

УДК 631.3-52

А. Т. ЛЕБЕДЕСВ, д-р техн. наук, проф., ХНТУСГ ім. Петра Василенка, Харків

ТРАКТОРНА ЕНЕРГЕТИКА: ПРОБЛЕМИ ТА ЇХ РОЗВ'ЯЗАННЯ

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

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

Постановка проблеми. Основою тракторної енергетики є трактори (новолат. *tractor* – той, хто тягне, від лат. *traho* – тягну), призначені для приведення в дію приєднаних до нього або навісних машин і знарядь (сільськогосподарських, будівельних, дорожніх та ін.), а також спеціальних машин. Враховуючи тенденцію, що простежується останнім часом, до трансформації трактора з тягового в тягово-енергетичний засіб і надалі – в енергетичний необхідно виявити проблеми тракторної енергетики та визначити основні напрямки їх розв'язання.

Мета роботи. Розглянути та проаналізувати основні напрямки розвитку тракторної енергетики.

Основна частина. Починаючи з часу створення першого гусеничного трактора з паровим двигуном потужністю 20 к.с. (1896 р.) і до сьогодні трактори розвивалися у напрямку підвищення експлуатаційно-технологічних показників за рахунок підвищення потужності і маси, технічного рівня і, частково, універсальності, досягнувши високих техніко-економічних показників. В основу їх розвитку було покладено основні закономірності, розроблені В.П. Горячкіним, що стосується взаємодії енергетичних співвідношень (потужності N , опору руху агрегату P) зі швидкістю руху (V) трактора і робочої машини [1]:

$$75N = P_V = P_{\max} \left[1 - \left(\frac{V}{V_{\max}} \right)^m \right] \cdot V \quad \text{– для трактора;}$$

$$75N = (P + DV^m) \cdot V \quad \text{– для робочої (зокрема, для ґрунтообробної) машини;}$$

$$P = f \cdot G + k \cdot a \cdot b \cdot n + \xi \cdot a \cdot b \cdot n \cdot V^2 \quad \text{– для плуга,}$$

$$(\xi = \gamma/g)$$

де G – вага плуга;
 f – коефіцієнт тертя;
 $m = 2$;
 k – коефіцієнт опору;
 a і b – глибина і ширина шару ґрунту;
 n – кількість корпусів плуга;

γ – питома вага ґрунту;

g – прискорення сили тяжіння.

Еволюцію технічної концепції тракторної енергетики [2] слід прогнозувати за співвідношенням мас енергетичної (трактори) M_{ec} і технологічної (сільгоспмашини) M_{mc} складових. На початку застосування тракторів замість живої тягової сили зберігалася нерівність $M_{ec} > M_{mc}$, на сьогодні з упровадженням широкозахватних, комбінованих агрегатів $M_{ec} \approx M_{mc}$; в перспективі слід чекати $M_{ec} < M_{mc}$.

Збільшення M_{mc} до рівня M_{ec} і вище дозволяє використовувати M_{mc} як зчіпну масу. Якщо при цьому опорним колесам технологічної частини машинно-тракторного агрегату забезпечити привід від енергозасобу, то технологічна частина перетворюється з пасивної в активну. В цьому випадку масу трактора можна істотно зменшити із збереженням тягово-зчіпних властивостей агрегату та одночасним підвищенням його енергонасиченості в порівнянні з аналогічним показником звичайного трактора тягової концепції.

Вітчизняний та закордонний досвід тракторобудування показує, що при створенні енергетичних засобів із співвідношенням $M_{ec} < M_{mc}$ більш перспективними є інтегральні трактори, які об'єднують функції трактора і робочого знаряддя та виконують весь комплекс робіт – від обробки ґрунту та вирощування сільськогосподарських культур до збирання і транспортування врожаю до місць базування [3].

