

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

ОСТРОВЕРХ ОЛЕКСАНДР ОЛЕГОВИЧ



УДК 629.113

**ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ
БЕЗСТУПНЧАСТИХ ГІДРООБ'ЄМНО-МЕХАНІЧНИХ
ТРАНСМІСІЙ НА АВТОМОБІЛЯХ ДЛЯ РЕМОНТУ
НАФТОГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН**

Спеціальність 05.22.02 – автомобілі та трактори

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата
технічних наук

Харків – 2016

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі автомобіле- і тракторобудування Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор
Самородов Вадим Борисович,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків,
завідувач кафедри автомобіле- і тракторобудування

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Монастирський Юрій Анатолійович,
Державний вищий навчальний заклад
«Криворізький національний університет»,
м. Кривий Ріг, завідувач кафедри автомобільного
транспорту

кандидат технічних наук, доцент
Павленко Олександр Володимирович,
Кременчуцький національний університет
ім. Михайла Остроградського, м. Кременчук,
доцент кафедри автомобілів і тракторів

Захист відбудеться «29» серпня 2016 р. о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.13 в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21.

Автореферат розісланий 20 липня 2016 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



Ребров О.Ю.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Збільшення обсягів видобутку нафти та газу напряму залежить від працездатності обладнання, яке використовується на свердловинах. Особливість ремонту нафтогазових свердловин (РНГС), 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), 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 гідрооб'ємно-механічних трансмісій (ГОМТ), які окрім виконання своїх основних функцій, забезпечать проведення технологічних операцій підйому і спуску КТ. Особливість конструкції ГОМТ, на відміну від механічних трансмісій, полягає у тому, що вони здатні виконати плавний та безступінчастий спуск КТ, за рахунок зміни параметрів регулювання гідромашин гідрооб'ємної передачі (ГОП), при цьому забезпечується зниження динамічних навантажень в системі «двигун – ГОМТ – лебідка». Використання ГОМТ суттєво вдосконалив конструкцію трансмісії автомобіля, поліпшить умови праці оператора за рахунок зменшення зусиль на органах керування при спуску та підйомі труб, сприятиме підвищенню продуктивності праці. Отже, вдосконалення автомобілів для РНГС шляхом використання безступінчастих ГОМТ є актуальною науково-практичною задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано на кафедрі автомобіле- і тракторобудування НТУ «ХП» у рамках завдань держбюджетної НДР МОН України: «Розробка методів підвищення енергоефективності і ресурсозбереження підйомно-транспортних споруд, машино-тракторних агрегатів та гібридних транспортних засобів» (ДР № 0113U000427), «Наукове обґрунтування конструкції трансмісії перспективного трактору з потужністю двигуна 250 кВт» (ДР № 0111U002264), «Створення наукових засад перспективних енерго- і ресурсозберігаючих конструкцій та технологічних процесів підйомно-транспортних систем та машинно-тракторних агрегатів» (ДР № 0112U000401), а також госпдоговору «Розробка і обґрунтування структурної та кінематичної схеми двопотокової трансмісії УПА-80ПХ з використанням для підйому і гальмування гідрооб'ємного приводу» (ДП «Харківський завод транспортного устаткування», м. Харків), у яких здобувач був виконавцем окремих розділів.

Мета та задачі дослідження. Метою роботи є вдосконалення автомобілів для ремонту нафтогазових свердловин шляхом науково-теоретичного

обґрунтування використання безступінчастих гідрооб'ємно-механічних трансмісій. Для досягнення мети поставлені наступні задачі:

- виконати аналіз розвитку безступінчастих трансмісій в автомобіле- і тракторобудуванні для оцінки можливості використання ГОМТ на автомобілях для РНГС;

- розробити принципову, структурні та кінематичні схеми безступінчастих ГОМТ автомобілів для РНГС та виконати науково-теоретичне обґрунтування їхніх конструктивних параметрів;

- розвинути методику розрахунку безступінчастих ГОМТ шляхом універсалізації матричного аналізу кінематики планетарних механізмів;

- визначити за результатами теоретичного дослідження доцільність використання безступінчастих ГОМТ на автомобілях для РНГС на транспортному режимі та спуско-підйомних операціях на свердловині;

- встановити достовірність результатів теоретичного обґрунтування щодо використання безступінчастих ГОМТ на автомобілях для РНГС шляхом експериментальних досліджень.

