

УДК 620.1.05:621.878

## ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПІВ МЕХАТРОНИКИ ПРИ ТЯГОВИХ ВИПРОБУВАННЯХ ПОЗАШЛЯХОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАСОБІВ

М.М. Балака, асистент, Л.Є. Пелевін, професор, к.т.н.,  
Київський національний університет будівництва і архітектури,  
Г.О. Аржаєв, магістр, Миколаївський будівельний коледж

*Анотація.* Розглянуто складові мехатронного інформаційно-вимірювального комплексу для тягових випробувань позашляхових технологічних засобів.

*Ключові слова:* мехатроніка інформаційно-вимірювальних комплексів, тягові випробування, позашляхові технологічні засоби.

## ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПОВ МЕХАТРОНИКИ ПРИ ТЯГОВЫХ ИСПЫТАНИЯХ ВНЕДОРОЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

М.Н. Балака, ассистент, Л.Е. Пелевин, профессор, к.т.н.,  
Киевский национальный университет строительства и архитектуры,  
Г.А. Аржаев, магистр, Николаевский строительный колледж

*Аннотация.* Рассмотрены составляющие мехатронного информационно-измерительного комплекса для тяговых испытаний внедорожных технологических средств.

*Ключевые слова:* мехатроника информационно-измерительных комплексов, тяговые испытания, внедорожные технологические средства.

## APPLICATION OF MECHATRONIC PRINCIPLES WHILE TRACTION TESTING OFF-ROAD TECHNOLOGICAL VEHICLES

M. Balaka, teaching assistant, L. Pelevin, Professor, Candidate of Engineering Sciences,  
Kyiv National University of Construction and Architecture,  
G. Arzhaev, master, Mykolaiv Building College

*Abstract.* Components of mechatronic information-measuring complex for traction testing off-road technological vehicles have been considered.

*Key words:* mechatronics information-measuring complexes, traction tests, off-road technological vehicles.

### Вступ

Як відзначено у [1], технічний об'єкт (ТО) має чотири стадії розвитку, які пов'язані з послідовною реалізацією за допомогою технічних засобів чотирьох фундаментальних функцій (технологічної, енергетичної, керування і планування для себе) і послідовним виключенням із технологічного процесу ТО відповідних функцій, які виконує людина. Із

цього випливає, що вже на стадії виключення із технологічного процесу ТО функції його керування людиною він перетворюється у класичну мехатронну систему [2].

### Аналіз публікацій

Побудова тягової характеристики фізичного зразка позашляхового технологічного засобу – ПТЗ (автомобілів високої прохідності, зем-

лерийно-транспортних, перевантажувальних, сільсько- та лісгосподарських і меліоративних машин, тягачів, спецшасі та військової техніки) здійснюється шляхом використання експериментальних даних, одержаних під час їх тягових випробувань [3] за допомогою динамометричних лабораторій (ДЛ).

У роботі [4] визначено вимоги до сучасних ДЛ, призначених для тягових випробувань ПТЗ, і на основі технічного рішення [5] розроблено ДЛ гальмівного класу 120 кН [6].

Таким чином, можна достатньо коректно стверджувати, що удосконалення інформаційно-вимірювального забезпечення тягових випробувань ПТЗ на основі запропонованої ДЛ є актуальною науковою та інженерною задачею, вирішення якої, на думку професора Хмари Л.А. (ПДАБА), дозволить хоча б частково наблизити реалізацію створення вітчизняного центру випробувань і сертифікації продукції будівельно-дорожнього машинобудування України [7].

### Мета і постановка задачі

Згідно з вимогами щодо мехатронних систем [2] і методики тягових випробувань [3] для запропонованої ДЛ [6] забезпечити: розробку комплексу вимірювальних датчиків (реалізація технологічної функції ДЛ), створення обчислювального комплексу (реалізація енергетичної функції ДЛ) і застосування системи керування ДЛ за допомогою ПЕОМ з відповідним програмним забезпеченням (реалізація функції керування ДЛ).

Для оцінки тягово-зчіпних властивостей і паливно-економічних показників ПТЗ під час проведення тягових випробувань у польових умовах необхідно вимірювати (за допомогою датчиків), фіксувати на якому-небудь носії (за допомогою реєструючої апаратури) або обробляти в реальному часі на ПЕОМ, як мінімум, значення таких параметрів [8, 9]: а) крутний момент, що підводиться до рушія машини –  $M_k$ ; б) силу тяги машини –  $T$ ; в) теоретичну –  $V_t$  і дійсну –  $V_d$  швидкості руху машини; г) годинну витрату палива двигуном –  $G_r$ ; д) час досліду –  $t$ .

