

Мобільні і стаціонарні енергозасоби та їх елементи  
Mobile and stationary power units and their elements

УДК 631.3-52

## Тракторна енергетика: проблеми та рішення

А.Т.Лебедєв<sup>1</sup>, В.И.Кравчук<sup>2</sup>, С.А.Лебедєв<sup>3</sup><sup>1</sup> Харківський національний технічний університет сільського господарства  
ім. Петра Василенка (Харків, Україна)<sup>2</sup> УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого (ПГТ Дослідницьке, Україна)<sup>3</sup> Харківська філія УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого (Харків, Україна)

Систематизовані основні напрямки розвитку тракторної енергетики на найближчі роки та перспективу, які базуються на результатах розгляду даної проблеми з Л.В.Погорілим, В.Я.Аніловичем, Г.М.Кутьковим, В.Т.Надикто та ін. та аналізі наукових досліджень авторів по теорії і конструкції трактора.

**Ключові 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 нависних машин і знарядь (сільськогосподарських, будівельних, дорожніх та ін.), а також для приводу стаціонарних машин. При тенденції, що намітилася, переходу трактора з тягового в тягово-енергетичний засіб і надалі – в енергетичний необхідно оцінити проблеми тракторної енергетики та намітити основні напрями їх рішення.

**Мета роботи.**

Розглянути та проаналізувати основні напрями розвитку тракторної енергетики.

**Основна частина.**

Від створення першого гусеничного трактора з паровим двигуном потужністю 20 к.с. (1896 р.) до теперішнього часу трактори розвивалися у напрямі підвищення експлуатаційно-технологічних показників за рахунок підвищення потужності і маси, технічного рівня і, частково, універсальності, досягнувши високих техніко-економічних показників. В основу даних робіт були покладені основні закономірності, В.П.Горячкіним, по взаємодії енергетичних співвідношень (потужності  $N$ , опору руху агрегату  $P$  зі швидкістю руху ( $V$ ) трактора і робочої машини [1]:

$$75N = P_v = P_{max} [1 - (V/V_{max})^m] V$$

– для трактора;

$$75N = (P + DV^m)V$$

– для робочої (зокрема, для ґрунтообробної) машини;

$$P = f \cdot G + k \cdot a \cdot b \cdot n + \varepsilon \cdot a \cdot b \cdot n \cdot V^2$$

$$\varepsilon = \gamma/g$$

– для плуга,

де  $G$  – вага плуга;  $f$  – коефіцієнт тертя;  $m = 2$ ;  $k$  – коефіцієнт опору;  $a$  і  $b$  – глибина і ширина шару;  $n$  – кількість корпусів плуга;  $\gamma$  – питома вага ґрунту;  $g$  – прискорення сили тяги.

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

Збільшення  $M_{tc}$  до рівня  $M_{ec}$  і вище дозволяє використовувати  $M_{tc}$  в якості зчіпної маси. Якщо при цьому опорним колесам технологічної частини машинно-тракторного агрегату забезпечити привід від енергозасобу, то технологічна частина перетворюється з пасивної в активну. В даному випадку при збереженні тягово-зчіпних властивостей агрегату трактор можна істотно полегшити при одночасному підвищенні його енер-

гонасиченості в порівнянні з аналогічним показником звичайного трактора тягової концепції.

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

Для енергетичних засобів концепції  $M_{ec} < M_{tc}$  характерна наявність змінних мас, нестабільність центра мас агрегату. Аналіз і синтез подібних систем може бути виконаний за допомогою законів механіки змінних мас. Однак, і на сьогодні дані методи не знайшли широкого використання при створенні машинних агрегатів сільськогосподарського призначення, хоча теоретичні передумови з вирішення даної проблеми були виконані А.Н.Бессоновим, В.С.Новосоловим, І.І.Артоблевським, В.С.Лощиним, Л.В.Погорілим та ін. Зокрема, для аналізу систем змінних мас І.І.Артоблевським і В.С.Лощиним 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  $\varphi$ .

