M_2 = N_2 \zeta_2 r_2 = 10 \cdot 0,2 \cdot 0,6 = 1,2 \text{ кНМ}. \quad (10)$$

Отже момент, прикладений до колеса 1, стане достатнім для приведення його у рух. За умови зменшення радіуса колеса, внаслідок конструктивних особливостей деяких із запропонованих авторами конструкцій коліс, збільшується його ширина, що покращує умови зчеплення. Таким чином, можливість адаптивного керування радіусами коліс додатково підвищує прохідність МКЗ, даючи змогу, фактично, здійснювати регульований розподіл тягового зусилля відповідно до умов місцевості. Таке рішення є виправданим лише в окремих випадках руху, оскільки його використання призводитиме до зміни напрямку руху МКЗ.

Важливим показником прохідності є здатність МКЗ долати перешкоди певної висоти у вигляді вертикальної стінки (ескарпу). Розглянемо випадок, коли обидва колеса ведучої осі перебувають в однакових умовах під час подолання перешкоди у вигляді ескарпу заданої висоти, як схематично зображено на рис. 3. Для коліс традиційної конструкції відповідні результати таких досліджень наведено у джерелі [7].

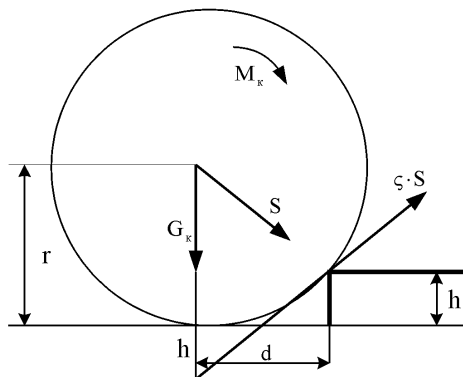


Рис. 3. Подолання ескарпу з місця ведучим колесом МКЗ

Відповідно до схеми подолання ескарпу, крутний момент відносно контакту з порогом, що сприяє руху МКЗ, дорівнює  $M_k$ , йому протидіє момент, який визначається добутком  $G_k d$ . Гранична умова подолання ескарпу:

$$M_k - G_k d = 0. \quad (11)$$

Крутний момент на колесі буде обмежуватися умовою зчеплення:

$$M_k = S \zeta r, \quad (12)$$

де:  $\zeta$  – коефіцієнт зчеплення,  $r$  – радіус колеса.

Геометричний аналіз схеми, наведеної на рис. 3, дає змогу отримати такі співвідношення:

$$d = \sqrt{r^2 - (r - h)^2}, \quad (13)$$

$$S = G_k \frac{r - h}{r}. \quad (14)$$

На основі граничної умови для подолання ескарпу й отриманих співвідношень виведемо формулу для розрахунку максимальної висоти ескарпу:

$$h = r_d \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \zeta^2}} \right). \quad (15)$$

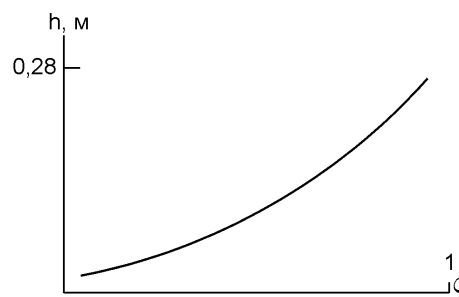


Рис. 4. Залежність висоти порогу від коефіцієнта зчеплення

Аналіз отриманої залежності показує, що висота ескарпу, який може подолати МКЗ, залежить від коефіцієнта зчеплення у зоні контакту. Його максимальне значення може досягати приблизно до чверті радіуса колеса. Загальний вигляд графічного результату моделювання отриманої залежності зображено на рис. 4. Виконаний аналіз наочно показує вплив змінного радіуса колеса на прохідність МКЗ під час подолання перешкоди такого характеру.

