

О.О. ОСТРОВЕРХ, М.О. МІТЦЕЛЬ, Є.С. ПЕЛИПЕНКО

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ СТЕНДОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ СПУСКО-ПІДЙОМНОЇ ОПЕРАЦІЇ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ БЕЗСТУПІНЧАСТИХ ГІДРООБ'ЄМНО-МЕХАНІЧНИХ ТРАНСМІСІЙ НА АВТОМОБІЛЯХ ДЛЯ РЕМОНТУ НАФТОГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН

В роботі підтверджена вірогідність результатів теоретичного обґрунтування щодо використання безступінчастих гідрооб'ємно-механічних трансмісії (ГОМТ) на автомобілях для ремонту нафтогазових свердловин (РНГС) шляхом порівняльного аналізу з експериментальними стендовими дослідженнями. В ході експериментального стендового дослідження застосовувався стенд, який налаштовувався за схемами «гідрооб'ємна передача (ГОП) – лебідка» та «ГОМТ з диференціалом на виході – лебідка». Обробка експериментальних даних відбувається за допомогою фільтра Калмана, з метою зменшення похибки приладів проводилися тарувальні характеристики валів. У процесі теоретичних досліджень процесу підйому і спуску вантажу були розроблені математичні моделі схем «ГОП – лебідка» та «ГОМТ з диференціалом на виході – лебідка».

Ключові слова: автомобіль для ремонту нафтогазових свердловин, гідрооб'ємно-механічна трансмісія, лебідка, стенд, дослідження, підйом, спуск.

В работе подтверждена достоверность результатов теоретического обоснования по использованию бесступенчатых гидрообъемно-механических трансмиссии (ГОМТ) на автомобилях для ремонта нефтегазовых скважин (РНГС) путем сравнительного анализа с экспериментальными стендовыми исследованиями. В ходе экспериментального стендового исследования применялся стенд, который настраивался по схемам «гидрообъемная передача (ГОП) - лебедка» и «ГОМТ с дифференциалом на выходе - лебедка». Обработка экспериментальных данных происходит с помощью фильтра Калмана, с целью уменьшения погрешности приборов проводилась тарировка характеристики валов. В процессе теоретических исследований процесса подъема и спуска груза были разработаны математические модели схем «ГОП - лебедка» и «ГОМТ с дифференциалом на выходе - лебедка».

Ключевые слова: автомобиль для ремонта нефтегазовых скважин, гидрообъемно-механическая трансмиссия, лебедка, стенд, исследования, подъем, спуск.

The reliability of the results of the theoretical justification for the use of stepless hydrostatic-mechanical transmission (GOMT) on cars for repair of oil and gas wells (ROGW) by comparative analysis with experimental bench studies is confirmed in the paper. In the course of the experimental bench test, a stand was used, which was adjusted according to the schemes "hydrostatic transmission (GOP) - winch" and "GOMT with output differential - winch". The experimental data are processed using a Kalman filter, in order to reduce the error of the instruments, the calibration of the characteristics of the shafts was carried out. In the process of theoretical studies of the process of lifting and lowering the load, mathematical models of the circuits "GOP-winch" and "GOMT with output differential-winch"

Key words: car for repair of oil and gas wells, hydrostatic-mechanical transmission, winch, stand, research, lifting, descent.

Вступ.

Збільшення обсягів видобутку нафти та газу напряму залежить від працездатності обладнання, яке використовується на свердловинах. Особливість ремонту нафтогазових свердловин, полягає в тому, що близько 80 – 90% часу витрачається на спуск та підйом бурильної або насосно-компресорної колони труб (КТ), які виконуються автомобілями зі спеціальним обладнанням.

Особливістю автомобілів для РНГС є складність конструкції її трансмісії, яка полягає в застосуванні великої кількості механічних складових (валів, зубчастих зачеплень, фрикційних муфт, тощо) [1 – 4], а також негативним чинником при виконанні спуско-підйомної операції на свердловині є циклічність великого навантаження на гальмівні елементи, що призводить до втрати працездатності стрічкових гальм.

Підвищення технічного рівня автомобілів для РНГС можливо за рахунок переходу на використання безступінчастих (ГОМТ), які окрім виконання своїх основних функцій, забезпечать проведення технологічних операцій підйому і спуску КТ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існує ряд наукових праць, які присвячені дослідженню застосування безступінчастих ГОМТ в складі автомобілів для РНГС [5 – 7]. В роботі [8,9] авторами складена математична модель безступінчатої ГОМТ автомобілів для РНГС. Зокрема, в роботах [10, 11]

авторами проведено аналіз застосування закордонної та вітчизняної гідроапаратури у складі безступінчастих ГОМТ автомобілів для РНГС.

Необхідно відзначити, що застосування безступінчастих ГОМТ на автомобілях для РНГС підвищує ефективність їх роботи [12, 13].

Мета дослідження, постановка задачі. Мета даної роботи полягає у підтвердженні застосування ГОП і безступінчастих ГОМТ на автомобілях для РНГС при виконанні ремонтних операцій, на підставі кінематичних силових і енергетичних параметрів «ГОП – лебідка» і «ГОМТ з диференціалом на виході – лебідка», при використанні вантажу з різною вагою.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- визначення в процесі підйому і спуску вантажу з різною вагою, параметрів «ГОП – лебідка»;
- визначення в процесі підйому вантажу з різною вагою, параметрів «ГОМТ з диференціалом на виході – лебідка».

Вибір об'єкту досліджень. В якості об'єкту експериментальних стендових досліджень, для підтвердження застосування ГОП і безступінчастих ГОМТ на автомобілях для РНГС, виступає стенд з ГОМТ, який розроблено на кафедрі автомобіле- і тракторобудування НТУ «ХП», на чолі зі старшим викладачем Мітцелем М.О., під керівництвом, завідувача кафедри, д.т.н., проф. Самородова В. Б. Конструкція стенду дозволяє проводити випробування

за схемами «ГОП – лебідка» і «ГОМТ з диференціалом на виході – лебідка» (рис.1-3) [14, 15].



