

УДК 531.751/753; 681.26

РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МОБІЛЬНИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ВИЗНАЧЕННЯ ВАГОВИХ ТА ТЯГОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАШИН

О. Митрофанов,

І. Лілевман,

О. Лілевман,

Південно-Українська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого,

М. Подольський, *канд.техн.наук*

Херсонський національний технічний університет

У статті наведено результати розроблення, дослідження та впровадження в практику випробувань сільськогосподарських машин приладів ваговимірвальних гідравлічних конструкції Південно-Української філії УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого та пошукових робіт в напрямку використання гідравлічних механізмів для вимірювання тягових зусиль.

Ключові слова: *прилади ваговимірвальні гідравлічні, розроблення конструкції, дослідження, апробація, впровадження, гідравлічні тягоміри*

Вступ. Забезпечення випробувань на рівні сучасних вимог до їх якості та скорочення терміну їх проведення неможливі без удосконалення методів досліджень та відповідних засобів виміральної техніки [1-6]. У цій справі важливим є вирішення технічних та методичних завдань щодо визначення вагових характеристик машин під час різноманітних видів випробувань та наукових досліджень, які проводяться поза територіями науково-дослідних організацій та випробувальних центрів.

Визначення проблеми та постановлення завдання. Проблема полягає в тому, що користування стандартизованими переносними ваговимірвальними приладами в полі, на територіях машинно-тракторних станів, тваринницьких та птахівницьких ферм та в інших умовах, коли відсутні стаціонарні ваги для великогабаритних важких вантажів, пов'язане з необхідністю проведення підготовчих трудомістких робіт, потребує використання під час зважування вантажопідійомних машин і механізмів або обмежене, у багатьох випадках, великою площею контакту рушіїв з опорною поверхнею [1-6].

Вирішенням цієї проблеми є розроблення конструкції, виготовлення, дослідження та впровадження в практику випробувань переносних та невеликих за розміром і масою ваговимірвальних приладів, які б під час випробувань поза територіями науково-дослідних організацій та випробувальних центрів забезпечували визначення вагових (силових)

характеристик машин у зручний спосіб, з якнайменшими витратами праці та енергії, без вищезазначених обмежень.

Також є актуальним проведення пошукових робіт в напрямку використання цих приладів як силовимірювальних засобів і застосування гідравлічних механізмів для вимірювання тягових зусиль.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для вирішення поставленого завдання фахівцями Південно-Української філії УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого протягом 2011-2013 років виконана науково-дослідна робота [8]:

1. Розроблена конструкція та виготовлені експериментальні моделі приладів ваговимірювальних гідравлічних ПВГ-5Е (рис. 1) і ПВГ-10Е (рис. 2).

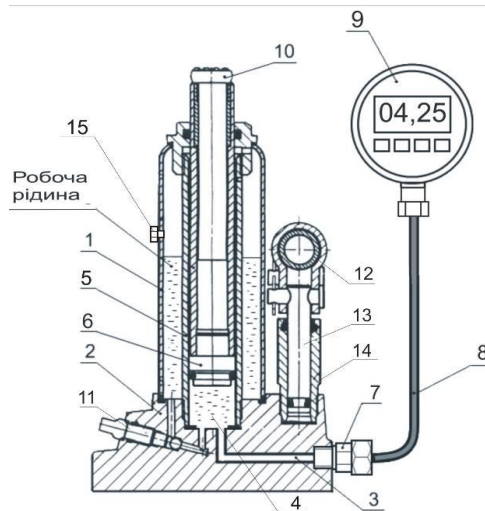


Рисунок 1 – Прилад ваговимірювальний гідравлічний ПВГ-5Е



Рисунок 2 – Прилад ваговимірювальний гідравлічний ПВГ-10Е

Основою конструкції приладів ваговимірювальних гідравлічних ПВГ-5Е і ПВГ-10Е (рис. 3) є ручні гідравлічні домкрати 1 вантажопідйомністю відповідно 5 тс і 10 тс. У платформі 2 домкратів виконується канал 3 між її зовнішньою поверхнею та поверхнею, яка утворює днище поршневої порожнини 4 в корпусі 5 під силовим поршнем 6. До каналу 3 з зовнішньої сторони платформи 2 домкрата за допомогою муфти 7 з клапаном попередження витоків гідравлічної рідини та гідравлічного рукава високого тиску 8 необхідної довжини на різьбових з'єднаннях з ущільнюючими прокладками приєднується, електронний цифровий манометр 9 Servis Junior фірми Parker виробництва Німеччини.