Для енергетичних засобів концепції $M_{ec} < M_{mc}$ характерна наявність змінних мас, нестабільність центра мас агрегату. Аналіз і синтез подібних систем може бути виконаний з використанням законів механіки змінних мас. Однак, і на сьогодні ці методи не знайшли широкого застосування у створенні машинних агрегатів сільськогосподарського призначення, хоча теоретичні передумови з вирішення цієї проблеми були окреслені (А.Н. Бессоновим, В.С. Новосьоловим, І.І. Артоболевським, В.С. Лоциним, Л.В. Погорілим та ін.). Зокрема, для аналізу систем змінних мас І.І. Артоболевським і В.С. Лоциним запропоновано рівняння:

$$\frac{d}{d\varphi} \left[J_n \frac{\omega^2}{2} \right] = M_g(\varphi, \omega) - M_c(\varphi, \omega) + K(\varphi) \frac{\omega^2}{2},$$

де J_n, M_g, M_c – приведений до головного валу відповідно момент інерції, узагальнені моменти активних та реактивних сил (механічні характеристики двигуна і робочої машини);

$K(\varphi)$ – приведений коефіцієнт густини інерційних параметрів всієї системи в положення кута φ .

Для обґрунтування оптимальних співвідношень між параметрами та швидкостями руху мобільних машин і агрегатів П.М. Василенко [4] запропонував диференційні рівняння для моменту рухомих сил та сил опору, які склали основу досліджень з динаміки трактора і були розвинуті в роботах В.Я. Аніловича, Г.М. Кутькова та ін. [5, 6].

Накопичений обсяг нових знань дозволяє прогнозувати основні напрямки створення трактора (мобільного енергомодуля) нового покоління, що відповідає

вимогам науково-технічного прогресу. Такими напрямками для тракторної енергетики можуть бути:

- агротехнологічна адаптивність;
- енергетична адаптація моторно-трансмійних установок;
- агрофільність ходових систем;
- мехатроніка.

Агротехнологічна адаптивність тракторної енергетики передбачає гнучку побудову тракторів на основі блочно-модульної їх компоновки, що забезпечує адаптивну вписуваність в агротехнології за габаритами, потужнісними і компоновальними параметрами. Таким чином розв'язується проблема гнучких систем механізації (ГСМ) як основи сільськогосподарської техніки першої половини ХХІ сторіччя [7, 8].

Універсальність ГСМ, основою яких є модульні енергозасоби, оцінюється коефіцієнтом універсальності K_{yn} , запропонованим Євгенко В.Г.:

$$K_{yn} = 1 - \sum_k^n \left[\frac{(d_k - d_j)}{d_k} \right],$$

де індекс k – k -й період сільськогосподарських робіт із загальною кількістю технологічних операцій;

d_j і d_k – завантаження j -го енергозасобу і тракторного парку в цілому в k -й період;

j – i -а репрезентативна ознака й j -та машина, а також загальне число ознак в цієї машини.

Показник гнучкості енергозасобу оцінюється кількістю операцій, які виконуються ним в технологічному процесі. Важливою характеристикою гнучкості енергозасобу є час переходу від однієї операції до іншої, а також час підготовки технологічного процесу до використання цього енергозасобу. Одним з напрямків розвитку ГСМ можуть бути модульні енергетичні засоби (МЕЗ), у яких трактор тягово-енергетичної концепції змінного тягового з'єднується з одним або кількома технологічними модулями, що забезпечують виконання як тягових, так і технологічних функцій. Вперше гіпотезу про доцільність МЕЗ запропонували в 70-ті роки минулого століття Г.М. Кутьков та Є.В. Габай. Ця гіпотеза в подальшому отримала розвиток у працях В.Т. Надикто [9], А.В. Рославцева [10] та ін.