Об'єкт дослідження – робочі процеси у безступінчастих ГОМТ автомобілів для РНГС при транспортному режимі руху та спуско-підйомних операціях на свердловині.

Предмет дослідження – взаємозв'язки кінематичних, силових та енергетичних параметрів безступінчастих ГОМТ автомобілів для РНГС в процесі транспортного режиму та при виконанні спуско-підйомних операцій.

Методи дослідження. Для розв'язання поставлених задач застосовувалися наступні методи: метод порівнянь і аналогій для комплексного аналізу ГОМТ автомобілів для РНГС різноманітного схемного виконання як з технічної, так і математичної точок зору; метод Runge-Kutta для інтегрування диференціальних рівнянь та їх систем; метод матричного трансмісійного аналізу для синтезу планетарних передач; статистичний метод для визначення похибки при порівнянні результатів теоретичних та експериментальних досліджень; експериментальні лабораторні методи дослідження з використанням обладнання для фіксування, підсилення, обробки та запису отриманої інформації.

Наукова новизна отриманих результатів:

- вперше запропоновані структури безступінчастих ГОМТ та теоретично обґрунтовано ефективність їх використання на автомобілях для РНГС на транспортному режимі та спуско-підйомних операціях на свердловинах;

- вперше виявлено та систематизовано основні закономірності розподілу кінематичних, силових та енергетичних параметрів ГОМТ автомобілів для РНГС в транспортному режимі та виконанні спуско-підйомних операцій на свердловині;

- отримав подальший розвиток матричний підхід до розрахунку кінематики планетарних механізмів з ускладненими архітектурами, які можуть застосовуватися у безступінчастих ГОМТ, що відрізняються від існуючого введенням додаткових характерних параметрів сателітів.

Практична значимість отриманих результатів для

автомобілебудування полягає у запропонованих схемних рішеннях безступінчастих ГОМТ, які спрямовані на вдосконалення автомобілів для РНГС. Розроблені оригінальні структурні та кінематичні схеми безступінчастих двопотокових ГОМТ автомобілів для РНГС, що забезпечують реалізацію транспортного режиму та спуск і підйом КТ при виконанні ремонтних операцій на свердловині, а також підвищують технічний рівень конструкції автомобіля, що підтверджено актами впровадження у ДП «Харківський завод транспортного устаткування». Теоретичні положення і одержані результати дають можливість прогнозувати зміни силових, кінематичних, енергетичних параметрів та робочих процесів, порівнювати різні ГОМТ, а також підвищити технічний рівень ГОМТ при використанні підприємствами ще на стадії розробки і проектування. Розроблені конструкції ГОМТ, які забезпечують безступеневий підйом та спуск КТ (підтверджено 2 патентами України). Результати дослідження використовуються в навчальному процесі НТУ «ХПІ» для студентів спеціальності «Автомобілі та автомобільне господарство» та для студентів спеціальності «Колісні та гусеничні транспортні засоби».

Особистий внесок здобувача. Положення і результати, винесені на захист дисертаційної роботи, отримані здобувачем особисто. Серед них: аналіз наукової та патентної літератури щодо розвитку безступінчастих трансмісій в автомобіле- і тракторобудуванні та автомобілів для РНГС; розробка кінематичних схем безступінчастих ГОМТ, що входять до складу трансмісії автомобіля для РНГС; побудова матричної методики розрахунку кінематики планетарних передач; складання математичної моделі безступінчастих ГОМТ з диференціалом на вході та виході автомобілів для РНГС при виконанні транспортного режиму руху, та технологічних операцій спуску і підйому; визначення доцільності використання безступінчастих ГОМТ на автомобілях для РНГС; сплановані та проведені теоретичні та експериментальні дослідження.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації доповідалися, обговорювалися та отримали позитивну оцінку на: XII-й Міжнародній науково-технічній конференції «Автомобільний транспорт: проблеми і перспективи» (м. Севастополь, 2009 р.); XXI, XXIII Міжнародних науково-практичних конференціях «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (м. Харків, 2013 р., 2015 р.).