В основу всіх датчиків для вимірювання зазначених вище параметрів покладено різні перетворювачі механічних величин в електричні сигнали: в якості перетворювачів механічних величин в електричний сигнал у датчиках  $M_k$ ,  $T$ ,  $G_r$  [10] використано кремнієві напівпровідникові тензорезистори КТД2А і КТЭ2А; для датчиків теоретичної  $V_t$  і дійсної  $V_d$  швидкостей руху машини або кутової швидкості відповідно тягових –  $\omega_t$  і тяжних –  $\omega_d$  коліс (для неповноприводного ПТЗ) та тягових –  $\omega_t$  і «мірного» –  $\omega_d \rightarrow \omega_m$  коліс (для повноприводного ПТЗ) використано електричні двигуни постійного струму типу ДПМ-30, що працюють у генераторному режимі.

### Обчислювально-керуючий комплекс

На рис. 1 наведено принципову схему інформаційно-вимірювального і керуючого (ІВК) мехатронного комплексу для тягових випробувань ПТЗ.

### Комплекс вимірювальних датчиків

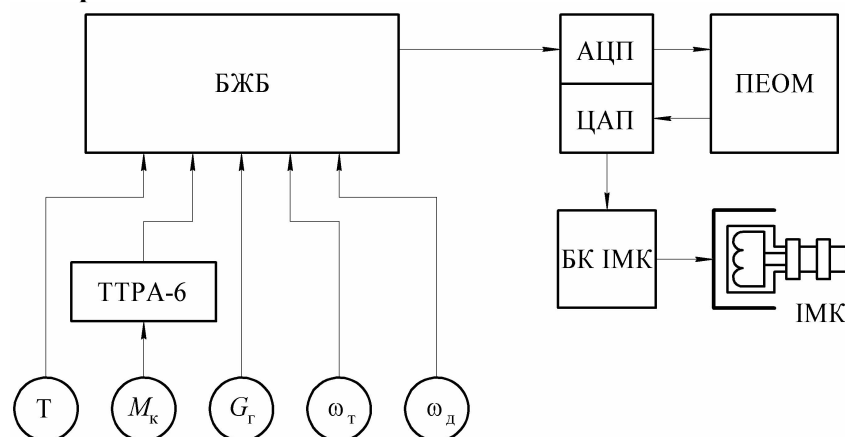


Рис. 1. Принципова схема ІВК: БЖБ – блок живлення і балансування датчиків; ТТРА-6 – струмоміряч;  $T$ ,  $M_k$ ,  $G_r$ ,  $\omega_t$ ,  $\omega_d$  – датчики відповідних вимірювальних параметрів; АЦП, ЦАП – електронний блок; БК ІМК – блок керування індукторною муфтою ковзання 7 [6]

Бортовий обчислювально-керуючий комплекс ДЛ складається з електронного блока та ПЕОМ типу Notebook. За основу електронного блока, призначеного для забезпечення зв'язку елементів комплексу з ПЕОМ, взято аналого-цифровий / цифро-аналоговий перетворювач (АЦП-ЦАП) моделі Е14-440 [11]. Керування АЦП-ЦАП здійснюється за допомогою інтерфейсу USB, що забезпечує підключення ПЕОМ практично будь-якої моделі.

Програмне забезпечення обчислювально-керуючого комплексу включає реалізацію таких процедур: П1 – розрахунок параметрів експериментальної тягової характеристики ПТЗ (коефіцієнта буксування  $\delta$ , дійсної швидкості руху  $V_d$ , тягової потужності  $N_t$ , тягового ККД  $\eta_t$  і питомої витрати палива  $g_t$  у функції сили тяги  $T$ ); П2 – розрахунок і оцінку статистичних характеристик параметрів експериментальної тягової характеристики (математичного сподівання  $M[X]$ , диспе-

рсії  $D_X$  і середнього квадратичного відхилення  $\sigma_X$  або стандарту); П3 – керування гальмом ДЛ по каналу зворотного зв'язку через ЦАП.

Алгоритм виконання процедури П1 має вигляд

$$\begin{aligned} \delta &= 1 - V_d / V_T; \\ N_t &= T \cdot V_d; \\ g_t &= 1000 G_r / N_t; \\ P_k &= M_k / r_c; \\ P_f &= M_{k0} / r_c, \end{aligned}$$

де  $P_f$  – сила опору коченню машини;  $P_k$  – окружна сила рушія;  $r_c$  – силовий радіус рушія;  $M_{k0}$  – крутний момент, що підводиться до рушія машини при  $T = 0$ .

