

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ТРАКТОРА НА ЕТАПАХ ЙОГО ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ

Лебедєв А., д-р техн. наук, проф.,

e-mail: tiaxntusg@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1975-3323>

Лебедєв С., канд. техн. наук,

e-mail: hfukrndipvt@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3067-5135>;

Харківська філія УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого,

Анотація

Мета дослідження. Обґрунтування методології системного підходу оцінювання працездатності трактора на етапах його життєвого циклу. Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- дослідити можливість застосування системного підходу до оцінювання працездатності тракторів;
- дослідити механізм застосування системного підходу до оцінювання працездатності тракторів на етапах їхнього життєвого циклу.

Методи дослідження. Під час роботи використовували CALS-технологію, яка забезпечує реалізацію стратегії організації виготовлення нових виробів на базі нової інженерної технології та базується на електронній моделі виробу.

Результати дослідження. Виконана систематизація функціональних показників трактора, покладених в основу системного підходу оцінювання його працездатності на етапах життєвого циклу. Доведено необхідність оцінювання тягово-енергетичних показників трактора за його динамічними та тяговими характеристиками. Життєвий цикл трактора являє собою сукупність взаємопов'язаних процесів його створення і послідовної зміни стану від формування вхідних даних до закінчення експлуатації. При цьому ефективний системний аналіз життєвого циклу трактора проводився за цільовою ознакою, наприклад, за його працездатністю, яка характеризується здатністю трактора виконувати задані функції, встановлені нормативними вимогами. Підставою для формування граничних значень функціональних показників трактора, який розробляється, є характеристики базових зразків та аналогів, вимоги національних і міжнародних стандартів, технічних умов, матеріалів науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, відгуки споживачів тощо. Функціональні показники трактора визначають його технічний рівень, який може бути оцінений за відомими методиками.

Висновки. Проведене дослідження дало змогу обґрунтувати залежність працездатності трактора від швидкості його руху, стійкості напрямку руху і гальмування, а також розглянути основи забезпечення працездатності трактора на усіх етапах його життєвого циклу: створення, виробництва, обігу, експлуатації, утилізації. Наукова цінність дослідження полягає в обґрунтуванні методології системного підходу до оцінювання працездатності трактора на етапах його життєвого циклу. Практична цінність дослідження полягає у можливості прогнозування працездатності трактора на будь-якому етапі його життєвого циклу, починаючи з проектування та аналізуючи стан трактора на час його утилізації, для покращення показників у майбутньому проектуванні. Результати досліджень можуть бути застосовані у сфері проектування, виготовлення та випробувань тракторів, а також у сфері їх експлуатації для оцінювання можливого ресурсу. Подальшого дослідження потребують питання прогнозування працездатності тракторів на етапі випробувань.

Ключові слова: трактор, життєвий цикл, функціональні показники, працездатність, тягові властивість, прискорення.

Вступ. Життєвий цикл трактора являє собою сукупність взаємопов'язаних процесів його створення і послідовної зміну стану від формування вхідних даних до закінчення експлуатації. При цьому ефективний системний аналіз життєвого циклу трактора проводився за цільовою ознакою, наприклад за його працездатністю, яка характеризується здатністю трактора виконувати задані функції, встановлені нормативними вимогами.

Відомі методи оцінювання працездатності тракторів базуються, в основному, на визначенні допустимого відхилення параметрів технічного стану і прогнозування залишкового ресурсу їхніх елементів [ДСТУ 2860, 1994], [Анілович В. Я. та ін., 1986], [Губич Л. В. та ін., 2007], [Артьомов Н. П. та ін., 2015], [Шуляк М. М., 2015]. При цьому технічний стан трактора оцінюється його діагностуванням без взаємозв'язку з його функціонуванням. Функціональне діагностування [Лебедев А. Т., Лебедева І. А., 2013], [Ксеневич І. П. та ін., 1981] оцінює експлуатаційні допуски на контрольовані параметри трактора, точність його функціонування за змінних параметрів стану.

Аналіз відомих досліджень показав, що оцінювання працездатності тракторів виконується, в основному, за результатами їх діагностування в умовах експлуатації без урахування нестабільності їхніх функціональних показників. На необхідність системного підходу в оцінюванні якості тракторів, тобто їхньої працездатності, під час проектування, виготовлення та експлуатації вказано в роботі [Кодекс ОЕСР, 2016]. У цьому Кодексі на основі вібраційних методів діагностування викладені основи системного підходу до оцінювання технічного стану тракторів. За цих умов трактор за аналогією із суміжними галузями техніки [Лебедев А. Т. та ін., 2018] розглядається як «система з безліччю елементів, певним чином взаємопов'язаних і таких, які утворюють певну цілість, єдність». Водночас, у відомих публікаціях [Уемов, 1978] зазначається, що системний підхід зараз не існує як ме-

тодологічна концепція, він дає головним чином орієнтацію конкретних досліджень у напрямку вирішення актуальних проблем забезпечення працездатності трактора. До таких проблем віднесені:

- систематизація функціональних показників трактора, які забезпечують його працездатність;
- оцінювання факторів, які дестабілюють працездатність трактора;
- розроблення універсального методу оцінювання працездатності трактора на етапах його життєвого циклу.