Публікації. Основний зміст дисертаційної роботи відображено у 17 наукових праць, з них 12 статей в наукових фахових виданнях України (2 статті у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз); 1 стаття у закордонному періодичному фаховому виданні; 2 тези доповідей на міжнародних конференціях; 2 патенти України на корисну модель.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Повний обсяг дисертації складає 240 сторінок, з них 56 рисунків за текстом, 22 рисунка на 14 окремих сторінках, 8 таблиць за текстом, список використаних джерел з 171 найменування на 21 сторінці, 14 додатків на 82 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** наведено загальну характеристику роботи; обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи; сформульовано мету, задачу, об'єкт та предмет дослідження; наведено застосовані методи дослідження та зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами; викладені положення, що визначають наукову новизну та практичне значення роботи; надано інформацію про апробацію та публікацію результатів дисертаційних досліджень.

У **першому розділі** виконано аналіз розвитку безступінчастих трансмісій в автомобіле- і тракторобудуванні, оцінено можливість використання ГОМТ на автомобілях для РНГС.

Створення перспективних трансмісій, зокрема безступінчастих ГОМТ та електромеханічних трансмісій, для роботи їх у складі автомобілів, тракторів, навантажувачів, дорожньо-будівельних машин відображено у працях вчених – Коденко М.М., Александрова Є.Є., Авруніна Г.А., Назарова Л.В., Григорова О.В., Городецького К.І., Кісточкіна Є.С., Комісарика С.Ф., Кальченко Б.І., Мандрики В.Р., Крюкова А.П., Лебедева А.Т., Ловцова Ю.І., Монастирського Ю.О., Назарова Л.В., Осипова О.Ф., Прокоф'єва В.Н., Петрова В.А., Пономаренка Ю.Ф., Прочка Є.І., Павленка О.В., Самородова В.Б., Суковіна М.В., Тарана І.О., Токаря І.А., Філічкіна М.В., Щельцина М.О., Aitzemuller H., Blake A.C., Cesana P., Cheng Y., Gorla C., Hung T., Hutala K. та ін.

Автомобілі для РНГС виконують найбільш трудомістку операцію на свердловині, яка складається з підйому та спуску КТ. Підйом забезпечується за рахунок двигуна внутрішнього згоряння, трансмісії та лебідки. Спуск колони труб здійснюється під дією власної ваги, та залежить від людського фактору і надійності гальмівної системи лебідки. Основою проблемою трансмісії автомобілів для РНГС є складність її конструкції, а також швидка втрата працездатності стрічкових гальм, що забезпечують регулювання швидкості спуску КТ.

Підвищення технічного рівня і продуктивності автомобілів для РНГС шляхом збільшення ваги КТ до 100-120 тонн теоретично можливе за рахунок використання безступінчастих ГОМТ, проте аргументація доцільності використання ГОМТ у автомобілях для РНГС в науковій літературі відсутні.

Таким чином, вдосконалення автомобілів для РНГС шляхом науково-теоретичного обґрунтування використання безступінчастих ГОМТ є перспективним напрямом наукових досліджень.

У **другому розділі** викладається загальна методика проведення дисертаційного дослідження, описуються основні методи розрахунків, а також розроблено принципovu, структурні та кінематичні схеми безступінчастих ГОМТ автомобілів для РНГС, теоретично-обґрунтовано їх конструктивні параметри. Розвинена методика розрахунку двопотокових безступінчастих ГОМТ шляхом універсалізації матричного аналізу кінематики планетарних механізмів, як обов'язкових елементів таких трансмісій.

