

## ОСНОВНІ АСПЕКТИ КЛАСИФІКАЦІЇ ХОДОВИХ СИСТЕМ СУЧАСНОЇ АГРАРНОЇ ТЕХНІКИ

**Чепіжний Андрій Володимирович**кандидат технічних наук, доцент  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0000-0002-7540-8313  
andrii.chepizhnyi@snau.edu.ua**Зубко Владислав Миколайович**доктор технічних наук, професор, академік Академії інженерних наук України  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0000-0002-2426-2772  
v.zubko@snau.edu.ua**Коваленко Владислав Євгенійович**аспірант  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0009-0005-7889-8214  
kovalenkovladislav660@gmail.com**Шутко Віталій Володимирович**аспірант  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0009-0009-2637-3167  
v.shutko.gs@snau.edu.ua

У статті представлено аналіз існуючих класифікацій аграрної техніки з виконанням їх об'єднання в загальну систему відповідно до показників та параметрів аналізу взаємодії рушія з ґрунтом. При цьому враховано, що більшість аграрної техніки має свої класифікації типів ходових систем, що поєднуються між собою окремими параметрами. Виходячи з такого твердження виникає можливість провести їх об'єднання для виконання загальної класифікації, що буде зрозумілою та максимально описуватиме всі можливі параметри існуючих ходових систем.

Для початку класифікації необхідною умовою є врахування типу колісного рушія відповідно до розподілу на активні, пасивні та реактивні. З відси активними є колеса (гусениці), що є ведучими на техніці. Пасивними – ведені колеса (гусениці), а реактивними є фактично привідні колеса різноманітної техніки.

Іншою умовою складання класифікації ходових систем аграрної техніки є її універсальність в застосуванні для існуючої аграрної техніки іноземного та вітчизняного виробництва, з врахуванням особливостей попереднього та подальшого її розвитку.

У відповідності до запропонованої класифікації ходових систем та їх розвитку, класична схема позначень не дає можливості детально охарактеризувати існуючі ходові системи з врахуванням їх особливостей. Виходячи з такої проблематики нами пропонується застосувати власну формульну характеристику, що здатна повністю охарактеризувати всі типи ходових систем. Надалі дана класифікація надає можливість аналізу особливостей взаємодії рушія з ґрунтом з більш чітким врахуванням всіх можливих відмінностей та факторів впливу на реалізацію тягового зусилля агрегату. Не менш важливим фактором застосування даної класифікації залишається і можливість виокремлення додаткових функцій аграрної техніки, що не використовуються в певних умовах, але нав'язується різноманітними дилерами. Все це підтверджує універсальність та ефективність застосування даної класифікації при виборі, аналізі та проведенні розрахунків аграрної техніки.

Гнучкість загальної класифікації фактично дозволяє моделювати параметри для створення нових типів ходових систем та виконувати їх подальший опис. Формульне позначення вдало описує загальну компоновку рушія та дозволяє зрозуміти основні параметри, що потребують уваги з боку проведення подальшого дослідження.

**Ключові слова:** ходові системи, колісний рушій, гусеничний рушій, активні, пасивні, реактивні, енергетичні засоби, поворот, рульові колеса, бортовий поворот, колісна формула.

DOI <https://doi.org/10.32782/msnau.2024.4.11>

**Вступ.** В більшості літературних джерел існує доволі велика кількість різних класифікацій ходових систем енергетичних засобів та різноманітної аграрної техніки (Rebrov O. І., 2015). Класичний розподіл різних ходових систем фактично на сьогодні є різнонаправленим

за типами, характеристиками та показниками. Основою існуючого розподілу є відсутність взаємозв'язків між різними видами ходових систем. Але, яскравим прикладом сьогодні, є гусеничний рушій типу «Quadtrac», який можливо встановлювати на колісну техніку. Подібне

перетворення фактично робить її гусеничною або певного роду гібридною, що поєднує декілька типів рушіїв. А отже, в кінцевому варіанті спостерігаємо повну зміну характеристик даної техніки, в тому числі і взаємодію її з агрофоном.