а)



б)

Рис. 1 – Розроблений стенд: а – «ГОП – лебідка»; б – «ГОМТ з диференціалом на виході – лебідка»

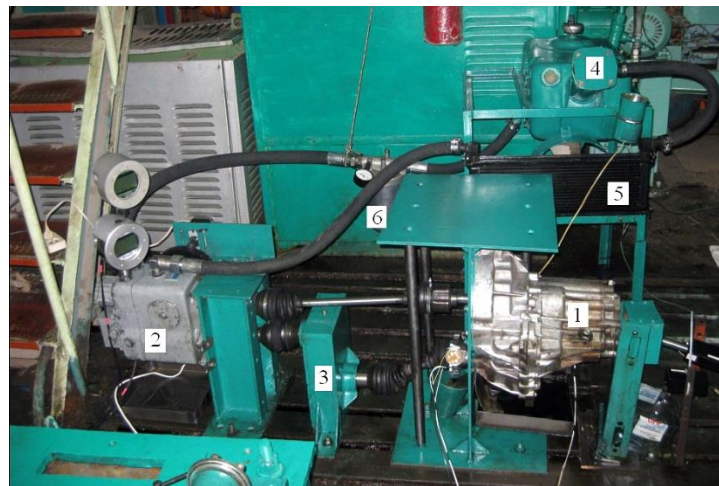


Рис. 2 – Елементи стенду: 1 – блок редукторів з планетарним механізмом; 2 – гідронасос і гідромотор в одному корпусі; 3 – циліндричний редуктор; 4 – масляний бак; 5 – радіатор с вентилятором; 6 – фільтр



а)



б)

Рис. 3 – а) лебідка; б) кран-блок: 1 – кран, 2 – груз

Стенд складається з трифазного асинхронного двигуна змінного струму А2-72-4 номінальної потужністю 30 кВт, силою струму при напрузі 380 В – 57,3 А, та частотою обертання 1455 об/хв., циліндричного редуктора, ГОМТ, масляного бака з фільтром і радіатор з вентилятором, лебідки. ГОМТ (рис. 2) – це блок редукторів, а саме циліндричний редуктор 3, який виконано у закритому корпусі з

передавальним числом $i_3 = 33/62$; двох циліндричних передач передавальне число яких дорівнює $i_2 = 31/32$ і $i_4 = 17/62$ та планетарного механізму (значення внутрішнього передавального відношення якого дорівнює $k = -1$) поз. 1; гідравлічною частиною 2, що складається з гідронасоса і гідромотора

продуктивністю $q = 33 \text{ см}^3$. Гідралічна частина ГОМТ складається з масляного баку 4 об'ємом 30 л., а також системи охолодження 5 радіатор с вентилятором, та фільтром 6. Лебідка (рис. 3) складається з двох циліндричних редукторів з передавальними числами $i_5 = 12/23$, $i_6 = 12/41$, барабана, троса: довжиною 10 м. і діаметром 5 мм.

Описання приладів та обладнання, які використовувались в ході експериментальних

стендових досліджень. В ході експериментальних стендових досліджень розроблено вимірювальний комплекс для реєстрації отриманих даних, що складаються з системи живлення апаратури, вимірювального модуля, гібридного крокового двигуна, двох датчиків надлишкового тиску та датчиків крутних моментів, датчика кутової швидкості, двох індуктивних датчиків. Схема стендів зображена на (рис. 4).

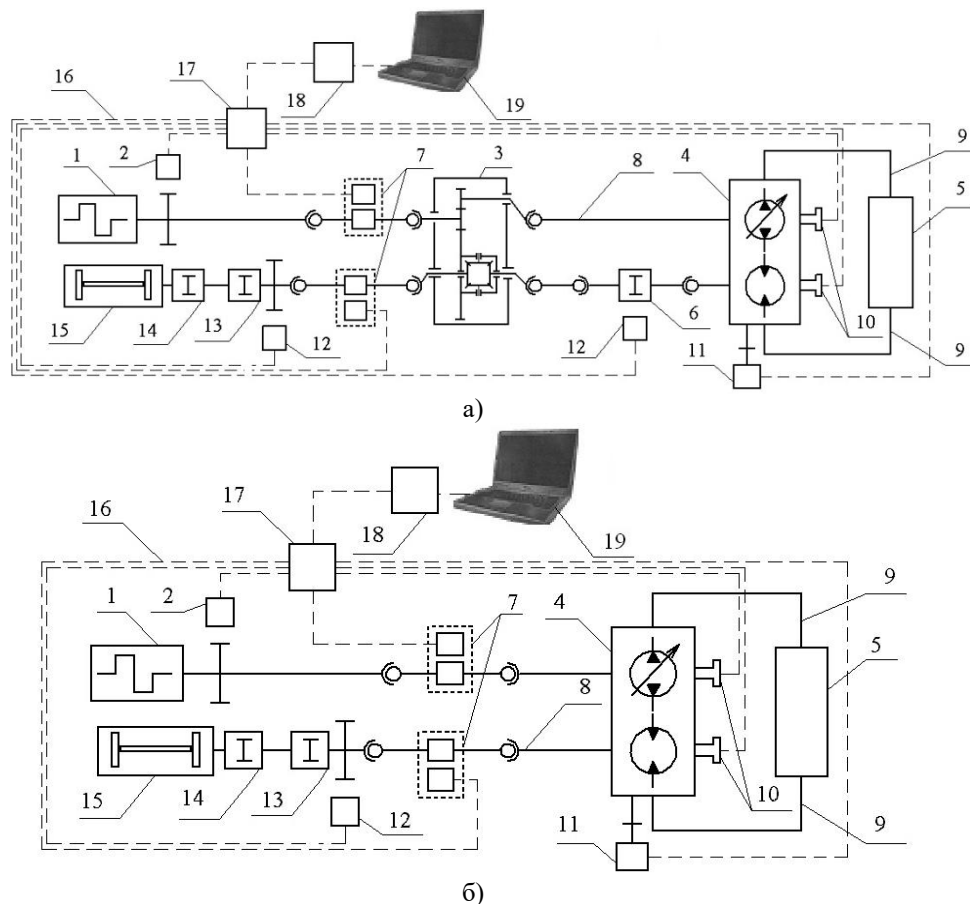


Рис. 4 – Схема стенду: а) – безступінчаста «ГОМТ з диференціалом на виході – лебідка»; б) – «ГОП – лебідка»; 1 – трифазний асинхронний двигун змінного струму; 2 – датчик кутової швидкості; 3 – блок редукторів з планетарним механізмом; 4 – гідронасос і гідромотор; 5 – масляний бак з фільтром і радіатор з вентилятором; 6, 13, 14 – циліндричні редуктора; 7 – датчик крутних моментів; 8 – карданна передача; 9 – трубопроводи; 10 – датчики надлишкового тиску; 11 – кроковий двигун; 12 – датчик індуктивної частоти обертання; 15 – лебідка; 16 – дротове з'єднання; 17 – джерело живлення постійного струму; 18 – аналого-цифровий перетворювач (АЦП); 19 – ноутбук.