Отже, якщо конструкція дає змогу одночасно збільшити радіуси обох коліс, то максимальна висота подоланої перешкоди зростає лінійно із збільшенням радіуса колеса. Якщо конструкція передбачає збільшення радіуса одного з коліс під час одночасного зменшення іншого, то подолання перешкоди МКЗ пропонуємо здійснювати у три етапи, як це показано на рис. 5.

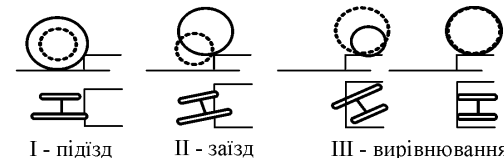


Рис. 5. Подолання МКЗ перешкоди

Прохідність зростатиме за рахунок колеса більшого радіуса, проте, за такого підходу, на це колесо буде припадати більше навантаження.

### Висновки

На основі виконаного оцінювання прохідності модифікованих ВКЗ, можна зробити висновок, що, порівняно з традиційними ВКЗ, вони мають кращу прохідність. Оскільки конструктивні особливості таких засобів дають їм змогу рухатися без використання диференціала, який погіршує прохідність за рахунок створення різного тягового зусилля на колесах, внаслідок чого ВКЗ "букує". Також регульована зміна радіуса коліс може: уникати циркуляції потужності, яка негативно впливає на трансмісію, та долати модифікованим ВКЗ вищі перешкоди, ніж це можуть робити традиційні ВКЗ, у яких радіус коліс фіксований і подолання перешкод можливе, якщо значення висоти перешкоди відповідає їх технічним характеристикам. Отже, військові частини та підрозділи, на озброєння в яких будуть модифіковані ВКЗ, зможуть якісніше виконувати поставлені перед ними завдання та матимуть перевагу над противником в умовах бездоріжжя.

### Література

1. Патент № 46775 Україна. МПК<sup>9</sup> B62D 9/00 Спосіб здійснення поворотів колісного транспортного засобу / Ю.В. Шабатура, О.М. Фолошніак; заявник і патентовласник Шабатура Ю.В., Фолошніак О.М., № 200905878; заявл. 09.06.09; опубл. 11.01.10, Бюл. № 1.
2. Шабатура Ю.В. Теоретичні засади і практичні аспекти застосування нового принципу керування напрямком руху колісного транспортного засобу військового призначення / Ю.В. Шабатура, В.Д. Залипка // Військово-технічний зб. – 2011. – № 2(5). – С. 85-92.
3. Залипка В.Д. Математичні моделі динаміки руху модифікованих військових колісних засобів / В.Д. Залипка // Військово-технічний зб. – 2013. – № 2(9). – С. 23-30.
4. Шабатура Ю.В. Математичні моделі динаміки руху модифікованих військових колісних засобів при варіативній зміні радіусу коліс / Ю.В. Шабатура, В.Д. Залипка // Системи озброєння і військова техніка. – 2013. – № 3(35). – С. 41-44.
5. Шабатура Ю.В. Математичні моделі динаміки руху модифікованих військових колісних засобів при варіативній зміні радіусу коліс / Ю.В. Шабатура, В.Д. Залипка // Системи озброєння і військова техніка. – 2013. – № 3(35). – С. 41-44.
6. Шабатура Ю.В. Математичні моделі оцінювання динамічних властивостей системи управління напрямком руху модифікованих військових колісних / Ю.В. Шабатура, В.Д. Залипка // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2013. – № 23(17). – С. 336-343.
7. Хусаинов А.Ш. Теория автомобиля. Конспект лекций / А.Ш. Хусаинов, В.В. Селифонов. – Ульяновск : Изд-во УлГТУ, 2008. – 121 с.
8. Кошарный Н.Ф. Технично-эксплуатационные свойства автомобилей высокой проходимости / Н.Ф. Кошарный. – К. : Вид-во "Вища шк.", 1981. – 208 с.
9. Бочарова Н.Ф. Конструирование и расчет колесных машин высокой проходимости / Н.Ф. Бочарова, И.С. Цитович. – М. : Изд-во "Машиностроение", 1983. – 299 с.