Постановка завдань. Обґрунтування методології системного підходу до оцінювання працездатності трактора на етапах його життєвого циклу. Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- дослідити можливість застосування системного підходу до оцінювання працездатності тракторів;
- дослідити механізм застосування системного підходу до оцінювання працездатності тракторів на етапах їхнього життєвого циклу.

Методи і матеріали. Системний підхід до оцінювання працездатності трактора передбачає забезпечення необхідного рівня його якості на всіх етапах життєвого циклу. Водночас якості трактора повинні задаватися і встановлюватися під час його створення, зберігання, виробництва та обігу, підтримуватися в експлуатації і легко утилізуватися. Однак для цього необхідно визначати (оцінювати) заданий або наявний рівень якості, а потім впливати на якість конструкторськими та (або) інженерно-технологічними методами і засобами. Разом з цим з урахуванням досягнутого рівня створення трактора вирішуються невідкладні завдання інформаційної та організаційно-технологічної структури віртуальних бізнес-процесів у сфері конструювання, технологічної підготовки виробництва, управління, збуту й експлуатації як складових частин життєвого циклу трактора [Агеєв Л. Е. та ін., 2004] (рис. 1).

Ця система інформаційної підтримки життєвого циклу трактора базується на

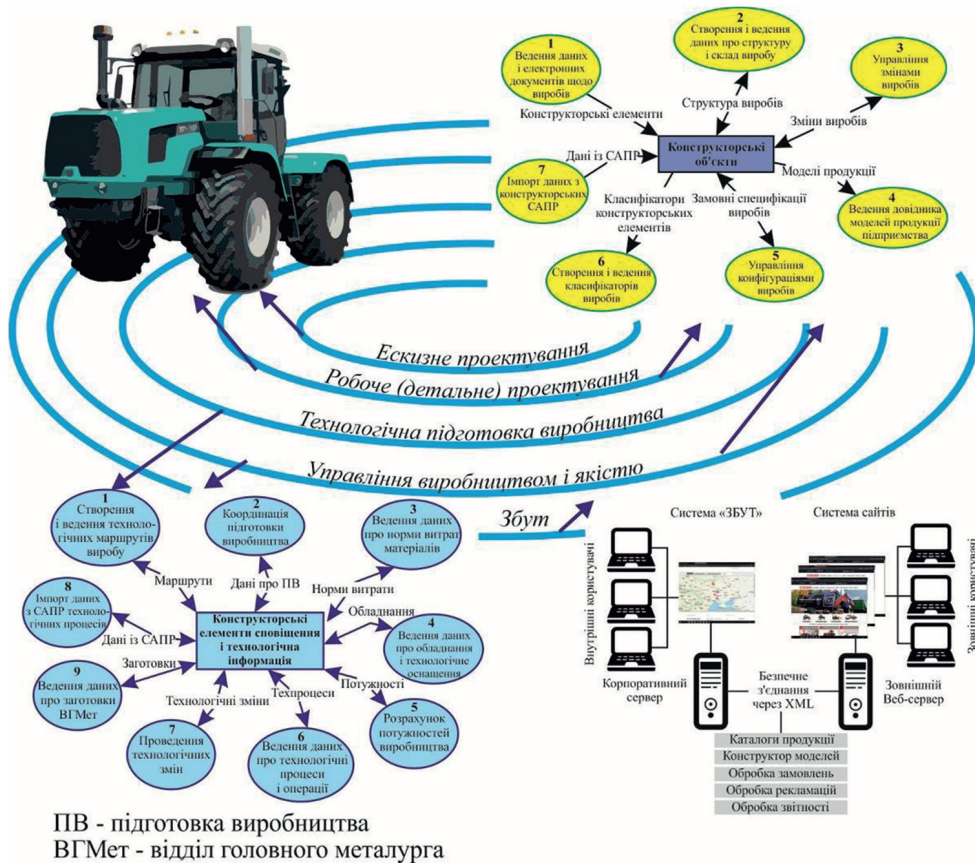


Рисунок 1 – Перша черга інформаційної технології підтримки життєвого циклу трактора