- 1 – ручний гідравлічний домкрат; 2 – платформа; 3 – канал; 4 – поршнева порожнина; 5 – корпус; 6 – силовий поршень; 7 – муфта з клапаном попередження витоків робочої рідини; 8 – рукав високого тиску; 9 – манометр електронно-цифровий; 10 – вантажоприймальна площадка; 11 – керуючий клапан; 12 – важіль нагнітаючого циліндра; 13 – нагнітаючий поршень; 14 – корпус нагнітаючого циліндра; 15 – заливна пробка-сапун

Рисунок 3 - Схема приладів ваговимірювальних гідравлічних ПВГ-5Е і ПВГ-10Е

Принцип дії приладів полягає в тому, що під час підйому ними машини вагове навантаження через вантажоприймальну площадку 10 та силовий поршень 6 передається на гідравлічну рідину в поршневій порожнині 4 і створює в ній відповідний тиск. Величина тиску гідравлічної рідини вимірюється електронно-цифровим манометром 9.

Переведення значень тиску гідравлічної рідини в еквівалентні ним значення вагового навантаження виконується за результатами калібрування приладів за допомогою спеціальної установки, яка також була сконструйована та виготовлена спеціалістами філії (рис. 4).



Рисунок 4 - Установка для дослідження залежності тиску робочої рідини в приладі ПВГ-10Е від величини діючих на нього навантажень та для калібрування приладу

2. Проведені дослідження стабільності показань приладів ПВГ в умовах різних температур зовнішнього середовища. За результатами дослідження встановлено, що в межах регламентованої точності вимірювань під час проведення випробувань та в передбаченому температурному діапазоні експлуатації приладів ПВГ вплив температури повітря на його показання не виявлений. Тобто, не має потреби у коригуванні показань приладів ПВГ залежно від температури навколишнього середовища;

3. Досліджена залежність тиску робочої рідини в приладах ПВГ-5Е і ПВГ-10Е від діючих на них навантажень шляхом калібрування приладів в режимах їх навантаження та розвантаження за допомогою зазначеної вище установки.

Результати досліджень проілюстровані на графіку (рис. 5), де наочно відслідковується динаміка зростання тиску робочої рідини в поршневій порожнині приладів від діючих на їх вагоприймні частини зростаючих навантажень і навпаки – падіння тиску робочої рідини зі зменшенням навантажень.

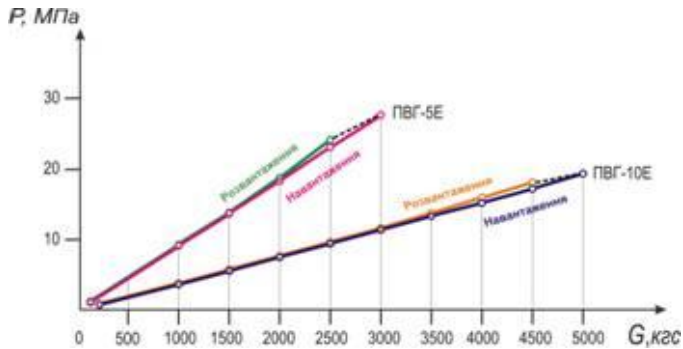


Рисунок 5 - Графік залежності тиску робочої рідини (P) в поршневій порожнині приладів ПВГ-5Е і ПВГ-10Е від величини діючих на прилади вагових навантажень (G)

Внаслідок пружного гістерезиса в силовій ланці приладів, а також сил тертя між їх деталями, лінії розвантаження в загальному випадку не співпадають з лініями навантаження, що є характерним явищем для засобів вимірювання сил, і як окремий випадок – вимірювання ваги (маси).