Тарувальна характеристика валів. Перед початком експериментального стендового дослідження та після його завершення необхідно проводити процес тарування валів, оскільки датчики крутних моментів, які використовувались при дослідженні не мають сертифіката.

В процесі дослідження тарувальна характеристика застосовувалася до приладів, які вимірювали обертальний момент і кріпилися на валах в схемі «ГОП – лебідка» і «ГОМТ з диференціалом на виході – лебідка».

Для спрощення написання, присвоїмо назва вала – №1, який з'єднувався між трифазним асинхронним двигуном і гідронасосом в схемі «ГОП – лебідка», а також схеми «ГОМТ з диференціалом на виході – лебідка», з'єднуючись між трифазним асинхронним двигуном і механічною частиною ГОМТ. Таким же чином присвоїмо назву вала – №2, який з'єднував лебідку з гідромотором в схемі «ГОП – лебідка», а також з планетарним механізмом схеми «ГОМТ з диференціалом на виході – лебідка».

На (рис. 5) показаний стенд, на якому визначалися тарувальні характеристики, які

проводились наступним чином: вал встановлювався на станині, яка жорстко закріплювала його одним кінцем, а до іншого кріпився важіль, довжина якого становила 0,5 м., на який впливав вантаж. Як показано на (рис. 5) датчик обертальних моментів кріпився на вал. Даний датчик з'єднувався з АЦП, який передавав сигнал напруги на комп'ютер. Таким чином, змінюючи вагу вантажу на важелі, змінювалася і величина напруги (рис. 6 – 7), за допомогою якої будувалася тарувальна характеристика.

На (рис. 8 – 9) показано тарувальні характеристики валів №1 і №2, які були побудовані в програмі Microsoft Excel в залежності від напруги (U) і обертальних моментів (M_1 і M_2). На основі даних залежностей будувалися лінії тренда, які описувалися за допомогою рівняння. Надалі в ході експериментальних досліджень дані рівняння використовувалися при обробці вольтів сигналів.



Рис. 5 – Стенд, на якому проводилися визначення тарувальних характеристик

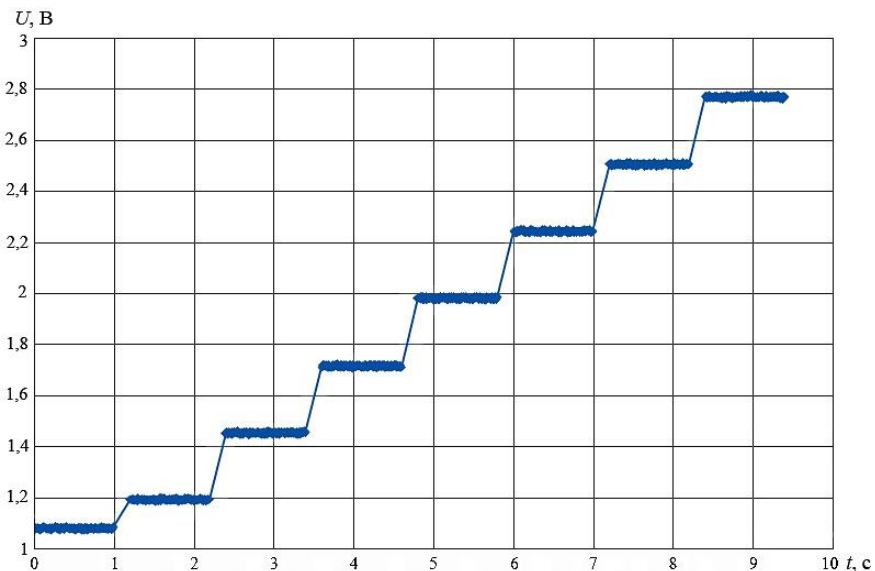


Рис. 6 – Залежність вихідного сигналу від часу з вала №1 (початковий вантаж 2,5 кг, крок 2,5 кг, максимальний вантаж 20 кг)

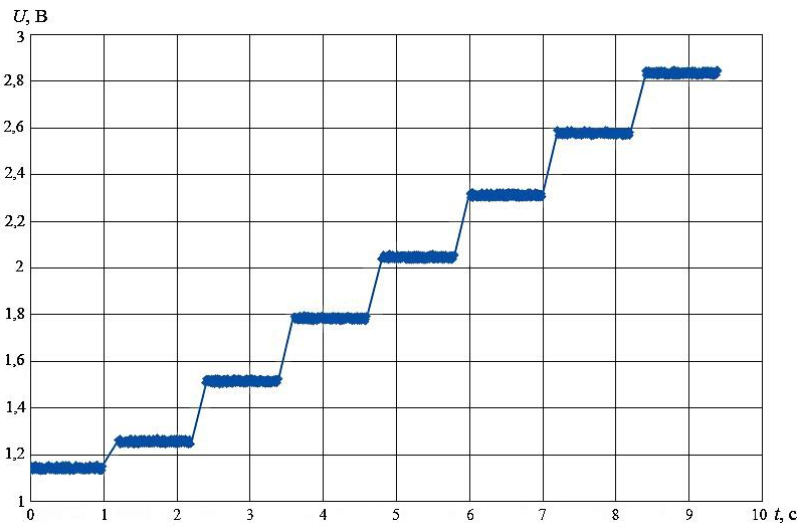


Рис. 7 – Залежність вихідного сигналу від часу з вала №2 (початковий вантаж 2,5 кг, крок 2,5 кг, максимальний вантаж 20 кг).

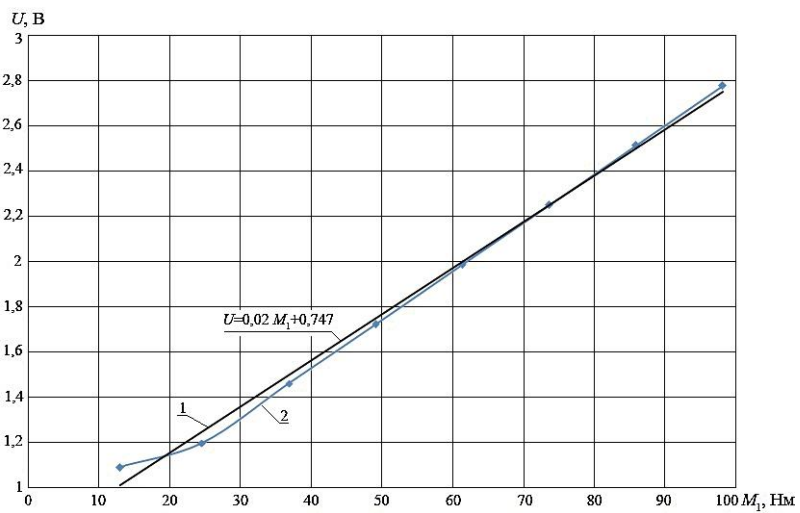


Рис. 8 – Тарувальна характеристика вала №1: 1 – лінія тренду; 2 – залежність, отримана під час дослідження