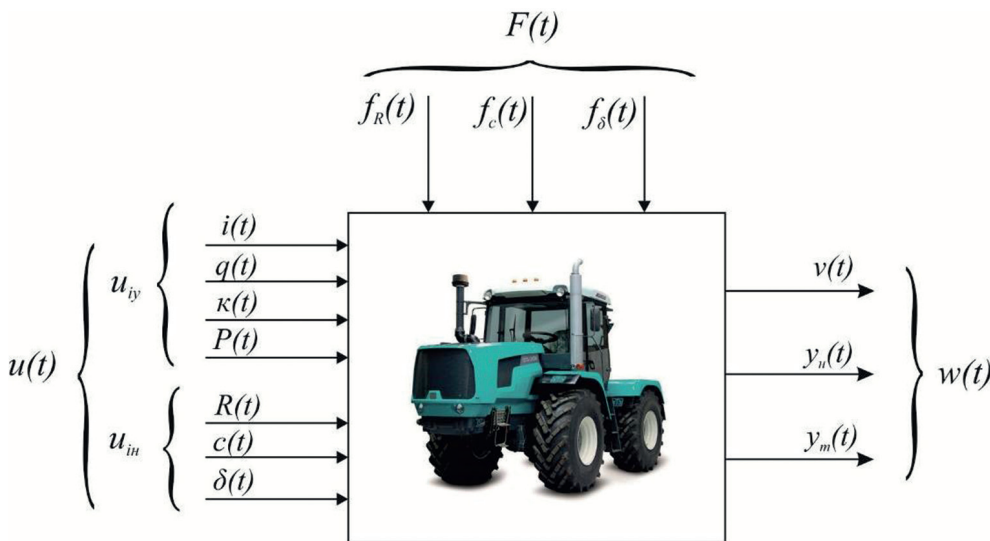


Рисунок 2 – Функціональна схема трактора

CALS (Continuous Acquisition and Lifecycle Support) технології, яка забезпечує реалізацію стратегії організації виготовлення нових виробів на базі нової інженерної технології, яка базується на електронній моделі виробу.

Системотвірним принципом, закладеним в основу CALS-технології, є процес-

ний підхід. Це означає, що основним у вирішенні всіх технічних проблем ставиться комп'ютерне моделювання процесів проектування і виробництва, забезпечення інформаційної та програмної підтримки цих процесів, електронний супровід процесів на основі електронного документообігу. Водночас на всіх стадіях життєвого циклу виробу пріоритет відданий якості виробу за функціональними показниками.

Технічним регламентом № 1367 (Постанова Кабінету Міністрів України від 28 грудня 2011 р.) і ДСТУ 7463:2013 [ДСТУ 7463, 2013] до функціональних показників трактора віднесені швидкість руху $v(t)$, стійкість напрямку руху $y_u(t)$ і гальмування $y_m(t)$ (рис. 2).

На трактор під час технологічного процесу діють на вході вектори-функції управління $u(t)$ і збурення $F(t)$, на виході – вектор-функ-

ція динамічних властивостей трактора $w(t)$, яка визначається нестабільністю функціональних показників: $v(t)$ – швидкості руху; $y_u(t)$ і $y_m(t)$ – стійкості напрямки руху і гальмування.

На трактор діють як керовані входні вектор-функції керування u_{iy} [$i(t)$ – передавальне число трансмісії, $q(t)$ – пода-

ча палива у двигун, $\kappa(t)$ – інтенсивність впливу на рульове керування, $P(t)$ – зусилля на органи керування гальмами], так і не керовані u_{in} [$R(t)$ – опір руху, $C(t)$ – рельєф місцевості, $\delta(t)$ – буксування рушіїв]. Збурювання $F(t)$ визначаються, в основному, некерованими змінними $u_{in}(t)$ внаслідок нестабільності опору руху трактора $f_R(t)$, зміни рельєфу місцевості $f_C(t)$ і нестабільності буксування рушіїв $f_\delta(t)$.

Функціональний показник $v(t)$ характеризується, в основному, вхідними функціями керування $i(t)$ та $q(t)$ і визначає тягово-енергетичні властивості трактора; показники $y_n(t)$ та $y_m(t)$ взаємопов'язані, в основному, з $v(t)$, керованими $\kappa(t)$, $P(t)$ і некерованими $R(t)$, $C(t)$, $\delta(t)$ вхідними перемінними та направлені на забезпечення безпеки руху трактора.

Трактор буде працездатним, якщо його технічний стан забезпечує зміна координат $v(t)$, $y_n(t)$ і $y_m(t)$ у межах, обумовлених нормативно-технічною документацією.

За цих умов усі системи, які входять у нього, – працездатні, а за непрацездатності хоч би однієї системи – трактор непрацездатний. Зі зміною технічного стану трактора координати $v(t)$, $y_n(t)$ і $y_m(t)$ наближаються до деяких граничних значень, за яких трактор буде непрацездатним, тобто $\bar{x} = (v_i, \dots, v_n; y_{ni}, \dots, y_{nn}, y_{mi}, \dots, y_{mr})$. У цьому випадку вектор $\bar{x}$ буде характеризувати працездатність трактора.

Оцінюючи рух $v(t)$, працездатність може бути оцінена функцією $\bar{x}_v = (v_i, \dots, v_n)$. Тоді вектору $\bar{x}_v$ відповідає число $R(\bar{x}_v)$, причому $R(\bar{x}_v) > 0$ і зростає до ∞ за $\bar{x}_v \rightarrow \bar{V} = (v_i, \dots, v_n)$, де $\bar{V}$ – критичний вектор і $R(\bar{x}_v) \rightarrow \infty$ за $v_i \rightarrow V_i$.

У цьому випадку $R(\bar{x}_v) = \frac{[N_i(\bar{x}_v)]^\alpha}{[z(\bar{x}_v)]^\alpha}$,

де $i = 1, 2$; $\alpha > 0$ – довільне число,

$$z(\bar{x}_v) = \prod_{i=1}^n |v_i - V_i|^{q_i}, \quad N_i(\bar{x}_v) = \sum_{i=1}^n \alpha_i |v_i - V_i|;$$

$\alpha_i > 0$ – коефіцієнт ваги V_i , $q_i > 0$ – довільне число.