Враховуючи всі особливості, нами пропонується провести всі можливі взаємозв'язки між існуючими класифікаціями та запропонувати класифікацію, що буде мати максимальну кількість можливих аспектів існуючої техніки та можливість її подальшого розвитку.

Виходячи з цього, першочергово пропонується виконати розподіл на колісні, гусеничні та напівгусеничні енергетичні засоби. При такій класифікації зовсім не враховується інші їх особливості, що також мають значний вплив на показники роботи енергетичних засобів, а отже, в запропонованій класифікації дані параметри потрібно врахувати при подальшому розподілі.

Іншим аспектом в класифікації ходових систем є майже повна відсутність класифікації ходових систем причіпних, начіпних та напівначіпних агромашин. В більшості літературних джерел кожна класифікація має своє продовження, але за різними показниками, що фактично переплітаються між різновидами класифікацій аграрної техніки.

Необхідно також зазначити, що високі темпи розвитку аграрної техніки сприяють виникнення нових чи вдосконалених ходових систем, що пристосовані під фактичні умови їх використання. Такі тенденції розвитку не дають чіткого розуміння споживачам аграрної техніки при її виборі в дилера під конкретні умови. Доволі часто виникають ситуації, коли дилер продає дороговартісну техніку, що не здатна повністю проявити себе в умовах господарства. Результатом такої співпраці є витрата господарством значних коштів та повна неефективність роботи аграрної техніки.

Виходячи з такої проблематики та фактично відсутності зведеної класифікації ходових систем різноманітних енергетичних засобів нами пропонується виконати зведену класифікацію ходових систем аграрної техніки, що здатна буде охарактеризувати їх особливості та надати розуміння з напрямками їх використання в фактичних умовах.

Необхідною умовою для складання такої класифікації є її універсальність в застосуванні для існуючої аграрної техніки іноземного та вітчизняного виробництва, з врахуванням особливостей попереднього та подальшого її розвитку. Іншою значною умовою при проведенні класифікації ходових систем є врахування вже існуючих класифікацій для розуміння виробникам та різноманітним споживачам аграрної техніки, що дасть їй більшої універсальності при застосуванні (Lebediev A. T. та inshi, 2015).

**Матеріали і методи досліджень.** Сучасні тенденції розвитку різноманітної аграрної техніки надають доволі широкий асортимент різноманітних ходових систем. При цьому доволі велика кількість даних систем може замінюватись на одній і тій же техніці. Так наприклад колісні рушії можуть замінюватись на гусеничні рушії типу «Quadtrac» (Rebrov O. Іu., 2021). Подібні зміни доволі

сильно можуть впливати на тягово-зчіпні властивості енергетичного засобу.

Іншим не менш важливим питанням є розвиток матеріалів для виготовлення різноманітних рушіїв, зміна технологій вирощування культур, зміна основних характеристик агрофонів та ґрунтів. Всі ці напрямки дають необхідність в умовно загальній класифікації, що дозволить більш чітко розуміти існуючі варіанти аграрної техніки та напрямки їх вдосконалення. Необхідно також враховувати можливості подальшого розвитку аграрної техніки та можливу появу нових типів ходових систем.

Побудова загальної класифікації фактично виконується на основі вже існуючих класифікацій, що мають певний розрізнений характер. При цьому враховуються різноманітні особливості що додатково можуть об'єднувати техніку в групи з розумінням особливостей їх взаємодії з ґрунтом, а також агрофоном.

**Результати.** Основною причиною об'єднання в загальну класифікацію є групування аграрної техніки для полегшення проведення розрахунків взаємодії різних рушіїв з агрофоном. Також необхідно зазначити, що подібна класифікація повинна в повній мірі охоплювати всі можливі параметри ходових систем аграрної техніки та чітко виконувати її опис. Попередньою умовою є поділ ходових систем аграрної техніки на два класи:

- ходові системи енергетичних засобів;
- ходові системи причіпних, начіпних і напівначіпних агромашин.

Наступним кроком, відповідно до попередніх досліджень, є розподіл класів ходових систем на три типи: активні, пасивні та реактивні (Shepizhnyi A.V, та inshi, 2024).