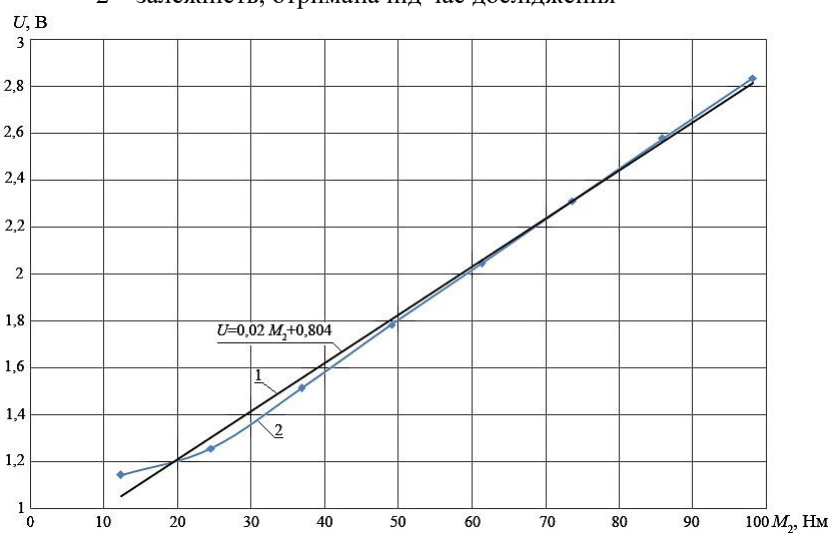
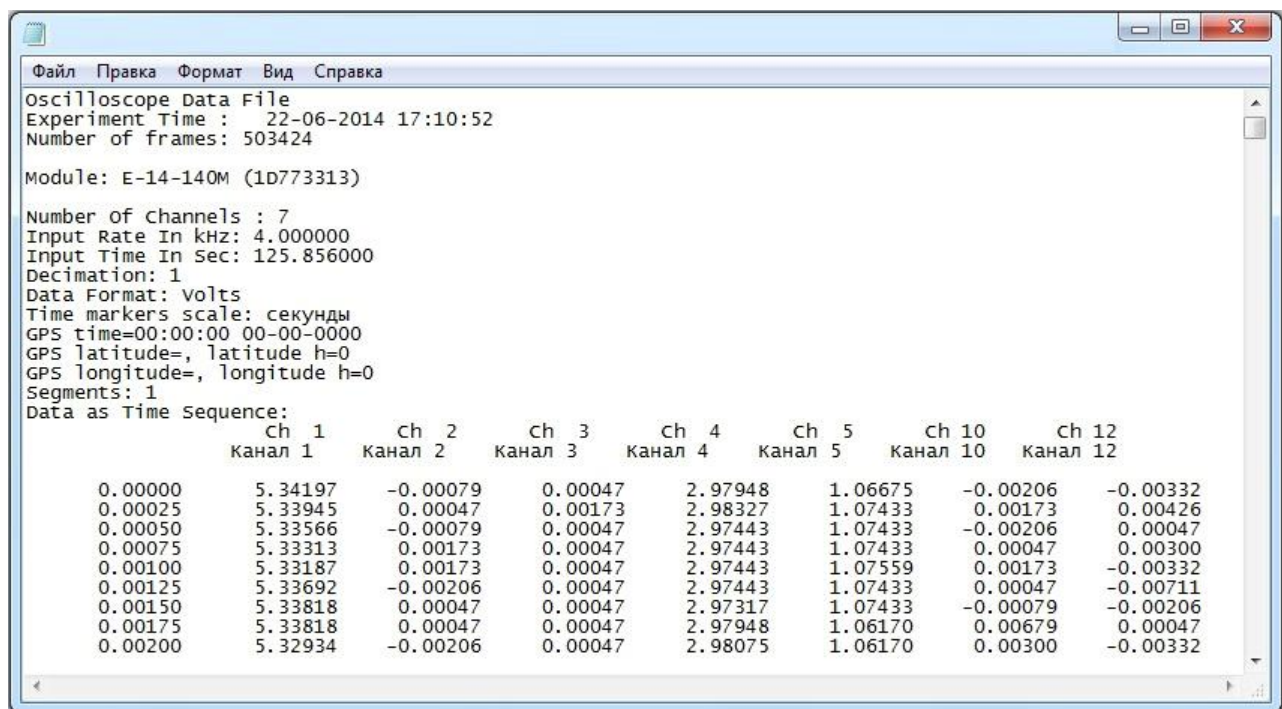


Рис. 9 – Тарувальна характеристика вала №2: 1 – лінія тренду; 2 – залежність, отримана під час дослідження

Обробка отриманих експериментальних даних. Як зазначалося раніше, вихідні сигнали з АЦП відображалися на комп'ютері і надалі зберігалися в текстовому файлі (рис. 10) з розширенням «.txt». Отриманий файл відображав параметри осцилографа і дані, які відображалися в тимчасовій послідовності. Розглядаючи отримані дані можна звернути увагу, що всі результати зберігалися у вигляді набору стовпців, де перший стовпець відображав час (у секундах), а інші відповідали кількості вимірюваних параметрів. При експериментальному дослідженні зі стендом ГОП «лебідка» вимірювалося 7 параметрів (каналів), а при роботі зі стендом ГОМТ «диференціал на виході – лебідка» – 8 параметрів. Канал №1 був пов'язаний з індуктивним датчиком кутової швидкості валу трифазного асинхронного двигуна; канал №2 – з індуктивним датчиком кутової швидкості валу гідромотора; канал №3 – з індуктивним датчиком кутової швидкості вала лебідки; канал №4 – з датчиком для вимірювання обертальних моментів на