За $q_i = 1/(n-1)$; $q_i > \alpha > 1$ можна записати

$$R(\bar{x}_v) = \sum_{i=1}^n \alpha_i |v_i - V_i| \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n (v_i - V_i)}. \quad (1)$$

Вираз (1) має ту властивість, що за $v_i \rightarrow V_i$ порядок чисельника за прямуювання до нуля нижчий ніж порядок знаменника і $R(\bar{x}_v)$ обертається в ∞ зі швидкістю $1/n^{\alpha \left(\frac{n}{n-1}\right) (n \rightarrow \infty)}$, а за $\alpha=1$ – зі швидкістю

$1/n^{\frac{1}{n-1}}$. У цьому випадку працездатність трактора за координатою v може бути оцінена виразом

$$H(x_v) = \frac{1}{R(\bar{x}_v)}. \quad (2)$$

Цей вираз характеризує стан трактора, коли v_i досяг V_i зі зміною $H(x_v)$ від H_{max} до 0 (за $v_i = V_i$), характеризуючи ступінь працездатності трактора.

Аналогічно може бути оцінена працездатність трактора за координатами $y_n(t)$ і $y_m(t)$.

Працездатність трактора за функціональним показником на всіх етапах життєвого циклу оцінюється під час проектування, виготовлення, експлуатації, утилізації.

Результати. Етап проектування. На стадії створення трактора виконуються пошукові дослідження на фізичних моделях тракторів (або їхніх елементів), які відтворюють або імітують його конкретні властивості [Уемов, 1978]. Результатом пошукових досліджень є постановка завдання проектування, яке передбачає розроблення технічних вимог до трактора і формування технічного завдання на його створення з нормативними функціональними показниками y_p . Підставою для формування граничних значень функціональних показників трактора, який розробляється, є характеристики базових зразків та аналогів, вимоги національних і міжнародних стандартів, технічних умов, матеріалів науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, відгуки споживачів тощо. Функціональні показники

трактора визначають його технічний рівень, який може бути оцінений за відомими методиками [Мигаль, 2001], [Артьомов та ін., 2012].

Суть цих методик полягає в тому, що нормативний функціональний показник (y_p) є комплексним показником. У такому разі вся встановлена номенклатура показників якості розташовується в порядку зменшення значимості [Мигаль, 2001]. Коефіцієнти вагомості m_x функціональних показників x_i визначають у частках від одиниці, а коефіцієнт вагомості найважливішого показника приймають рівним 1. Для інших показників коефіцієнти вагомості визначають розрахунком за наявності залежності між показниками, за відсутності такої залежності — експертним методом.

Коефіцієнт впливу j -го нововведення у виробі, який розробляється, на значення показника x визначається за формулою

$$K_{xij} = \frac{x_{ij}}{x_{i\text{баз}}}, \quad (3)$$

де x_{ij} , $x_{i\text{баз}}$ — значення показників x_i з урахуванням нововведення (новації) і базового, відповідно;

j — порядковий номер нововведення.

Методика оцінювання технічного рівня трактора, який проектується, полягає у такому:

- уточнюють значення показників x_{ij} , які будуть досягнуті сукупністю усіх технічних рішень, використаних під час розробки трактора;

- визначають значення коефіцієнтів впливу нових технічних рішень K_{xij} на показники якості x_{ij} ;

- визначають сумарний коефіцієнт впливу на показники $\sum K_{xij}$;

- оцінюють показник технічного рівня y_p трактора, який розробляється, як частку від ділення сумарного коефіцієнту впливу $\sum K_{xij}$ на сумарний коефіцієнт значущості функціональних показників, які розглядалися $\sum m_{xij} = \sum m_{x\delta}$

$$y_p = \frac{\sum_{i=1}^n K_{xij}}{\sum_{i=1}^n K_{xi\delta}} \quad (4)$$

Числове значення показника y_p характеризує технічний рівень трактора відносно базової моделі. Тоді, якщо показник $y_p > 1$, то розроблений трактор вважається високого технічного рівня; за $y_p < 1$ трактор оцінюється як виріб низького технічного рівня.

Застосування цієї методики на тракторах серії ХТЗ-170 підвищило значення показника y_p з 0,95 до 1,05 завдяки підвищенню жорсткості корпусу головної передачі та впровадженню нового диференціала тягових мостів, що забезпечило підвищення їхньої нормативної довговічності до 8 і 10 тис. год. відповідно.

Якість виготовлення трактора. Метою оцінювання показників якості виготовлення тракторів є визначення міри (ступеня) відповідності фактичних значень параметрів і показників, які характеризують якість виготовленого трактора до початку його експлуатації, встановлених вимогами конструкторської документації, стандартів, технічних умов та інших нормативно-технічних документів. Необхідний рівень якості виготовлення трактора забезпечується виробничо-технологічними методами.