Для обґрунтування оптимальних співвідношень між параметрами та швидкостями руху мобільних машин і агрегатів П.М.Василенком [4] були запропоновані диференціальні рівняння для моменту рухаючихся 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 достатній об'єм нових знань дозволяє прогнозувати основні напрями створення трактора (мобільного енергомодуля) нового покоління, відповідного вимогам ХХІ століття. Даними напрямками для тракторної енергетики можуть бути:

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

*Агротехнологічна адаптивність* тракторної енергетики передбачає гнучку побудову тракторів на основі блочно-модульної їх компоновки, що забезпечує адаптивну вписуємість в агротехнології по габаритних, потужносних і компоновальних параметрах. При цьому 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  $K_{уп}$  універсальності, запропоновані Євгенко В.Г.:

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

де індекс  $k$  –  $k$ -й період сільськогосподарських робіт з 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 і  $j$ -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 другої, а також час підготовки технологічного процесу до використання даного енергозасобу. Одним з напрямків розвитку ГСМ можуть бути модульні енергетичні засоби (МЕЗ), у яких трактор тягово-енергетичної концепції з'єднується з одним або кількома технологічними модулями, що забезпечують виконання як тягових, так і технологічних функцій. У даному випадку енергетичний модуль (трактор) буде змінного тягового класу. Вперше гіпотеза про доцільність МЕЗ була запропонована у 70-і роки минулого століття Г.М.Кутьковим та Є.В.Габай, яка в подальшому отримала розвиток у працях В.Т.Надикто [9], А.В.Рославцева [10] та ін.

Агротехнологічна адаптивність тракторної енергетики нерозривно пов'язана з класифікацією тракторів, основні положення якої розроблені в працях І.І.Трепененкова, І.П.Ксеневича, Г.М.Кутькова, А.П.Парфенова, В.Т.Надикто та ін. Класифікацію за призначенням, сил тяги, типам ходових систем і компоновок. Для тракторів сільськогосподарського призначення критерієм згідно з ГОСТ 27021-86 та СТ СЭВ 628-85 є номінальне тягове зусилля, що визначає клас трактора. Кожному класу відведений відповідний діапазон 0,9 РТНі - 0,9 РТН(і+1), де РТН - номінальне тягове зусилля на гаку, кН, і – клас трактору. Завдяки такому підходу зникається діапазон тягових зусиль від попереднього трактору до наступного. Дійсна класифікація розроблена для тракторів тягової концепції [11] і повністю виправдала себе. Але ця класифікація по-перше, не дає повного уявлення про тягові властивості тракторів тягово-енергетичної концепції, а по-друге не дозволяє відрізнити їх від тракторів тягової концепції. Новий підхід до класифікації тракторів тягово-енергетичної концепції передбачає діапазон тягових зусиль в одному класі тракторів, що досягається в основному шляхом

їх баластування, або перетворення в енерготехнологічний засіб з застосуванням підкатного мосту з активним приводом його коліс від ВВП [12].

Класифікація тракторів за кордоном, у відповідності зі стандартом ІСО 730/1 та 730/3-82, проводиться по максимальній тяговій потужності, що розділяється, у відповідності з міжнародними стандартами СТ СЭВ 628-85, на чотири категорії, що взаємопов'язані з класифікацією по ГОСТ 30745-2001 (ІСО 789-9-90) за тяговим зусиллям [13]

Акад. Л.В.Погорілий пропонував [7] розглядати гнучкі засоби механізації основою "статистичної технологічної механіки" як системи 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 с.г. 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 при обробці просапних культур;
- для підвищення агротехнологічної і енергетичної інтенсивності робіт по збиранню, скороченню строків виконуваних робіт і зменшенню втрат урожаю в 2-3 рази.

*Енергетична адаптивність моторно-трансмійних установок* передбачає гнучке поєднання двигунів внутрішнього згоряння (моторів) з трансмісією, яке забезпечує адаптивну вписуємість енергозасобів за енергетичними параметрами в агротехнології виробництва різних сільськогосподарських культур. Дослідження у даному напрямку були виконані Гуськовим В.В., Ксеневичем І.П. та ін. [3, 14].

При адаптації моторно-трансмійних установок до різних тракторів розв'язується задача 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 – по нерозривності потоку енергії, що передається від двигуна до споживача (робочим органам,

рушію). При  $K = 1,4 \dots 1,5$  двигуни постійної потужності (ДПП), вживані на більшості тракторів зарубіжних фірм, наприклад, Серії  $G$  Фіатагрі ( $K = 1,42$ ), здійснюється безступеневе автоматичне регулювання швидкості руху тракторного агрегату залежно від зміни опору руху (навантаження). В реальній експлуатації при виконанні тракторним агрегатом сільськогосподарських технологічних операцій його навантаження змінюється в межах 10...30%. Тому її макроколивання можуть відстежуватися ДПП трактора лише в тому випадку, якщо буде забезпечений необхідний набір передач з певними перепадами між сусідніми передачами.