валу лебідки; канал №5 – з датчиком для вимірювання обертальних моментів на валу трифазного асинхронного двигуна; канал №10 – з датчиком надлишкового тиску, який створювався насосом підживлення; канал №12 – з датчиком надлишкового тиску в магістралі ГОП. Обробка результатів проводилася в програмі MATLAB, за допомогою створеної моделі фільтра Калмана, який складався з блоку який перетворив вхідні сигнали в матрицю і безпосередньо блоку фільтра Калмана. Даний фільтр дозволяв ефективно оцінити вектор стану середовища, яка складалася з лав зашумлених вимірювань. Головними перевагами даного фільтра було те, що він був реалізований в часовому, а не в частотному поданні подібно іншим рекурсивним фільтрам (фільтри Чебишева, Баттерворта, Бесселя та ін), а також оперує оцінками невизначеності вектора стану, спираючись на формулу Байеса умовної ймовірності [16–26].



```
Oscilloscope Data File
Experiment Time : 22-06-2014 17:10:52
Number of frames: 503424

Module: E-14-140M (1D773313)

Number of channels : 7
Input Rate In kHz: 4.000000
Input Time In Sec: 125.856000
Decimation: 1
Data Format: Volts
Time markers scale: секунды
GPS time=00:00:00 00-00-0000
GPS latitude=, latitude h=0
GPS longitude=, longitude h=0
Segments: 1
Data as Time Sequence:
```

	Ch 1	Ch 2	Ch 3	Ch 4	Ch 5	Ch 10	Ch 12
	канал 1	канал 2	канал 3	канал 4	канал 5	канал 10	канал 12
0.00000	5.34197	-0.00079	0.00047	2.97948	1.06675	-0.00206	-0.00332
0.00025	5.33945	0.00047	0.00173	2.98327	1.07433	0.00173	0.00426
0.00050	5.33566	-0.00079	0.00047	2.97443	1.07433	-0.00206	0.00047
0.00075	5.33313	0.00173	0.00047	2.97443	1.07433	0.00047	0.00300
0.00100	5.33187	0.00173	0.00047	2.97443	1.07559	0.00173	-0.00332
0.00125	5.33692	-0.00206	0.00047	2.97443	1.07433	0.00047	-0.00711
0.00150	5.33818	0.00047	0.00047	2.97317	1.07433	-0.00079	-0.00206
0.00175	5.33818	0.00047	0.00047	2.97948	1.06170	0.00679	0.00047
0.00200	5.32934	-0.00206	0.00047	2.98075	1.06170	0.00300	-0.00332

Рис. 10 – Текстовий файл при експериментальному дослідженні стенду «ГОМТ з диференціалом на виході – лебідка»

Випробування розроблених стендів. Для експериментальних досліджень процесу підйому і спуску вантажу були розроблені стенди з використанням «ГОП – лебідка».

Перший стенд розроблявся з використанням гідрооб'ємної трансмісії, кінематична схема показана на (рис. 11). Процес підйому вантажу здійснювався при максимальних обертах валу асинхронного двигуна за допомогою регулювання параметра $e_1(t)$,

який змінювався в межах $e_1 \in [0; -1]$. Розроблений стенд випробовувався при різних навантаженнях на валу лебідки. Другий стенд збирався з використанням «ГОМТ з диференціалом на виході – лебідка», кінематична схема якого зображена на (рис. 12). Процес підйому реалізовувався таким же способом, як і на першому стенді, при цьому параметр гідронасоса змінювався в межах $e_1 \in [-1; 1]$.

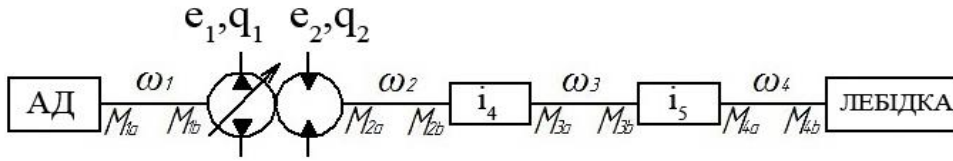


Рис. 11 – Кінематична схема гідрооб'ємної трансмісії («ГОП – лебідка»): АД – асинхронний двигун; ω_i – кутова швидкість ланки; M_i – моменти на вході і виході редукторів; i_j – передаточне відношення редуктора; e_1, e_2 – зміна параметрів регулювання гідромашин ГОП

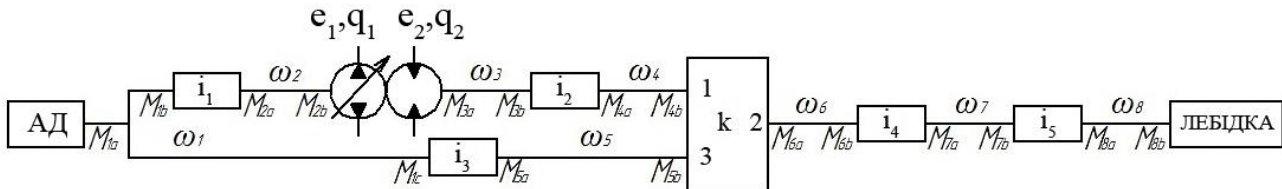


Рис. 12 – Кінематична схема «ГОМТ з диференціалом на виході – лебідка»: АД – асинхронний двигун; ω_i – кутова швидкість ланки; M_i – моменти на вході і виході редукторів; i_j – передаточне відношення редуктора; e_1, e_2 – зміна параметрів регулювання гідромашин ГОП; q_1, q_2 – максимальна продуктивність гідромашин ГОП

Порівняльний аналіз результатів теоретичних та експериментальних стендових досліджень. У процесі теоретичних досліджень процесу підйому і спуску вантажу була розроблена математична модель схеми «ГОМТ з диференціалом на виході – лебідка» та «ГОП – лебідка», яка зображена на (рис. 11) і виглядає наступним чином:

– зміна кутових прискорень, описуються наступною системою рівнянь

$$\begin{cases} \dot{\omega}_1 \cdot i_1 - \dot{\omega}_2 = 0; & \dot{\omega}_1 \cdot i_3 - \dot{\omega}_5 = 0; \\ e_1 \cdot q_1 \cdot \dot{\omega}_2 + q_1 \cdot \omega_2 \cdot \dot{e}_1 - e_2 \cdot q_2 \cdot \dot{\omega}_3 - q_2 \cdot \omega_3 \cdot \dot{e}_2 = \\ = \left(\frac{K_{1y}}{\mu} \cdot (1 + C_{1y} \cdot |\omega_2|) + \frac{K_{2y}}{\mu} \cdot (1 + C_{2y} \cdot |\omega_3|) \right) \cdot \Delta P + \\ + \left(\frac{K_{1y}}{\mu} \cdot C_{1y} \cdot \frac{d}{dt} |\omega_2| + \frac{K_{2y}}{\mu} \cdot C_{2y} \cdot \frac{d}{dt} |\omega_3| \right) \cdot \Delta P; \\ \dot{\omega}_3 \cdot i_2 - \dot{\omega}_4 = 0; \\ \dot{\omega}_4 - k \cdot \dot{\omega}_6 + (k-1) \cdot \dot{\omega}_5 = 0; \\ S_1 \cdot \dot{\omega}_4 - S_1 \cdot \dot{\omega}_5 - \dot{\omega}_5 = 0; \\ \dot{\omega}_6 \cdot i_4 - \dot{\omega}_7 = 0; & \dot{\omega}_6 \cdot i_5 - \dot{\omega}_8 = 0. \end{cases}$$