Зазвичай, для визначення рівня якості виготовлення тракторів використовують коефіцієнт дефектності R_d , за яким оцінюють рівень якості виготовлення трактора ($P_{\text{виг}}$). Для визначення коефіцієнта R_d для технічних об'єктів запропоновані [Коробко та ін., 2018] вартісний і бальний методи, згідно з якими якість виготовлення технічного об'єкта розраховується за залежностями:

$$P_{\text{виг}} = 1 - \frac{c_d}{c}; \quad P_{\text{виг}} = 1 - \frac{R_d}{R_{d\text{мах}}}, \quad (5)$$

де c — повна собівартість виготовлення об'єкта;

R_d — коефіцієнт дефектності;

$R_{d\text{мах}} = Z_d$ — максимально можливе значення R_d для цього технічного об'єкта;

Z – максимальне значення коефіцієнта вагомості у балах, яке призначається найбільш суттєвому дефекту;

d – максимально можлива кількість найбільш суттєвих дефектів.

З викладеного вище видно, що за відсутності дефектів $P_{\text{виг}}=1$, а за гранично низької якості виготовлення технічного об'єкта $P_{\text{виг}}=0$.

Для прикладу розрахована якість виготовлення тракторів серії ХТЗ-170 після впровадження в технологічний процес складання тракторів пристосувань, які забезпечують стабільність кріпильних з'єднань і регулювань агрегатів. Бальний метод визначення R_d показав підвищення рівня якості виготовлення з $P_{\text{виг}}=0,81$ до $P_{\text{виг}}=0,86$.

На всіх етапах процесу створення трактора виготовляють макетні, експериментальні і дослідні зразки і проводять на них дослідні, довідні попередні та приймальні випробування, за результатами яких вирішується питання щодо доцільності постановки його на виробництво і допуску до експлуатації.

Етап експлуатації. На цьому етапі оцінюються основні функціональні показники трактора, до яких згідно з нормативними матеріалами [ДСТУ 2860, 1994], [ДСТУ 7463, 2013] віднесені тягові властивості трактора, які визначають швидкість його руху, а також стійкість напрямку руху і гальмування.

Тягові властивості трактора зі зміною поступальної швидкості v руху тракторного агрегата оцінюються за формулою :

$$\frac{dv}{dt} = \frac{P_\partial - \sum P_c}{m_{ae}}, \quad (6)$$

де P_∂ – рушійна сила агрегата (сила тяги трактора);

$\sum P_c$ – сума сил опору руху агрегата;

m_{ae} – приведена до частин, які рухаються поступально, маса агрегата.

У цій формулі з достатнім наближенням можна прийняти приведену масу агрегата постійною ($m_{ae}=\text{const}$). Сили опору руху агрегата залежать від факторів, більшість з яких є змінними величинами,

які визначаються властивостями ґрунту і рельєфом місцевості, глибиною обробки, швидкістю руху і т.д., тобто $\sum P_c$. У цьому випадку під час технологічного процесу прискорення агрегата буде змінюватися як за величиною, так і за знаком, тобто

$$dv/dt \neq \text{const}.$$

У класичній механіці згідно з рівнянням (6) оцінюється неусталений рух системи, тобто $dv/dt \neq 0$ за $P_\partial \neq \sum P_c$.

Інноваційний напрямок тягової динаміки трактора полягає у рішенні зворотної

задачі: за відомого dv/dt оцінити P_∂ і $\sum P_c$. Це рішення виконується методом парціальних прискорень, який базується на зворотному переході від векторної суми у просторі сил до векторної суми у просторі прискорень [3 Артьомов та ін].

Пропонується оцінювати дотичне тягове зусилля на тягових колесах P_κ і на кріюку $P_{\kappa p}$ трактора за залежністю:

$$P_\kappa = (m_T + m_{cx})[\dot{v}_T(v) - \dot{v}_T^g(v)]; \quad (7)$$

$$P_{\kappa p} = m_T[\dot{v}_{Tf}(v) - (1 + m_T / m_{cx})\dot{v}_T^g(v)], \quad (8)$$

де m_T , m_{cx} – маса трактора і сільгоспмашини, відповідно;

$\dot{v}_T(v)$, $\dot{v}_T^g(v)$ – лінійні прискорення трактора відповідно під час розгону і вибігу (муфта зчеплення вимкнена, нейтральна передача трансмісії);

$\dot{v}_{Tf}$ – прискорення трактора за дії тільки сили опору коченню коліс.

За відомої швидкості v_T трактора оцінюється ефективна потужність двигуна $N_e(v) = P_\kappa v_T$ і тягова потужність $N_{\kappa p}(v) = P_{\kappa p} v_T$.

Отже, без застосування динамометричного обладнання за відомих m_T , m_{cx} за різницею $\dot{v}_T(v)$, $\dot{v}_T^g(v)$ визначається P_κ , визначаючи $P_{\kappa p}$, оцінюється $\dot{v}_{Tf}$.

Для оцінювання тягового зусилля трактора в Харківських університетах ХНАДУ та ХНТУСГ ім. П. Василенка спільно з Харківською філією УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого розроблений мобільний реєстраційно-вимірювальний комплекс (рис. 3),

який базується на використанні датчиків інерції (акселерометрів), які вимірюють прискорення або, відповідно до другого закону Ньютона, силу, яка викликає прискорення інерційної маси [Подригало М. А. та ін., 2010].