Для спрощення конструкції автомобілів для РНГС а також підвищення їх технічного рівня пропонується внести зміни до штатної трансмісії (рис. 1), а

саме – замінити механічну коробку шасі автомобіля КраЗ-63221-02, проміжну опору і циліндричний редуктор на ГОМТ (рис. 2), що виконана за схемами з диференціалом на вході та виході.

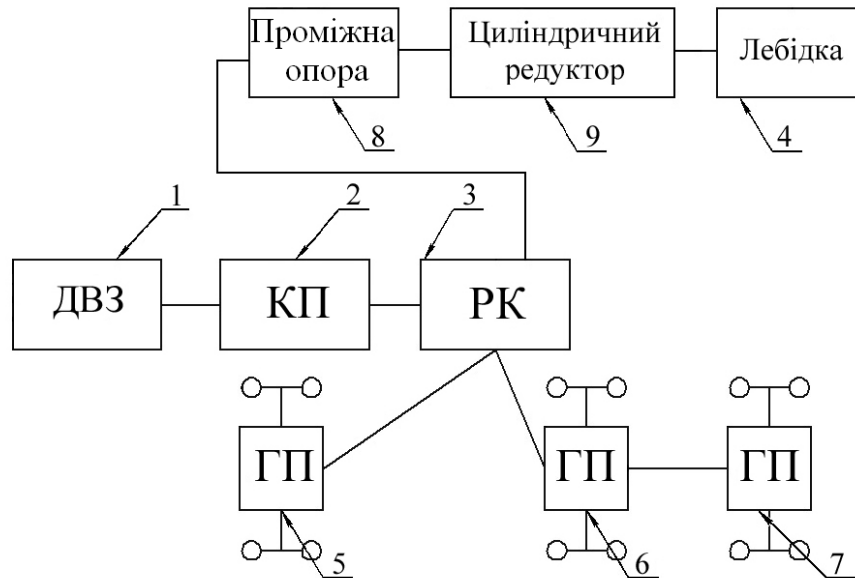


Рисунок 1 – Принципова схема механічної штатної трансмісії:

1 – двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ); 2 – коробка передач автомобіля (КП); 3 – роздавальна коробка автомобіля (РК); 4 – лебідка; 5, 6, 7 – передній, центральний, задній ведучі мости з головними передачами (ГП); 8 – проміжна опора; 9 – циліндричний редуктор

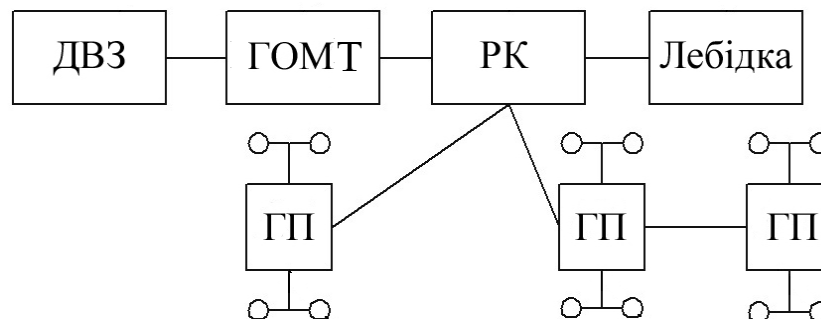


Рисунок 2 – Принципова схема безступінчастої ГОМТ

Кінематична схема запропонованої безступінчастої ГОМТ з диференціалом на вході (рис. 3) складається з ДВЗ 11; гідрооб'ємної передачі, а саме: з регульованих гідронасоса 1 і гідромотора 2 об'ємом 160 см^3 і 250 см^3 відповідно виробництва фірм Rexroth або Sauer-Danfoss; планетарних механізмів 3, 5, 6; редукторів 7, 8, 9, 10; муфти перемикування 4; вихідного валу (ВВ) 12. В запропонованій конструкції загальний потік потужності від двигуна на планетарному механізмі 3 розподіляється між двома паралельними гілками: гідравлічною – через водило, епіциклічну шестерню планетарного механізму 3 через редуктор 9 до валу гідронасоса 1, через трубопроводи на вал гідромотора 2 гідрооб'ємної передачі; механічною гілкою – через водило, сонячну шестерню планетарного механізму 3 на валу якої відбувається з'єднання обох потоків потужності, і далі через редуктор 8 та планетарні механізми 5, 6 на ВВ.