Враховуючи, що співвідношення між діючим на прилад навантаженням і еквівалентним йому тиском робочої рідини в приладі має нелінійний характер, для визначення величини навантаження на прилад треба застосувати метод інтерполяції за формулою:

$$G = G_{км} + k_i \cdot \nabla P$$

де G – вимірюване вагове навантаження, кгс;

$G_{км}$ – менше значення силового навантаження в інтервалі калібрувальної характеристики приладу ПВГ, в якому знаходиться значення вимірюного тиску, кгс;

$k_i = \Delta G_i / \Delta P_i$ – коефіцієнт інтерполяції в інтервалі калібрувальної характеристики приладу ПВГ, в якому знаходиться значення вимірюного тиску в приладі кгс/МПа;

ΔG_i – різниця між більшим та меншим граничними значеннями силового навантаження в інтервалі калібрувальної характеристики приладу ПВГ, в якому знаходиться значення вимірюного тиску в приладі, кгс;

ΔP_i – різниця між більшим та меншим граничними значеннями тиску в інтервалі калібрувальної характеристики приладу ПВГ, в якому знаходиться значення вимірюного тиску в приладі, МПа;

ΔP – різниця між виміряним тиском в приладі ПВГ та меншим граничним значенням відповідного інтервалу калібрувальної характеристики приладу ПВГ, МПа.

4. Проведені дослідження часу стабілізації тиску робочої рідини в приладах ПВГ під дією сталого вагового навантаження. За результатами дослідження від моменту початку дії на прилади сталого вагового навантаження протягом 1,5-2,0 хвилин відбувається зменшення тиску в них робочої рідини з різним уповільненням, а потім настає необмежена в часі стабілізація тиску і можливість зняття показань (рис. 6).

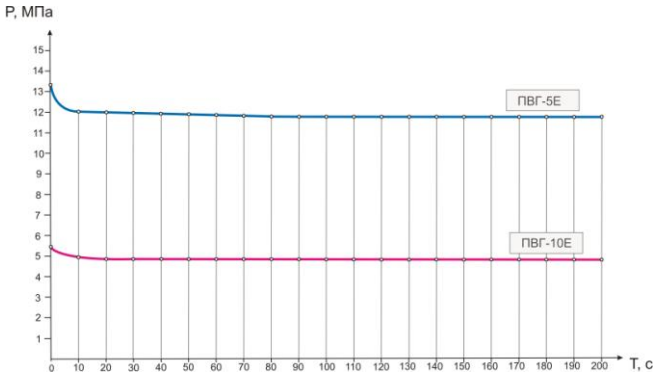


Рисунок 6 – Динаміка тиску робочої рідини у поршневій порожнині приладів ПВГ-5Е і ПВГ-10Е під дією сталого вагового навантаження

5. Визначені технічні характеристики та розроблені експлуатаційні документи приладів ПВГ. Ці документи за побудовою, змістом та викладом складені з урахуванням відповідних вимог і містять опис призначення та сфери застосування, технічних даних, будови і принципу роботи, вимог безпеки, підготовки до роботи, порядку роботи та комплектності приладів.