1 – ЕОМ для зняття та архівації даних; 2 – датчики прискорень

Рисунок 3 – Розміщення реєстраційно-вимірювального комплексу в кабіні

Доведено, що контрольною точкою для установки акселерометрів є полюс повороту тракторного агрегата, який є центром пружності трактора в площині, паралельній площині дороги. Полюс повороту лежить на поздовжній осі трактора серед усіх точок, які належать цій осі і мають найменші значення лінійної швидкості і прискорення.

Цей комплекс для оцінювання тягового зусилля трактора за прискоренням розгону і вибігу визначає його тягові властивості за несталою руху під час різних технологічних операцій і будує динамічні тягові характеристики.

Етап утилізації виконується за непрацездатного стану трактора, коли значення хоч би одного функціонального параметра, який характеризує його здатність виконувати задані функції, не відповідає вимогам нормативно-технічної документації. Тоді порівнюються показники трактора за граничного напруження, наприклад тракторів серії ХТЗ-170 10000.

Утилізуючи трактор, укрупнено оцінюють відношенням сумарних фінансо-

вих витрат процесу утилізації порівняно з фінансовими витратами базового трактора (аналог).

Обговорення. Спостереження показують, що в багатьох господарствах кількість відхилень перевищують розрахункову норму, причому значна частина відхилень характерна для ряду господарств. Це, перш за все, подовження інтервалів між черговими операціями ТО, невиконання правил обкатки, заправки тракторів паливом, яке не відстоялося тощо.

Для оцінювання впливу умов експлуатації тракторів на їх надійність були проведені дослідження в господарствах Харківської, Полтавської і Сумської областей. Спостереженнями було охоплено 167 тракторів (серії Т-150К, ХТЗ-160, ХТЗ-170 – 41 шт.; ЮМЗ, МТЗ різних модифікацій – 126 шт.). За результатами аналізу рядової експлуатації тракторів виявлені характерні відхилення від правил експлуатації.

Аналіз отриманих матеріалів встановив:

- трактори проходять обкатку лише 50 % часу, рекомендованого інструкцією з експлуатації (b1);

- дозаправляють механізми і замінюють оливи сортами, близькими за фізико-хімічними властивостями до рекомендованих інструкцією з експлуатації. Замінюються оливи через інтервали, які майже удвічі перевищують регламентовані інструкцією з експлуатації (b2);

- технічне обслуговування проводиться, в основному, на відкритих майданчиках трактористами господарств з подовженням термінів між черговими обслуговуваннями (b3);

- вузли, які вимагають ремонту, розбираються і ремонтуються без спеціальних монтажних і демонтажних пристосувань та інструментів (b4);

- усі види кріплень регулюються тільки у тому випадку, якщо за станом сполучень їх подальша експлуатація недопустима (b5);

- періодично трактори експлуатуються з перевантаженням на всіх передачах (b6).

Отже, кількість зовнішніх факторів, які діють на тракторний агрегат у реальних умовах експлуатації рівняється шести. У господарствах, де технічне обслуговування виконується майстрами-налагоджувачами (м-н), кількість зовнішніх факторів не перевищує трьох. Найтиповіші для цих господарств відхилення від правил експлуатації викликані невиконанням правил заправки тракторів олівами (b2), ремонту (b4) і робота 25 % часу з перевантаженням (b6). Під час державних і відомчих випробувань зовнішні фактори, які впливають на агрегат, не були виявлені (b=0).

Висновки. Проведеним дослідженням обґрунтована залежність працездатності трактора від його швидкості руху, стійкості напрямку руху і гальмування; розглянуто основи забезпечення працездатності трактора на усіх етапах його життєвого циклу: створення, виробництва, обігу, експлуатації, утилізації.

Наукова цінність дослідження полягає в обґрунтування методології системного підходу до оцінювання працездатності трактора на етапах його життєвого циклу.

Практична цінність дослідження полягає у можливості прогнозування працездатності трактора на будь-якому етапі його життєвого циклу, починаючи з проектування та аналізуючи стан трактора на час його утилізації для покращення показників у майбутньому проектуванні.

Результати досліджень можуть бути застосовані у сфері проектування, виготовлення та випробувань тракторів, а також у сфері їх експлуатації для оцінювання можливого ресурсу.

Подальшого дослідження потребують питання прогнозування працездатності тракторів на етапі випробувань.

Перелік літератури

Агеев Л. Е., Эвиев В. А. (2004). Методология функционального диагностирования тракторов. Тракторы и сельскохозяйственные машины, 7, 44-45.

Анилович В. Я., Гринченко А. С., Литвиненко В. Л., Чернявский И. Ш. (1986).

Прогнозирование надежности тракторов, Москва, Машиностроение, 244.

Артемов Н. П., Лебедев А. Т., Подригало М. А., Полянський А. С., Коробко А. И. (2012). Метод парциальных ускорений и его приложения в динамике мобильных машин, Харьков, Миськдрук, 220.

Artiomov N., Shuliak M. (2015). Analysis and control of random vibration processes in the operation of mobile agricultural units as a mechanical systems. Scientific and educational journal the progressive researchers «Science & Genesis», 1, 151–155.

Губич Л. В. (2007). Основные направления разработки информационной технологии поддержки жизненного цикла продукции тракторостроения, Москва, Информатика, 2. 86-96.

