

УДК 631.372.002

DOI:10.30977/AT.2219-8342.2018.42.0.53

МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ СТВОРЕННЯ СІМЕЙСТВА ТРАКТОРІВ ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Кальченко Б.І., Кожушко А.П.,

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Анотація. Виконано аналіз моделей колісних тракторів, які на даний момент випускаються. Описано методологію створення сімейств тракторів загального призначення. Наведено системність при проектуванні колісних тракторів, за рахунок побудови розчленування системи на ієрархічні рівні.

Ключові слова: колісний трактор, методологія створення, системність проектування, ієрархічні рівні.

Вступ

Тракторобудування – це одна з галузей господарства, яка стимулює економічний розвиток та сприяє продовольчій незалежності держави. В розрізі України необхідно відмітити, що вона завжди вважалась аграрною державою, тому має усі передумови до розвитку тракторобудування.

Сьогодні питання створення нових енергонасичених та технічно розвинених тракторів – актуальне, адже потребує кропіткої та посиленої роботи, як науковців, так і конструкторів, щоб наблизитись до західноєвропейських колег.

Аналіз публікацій

У своїй основі робота базується на теоретичних дослідженнях ряду вітчизняних і зарубіжних вчених з теорії та конструювання машинно-тракторних агрегатів у частині оптимізації параметрів їх динамічних і ергономічних характеристик, поліпшення тягово-зчіпних властивостей і забезпечення вимог з екології: Є.Є. Александров, І.Б. Барський, В.О. Богомолів, В.В. Гуськова, А.І. Гришкевич, Дж. Вонг, І.П. Ксеневич, В.В. Кацигін, В.І. Клименко, М.М. Коденко, Г.М. Кутьков, Л.В. Крайник, А.Т. Лебедев, В.Т. Надикто, М.А. Подригало, В.Б. Самородов, В.П. Сахно, В.Л. Строкова, А.М. Туренко, В.М. Шаріпов та ін. [1–5].

Мета і постановка завдання

Метою роботи є наведення методологічних засад для створення сімейства тракторів загального призначення шляхом поєднання всіх етапів при проектуванні нового трактора.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- провести аналіз тракторів, які випускаються підприємствами України;
- навести методологію виробництва сімейства тракторів загального призначення;
- окреслити системність при проектуванні тракторів.

Сучасне українське тракторобудування

Сьогодні на теренах України існує декілька підприємств, які випускають нову тракторну техніку. Особливу увагу необхідно приділити українському гіганту тракторобудування – це АТ «Харківський тракторний завод», який уособлює в собі плацдарм для створення нової тракторної техніки.

Протягом багатьох десятиліть основу машинно-тракторного парку підприємств сільськогосподарства складала енергонасичені трактори виробництва ХТЗ. Харківський тракторний завод був і залишається єдиним підприємством на пострадянському просторі, який випускає одночасно колісну і гусеничну техніку.

В останні роки на підприємство були залучені інвестиції, які дозволили провести цілий комплекс робіт із поліпшення технологічних процесів, створити нові продукти, модернізувати існуючу лінійку тракторів і провести часткову реструктуризацію підприємства.

У сучасних реаліях АТ «ХТЗ» випускає такі трактори (рис. 1), як ХТЗ-150К-09.172.01; ХТЗ-242К.20; ХТЗ-242К.21.

Як не дивно, колісні трактори виготовляє Державне підприємство «Виробниче об'єднання Південний машинобудівний за-