– зміна силових параметрів описуються наступною системою рівнянь

$$\begin{cases} M_{1b} \cdot \eta_1^{\ominus \text{sign}(N_{1b})} + i_1 \cdot M_{2a} = 0; & M_{1c} \cdot \eta_2^{\ominus \text{sign}(N_{1c})} + i_3 \cdot M_{5a} = 0; \\ M_{2b} - e_1 \cdot q_1 \cdot \Delta P = -\Delta M_1 \cdot \text{sign}(\omega_2); \\ M_{3a} + e_2 \cdot q_2 \cdot \Delta P = -\Delta M_2 \cdot \text{sign}(\omega_3); \\ M_{3b} \cdot \eta_3^{\ominus \text{sign}(N_{3b})} + i_2 \cdot M_{4a} = 0; \\ M_{4b} \cdot \eta_{14}^{\ominus \text{sign}(N_{4b})} + M_{6a} \cdot \eta_{24}^{\ominus \text{sign}(N_{6a})} + M_{5b} = 0; \\ M_{4b} \cdot k \cdot \eta_{14}^{\ominus \text{sign}(N_{4b})} + M_{6a} \cdot \eta_{24}^{\ominus \text{sign}(N_{6a})} = 0; \\ M_{6b} \cdot \eta_5^{\ominus \text{sign}(N_{6b})} + i_4 \cdot M_{7a} = 0; & M_{7b} \cdot \eta_6^{\ominus \text{sign}(N_{7b})} + i_5 \cdot M_{8a} = 0; \\ M_{1a} + M_{1b} + M_{1c} = 0; & M_{2a} + M_{2b} = 0; & M_{3a} + M_{3b} = 0; \\ M_{4a} + M_{4b} = 0; & M_{5a} + M_{5b} = 0; & M_{6a} + M_{6b} = 0; \\ M_{7a} + M_{7b} = 0; & M_{8a} + M_{8b} = 0. \end{cases}$$

У зв'язку з тим, що математичні моделі трансмісій реалізовувалися в програмі MATLAB, а саме в підсистемі Simulink, постало завдання створення або використання вже створеної математичної моделі асинхронного двигуна. В результаті того, що в експериментальному дослідженні стоїть завдання підтвердження застосування ГОП і безступінчастих ГОМТ на автомобілях для РНГС, було прийнято рішення скористатися вже створеною математичною моделлю, яка розташовувалася в бібліотеці програми MATLAB.

Порівнюючи експериментальні і теоретичні результати була отримана похибка щодо кожного параметра дослідження. А саме при дослідженні максимального перепаду робочого тиску в ГОП становила 9,3%; при дослідженні обертового моменту на валу асинхронного двигуна – 9,2%; крутний момент на валу лебідки – 6,32%; кутова швидкість на валу асинхронного двигуна – 4,91%; кутова швидкість на валу лебідки – 7,17%; кутова швидкість на валу гідромотора – 4,11%.

Висновки. В ході експериментального стендового дослідження застосовувався стенд, що складався з трьохфазного асинхронного двигуна змінного струму, циліндричних редукторів, лебідки, ГОМТ, масляного баку, фільтром та радіатором з вентилятором. Стенд налаштовувався за схемами «ГОП – лебідка» та «ГОМТ з диференціалом на виході – лебідка». Реєстрацію отриманих даних забезпечили наступні прилади: вимірювальний модуль, система живлення апаратури, два датчика надлишкового тиску, кроковий двигун, два датчика крутних моментів, та два індуктивні датчики. З метою зменшення похибки приладів необхідно проводити тарування характеристики валів. Обробка експериментальних даних відбувається за допомогою фільтра Калмана, який дозволяє ефективно оцінити

вектор стану середовища. Головною перевагою даного фільтра є те, що він реалізований в часовому, а не в частотному поданні подібно іншим рекурсивним фільтрам. Підтверджена вірогідність результатів теоретичного обґрунтування щодо використання безступінчастих ГОМТ на автомобілях для РНГС шляхом порівняльного аналізу з експериментальними стендовими дослідженнями. Максимальна розбіжність між результатами теоретичного та експериментального стендового дослідження не перевищує 9,3%.

Список літератури

1. Руководство по эксплуатации 69УПА.00.00.000.РЕ [Текст] / Установка подъемная УПА-80ПХ.
2. Світлицький В.М. Техніка та технологія підземного ремонту свердловин / Світлицький В. М., Синюк Б. Б., Троцький В. П. – Харків: Прапор, 2007. – 496 с.
3. Агрегат Xj650 [Электронный ресурс] / Режим доступа <http://china.promportal.ru/goods/1355310/samohodniy-agregat-dlya-remonta-skvazhin-xj650.htm>.
4. Баграмов Р.А. Буровые машины и комплексы / Баграмов Р. А. – Москва: "НЕДРА", 1988. – 501 с.
5. Самородов В.Б. Анализ двухпоточной гидрообъемно-механической коробки передач в составе трансмиссии автомобиля для ремонта нефтегазовых скважин / В.Б. Самородов, А.О. Островерх // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2011. – № 56 – С. 87-90.
6. Кожушко А.П. Теоретичне дослідження безступінчастої трансмісії автомобіля КраЗ-63221-02 для ремонту нафтогазових свердловин / А.П. Кожушко, О.О. Островерх, В.М. Шевцов // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2017. – № 6. – С. 45 – 51..
7. Самородов В.Б. Разработка и анализ бесступенчатой двухпоточной гидрообъемно-механической трансмиссии по критерию наибольшего КПД, автомобиля для ремонта нефтегазовых скважин / В.Б. Самородов, А.О. Островерх, А.П. Кожушко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012. – № 60(966) – С. 105-111.
8. Самородов В.Б. Математическая модель трансмиссии автомобиля, оборудованного для ремонта нефтяных и газовых скважин / В.Б. Самородов, А.О. Островерх, В.Р. Мандрыка // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2010. – №33. – С. 42-48.
9. Самородов В.Б. Математическая модель бесступенчатой двухпоточной гидрообъемно-механической трансмиссии автомобиля оборудованного для ремонта нефтяных и газовых скважин / В.Б. Самородов, А.О. Островерх, В.Р. Мандрыка, М.Н. Байиур, В.С. Остащенко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2010. – №39. – С. 79-83.
10. Островерх А.О. Анализ технологического режима работы бесступенчатой гидрообъемно-механической трансмиссии с использованием зарубежных гидроагрегатов автомобиля для ремонта нефтегазовых скважин / А.О. Островерх, В.Р. Мандрыка, Е.С. Пелитенко, А.Б. Литвин // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. – № 31 (1004) – С. 52-59.
11. Островерх А.О. Анализ технологического режима работы бесступенчатой гидрообъемно-механической трансмиссии с использованием отечественных гидроагрегатов автомобиля для ремонта нефтегазовых скважин / А.О. Островерх, В.Б. Самородов, А.П. Кожушко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. – № 30 (1003) – С. 23-31.
12. Островерх А.О. Повышение эффективности работы подъемных автомобильных установок с использованием бесступенчатых гидрообъемно-механических трансмиссий / А.О. Островерх, В.Б. Самородов // Східно-Європейський журнал передових