(1994). ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення, Київ, Держстандарт України, 36.

(2013). ДСТУ 7463:2013. Сільськогосподарська техніка. Трактори сільськогосподарські. Класифікація показників, Київ, Держспоживстандарт, 11.

(2016). Кодекс стандартов Организаций экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) «Испытания эксплуатационных качеств сельскохозяйственных тракторов» (официальный перевод) : информационное издание, Москва, ФГБНУ «Росинформагротех», 104.

Ксенович И. П., Гуськов В. В., Бочаров Н. Ф. (1981). Тракторы. Проектирование, конструирование и расчет, Москва, Машиностроение, 544.

Лебедев А.Т., Лебедева И. А. (2012). Оценка достоверности контроля функциональной точности и работоспособности трактора. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 128. 226-232.

Лебедев А. Т., Лебедева І. А. (2013). Аналіз комбінованих МТА за рівнями складності елементів. Збірник наукових праць УкрНДІПВТ імені Леоніда Погорілого, Вип. 17 (31). 2, 143–148.

Лебедев А.Т., Лебедев С.А., Коробко А.І. (2018). Кваліметрія та метрологічне

забезпечення випробувань тракторів [Монографія]. Харків, Міськдрук, 394.

Мигаль В.Д. (2001). Системный подход к оценке качества тракторов. Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства, 7, 73-86.

Подригало М. А., Коробко А.І., Клец Д. М. Файст В.Л. (2010) Патент України 51031. Київ: УКРПАТЕНТ.

Уемов А.И. (1978). Системный подход и общая теория систем, Москва, Мысль, 272.

Хазов Б.Ф., Дидусев Б.А. (1986). Справочник по расчету надежности машин на стадии проектирования, Москва, Машиностроение, 224.

Шуляк М.Л. (2015). Колебание скорости МТА переменной массы при установившемся режиме движения. Motrol Commision of motorization and energetics in agriculture. 17. 7, 23–29.

References

Ageev L. E., Eviev V. A. (2004). Methodology for functional diagnostics of tractors. Tractors and agricultural machines, 7, 44-45.

Anilovich V. Ya., Grinchenko A. S., Litvinenko V. L., Chernyavsky I. Sh. (1986). Forecasting the reliability of tractors, Moscow, Mechanical Engineering, 244.

Artemov N.P., Lebedev A.T., Podrigalo M.A., Polyanskiy A.S., Korobko A.I. (2012). The method of partial accelerations and its applications in the dynamics of mobile machines, Kharkiv, Miskdruk, 220.

Artiomov N., Shuliak M. (2015). Analysis and control of random vibration processes in the operation of mobile agricultural units as a mechanical systems. Scientific and educational journal the progressive researchers «Science & Genesis», 1, 151-155.

Gubich L. V. (2007). The main directions of information technology development to support the life cycle of tractor products, Moscow, Informatika, 2. 86-96.

(1994). DSTU 2860-94. The need for technology. Terms and conditions, Kiev,

State Standard of Ukraine, 36.

(2013). DSTU 7463: 2013. Agricultural machinery. Tractors. Classification of indicators, Kiev, Derzhspozhivstandart, 11.

(2016). Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) Code of Standards «Testing the Performance of Agricultural Tractors» (official translation): information publication, Moscow, Federal State Budgetary Scientific Institution «Rosinformagrotech», 104.

Khazov B.F., Didusev B.A. (1986). Handbook for calculating the reliability of machines at the design stage, Moscow, Mechanical Engineering, 224.

Ksenevich I. P, Guskov V. V., Bocharov N. F. (1981). Tractors. Design, construction and calculation, Moscow, Mechanical Engineering, 544.

Lebedev A.T., Lebedeva I.A. (2012). Assessment of the reliability of monitoring the functional accuracy and performance of the tractor. Bulletin of the Kharkiv National Technical University of Agriculture named after Petro Vasylenko. 128. 226-232.

Lebedev A. T., Lebedova I. A. (2013). Analysis of the combined MTA for the level of folding elements. Collection of scientific papers L. Pogorilyy UkrNDIPVT, 17 (31) 2, 143-148.

Lebedev A.T., Lebedev S.A., Korobko A. I., (2018). Qualitative and metrological safety of viprobuvan tractors [Monograph]. Kharkiv, Miskdruk, 394.

Migal V.D. (2001). A systematic approach to assessing the quality of tractors. Migal. Bulletin of the Petro Vasylenko Kharkiv National Technical University of Agriculture, 7, 73-86.

Podrigalo M. A., Korobko A. I., Klets D. M., Faist V. L. (2010) Patent of Ukraine 51031. Kiev: UKRPATENT.

Shulyak M.L. (2015). Oscillation of MTA speed of variable mass at steady state motion. Motrol Commision of motorization and energetics in agriculture. 17-7, 23-29.

Uемов А.И. (1978). Systems approach and general systems theory, Moscow, Mysl, 272.