Акад. Л.В. Погорілий пропонував [7] розглядати гнучкі засоби механізації як основу "статистичної технологічної механіки", що є системою стохастичної оцінки і моделювання багаточинних технологічних процесів і визначення допустимої межі їх інтенсифікації. На цій основі запропоновано прискорити обґрунтування і розробку блочно-модульних конструкцій енерготехнологічних агрегатів високої "гнучкості" і агротехнологічної адаптивності, зокрема:

- для реалізації ресурсозбереження технологій обробітку сільськогосподарських культур, у тому числі в екстремальних погодних умовах;
- для обробки ґрунту комбінованими агрегатами, посіву і збирання зернових і технічних культур з метою максимального використання оптимальних агротехнічних строків виконання робіт і агробіологічного потенціалу ґрунтів;

- для реалізації гнучких механічних (в раціональному поєднанні з хімічними) способів знищення бур'янів, особливо під час обробітку просапних культур;
- для підвищення агротехнологічної і енергетичної інтенсивності робіт із збирання, скорочення строків збирання і зменшення втрат урожаю в 2-3 рази.

Енергетична адаптивність моторно-трансмісійних установок передбачає гнучке поєднання двигунів внутрішнього згоряння (моторів) з трансмісією, що забезпечує адаптивну вписуваність енергозасобів за енергетичними параметрами в агротехнології виробництва різних сільськогосподарських культур [3, 11].

Адаптація моторно-трансмісійних установок до різних тракторів розв'язує задачу їх енергетичної забезпеченості меншою кількістю моделей двигунів і модифікацій трансмісій. При цьому двигуни уніфікуються за коефіцієнтом крутного моменту K (відношення максимального моменту двигуна до номінального) і трансмісії – за нерозривністю потоку енергії, що передається від двигуна до споживача (робочим органам, рушію). При $K = 1,4-1,5$ двигуни постійної потужності (ДПП), вживані на більшості тракторів зарубіжних фірм – наприклад, серії G Фіатагрі ($K = 1,42$), здійснюється безступенева автоматичне регулювання швидкості руху тракторного агрегату залежно від зміни опору руху (навантаження). В реальній експлуатації під час виконання тракторним агрегатом сільськогосподарських технологічних операцій його навантаження змінюється в межах 10-30%. Тому макроколювання навантажень можуть відстежуватися ДПП трактора лише у разі забезпечення необхідним набором передач з певними перепадами між сусідніми передачами.

Оцінка енергетичних показників варіантів трансмісій орних і універсально-просапних енергозасобів свідчить на користь застосування ДПП із збільшеним діапазоном регулювання ($K = 1,3-1,4$) і механічної ступеневої трансмісії, що перемикається на ходу в діапазонах. Перепад (q) передавальних чисел сусідніх передач (швидкостей) трансмісії для гусеничних і колісних тракторів повинен бути: $q \leq 1,4$. В такому разі, наприклад, для орно-просапного трактора з діапазоном основної робочої швидкості 4–15 км/год. і транспортної 15–40 км/год. необхідно задіювати шість передач.

При поєднанні ДПП з безступеневою трансмісією – наприклад, на тракторах фірми Fendt (запас крутного моменту двигуна 35-40%) механічна частина трансмісії являє собою двошвидкісну коробку передач, що забезпечує робочий і транспортний діапазони швидкості руху.

Фундаментальні дослідження за структурним і параметричним синтезом безступневих перспективних двопотокових гідрооб'ємно-механічних трансмісій тягово-транспортних машин виконані Є.Є. Александровим, В.Б. Самородовим та ін. [6].

Подальші шляхи удосконалення моторно-трансмісійних установок з метою їх адаптації до різноманіття сільськогосподарських агрегатів визначаються необхідністю вирішення низки прикладних технічних завдань, серед яких найважливішими є:

- створення двигунів з підвищеним запасом крутного моменту; використання парових установок, універсальних щодо вибору палива та можливих джерел заряджання (аккумуляторний варіант), про що наголошувалося в меморандумі Академії наук США 1973 р.; застосування енергозасобів з інерційним двигуном, з бортовим джерелом енергії (наприклад, водневим);
- розробка принципів оптимального комбінування тягових і приводних процесів сільськогосподарських агрегатів з метою забезпечення енергозбереження під час виконання технологічного процесу;

- обґрунтування раціональних динамічних параметрів і більш ефективних компоновальних схем універсальних енергозасобів з економічними моторно-трансмісійними установками, найбільш пристосованими для гнучких засобів механізації;

- створення автоматизованих моторно-трансмісійних установок, що забезпечують автоматичну підтримку частоти обертання приводу активних робочих органів комбінованих сільськогосподарських агрегатів.