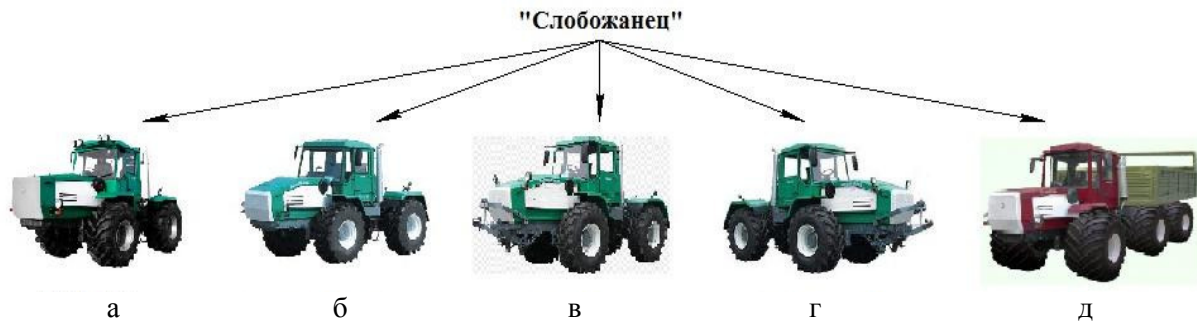


Рис. 3. Колісні трактори «Слобожанец»: а – ХТА-200; б – ХТА-220; в – ХТА-250; г – ХТА-250-13; д – ХТА-300



Рис. 4. Продукція тракторобудівних підприємств: а – ТЯ-200 «Ярило»; б – «Коваль»; в – GAL-5052; г – КИЙ

Згідно з проведеним аналізом можна зробити висновок про те, що українські тракторобудівники створюють нову техніку на основі модернізації старої, тим самим не суттєво підвищуючи технічний рівень. Порівнюючи продукцію західноєвропейських компаній (таких як CNH (Case IH, New Holland), John Deere, AGCO (Fendt, Challenger, Massey Ferguson) та ін. [6, 7]) з вітчизняною, відмічаємо суттєву різницю в технічному рівні, а особливо в ергономічному, тому створення загальної методології з наведенням системності у проектуванні тракторів загального призначення є актуальним питанням.

Методологія створення нової машини

Створення нової машини – складний і тривалий процес, в якому беруть участь конструктори, вчені, виробники, випробувальники, експлуатаційники. Цикл створення машини складається з декількох етапів: науково-технічний пошук, проектування, виготовлення зразків, випробування та доведення конструкції. Найважливішим є етап проектування, що включає структурний синтез, вибір раціональних параметрів і конструювання машини.

Ефективність досягнення кінцевої мети в основному визначається вибором констру-

ктивної схеми машини та її параметрів. Поодинокі конструктивні помилки в окремих механізмах і системах машини виправляють у процесі випробувань та доведення. Помилки ж принципової структурної побудови машини і в її основних параметрах, як правило, не піддаються виправленню, тому на етапі проектування під час пошуку найкращих конструктивних рішень, обґрунтування і вибору параметрів створюваної машини повинні бути використані найсучасніші засоби для теоретичних і експериментальних досліджень.

Для скорочення термінів створення тракторів, підвищення якості проектування і зниження матеріальних витрат необхідна розробка методології розрахунку і вибору раціональних параметрів трактора, теоретичною засадою якої можуть служити математичні методи вирішення завдань, оптимізації та автоматизації проектування.

Однією з найважливіших задач на даному етапі є підвищення ергономічного й економічного рівня машин. Крім народногосподарського значення, виконання цього завдання відіграє велику роль у соціальному і зовнішньоторговельному аспектах. У соціальному аспекті створення комфортних умов праці сприяє зниженню загальної та професійної захворюваності, зниженню плинності

кадрів, підвищенню престижності професії механізатора. У зовнішньому торговому аспекті рівень умов і безпеки праці, техніко-естетичне оформлення машин є одним із показників їх конкурентоспроможності.

У ході створення сімейства тракторів необхідно вирішити питання єдиного стильового й архітектурного оформлення з максимальною уніфікацією не тільки силових агрегатів (двигун – силова передача – система керування), а й облицювання кабіни, обладнання та вузлів, які забезпечують агрегування із сільськогосподарськими машинами і знаряддями. Поєднання естетичних, ергономічних, компонувальних, динамічних, техніко-економічних та інших характеристик дозволить забезпечити високий рівень споживчих властивостей всіх тракторів, що входять до складу створеного сімейства машин, до максимальної спеціалізації виробничих ділянок на виготовлення масових вузлів тракторів і складання різних модифікацій в єдиному технологічному потоці.