Виходячи з такого попереднього розподілу ходових систем далі пропонується навести основну частину схеми класифікації ходових систем енергетичних засобів та схему класифікації ходових систем причіпних, начіпних та напівначіпних агромашин (рис. 1).

Класифікація ходових систем енергетичних засобів (рис. 1, а) поділяється в основному на пасивні та активні типи. Виходячи з такого розподілу всі ці ходові системи можуть бути колісні, гусеничні чи гібридні. Додатково також враховано можливість використання лиж для енергетичних засобів. Для подальшого аналізу необхідно враховувати також матеріал рушіїв ходової системи, що враховується при формуванні методики визначення параметрів взаємодії колісного рушіїв з ґрунтом (Shepizhnyi A.V, та inshi, 2024).

При проведенні аналізу взаємодії рушіїв з агрофоном необхідно враховувати будову рушіїв ходової системи та поділ за типом її повороту.

Дещо інша класифікація спостерігається для ходових систем причіпних, начіпних та напівначіпних агромашин (рис. 1, б). В ній спостерігається початковий поділ на такі ж показники, як і для енергетичних засобів. Відмінністю даної класифікації є подальший розподіл всіх типів ходових систем на опорні та опорно привідні типи. При цьому необхідно враховувати також можливість їх повороту.

Початковий етап проведення класифікації ходових систем енергетичних засобів та різних агромашин



Рис. 1. Основний розподіл класифікації ходових систем

дозволяє визначити параметри, що характеризують взаємодію колеса з ґрунтом, а також сформулювати методику її визначення. При цьому запропонована класифікація дає можливість визначити належність аграрної техніки до тієї чи іншої групи машин за переліком технічних характеристик ходових систем. Так, як і для класифікації енергетичних засобів необхідно враховувати матеріал рушя та інші їх параметри.

Виходячи з таких особливостей для подальшого врахування особливостей класифікації енергетичних засобів пропонується навести подальшу класифікацію колісних ходових систем енергетичних засобів.

В ній враховано матеріал, тип повороту та який саме тиск колеса використовується для реалізації руху агрегату загалом (рис. 2).

Початковою умовою, як вже і зазначалось (рис. 2) наведено матеріал колісного рушя. Наступним етапом вже є врахування типу повороту коліс з врахуванням їх особливостей. Так одними з особливостей є можливість реалізації крабового ходу чи можливість бортового повороту.

Фактично останнім етапом класифікації колісних ходових систем енергетичних засобів є визначення типу колеса відповідно до пасивного, активного чи реактивного.