Екологічна безпека (ЕБ) трактора – властивість трактора не перевищувати нормативних рівнів усіх видів шкідливих дій (під час роботи, обслуговування, ремонту, зберігання) на обслуговуючий персонал, населення, рослинний та тваринний світ, яка забезпечується конструктивними і технологічними чинниками, а також операціями технічного обслуговування (ТО) і ремонту в період від виготовлення до утилізації трактора. До шкідливих дій тракторів на навколишнє середовище відносять: зниження врожайності сільськогосподарських рослин, як наслідок ущільнення рушіями тракторів ґрунту та засмічення його шкідливими речовинами, що викидаються дизелями тракторів; відхилення санітарно-гігієнічних умов у кабіні трактора від нормативних.

Фундаментальні дослідження (М.Г. Беккера, В.А. Русанова та ін.) системи "рушій – ґрунт – рослина (врожай)" дозволили оцінити зміни фізичних властивостей ґрунту в результаті інтенсивної дії рушіїв мобільних енергозасобів, які створюють тиск на ґрунт в межах 100–700 кПа і руйнують його структуру [12, 13].

При цьому необхідно враховувати, що через недосконалість технологічних процесів підготовки ґрунту, догляду за рослинами, збирання врожаю різні машини проходять по полю від п'яти до п'ятнадцяти разів. Сумарна площа відбитків їх рушіїв і опорних коліс майже в два рази перевищує площу оброблюваної польової ділянки; 10–12 % площі поля піддаються дії ходових систем від шести до двадцяти разів, 65–80% – від одного до шести разів і лише 10–15% поля вільні від такої дії. В результаті глибина ущільненого шару ґрунту досягає 0,4–0,6 м. Якщо взяти до уваги, що недобір врожаю при ущільненні ґрунтів рушіями тракторів коливається в межах від 15% (універсально-просапні трактори) до 25% (трактори загального призначення), то щорічні втрати врожаю з цієї причини становлять тисячі тонн.

Механічні дії рушіїв машин на ґрунт не слід розглядати лише як ущільнюючу, оскільки одночасно відбувається руйнування його структури під дією буксування. Стирання ґрунту, утворення колії від проходу рушіїв створюють умови розвитку водної і вітрової ерозії. Ці процеси поглиблюються тенденцією до збільшення маси машин за рахунок ускладнення конструкції і появи нових вузлів і агрегатів.

Проблеми надмірного ущільнення ґрунту і руйнування його поверхневого шару можуть бути вирішені створенням досконаліших конструкцій машин, до яких відносяться блочно-модульні комбіновані енерготехнологічні засоби, що виконують декілька технологічних операцій за один прохід агрегату.

Зниження рівня тиску на ґрунт і нерівномірність його розподілу можливо також шляхом створення досконаліших рушіїв і ходових систем. Проте необхідно брати до уваги [12], що зниження ущільнення ґрунту за рахунок підвищення площі контакту не завжди забезпечує необхідні тягові властивості трактора. Це пояснюється залежністю тягової сили P_{\max} трактора від опору ґрунту зсуву τ_{\max} і площі контакту A рушія з ґрунтом:

$$P_{\max} = A \cdot \tau_{\max} = A \cdot (C + p \cdot \operatorname{tg} \varphi) = A \cdot C + w \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

де w – вертикальне навантаження;

C і ϕ – коефіцієнти відповідно зчеплення і внутрішнього опору ґрунту зсуву;

p – тиск на ґрунт.

На ґрунтах, характерних для сільськогосподарських угідь (наприклад, суглинках), у виникненні P_{\max} беруть участь τ_{\max} і A . Зусилля P_{kp} , що створюється на гаку машини рушієм, дорівнює різниці між дотичною силою тяги P_k і опором руху P_o . До того ж, якщо властивості ґрунту визначаються тільки коефіцієнтами C і ϕ , то P_{\max} під час буксування становитиме 15–20%. Водночас з підвищенням тиску на ґрунт також підвищується опір ґрунту зсуванню. Наприклад, для ходових систем тракторів типу ЮМЗ-80 при $p = 30$ кПа маємо $\tau = 21$ кПа, а при $p \cong 100$ кПа – $\tau = 82$ кПа (тобто τ зростає приблизно в чотири рази).