Проведена оцінка енергетичних показників варіантів трансмісій орних і універсально-просапних енергозасобів свідчить на користь застосування ДПП із збільшеним діапазоном регулювання ( $K = 1,3 \dots 1,4$ ) 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 цьому випадку, наприклад, для орно-просапного трактора для діапазону основних робочих (4...15 км/год.) і транспортних (15...40 км/год.) швидкостей необхідні шість передач.

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

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

Подальші напрями по вдосконаленню моторно-трансмійних установок з метою їх адаптації до різноманіття сільськогосподарських агрегатів визначаються необхідністю вирішення ряду прикладних технічних задач, серед яких найважливішими є:

- створення двигунів з підвищеним запасом крутного моменту; використання парових установок, універсальних як по паливу, так і по вибору можливих джерел заряджання (акумуляторний варіант) (про це наголошувалося в меморандумі 1973 р. Академії наук США); 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 при виконанні 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 (при роботі, обслуговуванні, ремонті, зберіганні) 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. При цьому 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 нормативу.

Фундаментальні дослідження М.Г. Беккера, В.А. Русанова і інших авторів в напрямку 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 [15, 16].

При цьому необхідно враховувати, що через недосконалість технологічних процесів підготовки ґрунту, догляду за рослинами, збирання врожаю різні машини проходять по полю від 5 до 15 разів. Сумарна площа відбитків їх рушіїв і опорних коліс майже в 2 рази перевищує площу оброблюваної польової ділянки; 10...12 % площі поля піддаються дії ходових систем від 6 до 20 разів, 65...80% – від 1 до 6 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 даної причини на Україні складають тисячі тонн.

Механічні дії рушіїв машин на ґрунт не слід розглядати тільки як ущільнюючі, 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 збільшення маси машин за рахунок ускладнення конструкції і появи нових вузлів і агрегатів.

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

Зниження рівня тиску і нерівномірності його розподілу на ґрунт можливо також шляхом створення досконаліших рушіїв і ходових систем.

При цьому по М.Г.Беккеру [14] необхідно брати до уваги, що зниження ущільнення ґрунту за рахунок підвищення площі контакту не завжди забезпечує необхідні тягові властивості трактора. Це пояснюється наступним аналізом тягової сили  $P_{max}$  трактора від опору ґрунту зсуву  $\tau_{max}$  і площі контакту  $A$  рушія з ґрунтом:

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

де  $w$  – вертикальне навантаження;  $C$  і  $\varphi$  – коефіцієнти відповідно зчеплення і внутрішнього опору ґрунту зсуву;  $p$  – тиск на ґрунт.

На ґрунтах, характерних для с.г. угідь (наприклад, суглинках), у виникненні  $P_{max}$  беруть участь  $\tau_{max}$  і  $A$ . Зусилля  $P_{кр}$ , що створюється на гаку машини рушієм, дорівнює різниці між дотичною силою тяги  $P_k$  і опором руху  $P_o$ . При цьому, якщо властивості ґрунту визначаються тільки коефіцієнтами  $C$  і  $\varphi$ , то  $P_{max}$  буде при буксуванні 15...20%. В той же час з підвищенням тиску на ґрунт також підвищується опір ґрунту зсуву. 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  $\tau$  зростає приблизно в 4 рази).

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

Таким чином, рушії тягових машин сільськогосподарського призначення при роботі з пасивними робочими органами по забезпеченню необхідних тягових властивостей і зниженню тиску на ґрунт вступили в протиріччя. Це викликає необхідність розробки з одного боку альтернативних рушіїв, наприклад, крокуючих, з другого боку – створення блочно-модульних енергетичних засобів для роботи з технологічними модулями, що мають активні робочі органи.

Подальші напрями зниження ущільнення ґрунту ходовими системами мобільної сільськогосподарської техніки повинні бути направлені



на створення нових рушіїв і засобів механізації, що запобігають надмірному ущільненню ґрунту і руйнування його мікроструктури.

Перспективними задачами в даному 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 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 в шарі 0...10 і 0...20 см і удосконалення знарядь для безвідвального розпушення ґрунту до глибини 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 [17]. У подальшому дослідження зі створення систем контролю агрегатів і систем трактора були виконані Л.І.Гром-Мазничевським, С.А.Юфіновим, Г.Б. Шипилевським та ін.