У ході створення мобільних машин необхідно вирішити такий комплекс наукових і технічних завдань:

- забезпечення агрегування з уніфікованим набором сільськогосподарських машин колісних модифікацій з урахуванням виконання вимог ергономіки агрегата;
- техніко-економічне обґрунтування показників базових моделей тракторів та їх модифікацій, прогнозування підвищення їх технічного рівня і конкурентоспроможності на весь період планованого виробництва;
- забезпечення впровадження нових модифікацій і вдосконалених або спеціалізованих для цих модифікацій вузлів без істотної перебудови масового виробництва;
- забезпечення постійної підтримки технічного рівня і конкурентоспроможності машин на весь період їх виробництва, а також переходу на моделі нового покоління без істотної перебудови масового виробництва;
- забезпечення можливості використання проєктованих базових моделей колісних тракторів для створення сімейства уніфікованих модифікацій та широкого їх застосування в народному господарстві;
- створення методик комплексного оцінювання ергономічних і динамічних характеристик моделей тракторів;
- забезпечення раціональної послідовності конструктивних рішень, уніфікації стандартизації та нормалізації деталей і вузлів тракторів, а також технології їх виготовлення в умовах діючого виробництва;

– функціонування прямого і зворотного зв'язку в ланцюзі конструкція – технологія – конструкція по замкнутому циклу.

З урахуванням результатів досліджень розроблено методологію (рис. 5), створену з метою уніфікувати базові моделі колісних тракторів загального призначення, реалізуючи при цьому такі положення:

- блоково-модульна структура машинно-тракторного агрегата;
- блоково-модульна структура базової моделі трактора як засобу створення модифікацій та сімейства тракторів;
- визначення параметрів трактора, що характеризують блоково-модульну структуру (уніфікація, типізація, забезпечення технічного рівня на довгочасну перспективу з використанням ієрархічних рівнів проєктування);
- визначення параметрів трактора, що впливають на ергономічність машинно-тракторного агрегата: стійкості руху, плавності ходу, розгону агрегата, організації параметрів робочого місця оператора, вібронавантаженості робочого місця оператора; засобів, що забезпечують діяльність: кабіни, органів керування та контролю та їх компонування на робочому місці, засобів шумозахисту, сидіння, засобів забезпечення мікроклімату, засобів забезпечення оглядовості;
- реалізація наукових та проєктних розробок і створення їх аналогів;
- забезпечення технічного рівня тракторів загального призначення.

За функціональною ознакою трактор розділено на блокові й модульні складові частини. Блок – складова частина, що виконує свої функції та складається з окремих самостійних модулів. Блоки поділено на дві групи модулів, які беруть участь у створенні блоків, використовуваних на базовій моделі та її модифікаціях, і модулів, що беруть участь у створенні тільки модифікації або комплектації. В окрему групу виділено вузли, призначені для забезпечення зв'язків між блоками і модулями (опори, карданні передачі, підвіска). Всі блоки і модулі, незалежно від приналежності до функціональної групи, є закінченими у функціональному і монтажному відношенні, а їх параметри обрані з урахуванням їх використання на базовій моделі та модифікаціях.

При розробці тракторних агрегатів процес проєктування необхідно поділяти на ієрархічні рівні. Верхнім ієрархічним рівнем є тракторний агрегат, середнім – трактор, нижнім – блоки, модулі й вузли зв'язків.