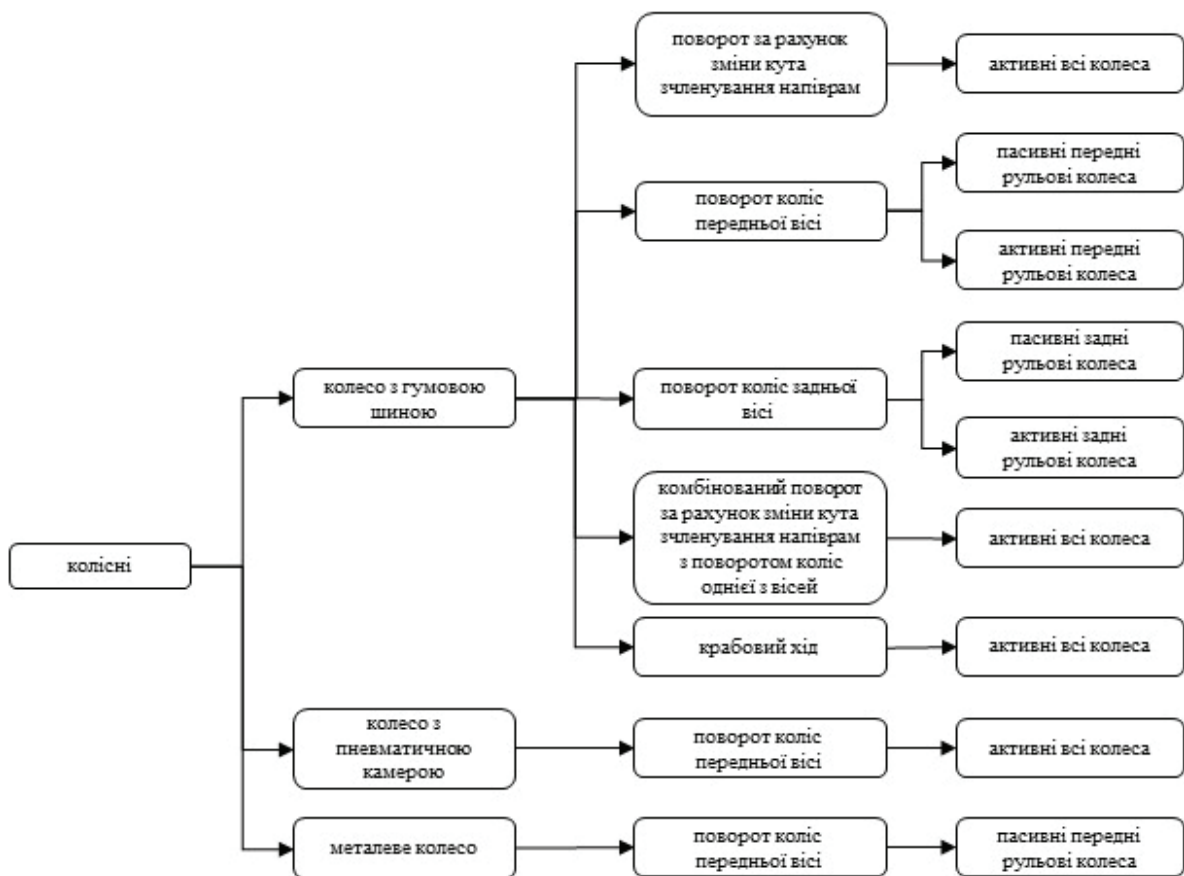


Рис. 2. Подальший розподіл класифікації колісних ходових систем енергетичних засобів

Дещо іншим чином пропонується провести класифікацію гусеничних ходових систем (рис. 3). Додатково необхідно врахувати особливості конструкції гусеничного рушія, а саме його тип. При цьому пропонується провести розподіл гусеничних рушіїв на два типи:

- класичний рушії, що є фактично рушієм із двох гусениць в загальній компоновці енергетичного засобу;
- гусеничний рушії типу «Quadtrac», що встановлюються на кожну з осей окремо.

З розподілу (рис. 3) спостерігається схожість з подальшою класифікацією колісних ходових систем, де враховується тип повороту та особливості його реалізації. При цьому більшість гусеничних ходових систем типу «Quadtrac» та класичного типу є активними.

Гібридні колісні системи включають в себе особливості загальної класифікації двох типів ходових систем, що наведені на рисунках 2 та 3.



Рис. 3. Подальший розподіл класифікації гусеничних ходових систем енергетичних засобів

Результатом подібного поділу різних ходових систем є можливість подальшого опису їх взаємодії з агрофоном, а також вирішення питань загальної класифікації ходових систем енергетичних засобів з вдосконаленням формули для опису ходової системи енергетичних засобів. А отже, для енергетичних засобів відповідно пропонується вивести «формульне» позначення опису ходової системи.

На сьогодні доволі широко використовується класична схема, що описує ходові системи тракторів, комбайнів чи самохідних систем типу 4К4, 4К6, 4К2 і т.д.

Дане формульне позначення фактично враховує колісні формули, але не враховує можливості заміни коліс на гусениці типу «Quadtrac».

Необхідно зазначити, що у відповідності до запропонованої вище класифікації ходових систем та їх розвитку, класична схема позначень не дає можливості детально охарактеризувати існуючі ходові системи з врахуванням їх особливостей. Виходячи з такої проблематики нами пропонується застосувати наступну формульну характеристику (рис. 4).