За програмою впровадження приладів ПВГ в практику досліджень і випробувань сільгосптехніки в польових умовах:

а) проведена метрологічна атестація приладів ПВГ спільно з ДП “Херсонський науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації”, за результатами якої прилади відповідають вимогам нормативної документації та допускаються до застосування, а похибка визначення навантаження становить 2%, тобто не перевищує максимально допустиму похибку вимірювання вагових характеристик сільськогосподарських машин і тракторів;

б) розроблена “Методика визначення ваги та навантаження на керовані колеса випробуваних сільськогосподарських машин за допомогою приладів ваговимірювальних гідравлічних конструкції Південно-Української філії УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого”, як найбільш поширених вагових характеристик випробуваних тракторів, самохідних машин та іншої

мобільної техніки. Методика задовольняє основним вимогам стандартів щодо визначення вагових характеристик випробуваних машин і вимогам безпечного проведення робіт;

в) проведена апробація приладів ПВГ та методики їх застосування в питаннях точності визначення вагових характеристик сільськогосподарських машин, зручності та безпечності проведення робіт з використанням цих приладів. Апробація проведена на 18-ти машинах (рис. 7) і за її результатами розбіжність між масою кожної з машин, визначеною за допомогою приладів ПВГ, та масою, визначеною за допомогою ваг серійного виробництва РП15Ш13, не перевищує допустиму похибку вимірювань маси ($\pm 2\%$).



Рисунок 7 - Апробація приладів ваговимірювальних ПВГ-10Е під час зважування фронтального навантажувача РН 936

6. Розробки, виконані в ході науково-дослідної роботи, захищені 4-ма патентами на корисні моделі та свідоцтвом про авторський твір.

7. На завершальному етапі виконання НДР проведені пошукові роботи в напрямку використання приладів ПВГ як силівимірювальних засобів та застосування гідравлічних механізмів для вимірювання тягових зусиль з реєстрацією їх динаміки. На цьому етапі виконані такі роботи:

а) проведені дослідження щодо застосування приладів ПВГ для вимірювання сили тиску робочих органів на ґрунт та сили тиску машини на зчпний пристрій енергозасобу (рис. 8). Визначено, що використання приладів ПВГ для вимірювання зазначених показників надає можливість проведення вимірювання однією людиною з суттєвим зменшенням енерговитрат, значно підвищує точність вимірів і убезпечує процес вимірювання;



Рисунок 8 - Вимірювання сили тиску сошника сівалки на ґрунт з застосуванням приладу ПВГ-10Е

б) сконструйовані та виготовлені два макетних зразки гідравлічних тягомірів з електронно-цифровим манометром (рис. 9) і з датчиком та реєстратором динаміки тиску робочої рідини.



Рисунок 9 - Тягомір гідравлічний з електронно-цифровим манометром

Для проведення вимірювань тягомір встановлюють між енергозасобом і випробуваною машиною (рис. 10). Під час проведення дослідів тягове зусилля через силовий поршень тягоміра передається на робочу рідину в його поршневій порожнині і створює відповідний тиск. Величина тиску робочої рідини залежить від величини тягового зусилля і вимірюється манометром. Переведення значень тиску робочої рідини в еквівалентні значення тягового зусилля виконується за результатами калібрування тягоміра.



Рисунок 10 - Тягомір гідравлічний з електронно-цифровим манометром в роботі

За результатами попередньої апробації перший зразок тягоміра (з електронно-цифровим манометром) виявився роботоздатним, дуже чутливим і здатним відображати поточне значення тиску робочої рідини, але “запам’ятовує” та відтворює лише пікові (мінімальне та максимальне) значення.

Попередня апробація другого зразка (з датчиком та реєстратором динаміки тиску робочої рідини) показала, що він забезпечує реєстрацію динаміки тиску робочої рідини в приладі у цифровому вигляді. За наявності відповідних комп’ютерних програм можна отримати цю динаміку у табличній та графічній формах (рис. 11).

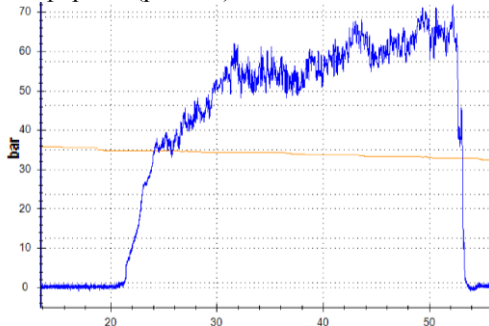


Рисунок 11 - Графічна форма запису динаміки тиску робочої рідини, яка еквівалентна динаміці тягового зусилля та отримана за допомогою гідравлічного тягоміра

За отриманими даними, використовуючи інтегральний метод та калібрувальну характеристику тягоміра, розраховують оцінне значення тягового зусилля.