Зменшення тиску на ґрунт приводить до зниження тягових показників трактора і не може в окремих випадках (наприклад, при міжрядному обробітку і оранці) компенсуватися збільшенням площі контакту рушіїв з ґрунтом.

Таким чином, рушії тягових машин сільськогосподарського призначення під час роботи вступають в протиріччя з пасивними робочими органами, що забезпечують необхідні тягові властивості і знижують тиск на ґрунт. Це викликає необхідність розробки, з одного боку, альтернативних рушіїв (наприклад, крокуючих), а з іншого – створення блочно-модульних енергетичних засобів для роботи з технологічними модулями, що мають активні робочі органи.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на створення нових рушіїв і засобів механізації, що запобігають надмірному ущільненню ґрунту і руйнуванню його мікроструктури.

Перспективними завданнями в цьому напрямку можна назвати:

- розширення досліджень фізико-механічних властивостей ґрунтів як стохастичної системи при різних режимах динамічного навантаження від дії ходових систем мобільної техніки;
- подальший розвиток і уточнення моделей взаємодії робочих органів (активних, пасивних) з ґрунтом і потоками технологічних матеріалів як системи з розподіленими параметрами при різних режимах навантажень і різних погодних умовах, у тому числі екстремальних (підвищена вологість, засуха);
- розробка нових технологічних процесів підготовки ґрунту, догляду за рослинами, збирання врожаю та ін. з використанням гнучких засобів механізації, що забезпечують мінімальну кількість проходів мобільної техніки при обробці різних сільськогосподарських культур;
- створення ефективних розпушувачів слідів рушіїв у шарі 0–10 і 0–20 см і вдосконалення знарядь для безполицевого розпушення ґрунту на глибину 50–70 см.

Мехатроніка передбачає вирішення питань аналізу і синтезу засобів автоматизації, систем контролю технічного стану агрегатів і систем та керування машинними агрегатами.

Першою ґрунтовою працею з автоматизації сільськогосподарського виробництва була фундаментальна праця П.М. Василенка, І.І. Василенка [14]. У подальшому дослідження зі створення систем контролю агрегатів і систем трактора були виконані Л.І. Гром-Мазничевським, С.А. Іофіновим, Г.Б. Шипилевським та ін.

Загальна тенденція вдосконалення засобів автоматизації, контролю і керування машинними агрегатами, зокрема, на зарубіжній тракторній техніці [15], спрямована не лише на реєстрацію і регулювання основних параметрів тракторів і сільгоспмашин, але

й на контроль їх продуктивності, витрати палива, підвищення безпеки і якості робіт. Фахівці фірми Massey-Ferguson (Канада) визначили для всього спектру машин, що випускаються, 122 функції, виконання яких може бути передано електронним системам.

Деякі інформаційні системи, встановлені на закордонних тракторах, наприклад, Infomat 2 ELS фірми Steyr, аналізують сигнали датчиків частоти обертання колінчастого вала двигуна, тривалості впорскування палива, швидкості руху трактора і автоматично перемикають передачі без розриву потоку потужності.

Застосування системи Infomat дозволяє одержувати тягову характеристику, теоретично схожу з тяговою характеристикою трактора, оснащеного двигуном постійної потужності при недосяжному дотепер запасі крутного моменту в 51%. Оператор в цьому випадку може сконцентрувати свою увагу на контролі якості роботи при автоматичному варіюванні швидкості трактора в межах від 3,4 до 8,4 км/год.