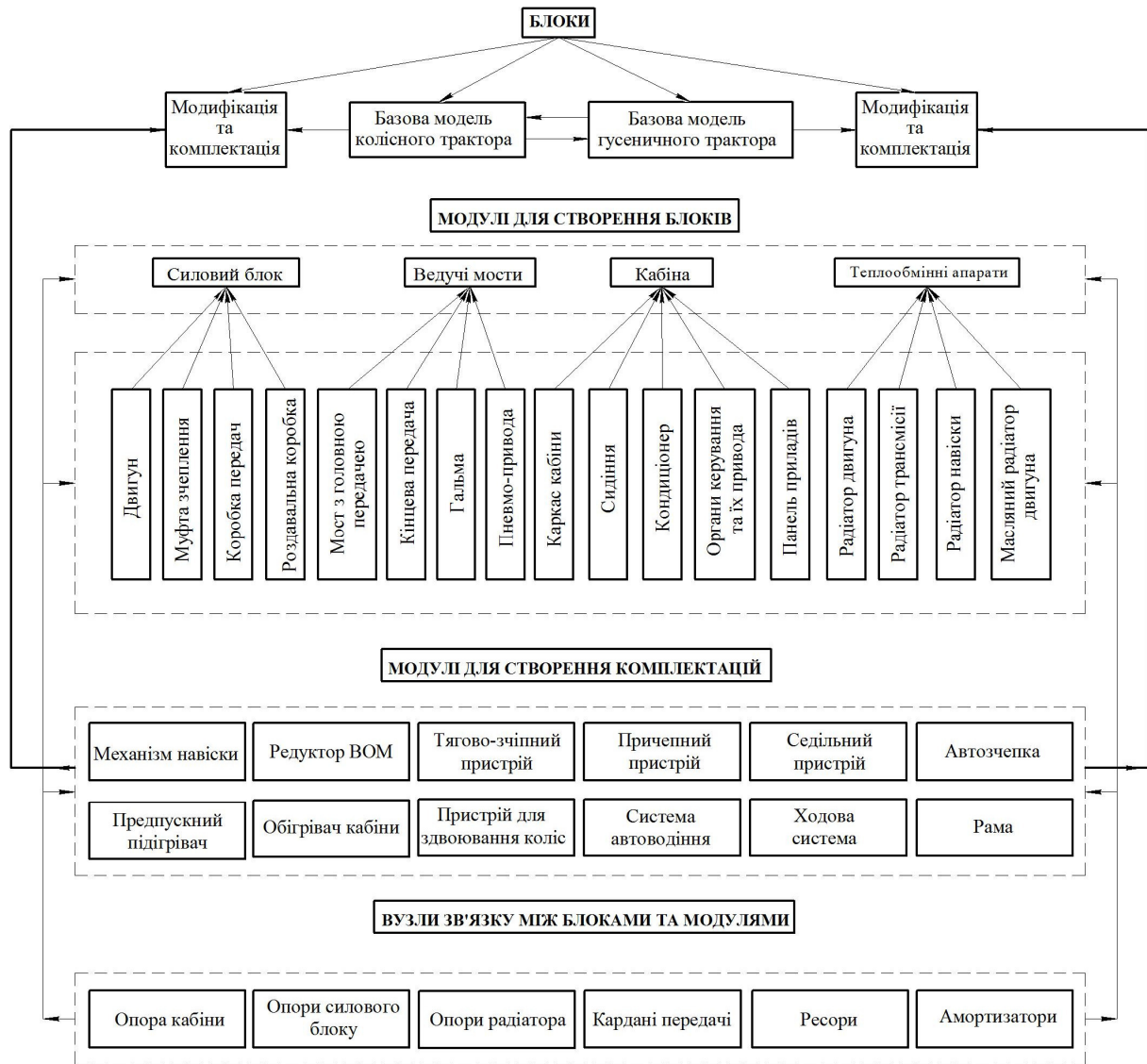


Рис. 5. Методологія, яка створена з метою уніфікувати базові моделі колісних тракторів загального призначення

Розглядається наступна динамічна система: зовнішнє середовище – знаряддя – машина – водій. Ця система відноситься до класу складних систем, відмінними особливостями яких є: велика кількість взаємопов'язаних і взаємодіючих між собою елементів; складність функцій, виконуваної системою; підпорядкованість ланцюгів функціонування всіх підсистем загальному ланцюгу функціонування системи; наявність системи керування і розгалуженої інформаційної мережі; взаємодія з зовнішнім середовищем в умовах взаємодії випадкових факторів.

Питання системного підходу до проектування автотракторної техніки розглядалися багатьма вченими. Важливе місце в цих дослідженнях відводиться визначенню потенційних властивостей, як системи машин, так і навколишнього середовища, в якому функ-

ціонує машина. При проектуванні нами використовувався блоково-модульний підхід. Розрізняють три рівні; нижній (рівень В), середній (рівень Б) і вищий (рівень А).