UDC 631.3-752.004.5

SYSTEM APPROACH FOR ESTIMATING THE PERFORMANCE OF THE TRACTOR IN THE LIFE CYCLE

Lebedev A., Dr. tech. sciences, professor,
e-mail: tiaxntusg@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1975-3323>

Lebedev S., Ph. D, L.
e-mail: hfukrndipvt@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3067-5135>
Kharkiv branch of L. Pogorilyy UkrNDIPVT

Summary

Purpose of the study. Substantiation of the methodology of a systematic approach to assessing the performance of a tractor at the stages of its life cycle. To achieve this goal, it is necessary to solve the following tasks:

- explore the possibility of applying a systematic approach to assessing the performance of tractors;
- to investigate the mechanism of applying a systematic approach to assessing the performance of tractors at the stages of their life cycle.

Research methods. CALS-technology, which ensures the implementation of the strategy of organizing the production of new products based on new engineering technology, and is based on the electronic model of the product.

The results of the study. The systematization of the functional indicators of the tractor, which form the basis of a systematic approach to assessing its performance at the stages of the life cycle, is carried out. The necessity of assessing the traction and energy indicators of the tractor by its dynamic and traction characteristics has been proved. The life cycle of a tractor is a set of interconnected processes of its creation and sequential change in state from the formation of initial data to the end of operation. At the same time, an effective system analysis of the life cycle of a tractor by a target criterion, for example, by its operability, which is characterized by the ability of the tractor to perform the specified functions established by regulatory requirements. The basis for the formation of the limiting values of the functional indicators of the developed tractor are the characteristics of the basic samples and analogues, the requirements of national and international standards, technical conditions, materials of research and development work, customer reviews, and others. The functional indicators of the tractor determine its technical level, which can be assessed using well-known methods.

Conclusions. As a result of the study, the dependence of the tractor's performance on its movement speed, stability of the direction of movement and braking was substantiated; the basics of ensuring the operability of a tractor at all stages of its life cycle are considered: creation, production, circulation, operation, disposal. The scientific value of the study lies in the substantiation of the methodology of a systematic approach to assessing the performance of a tractor at the stages of its life cycle. The practical value of the study lies in the ability to predict the performance of a tractor at any stage of its life cycle, starting with design and analyzing the state of the tractor during its disposal, in order to improve performance in future design. The research results can be applied in the design, manufacture and testing of tractors, as well as in the field of their operation to assess the possible resource. Further research is required to predict the performance of tractors at the test stage.

Key words: tractor, life cycle, functional indicators, operability, traction, acceleration.

УДК 631.3-752.004.5

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТРАКТОРА НА ЭТАПАХ ЕГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Лебедев А., д-р техн. наук, проф.,

e-mail: tiaxntusg@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1975-3323>

Лебедев С., канд. техн. наук,

e-mail: hfukrndipvt@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3067-5135>;

Харковский филиал УкрНИИПИТ им. Л.Погорелого

Аннотация

Цель исследования. Обоснование методологии системного подхода оценки работоспособности трактора на этапах его жизненного цикла. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- исследовать возможность применения системного подхода к оценке работоспособности тракторов;
- исследовать механизм применения системного подхода к оценке работоспособности тракторов на этапах их жизненного цикла.

Методы исследования. Для работы использовали CALS-технологии, обеспечивающую реализацию стратегии организации производства новых изделий на базе новой инженерной технологии и базирующуюся на электронной модели изделия.

Результаты исследования. Выполнена систематизация функциональных показателей трактора, положенных в основу системного подхода оценки его работоспособности на этапах жизненного цикла. Доказана необходимость оценки тягово-энергетических показателей трактора по его динамичным и тяговым характеристикам. Жизненный цикл трактора представляет собой совокупность взаимосвязанных процессов его создания и последовательного изменения состояния от формирования исходных данных до окончания эксплуатации. При этом эффективный системный анализ жизненного цикла трактора проводился по целевому признаку, например, по его работоспособности, которая характеризуется способностью трактора выполнять заданные функции, установленные нормативными требованиями. Основанием для формирования предельных значений функциональных показателей разрабатываемого трактора являются характеристики базовых образцов и аналогов, требования национальных и международных стандартов, технических условий, материалов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, отзывы потребителей и другие. Функциональные показатели трактора определяют его технический уровень, который может быть оценен по известным методикам.

Выводы. Проведенное исследование позволило обосновать зависимость работоспособности трактора от скорости его движения, устойчивости направления движения и торможения, а также рассмотреть основы обеспечения работоспособности трактора на всех этапах его жизненного цикла: создания, производства, обращения, эксплуатации, утилизации. Научная ценность исследования заключается в обосновании методологии системного подхода к оценке работоспособности трактора на этапах его жизненного цикла. Практическая ценность исследования заключается в возможности прогнозирования работоспособности трактора на любом этапе его жизненного цикла, начиная с проектирования и анализируя состояние трактора на время его утилизации, для улучшения показателей в будущем проектировании. Результаты исследований могут быть применены в сфере проектирования, изготовления и испытаний тракторов, а также в сфере их эксплуатации для оценки возможного ресурса. Дальнейшего исследования требуют вопросы прогнозирования работоспособности тракторов на этапе испытаний.

Ключевые слова: трактор, жизненный цикл, функциональные показатели, работоспособность, тяговые свойства, ускорение.