На жаль, впровадження на вітчизняних тракторах бортових комп'ютерів, електронних регулюючих систем Alltronic, Infomat 2 ELS та ін. є завданням на далеку перспективу. Найближчим часом необхідно зосередити зусилля на вирішенні прикладних завдань, серед яких найважливішими є:

- розробка теорії систем сільськогосподарської мехатроніки, що включає елементи різної фізичної природи (механічні, гідравлічні, електричні і ін.);
- розробка працездатних і простих систем контролю завантаження двигуна, систем автоматичного регулювання процесів взаємодії енергозасобів і робочих машин, копіювання поверхні поля і автоматичного водіння машинно-тракторних агрегатів.

Висновки. Зважаючи на тенденцію до трансформації трактора з тягового в тягово-енергетичний засіб для агрегування з комбінованими сільськогосподарськими агрегатами, що мають активні робочі органи, і надалі – в енергетичний засіб з розгалуженою системою відбору потужності, необхідно виконати теоретичні дослідження тягово-енергетичних та енергетичних засобів у напрямку раціонального співвідношення мас енергетичної і технологічної частин, обґрунтованого їх типу, керованості і стійкості руху та ін.

Поки не визначено місце в системі машин тракторів енергетичної концепції, не напрацьовані способи агрегування їх з сільгоспмашинами, не встановлені агротехнічні вимоги до тракторів проміжної тягово-енергетичної концепції. Тобто, наука про трактор відстає від потреб практики тракторобудування. Це може особливо гостро виявиться при практичній реалізації тягово-енергетичної і енергетичної концепцій тракторної енергетики.

Список літератури: 1. Горячкин В. П. Собрание сочинений в 7-ми томах / В. П. Горячкин; под ред. Н. Д. Лучинского. – М.: Сельхозгиз, 1937. – Т. 3. – 164 с. 2. Кутьков Г. М. Технологические основы мобильных энергетических средств / Г. М. Кутьков. – М.: Изд-во МГАУ, 1999. – 150 с. 3. Ксеневиц И. П. Сельскохозяйственные трактора нетрадиционных компоновок / И. П. Ксеневиц, А. П. Парфенов, С. Е. Либцис. – Мн.: ПолиБит, 1998. – 210 с. 4. Василенко П. М. Введение в земледельческую механику / П. М. Василенко; под ред. Л. Погорелого и В. Василенко. – К.: Сільгоспосвіта, 1996. – 252 с. 5. Барский И. Б. Динамика трактора / И. Б. Барский, В. Я. Анилович, Г. М. Кутьков. – М.: Машиностроение, 1973. – 280 с. 6. Динамика транспортно-тяговых колесных и гусеничных машин / Е. Е. Александров, Д. О. Волонцевич, А. Т. Лебедев [и др.]. – Х.: Изд-во ХГАДУ, 2001. – 642 с. 7. Погорілий Л. В. Сучасні проблеми землеробської механіки і машинознавства при

створенні сільськогосподарської техніки нового покоління / *Л. В. Погорілий* // Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник ХДТУСГ. – Х.: Вид-во ХДТУСГ, 2003. – Вип. 20. – С. 10–27. **8.** Світові тенденції розвитку мобільної енергетики і їх прогноз для України на початок XXI століття / *В. Г. Євтенко, Л. В. Погорілий, Л. Г. Гром-Мазнічевський* [та ін.]; за ред. *Л. В. Погорілого*. – К.: Сільгоспосвіта, 1997. – 68 с. **9.** *Надыкто В. Т.* Агрегатирование модульных энергетических средств / *В. Т. Надыкто*. – Мелітополь: Вид-во ММД, 2003. – 240 с. **10.** *Рославцев А. В.* Колесные тракторы кл. 3: улучшение тягово-сцепных и эксплуатационно-технологических качеств / *А. В. Рославцев* // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1992. – № 8. – С. 8–13. **11.** Тракторы. Проектирование, конструирование и расчет / *И. П. Ксеневиц, В. В. Гуськов, Н. Ф. Бочаров* [и др.]; под общ. ред. *И. П. Ксеневица*. – М.: Машиностроение, 1991. – 544 с. **12.** *Беккер М. Г.* Введение в теорию систем «местность – машина»: пер. с англ. / *М. Г. Беккер*. – М.: Машиностроение, 1973. – 519 с. **13.** *Русанов В. А.* Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути ее решения / *В. А. Русанов*. – М.: Изд-во ВИМ, 1998. – 368 с. **14.** *Василенко П. М.* Автоматизация процессов сельскохозяйственного производства / *П. М. Василенко, И. И. Василенко*. – М.: Колос, 1964. – 273 с. **15.** *Мачульский Ф. Ф.* Электронные средства автоматического управления на зарубежных тракторах / *Ф. Ф. Мачульский, Т. В. Новиков, Г. Б. Шипилевский* // Тракторы и сельхозмашины. – 1983. – № 10. – С. 55–60.