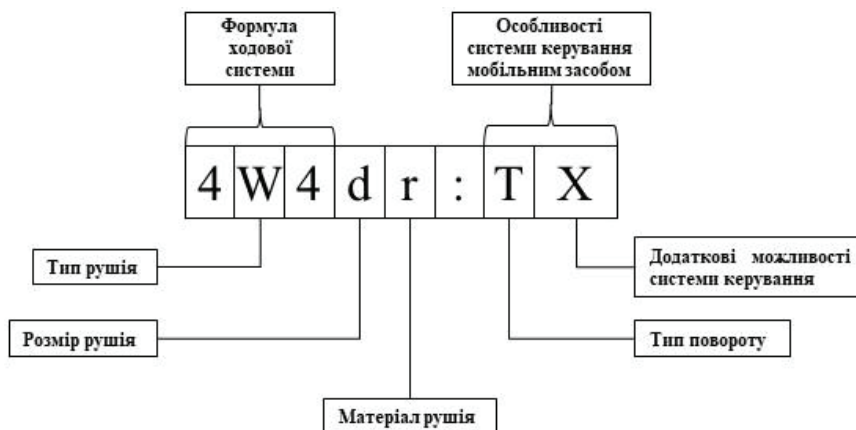


Рис. 4. Особливості класифікації ходових систем сучасних тракторів і самохідних машин

Необхідно зазначити, що в першій частині класифікації (рис. 4) вказується майже класична схема позначення формули ходової системи. Відмінністю є буквене позначення, що характеризує конкретний тип рушія, де:

W – колісна схема;

C – гусенична схема;

R – комбінована схема з колесами на передній вісі та гусеницями на задній;

D – комбінована схема з гусеницями на передній вісі та колесами на задній;

S – лижна схема.

В результаті застосування даного буквеного позначення з класичною системою отримуємо наступні формули ходових систем:

4W4 – чотириколісна схема з повним приводом;

6W6 – шестиколісна схема з повним приводом;

2W4 – чотириколісна схема з двома передніми ведучими колесами;

4W2 – чотириколісна схема з двома задніми ведучими колесами;

3W2 – триколісна схема з двома задніми ведучими колесами;

4C4 – чотиригусенична схема з повним приводом «типу quadtrac»;

2C2 – двохгусенична «класична» схема;

4R4 – повнопривідна схема з колесами передньої вісі та гусеницями задньої;

4D4 – повнопривідна схема з гусеницями передньої вісі та колесами задньої;

4S2 – комбінована схема з двома задніми привідними колесами та двома передніми лижами.

Для аналізу впливу даних ходових систем на процеси ущільнення ґрунтів та для проведення аналізу взаємодії їх з ґрунтом (визначення коефіцієнтів опору перекошування  $f$  та зчеплення  $\mu$ ) вводиться в систему позначення розміри рушіїв та його матеріал.

Так в позначенні розміру рушія застосовується наступне позначення:

d – різний розмір коліс чи гусениць;

e – однаковий розмір коліс чи гусениць.

В позначенні матеріалу пропонується застосування:

r – гумове колесо чи гусениця;

m – металеве колесо чи гусениця;

s – гумовометалева гусениця.

Необхідною умовою в класифікації ходових систем виникає і питання особливостей керування агромашиною. Для кращого розуміння та відокремлення формули ходової системи від позначення особливостей системи керування агромашиною вводиться розділення знаком « : ».

Для опису системи керування за типом повороту, нами пропонується запровадити наступні буквені позначення:

T – поворот керованих коліс однієї з вісей;

F – поворот за рахунок зміни кута зчленування напіврам;

K – комбінований поворот за рахунок зміни кута зчленування напіврам та керованих коліс передньої осі;

B – поворот загальмовуванням однієї гусениці або передачею обертового моменту тільки на один борт;

N – поворот керованих коліс передньої вісі з загальмовуванням одного з коліс задньої вісі.

При цьому другою буквою в описі системи керування є характеристика додаткових можливостей системи керування. Тут пропонується застосовувати наступні буквені позначення:

X – крабове керування;

Q – повнокероване шасі.

Необхідно зазначити, що друга буква, що характеризує додаткові можливості системи керування може не вказуватись. Обов'язковою умовою є вказання першої букви, що характеризує тип повороту.

Результатом застосування даної класифікації є повноцінна характеристика ходової системи конкретної агромашини. Так, наприклад, для всім відомого трактора T-150K загальна схема позначення буде виглядати наступним чином – 4W4er:F. Для трактора Claas XERION 4500, що має можливість реалізації «крабового ходу» в системі керування, а отже, і позначення даного трактора відповідно до даної схеми матиме наступний вигляд – 4W4er:TF.