Загальна тенденція вдосконалення засобів автоматизації, контролю і керування машинними агрегатами, наприклад, на зарубіжній тракторній техніці [18], направлена не тільки на реєстрацію і регулювання основних параметрів тракторів і сільгоспмашин, але і 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 кордонних тракторах, наприклад, Infomat 2 ELS фірми Steyr, аналізують сигнали датчиків частоти обертання колінчастого валу 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 задачею на далеку перспективу. На найближчий час необхідно зосередити зусилля на вирішенні прикладних задач, 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.**

При тенденції, що намітилася, переходу трактора з тягового в тягово-енергетичний засіб при агрегативанні з комбінованими сільськогосподарськими агрегатами, що мають активні робочі органи, і надалі – в енергетичний засіб з розгалуженою системою відбору потужності, необхідно виконання теоретичних досліджень тягово-енергетичних і енергозасобів у напрямі раціонального співвідношення мас енергетичної і технологічної частин, обґрунтованого їх типу, керованості і стійкості руху та ін.

Трактори енергетичної концепції в порівнянні з тягово-енергетичними тракторами мають меншу спадковість з тракторами сучасної (тягової) концепції. Поки не визначено місце в системі машин тракторів енергетичної концепції, не напрацьовані способи агрегативання їх з сільгоспмашинами, не встановлені агротехнічні вимоги до тракторів проміжної тягово-енергетичної концепції.

Висловлене показує, що наука про трактор відстає від потреб практики тракторобудування. Це може особливо гостро виявитися при практичній реалізації тягово-енергетичної і енергетичної концепцій тракторної енергетики.

## Література

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. Ксенович И.П. Сельскохозяйственные трактора нетрадиционных компоновок / И.П.Ксенович, А.П.Парфенов, С.Е.Либчис. – 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 ХХІ 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. Трепененков И.И. эксплуатационные показатели сельскохозяйственного трактора / И.И.Трепененков. – М.: Машгис, 1963. – 271 с.
12. Кутьков Г.М. Энергонасыщенность и классификация тракторов / Г.М.Кутьков // Тракторы и сельхозмашины. – 2009, №5. – С. 11-14
13. Електронні джерела : <http://www.tractortestlab.unl.org/> CDLG r.V.- немецкое сельскохозяйственное общество
14. Тракторы. Проектирование, конструирование и расчет / И.П.Ксенович, В.В.Гуськов, Н.Ф.Бочаров и др.; под общ. ред. И.П.Ксеновича. – М.: Машиностроение, 1991. – 544 с.
15. Беккер М.Г. Введение в теорию систем «местность – машина»: пер. с англ. / М.Г.Беккер. – М.: Машиностроение, 1973. – 519 с.
16. Русанов В.А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути ее решения / В.А.Русанов. – М.: Изд-во ВИМ, 1998. – 368 с.
17. Василенко П.М. Автоматизация процессов сельскохозяйственного производства / П.М. Василенко, И.И. Василенко. – М.: Колос, 1964. – 273 с.
18. 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.

## Аннотация

### Тракторная энергетика: проблемы и решения

А.Т.Лебедев, В.И.Кравчук, С.А.Лебедев

*Систематизированы основные направления развития тракторной энергетика на ближайшие годы и перспективу, которые базируются на результатах рассмотрения данной проблемы с Л.В.Погорелым, В.Я.Аниловичем, Г.М.Кутьковым, В.Т.Надыкто и др. и анализе научных исследований авторов по теории и конструкции трактора.*

**Ключевые слова:** тракторная энергетика, агротехнологическая адаптивность, моторно-трансмиссионные установки, ходовая система, мехатроника.

## Abstract

### Tractor energetics: problems and solutions

A.Lebedev, V.Kravchuk, S.Lebedev

*The basic guidelines of tractor energetics development are systematized for the near future and in prospect, they are based on the results of consideration of this problem with L.Pohorelyi, V.Anilovich, G.Kutkov, V.Nadykto and others and on the analysis of scientific researches of authors on theory and construction of tractor.*

**Keywords:** tractor energy, agrotechnological adaptiveness, options of motor-transmissions, working system, mechatronics.

Представлено: Е.Е.Александров / Presented by: E.Aleksandrov

Рецензент: В.Г.Кухтов / Reviewer: V.Kuhtov

Подано до редакції / Received: 16.09.2013