Отже, пошукова робота з використанням гідравлічних механізмів для вимірювання та реєстрації тягових зусиль має позитивний результат, що дає підставу вважати доцільним її продовження в напрямку удосконалення конструкції гідравлічного тягоміра, дослідження його метрологічних та експлуатаційних якостей, розроблення програмного та методичного забезпечення для використання приладу в процесі випробувань машин.

Висновки.

1. Розроблена конструкція, виготовлені та досліджені дві експериментальних моделі приладів ваговимірювальних гідравлічних (ПВГ-5Е, ПВГ-10Е) та установки для їх калібрування, які забезпечують визначення вагових (силових) характеристик машин за межами території науково-дослідних організацій та випробувальних центрів у зручний спосіб, без застосування вантажопідйомного устаткування та допоміжних транспортних засобів, з якнайменшими витратами праці та енергії.

2. Розроблені експлуатаційні документи та методика використання зазначених приладів. Проведена їх метрологічна атестація та апробація, за результатами яких прилади допускаються до застосування, а похибка визначення вагових (силових) характеристик не перевищує максимально допустиму похибку вимірювання вагових характеристик сільськогосподарських машин і тракторів.

3. Проведені пошукові роботи в напрямку використання приладів ПВГ як силувимірювальних засобів та застосування гідравлічних механізмів для вимірювання тягових зусиль з реєстрацією їх динаміки. Результати роботи дають підставу вважати доцільним її продовження.

4. Розробки, проведені в ході виконання НДР, захищені 4-ма патентами на корисні моделі та свідоцтвом про авторський твір.

Література.

1. Измерение массы, объема и плотности: учебное пособие / С. И. Гаузнер [и др.]. – М : Издательство стандартов, 1972. – 623 с.
2. М 014. 100. 00 РЭ Весы автомобильные переносные. Руководство по эксплуатации. НПО «МЕТА», 2008. – 41 с.
3. ГОСТ 26025-83 Машины и тракторы сельскохозяйственные и лесные. Методы измерения конструктивных параметров.– Введ. 1984-01-01. – М: Изд-во стандартов, 1984. – 5 с.
4. ГОСТ 27922-88 Машины землеройные. Методы измерения масс машин в целом, рабочего оборудования и составных частей. – Введ. 1988-11-29. – М: Изд-во стандартов, 1988. – 10-с.
5. ДСТУ ГОСТ 7075-2003 Тракторы сільськогосподарські. Методи випробування. – Введ. 2003-05-13. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 14 с.
6. ГОСТ 23734-98 Тракторы промышленные. Методы испытаний – Введ. 2002-09-01.– К.: Госстандарт Украины, 1995. – 16 с.

7. ГОСТ 27388-87 Эксплуатационные документы сельскохозяйственной техники. – Введ. 1987-09-87. – М: Изд-во стандартов, 1987. – 31 с.
8. Дослідження та провайдинг технічних засобів визначення вагових характеристик сільськогосподарських машин в польових умовах: звіт про НДР (заключний) / Південно-Українська філія УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого; кер. О. П. Митрофанов. – ДР0114U003553; Інв. 0714U005939. – Херсон, 2013. – 126 с.

Аннотація

В статье приведены результаты разработки, исследования и внедрения в практику испытаний сельскохозяйственных машин приборов весоизмерительных гидравлических конструкции Южно-Украинского филиала УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого и поисковых работ в направлении использования гидравлических механизмов для измерения тяговых усилий.

Summary

In the article the results of research, development and implementation in practice for the testing of agricultural machines & instruments hydraulic design of South Ukrainian branch of the Institute L. Pogorely and prospecting towards the use of hydraulic mechanisms to measure tractive.