На рис. 2 наведено схему тягових випробувань ПТЗ (на прикладі навантажувача).

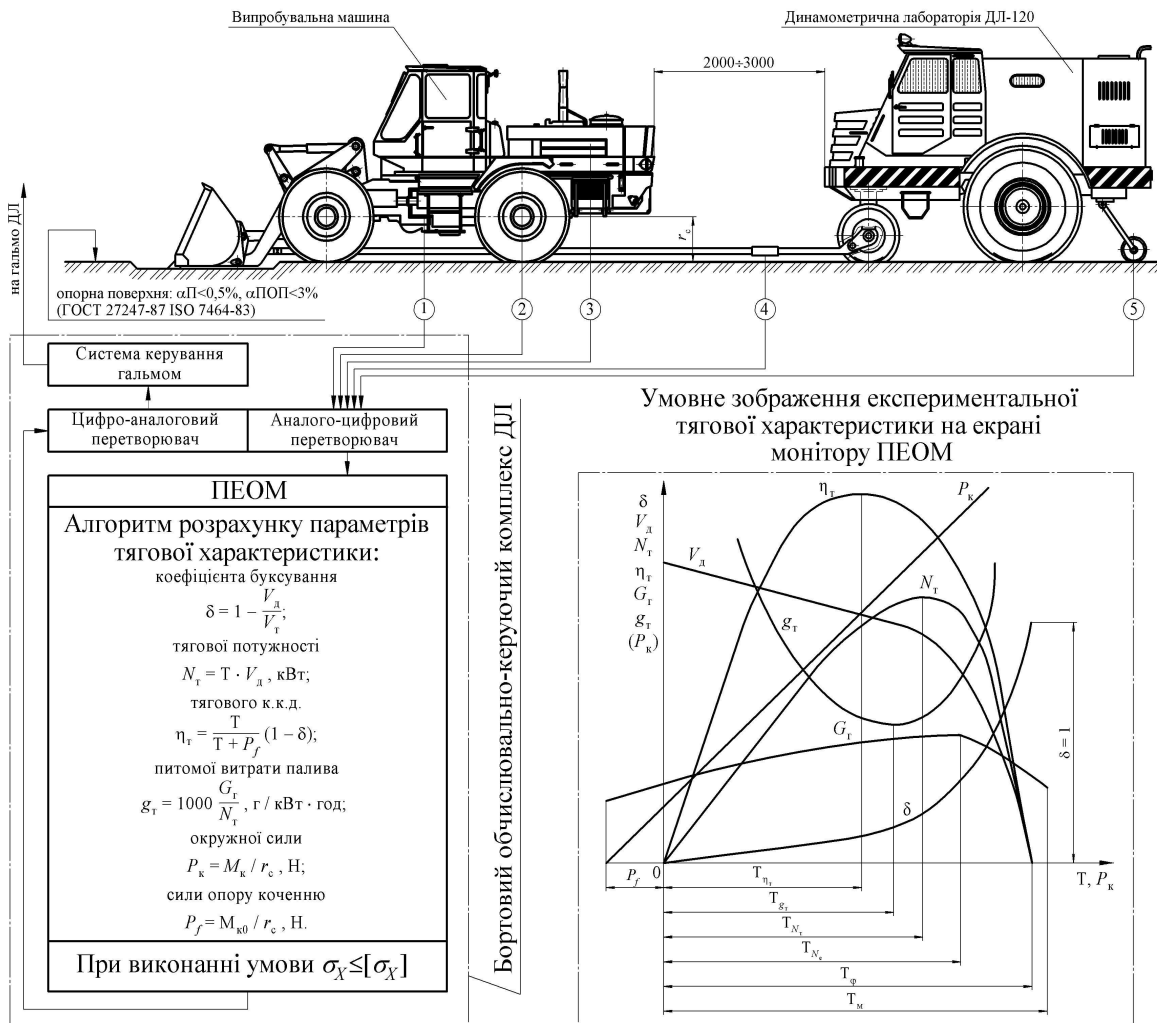


Рис. 2. Схема тягових випробувань ПТЗ: 1 –  $M_k$ ; 2 –  $V_T$ ; 3 –  $G_T$ ; 4 –  $T$ ; 5 –  $V_d$ 

За зміни гальмівного моменту –  $M_T$  гальма ДЛ на величину  $\Delta M_T$  ПТЗ, що досліджується, перейде на наступний режим його силового навантаження, тобто  $T_T + \Delta T_T = T + \Delta T$ , причому виконується умова  $(T + \Delta T) \leq T_\phi$ . Після чого знову виконуються послідовно процедури П1-П3, і, таким чином, сила тяги  $T$  рушія ПТЗ змінюється в діапазоні від 0 до  $T_\phi$  (сили тяги за зчепленням). Це дозволяє отримати експериментальну тягову характеристику ПТЗ, тобто залежності  $\delta$ ,  $V_d$ ,  $N_T$ ,  $G_T$  і  $g_T = f(T)$  з необхідним рівнем  $[\sigma_X]$ .