На кожному ієрархічному рівні використовуються свої математичні моделі. Схема рівнів проектування наведена на рис. 6.

На рівні В проектуються базові елементи – об'єкти з розподіленими параметрами, динаміка яких описується диференціальними рівняннями в часткових похідних (вали трансмісії з розподіленими масами і жорсткостями, фрикційні елементи зчеплень до гальм при розрахунку розподілу температури за об'ємом). На рівні Б розглядається система з зосередженими параметрами, яка описується звичайними диференціальними рівняннями, що складається з елементів рівня В.

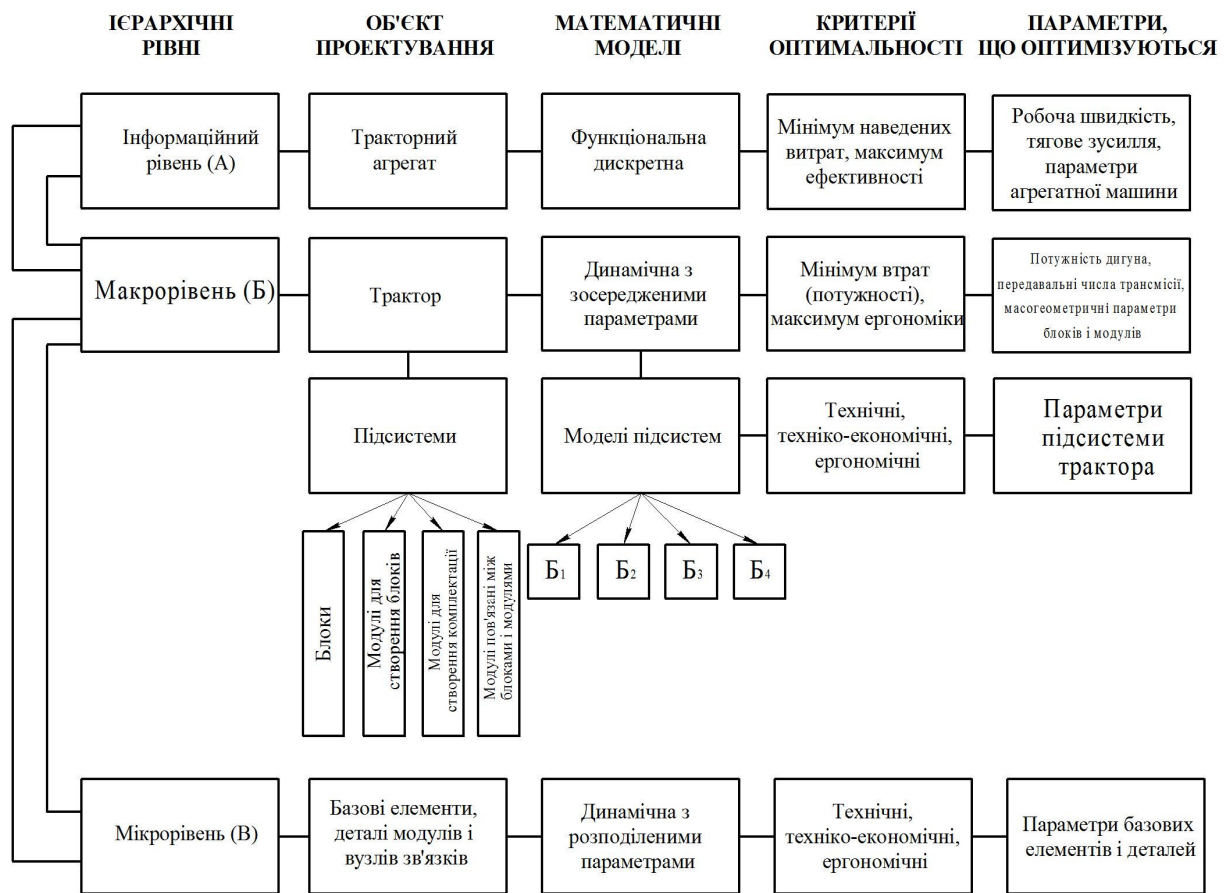


Рис. 6. Схема рівнів при проектуванні трактора

Основним завданням проектування при цьому є вибір раціональних параметрів трактора (оптимізація). На рівні А обираються параметри тракторних агрегатів з використанням диференціальних рівнянь рівня Б.