- технологий. – 2014. – №6 (72). – С. 37-44.
13. Ostroverkh A.O. Increase in the efficiency of lifting automotive installations using hydrovolume-mechanical transmissions. Privilzhsky scientific herald. - Izhevsk: 2015. - No. 11 (51). - P. 47 - 51.
14. Митцель Н.А. Датчик крутящего момента / Н.А. Митцель // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – №48 (1090). – С. 3 – 9.
15. Самородов В.Б. Исследование свойств шагового электропривода как системы управления двухпоточной гидрообъемно-механической 161 трансмиссией / В.Б. Самородов, Н.А. Митцель // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – № 5/7 (71). – С. 52 – 58.
16. Коуэн К.Ф. Адаптивные фильтры / Коуэн К.Ф. пер. с англ. под ред. К.Ф. Коуэна, П.М. Грант. – Москва: Мир, 1988. – 392с.
17. Клец Д.М. Метод повышения точности обработки данных, полученных в ходе испытаний мобильных машин, с помощью метода Баттерворта / Д.М. Клец // Вісник національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2012. – № 60 (966) – С. 98 – 104.
18. Опенгейм А.В. Цифровая обработка сигналов: Пер. с англ. / А.В. Опенгейм, П.В. Шафер; под ред. С.Я. Шаца. – Москва: Связь, 1979. – 416 с.
19. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов / Сергиенко А.Б. – Спб.: Питер, 2002. – 608 с.
20. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов / Сергиенко А.Б. – 2-е изд. – Спб.: Питер, 2007. – 751 с.
21. Голд Б. Цифровая обработка сигналов / Б. Голд, Ч. Рэйдр; пер. с англ. А.М. Трахтман. – Москва: Сов. радио, 1973. – 368 с.
22. ГОСТ 17108-86 «Гидропривод объемный и смазочные системы. Методы измерения параметров». – Москва: Изд-во стандартов, 1988. – 11 с.
23. Клец Д.М. Разработка мобильного регистрационно-измерительного комплекса для проведения динамических испытаний колесных машин / Д.М. Клец // Вісник Національного транспортного університету. – 2012. – № 25. – С. 234 – 241.
24. Клец Д.М. Применение акселерометров в качестве элементов контрольно-измерительной системы автомобиля / Д.М. Клец // Вісник СНУ ім. Володимира Дала. – 2012. – № 9 (180) – Ч.1. – С. 224 – 230.
25. Клец Д.М. Применение алгоритма адаптивной фильтрации при динамических испытаниях колесных машин / Д.М. Клец // Вібрації в техніці та технологіях. – 2012. – № 3 (67). – С. 38 – 42.
26. Клец Д.М. Определение угла продольного наклона автомобиля при проведении динамических испытаний / Д.М. Клец // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2011. – № 18. – С. 24 – 29.

References (transliterated)

1. Operating Instructions 69UPA.00.00.000.PE [Text] / Lifting installation UPA-80PH.
2. Svitlitsky V.M., Sinyuk B.B., Trotsky V.P. *Tehnika te tehnologiya pidzennogo sverdlovin repair* / - Khar'kov: Prapor, 2007. - 496 s
3. Aggregate Xj650 [Electronic resource] / Access mode <http://china.promportal.ru/goods/1355310/samohodniy-agregat-dlya-remonta-skvazhin-xj650.htm>.
4. Bagramov R.A. *Drilling machines and complexes* / - Moscow: "NEDRA", 1988. - 501 p.
5. Samorodov V.B., Ostroverkh A.O. *Analysis of a double-flow hydrovolume-mechanical gearbox as part of a vehicle transmission for the repair of oil and gas wells*. News of the National Technical University "KhPI". - Khar'k: NTU "KhPI". - 2011. - No. 56 - P. 87-90.
6. Kozhushko A.P., Ostroverkh A.O., Shevtsov V.M. *Teoretichnoe doslenie nedostupnachennoho transmitsii avtomobilya KrAZ-63221-02 for the repair of naphtha sverdlovin*. News of the National Technical University "KhPI". - Khar'kov: NTU "KhPI", 2017. - No. 6. - P. 45-51..
7. Samorodov V.B., Ostroverkh A.O., Kozhushko, A.P. *Development and analysis of stepless two-flow hydrovolume-mechanical transmission by the criterion of the greatest efficiency, the car for repair of oil and gas wells*. News of the National