### Система керування динамометричною лабораторією за допомогою ПЕОМ

За виконання умови  $\sigma_X \leq [\sigma_X]$ , (де  $[\sigma_X]$  – наперед задане значення  $\sigma_X$ ) для всіх розрахункових параметрів (за процедурою П1) досліджуваної тягової характеристики (за процедурою П2) вступає в дію процедура П3 і по каналу зворотного зв'язку від ПЕОМ через ЦАП електронного блока здійснюється керування гальмом (індукторною муфтою ковзання – ІМК) ДЛ.

### Висновки

Запропоновано інформаційно-вимірвальний комплекс для тягових випробувань ПТЗ у польових умовах. Структура наведеного комплексу відповідає мехатронним системам і дозволяє за рахунок цього підвищити ефективність експериментальних досліджень.

### Література

1. Половинкин А.И. Законы строения и развития техники / А.И. Половинкин. – Волгоград : ВолгПИ, 1985. – 202 с.
2. Мехатроника / Т. Исии, И. Симояма, Х. Иноуэ, Н. Накадзима ; пер. с япон. С.Л. Масленникова ; под ред. В. В. Василькова. – М. : Мир, 1988. – 318 с.
3. Машины землеройные. Метод определения тяговой характеристики : ГОСТ 27247-87 (ISO 7464-83). – [Введ. 1988-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 13 с. – (Госстандарт СССР).
4. Аналіз технічних рішень динамометричних пристроїв для тягових випробувань

позашляхових технологічних засобів / Г.О. Аржаєв, Л.Є. Пелевін, М.М. Балака, А.С. Цепляєв // Гірн., буд., дор. та меліорат. машини: Всеукр. міжвід. зб. наук. пр. – К. : КНУБА. – 2008. – Вип. 72. – С. 80–85.

5. Пат. 50441 U Україна, МПК G 01 M 17/00. Гальмове улаштування для тягових випробувань самохідних машин / Аржаєв Г.О., Балака М.М., Пелевін Л.Є., Цепляєв А.С.; заявник і патентовласник Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. – № u200912726 ; заявл. 07.12.09 ; опубл. 10.06.10, Бюл. № 11.
6. Динамометрична лабораторія для тягових випробувань самохідних технологічних засобів / Л.Є. Пелевін, М.М. Балака, А.С. Цепляєв, Г.О. Аржаєв // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2010) : матеріали II міжнар. наук.-практ. конф., 25–27 травня 2010 р. – Херсон : ХДМІ. – 2010. – Т. 2. – С. 8–11.
7. Хмара Л. А. Анализ тенденций и перспектив развития на Украине подъемно-транспортных, дорожно-строительных и землеройных машин / Л.А. Хмара // Строительство. Материаловедение. Машиностроение : сб. науч. тр. – Днепропетровск : ПГАСА. – 2008. – Вып. 46. – С. 5–8.
8. Ульянов Н. А. Теория самоходных колесных землеройно-транспортных машин / Н.А. Ульянов. – М. : Машиностроение, 1969. – 520 с.
9. Коробейников А. Т. Испытания сельскохозяйственных тракторов / А.Т. Коробейников, В.С. Лихачев, В.Ф. Шолохов. – М. : Машиностроение, 1985. – 240 с.
10. Пат. 32460 U Україна, МПК G 01 F 3/00. Пристрій для вимірювання витрати / Аржаєв Г.О., Балака М.М., Пелевін Л.Є., Цепляєв А.С. ; заявники і патентовласники Аржаєв Г.О., Балака М.М., Пелевін Л.Є., Цепляєв А.С. – № u200801816 ; заявл. 12.02.08 ; опубл. 12.05.08, Бюл. № 9.
11. Компания ХОЛИТ Дэйта Системс. – Режим доступа : <http://www.holit.com.ua/>.

Рецензент: Л.І. Нефьодов, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 15 червня 2012 р.