Дана схема дає можливість вирішити питання опису і гусеничних тракторів. Так, для трактора T-150 отримаємо позначення 2C2em:B, а для трактора Case Quadtrac 715 – 4C4er:F.

Основною особливістю є застосування даного позначення для характеристики ходових систем комбайнів. Так наприклад для комбайна з колісними рушіями Case Axia-Follow 150 матимемо позначення 2W4dr:T, а для комбайна з гусеницями на передній осі Claas Lexion 780 TT – 2D4dr:T.

**Обговорення.** На сьогодні існує доволі велика кількість характеристик різноманітної аграрної техніки, що фактично описує лише маленьку їх групу. При цьому різноманітні класифікації фактично окремими показникам перехрещуються між собою. Виходячи з цього основою для створення загальної класифікації аграрної техніки є класичні елементи загальновідомих класифікацій. Додатково в запропоновану класифікацію внесено різноманітні параметри, що мають вплив при аналізі їх взаємодії з агрофоном. Кінцевим результатом класифікації є фактично новий формульний опис ходових систем аграрної техніки.

**Висновки.** Особливістю запропонованої класифікації ходових систем енергетичних засобів та різних агромашин є можливість закладання в неї ходових систем, що на сьогодні є лише на прототипах аграрної техніки провідних фірм.

Надалі дана класифікація надає можливість аналізу особливостей взаємодії рушія з ґрунтом з більш чітким врахуванням всіх можливих відмінностей та факторів впливу на реалізацію тягового зусилля агрегату. Не менш важливим фактором застосування даної класифікації залишається і можливість виокремлення додаткових функцій аграрної техніки, що не використовуються в певних умовах, але нав'язується різноманітними дилерами. Все це підтверджує універсальність та ефективність застосування даної класифікації при виборі, аналізі та проведенні розрахунків аграрної техніки.

Запропоноване формульне позначення ходових систем енергетичних засобів в повній мірі описує максимально можливу кількість параметрів закладених в них виробником аграрної техніки. При цьому дана

класифікація порівняно з класичною дозволяє повністю виконати опис параметрів ходових систем вже існуючих зразків та врахувати можливий подальший їх розвиток.

#### **Бібліографічні посилання:**

1. Adamchuk, V. V., Bulhakov, V. M., Nadykto, V. T., Kriuchev, V. M. (2017) Teoretychne obhruntuvannya ty pazhu kolisnykh silskohospodarskykh traktoriv dlia Ukrainy. [Theoretical priming of the type of wheeled agricultural tractors for Ukraine] Visnyk ahrarynoy nauky. No 1. P. 43-47. [in Ukrainian]

2. Chepizhnyi, A.V., Zubko, V.M., Kovalenko, V.Ie. Shutko, V.V. (2024). Vyznachennia koefitsiienta oporu perekochuvannia suchasnoy ahrarynoy tekhniki na riznykh ahrofonakh [Determination of the overflow resistance coefficient of modern agricultural techniques on different agrophones] Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarynoho universytetu. Naukovyi zhurnal. Seriya mekhanizatsiia ta avtomatyzatsiia vyrobnychyykh protsesiv» Vyp. 3 (57), 2024 – P. 59-68. [in Ukrainian]

3. Kupchuk, V. I., Ivanina, V. V., Nesterov, H. I. ta in. (2010). Grunty Ukrainy: vlastyvoli, henezys, menedzhment rodichosti. [Lands of Ukraine: power, genesis, management of family power]. Kondor, Kyiv. [in Ukrainian]

4. Lebedev, A. T., Artemov, M. P. Obgruntuvannia efektyvnosti vykorystannia gruntoobrobnykh mashynno-traktornykh ahrehativ modeliuvanniam partsialnykh pryskoren [Rationalization of the effectiveness of the use of soil tillage machine-tractor units by modeling partial]. Leonid Pogorilyy Ukrainian Scientific Research Institute. Collection of scientific papers. 2013. Vol. 17(31). P. 280-293. [in Ukrainian]