При створенні нових машин все ще використовуються квазістатичні методи розрахунку. Основою проектування трактора, як відомо, є тяговий розрахунок, у процесі якого визначаються всі його основні параметри; при цьому виробляється побудова теоретичних тягових характеристик, що являють собою статичні характеристики машини. Трактор же розглядається як тверде тіло з одним ступенем свободи, що рухається поступально і прямолінійно під дією прикладеної до нього детермінованої системи сил з боку взаємодіючого з ним зовнішнього середовища. Наступні етапи проектування включатимуть вибір схеми і визначення параметрів різних механізмів та підсистем трактора.

Висновки

Згідно з аналізом підприємств України, які виготовляють колісні трактори загального призначення, постає потреба в їх модерні-

зації або у створенні нової техніки, що неможливо без єдиної методології.

У роботі наведено єдину методологію, яка перш за все покликана уніфікувати базові моделі колісних тракторів загального призначення. Подана методологія базується на формуванні блоково-модульної системи машинно-тракторного агрегату.

При окресленні методології створення нової техніки не можна застосувати системність при проектуванні, яка перш за все спрямована на наведення окремих математичних моделей для систем трактора.

Література

1. Рославцев А.В. Теория движения тягово-транспортных средств: учебное пособие / А.В. Рославцев. – М.: ТРИАДА, 2003. – 172 с.
2. Барский И.Б. Динамика трактора / И.Б. Барский, В.Я. Анилович, Г.М. Кутюков. – М.: Машиностроение, 1973. – 280 с.
3. Кальченко Б.И. Обоснование и разработка конструкции колесных тракторов общего назначения и реализация их в серийном производстве: автореф. дис. на

- соискание учен. степени д-ра техн. наук: спец. 05.05.03 «Автомобили и тракторы» / Б.И. Кальченко. – Минск, 1991. – 68 с.
4. Кожушко А.П. Підвищення техніко-економічних показників колісних тракторів з безступінчастими трансмісіями раціональною зміною параметрів регулювання гідромашин в процесі розгону: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.02 «Автомобілі та трактори» / А.П. Кожушко. – Харків, 2016. – 24 с.
 5. Самородов В.Б. Перспективні трансмісії колісних тракторів / В.Б. Самородов, А.І. Бондаренко, А.П. Кожушко та ін. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – 2014. – № 10 (1053). – С. 3–10.
 6. Кожушко А.П. Особливості роботи колісних тракторів з гідрооб'ємно-механічними трансмісіями / А.П. Кожушко // Сільськогосподарські машини: зб. наук. ст. – 2015. – №31. – С. 70–82.
 7. Кожушко А.П. Результати моделювання роботи колісного трактора з гідрооб'ємно-механічними трансмісіями, що працюють по схемі «диференціал на вході» / А.П. Кожушко // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті: науковий журнал. – 2015. – №1 (3). – С. 93–102.
- a rational change of regulation hydromachines parameters during acceleration]. *Candidate's thesis*, Kharkiv [in Ukrainian].
5. Samorodov, V.B., Bondarenko, A.I., Kozhushko, A.P., Pelipenko, E.S., Mittsel, M.O. (2014). Perspektivni transmisii kolisnykh traktoriv [Perspective transmissions of the wheeled tractors]. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI» - The bulletin of the National Technical University «KhPI»*, 10, 3-10 [in Ukrainian].
 6. Kozhushko, A.P. (2015). Osoblyvosti roboty kolisnykh traktoriv z hidroob'iemno-mekhanichnymy transmisiiamy [Features of work wheeled tractors with hydrostatic mechanical transmissions]. *Silskohospodarski mashyny – Agreecultural machines*, 31, 70-82 [in Ukrainian].
 7. Kozhushko, A.P. (2015). Rezultati modeljuvannja roboti kolisnogo traktora z gidroobemno-mehanichnimi transmisijami, shho pracujut po shemi «diferencial na vhodi» [Results of simulation of the work of a wheeled tractor with hydromechanical transmissions, working according to the scheme «differential at the input»]. *Suchasni tehnologii v mashinobuduvanni ta transporti - Modern technologies in mechanical engineering and transport*, 1, 93-102 [in Ukrainian].