- Technical University "KhPI". - Khar'kov: NTU "KhPI", - 2012. - No. 60 (966) - P. 105-111..
8. Samorodov V.B., Ostroverkh A.O., Mandryka V.R. *A mathematical model of the transmission of a car equipped to repair oil and gas wells.* News of the National Technical University "KhPI". - Khar'k: NTU "KhPI". - 2010. - No. 33. - P. 42-48.
 9. Samorodov V.B., Ostroverkh A.O., Mandryka V.R., Baytsur M.N., Ostashchenko V.S. *Mathematical model of a stepless two-flow hydrostatic-mechanical transmission of a vehicle equipped for repair of oil and gas wells.* News of the National Technical University "KhPI". - Khar'k: NTU "KhPI". - 2010. - №39. - P. 79-83.
 10. Ostroverkh A.O., Mandryka V.R., Pelipenko E.S., Litvin A.B. *Analysis of the technological mode of operation of a stepless hydrovolume-mechanical transmission using foreign hydro-units of a car for repair of oil and gas wells.* News of the National Technical University "KhPI". - Khar'k: NTU "KhPI". - 2013. - No. 31 (1004) - pp. 52-59.
 11. Samorodov V.B., Ostroverkh A.O., Kozhushko, A.P. *Analysis of the technological mode of operation of a stepless hydrovolume-mechanical transmission using domestic hydro-units of a car for repair of oil and gas wells.* News of the National Technical University "KhPI". - Khar'kov: NTU "KhPI". - 2013. - No. 30 (1003) - P. 23-31.
 12. Ostroverkh A.O., Samorodov V.B. *Increase in the efficiency of lifting automotive installations using stepless hydrostatic-mechanical transmissions.* Skidno-Єvropeyskiy magazine of advanced technologies. - 2014. - No. 6 (72). - P. 37-44.
 13. Samorodov V.B., Rebrov A.Y. *Razvitiye klassicheskikh metodov tyagovogo rascheta traktora s uchetom osnovnykh tekhniko-ekonomicheskikh pokazateley MTA* [The development of classical methods of calculation of the traction of the tractor with the main technical and economic indicators MTA]. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI»* [The bulletin of the National Technical University "KhPI"], 2008, vol. 58, pp. 11 – 20.
 14. Mitzel N.A. *The gauge of twisting moment.* News of the National Technical University "KhPI". - Khar'kov: NTU "KhPI", 2014. - №48 (1090). - P. 3 - 9.
 15. Samorodov V.B., Mitzel N.A. *Investigation of the properties of a step-by-step electric drive as a control system for a double-flow hydrovolume-mechanical 161 transmission.* Sci-d-European Journal of Advanced Technologies. - 2014. - No. 5/7 (71). - P. 52 - 58.
 16. Kouen K.F. *Adaptive filters*, trans. with English. under. Ed. K.F. Cowen, P.M. Grant. - Moscow: The World, 1988. - 392s.
 17. Klets D.M. *The method of increasing the accuracy of processing data obtained during testing of mobile machines, using the Butterworth.* *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI»* - Khar'kov: NTU "KhPI", 2012. - No. 60 (966) - P. 98 - 104.
 18. Oppenheim A.V. *Digital signal processing: Trans. with English.* / A.V. Oppenheim, RV Best man; Ed. S.Ya. Shats. - Moscow: Communications, 1979. - 416 p.
 19. Sergienko A.B. *Digital signal processing.* - St. Petersburg: Peter, 2002. - 608 p.
 20. Sergienko A.B. *Digital signal processing.*- 2 nd ed. - St. Petersburg: Peter, 2007. - 751 p.
 21. Gold B., Reidr C. *Digital Signal Processing*, trans. with English. A.M. Trachtman. - Moscow: Sov. radio, 1973. - 368 p.
 22. GOST 17108-86 "Hydraulic drive volumetric and lubricating systems. Methods for measuring parameters." - Moscow: Izd-vo standards, 1988. - 11 p.
 23. Klets D.M. *Development of a mobile registration and measurement system for carrying out dynamic tests of wheeled vehicles.* News of the National Transport University. - 2012. - No. 25. - P. 234 - 241.
 24. Klets D.M. *The use of accelerometers as elements of the car's instrumentation system.* *Visnyk SNU them Volodymyr Dahl.* - 2012. - No. 9 (180) - Part 1. - P. 224 - 230.
 25. Klets D.M. *Application of adaptive filtering algorithm for dynamical tests of wheeled vehicles.* *Vibration in technology and technology.*- 2012. - No. 3 (67). - P. 38 - 42.
 26. Klets D.M. *Determination of the angle of longitudinal inclination of the car during dynamic tests.* News of the National Technical University " KhPI ". - Khar'kov: NTU "KhPI", 2011. - No. 18. - P. 24 -29.

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Експериментальні стендові дослідження спуско-підйомної операції при застосуванні безступінчастих гідрооб'ємно-механічних трансмісій на автомобілях для ремонту нафтогазових свердловин / О.О. Островерх, М.О. Мігцель, Є.С. Пелипенко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Автомобіле- і тракторобудування. – Харків: НТУ «ХПІ», 2017. – № 13 (1235). – С. 56 – 65. – Бібліогр.: 26 назв. – ISSN 2079-0023.

Экспериментальные стендовые исследования спуско-подъемной операции при применении бесступенчатых гидрообъемно-механических трансмиссий на автомобилях для ремонта нефтегазовых скважин / А.О. Островерх, Н.А. Митцель, Е.С. Пелипенко // Вестник Национального технического университета «ХПИ». Серія: Автомобіле- и тракторостроения. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2017. – № 13 (1235). – С. 56 – 65. – Библиогр.: 26 назв. – ISSN 2079-0023.

Experimental bench studies of the launching and lifting operation using steeples hydrostatic-mechanical transmissions on vehicles for repair of oil and gas wells / A.O. Ostroverkh, N.A. Mitzel, E.S. Pelipenko // The bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Automobile and tractor construction. – Khar'kov: NTU "KhPI", 2017. – № 13 (1235). – С. 56 – 65. – Bibliogr.: 26. – ISSN 2079-0023.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Островерх Олександр Олегович – кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри автомобіле- та тракторобудування, тел.: (057) 707 – 64 – 64; e-mail: ostrov.sasha@gmail.com

Островерх Александр Олегович – кандидат технических наук, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», доцент кафедры автомобиле- и тракторостроения, тел.: (057) 707 – 64 – 64; e-mail: ostrov.sasha@gmail.com

Ostroverh Alexander Olegovich – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Associated Professor at the Department of Car and Tractor Industry, tel.: (057) 707 – 64 – 64; e-mail: ostrov.sasha@gmail.com

Мітцель Микола Олександрович Олегович – кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», старший викладач кафедри автомобіле- та тракторобудування, тел.: (057) 707 – 64 – 64; e-mail: mittsel_nicholay@ukr.net

Митцель Николай Александрович – кандидат технических наук, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», старший преподаватель кафедры автомобиле- и тракторостроения, тел.: (057) 707 – 64 – 64; e-mail: mittsel_nicholay@ukr.net

Mittsel Nikolay Alexandrovich – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Senior Lecturer at the Department of Car and Tractor Industry, tel.: (057) 707 – 64 – 64; e-mail: mittsel_nicholay@ukr.net

Пелипенко Євгеній Сергійович – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ассистент кафедры автомобиле- и тракторостроения, тел.: (057) 707 – 64 – 64; e-mail: pelipenkoeugene@gmail.com

Пелипенко Евгений Сергеевич – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ассистент кафедры автомобиле- и тракторостроения, тел.: (057) 707 – 64 – 64; e-mail: pelipenkoeugene@gmail.com

Pelipenko Evgeny Sergeevich – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Assistant at the Department of Car and Tractor Industry, tel.: (057) 707 – 64 – 64; e-mail: pelipenkoeugene@gmail.com