Bibliography (transliterated): **1.** *Gorjachkin V. P.* Sbranie sochinenij v 7-mi Vol. Ed. *N. D. Luchinskogo*. Moscow: Sel'hozgiz, 1937. Vol 3. **2.** *Kut'kov, G. M.* Tehnologicheskie osnovy mobil'nyh jenergeticheskikh sredstv. Moscow: Izd-vo MGAIU, 1999. **3.** *Ksenevich I. P., Parfenov, A. P., Libcis, S. E.* Sel'skohozjajstvennye traktora netradicionnyh komponovok. Minsk: PoliBit, 1998. **4.** *Vasilenko P. M.* Vvedenie v zemledel'cheskiju mehaniku. Ed. *L. Pogorelogo and V. Vasilenko*. Kiev: Sil'gosposvita, 1996. **5.** *Barskij, I. B., Anilovich V. Ja., Kut'kov G. M.* Dinamika traktora. Moscow: Mashinostroenie, 1973. **6.** *Aleksandrov E. E. et al.* Dinamika transportno-tjagovyh kolesnyh i gusenichnyh mashin. Kharkov: Izd-vo HGADU, 2001. **7.** *Pohorilyy L. V.* Suchasni problemy zemlerobs'koyi mekhaniky i mashynoznavstva pry stvorenni sil'skohospodars'koyi tekhniky novoho pokolinnya. Mekhanizatsiya sil'skohospodars'koho vyrobnystva: Visnyk KhDTUS·H. Kharkov: Vyd-vo KhDTUS·H, 2003. Vyp. 20. 10–27. Print. **8.** *Yevtenko V. H. et al.* Svitovi tendentsiyi rozvytku mobil'noyi enerhetyky i yikh prohnoz dlya Ukrayiny na pochatok XXI stolittya. Ed. *L. V. Pohoriloho*. Kiev: Sil'hosposvita, 1997. **9.** *Nadykto, V. T.* Agregatirovanie modul'nyh jenergeticheskikh sredstv. Melitopol': Vid-vo MMD, 2003. **10.** *Roslavcev A. V.* Kolesnye traktory kl. 3: uluchshenie tjagovo-scepnyh i jekspluatacionno-tehnologicheskikh kachestv. Traktory i sel'skohozjajstvennye mashyny. 1992. No 8. 8–13. Print. **11.** *Ksenevich I. P. et al.* Traktory. Proektirovanie, konstruirovanie i raschet. Ed. *I. P. Ksenevich*. Moscow: Mashinostroenie, 1991. **12.** *Bekker M. G.* Vvedenie v teoriju sistem «mestnost' – mashina»: per. s angl. Moscow: Mashinostroenie, 1973. **13.** *Rusanov V. A.* Problema pereuplotnenija pochv dvizhiteljami i jeffektivnye puti ee reshenija. Moscow: Izd-vo VIM, 1998. **14.** *Vasilenko P. M., Vasilenko I. I.* Avtomatizacija processov sel'skohozjajstvennogo proizvodstva. Moscow: Kolos, 1964. **15.** *Machul'skij F. F., Novikov T. V., Shipilevskij G. B.* Jelektronnye sredstva avtoma-ticheskogo upravlenija na zarubezhnyh traktorah, Traktory i sel'hozmashyny. 1983. No 10. 55–60. Print.

Надійшла (received) 12.02.2015