5. Lebediev, A. T., Kalinin, Ye. I., Shuliak, M. L. (2015). Opir perekochuvannia kolesa, shcho pratsiuie z buksuvanniam. [The support of the wheel migration, which prevents slipping]. Zbirnyk naukovykh statei Luts'koho NTU: Silskohospodarski mashyny. Vyp. 32. P. 109-115. [in Ukrainian]

6. Lebediev, S. (2016) Pidvyshchennia ahroekolohichnykh yakosti silskohospodarskykh kolisnykh traktoriv. [Advancement of agroecological components of Silsky Podar wheeled tractors]. Tekhnika i tekhnolohii APK. №1. P. 16-21. [in Ukrainian]

7. Petrov, L. M. (2009). Teoriia kolisnoho rushiia dlia vazhkykh umov ekspluatatsii. [Wheel crash theory for important minds of exploitation]. Ahraryni visnyk prychnomoria. №48. P. 33-40. [in Ukrainian]

8. Rebrov, O. Iu. (2021). Vybir parametriv shyn silskohospodarskykh traktoriv. [Select tire parameters for agricultural tractors]. Kharkiv. Vydavets: O. A. Miroshnychenko. [in Ukrainian]

9. Rebrov, O.I u., Pavlii, V. V. (2015). Identyfikatsiia parametriv silskohospodarskykh traktornykh shyn. [Identification of parameters of agricultural tractor tires]. Kharkiv. Informatsiini tekhnolohii: nauka, tekhnika, tekhnolohiia, osvita, zdorovia: KhKhIII mizhnar. naukovo-praktych. konf. MicroCAD-2015, 20-22 travnia 2015 r.: tezy dop. NTU «KhPI». [in Ukrainian]

10. Shuliak, M. L. Pidvyshchennia efektyvnosti ekspluatatsii enerhonasychenoho traktora v ahrehati z silskohospodarskoiu mashynoiu zminnoi masy – [Increasing the efficiency of operation of an energy tractor in a unit with an agricultural machine of variable mass]. Kharkiv : Bulletin of the KhNTUSG, 2014. Vol. 148. P. 280–286. [in Ukrainian]

**Chepizhnyi A. V.**, Ph.D, Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

**Zubko V. M.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the Academy of Engineering Sciences of Ukraine, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

**Kovalenko V. E.**, Graduate Student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

**Shutko V.V.**, Graduate Student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

#### **Main aspects of classification of driven systems of agricultural equipment**

The article presents an analysis of the main classifications of agricultural technology with their integration into a soil system in accordance with the indicators and parameters of the analysis of the interaction of destruction with soil. It is clear that most agricultural machinery has its own classification of types of running systems, which are connected to each other by related parameters. Based on this assertion, it is possible to carry out their unification for the final classification, which would be reasonable and maximally descriptive of all possible parameters of basic running systems.

For the beginning of the classification, the necessary washing and evaporation of the type of wheel crash can be divided into active, passive and reactive. All active wheels (caterpillars) drive the technology. Passive ones are the driving wheels (caterpillars), and reactive ones are actually the driving wheels of various equipment.

A different mental classification of the running systems of agricultural technology is also the universality in the formulation of foreign and veterinary production, based on the principles of agriculture features of the front and back development.

Based on the classification of running systems and their development, the classical scheme of values does not make it possible to characterize in detail the current running systems with regard to their features. Based on such problems, we propose to formulate a powerful formulaic characteristic that can completely characterize all types of running systems. Further, this classification makes it possible to analyze the characteristics of the interaction of destruction with soil with a clearer understanding of all possible aspects and factors contributing to the implementation of traction force unit. An equally important factor in the stagnation of this classification is the loss of the possibility of reinforcing the additional functions of agricultural technology, so that it is not abused in the old minds, and is not imposed by different dealers. All this confirms the universality and effectiveness of this classification in the selection, analysis and development of agricultural technology.

The flexibility of the global classification actually allows you to model parameters for the creation of new types of running systems and their further description. The formula above describes the basic layout of the attack and allows us to understand the basic parameters that require consideration in the conduct of further investigation.

**Key words:** chassis systems, wheeled steering, tracked steering, active, passive, reactive, energy powers, rotation, steering wheels, skid steer, wheel formula.