Reference

1. Roslavtsev, A.V. (2003). *Teoriya dvizheniya tyagovotransportnykh sredstv* [Theory of motion of traction vehicles], Moscow [in Russian].
2. Barskij, I.B., Anilovich, V.Ja., Kut'kov, G.M. (1973). *Dinamika traktora* [Tractor dynamics], Moscow [in Russian].
3. Kalchenko, B.I. (1991). Obosnovanie i razrabotka konstruksii kolesnykh traktorov obshego naznacheniya i realizatsiya ih v seriynom proizvodstve. [Justification and development of the design of wheeled tractors of general purpose and their implementation in batch production]. *Doctor's thesis* [in Russian].
4. Kozhushko, A.P. (2016). Pidvyshchennia tekhniko-ekonomichnykh pokaznykh kolisnykh traktoriv z bezstupinchastymy transmisiiamy ratsionalnoiu zminoiu parametriv rehu-liuvannia hidromashyn v protsesi rozghonu [Improving technical and economic indicators of wheeled tractors with continuously variable transmission by

Кальченко Борис Іванович – доктор технічних наук, професор кафедри автомобіле- та тракторобудування, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 61002, Харків, Україна, вул. Кирпичова, 2 тел.: (057) 707 – 64 – 64; e-mail: Kabor7777777@gmail.com

Кожушко Андрій Павлович – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри автомобіле- та тракторобудування, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» 61002, Харків, Україна, вул. Кирпичова, 2 тел.: (057) 707 – 64 – 64; e-mail: Andreykozhushko7@gmail.com

METHODOLOGICAL FOUNDATIONS FOR THE CREATION OF A FAMILY OF GENERAL PURPOSE TRACTORS

Kozhushko A., Kalchenko B.,
National Technical University
«Kharkiv Polytechnic Institute»

Abstract. Problem. Today, the issue of the creation of new energy-intensive and technically advanced tractors is topical, because it requires intensive work of both scientists and designers to get closer to Western European colleagues. The paper presents enterprises producing wheeled tractors of different capacities in Ukraine, in particular, such enterprises as the Kharkiv Tractor Plant, Slobzhansky Industrial Company, etc.. **Goal.** Making methodological foundations for the creation of a family of general purpose tractors by combining all stages in the design of a new tractor. The main stages in the design of general purpose tractors are the preliminary dynamic calculations, which contain a general mathematical model, as well as the proof of the prototype. **Methodology.** The work outlines a single methodology, which primarily aims at unifying the basic models of general purpose wheeled tractors. This methodology is based on the formation of a block-modular system of machine-tractor aggregate. **Results.** When outlining the methodology for the creation of new technology, it is not possible to use systematic approach in the design, which is primarily aimed at making certain mathematical models for tractor systems. **Originality.** The

systematic approach to the design of wheeled tractors is given, due to the construction of the system division into hierarchical levels. **Practical value.** The practical significance of this work is to systematize the approaches that promote the creation of new tractors of general purpose. The problems of Ukrainian tractor production, namely, low productivity of Ukrainian enterprises under the conditions of high world competition, are outlined.

Key words: wheeled tractor, development methodology, system design, hierarchical levels.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ СЕМЕЙСТВ ТРАКТОРОВ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Кожушко А.П., Кальченко Б.И.,
Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»

Аннотация. Выполнен анализ существующих моделей колесных тракторов, которые на данный момент выпускаются на территории Украины. Описана методология создания семейств тракторов общего назначения. Приведен системный подход при проектировании колесных тракторов, за счет построения расчленения системы на иерархические уровни.

Ключевые слова: трактор колесный, методология создания, системность проектирования, иерархические уровни.