### Шабатура Ю.В., Залипка В.Д. Оценивание и исследование проходимости модифицированных военных колесных средств

Получены математические модели, позволяющие оценить и исследовать проходимость модифицированных военных колесных средств. Проведен сравнительный анализ проходимости традиционных военных колесных средств и модифицированных, в котором определены существенные преимущества последних, а именно: военные колесные средства с новым принципом управления изменением направления движения без межколесного дифференциала, однозначно будут иметь повышенную проходимость, очевидным будет преимущество модифицированных средств перед традиционными во время криволинейного движения, поскольку сохраняется одноколейность их движения,

также регулируемое изменение радиуса колес позволяет преодолевать более высокие препятствия и устраняет циркуляцию мощности.

**Ключевые слова:** военные колесные средства, проходимость, дифференциал, изменение радиуса колес.

### Shabatura Yu.V., Zalyпка V.D. Some Aspects of Modified Military Wheeled Vehicles Permeability

The mathematical models allowing to evaluate and investigate the permeability of modified military wheeled vehicles are obtained. The comparative analysis of permeability of traditional military wheeled vehicles and modified ones that identifies significant advantages of the latter is conducted. These military wheeled vehicles with a new principle of management changes of direction with transverse differential will definitely have a high permeability. The superiority over traditional means of modified during curvilinear motion is evident because their motion remains single wheeled. The regulated change of the wheel radius enables overcoming higher obstacles circulation and removes circulation power.

**Key words:** military wheeled vehicles, permeability, differential, changing the radius of the wheels.

### УДК 630

Наук. співроб. Т.В. Бондаренко<sup>1</sup>, канд. с.-г. наук;  
проф. Марек Тренчанський<sup>2</sup>, д-р с.-г. наук

### ВИКОРИСТАННЯ ДЕРЕВНОЇ БІОМАСИ В УКРАЇНІ ТА СЛОВАЧЧИНІ

Наведено дані про сучасний стан і використання деревної біомаси для енергетичних цілей в Україні і Словаччині, розглянуто можливості, переваги та недоліки використання деревної біомаси в обох країнах. Невідкладними завданнями названо заміну малих і середніх систем вугільного опалення на системи, що використовують біопаливо; спільне з вугіллям спалювання деревних відходів в існуючій вугільно-орієнтованій енергетичній системі; створення і використання плантацій енергетичних культур. Відходи лісового господарства та деревообробної промисловості становлять значний потенціал для біоенергетики в коротко- і середньостроковій перспективі.

**Ключові слова:** деревна біомаса, дрова, лісосічні відходи, енергозбереження, відновлювальні джерела енергії.

**Вступ.** Деревна біомаса – одне з найефективніших джерел відновлювальної енергії (ВДЕ), з високим потенціалом застосування. Використання ВДЕ та критерії енергетичної ефективності – важливий пріоритет енергетичної політики Європейського союзу (ЄС). У планах ЄС у галузі енергетики і пом'якшення кліматичних змін (Directive 2009/28/EU) передбачено, що в 2020 р. частка ВДЕ у країнах ЄС у середньому становитиме 20 %. З них близько 75 % – з біомаси. Одна з особливих цілей т.зв. Білої книги (White book) для ВДЕ – конструювання та інсталяція теплостанцій з потужністю 10 000 МВт, що працюють на біомасі [1, 3, 5].

Стратегічні цілі лісового господарства Словаччини і України полягають у досягненні балансу поміж економічними, екологічними і соціальними функціями лісів. Важливим напрямком є збільшення використання деревної біомаси для енергетичних цілей.

<sup>1</sup> НЛТУ України, м. Львів;

<sup>2</sup> Технічний університет, м. Зволен (Словаччина). Стаття підготовлена за підтримки National Scholarship Programme of the Slovak Republic