ГОМТ з диференціалом на вході має три швидкісні двопотокові безступінчасті діапазони, як в транспортному режимі руху так і при виконанні спуско-підйомної операції.

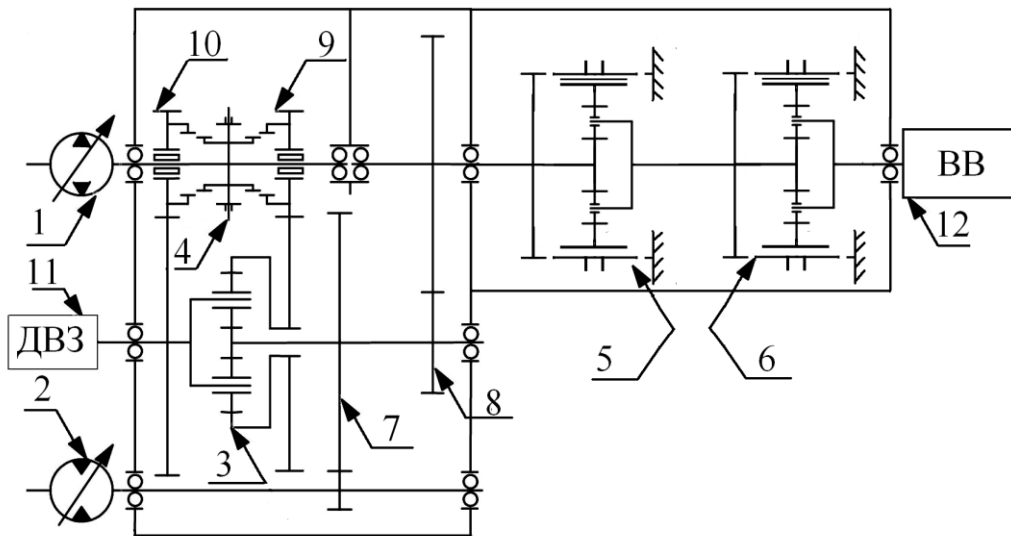


Рисунок 3 – Кінематична схема безступінчастої ГОМТ з диференціалом на вході:

1 – регульований гідронасос; 2 – регульований гідромотор; 3, 5, 6 – планетарні механізми; 4 – муфта перемикання; 7, 8, 9, 10 – редуктори; 11 – ДВЗ; 12 – ВВ

Кінематична схема запропонованої безступінчастої ГОМТ з диференціалом на виході (рис. 4) складається з ДВЗ 13; гідрооб'ємної передачі, а саме: з двох регульованих гідронасосів 1 і двох нерегульованих гідромоторів 2, по 112 см³ кожний виробництва ПАТ «Гідросила» (м. Кіровоград); планетарних механізмів 3, 4, 5; редукторів 6, 9, 10, 11; гідропідтискної 7 і обгінної муфт 8; ВВ 12. В запропонованій конструкції потужність двигуна йде окремими потоками в залежності від діапазону у коробці. Однопотоковим – гідравлічним, коли потужність двигуна 13, через редуктор 9 передається до валу гідронасоса 1, через трубопроводи на вал гідромотора 2, далі на редуктор 11, обгінну муфту 8, планетарний механізм 5 до ВВ 12. Двопотоковим – гідрооб'ємно-механічним, коли потужність двигуна через редуктор 9, коронну шестерню і водило двох планетарних механізмів 3, 4 (в залежності від діапазону), далі з водила і коронної шестерні, до двох редукторів 6, 10 та двох гідропідтискних муфт 7, планетарного механізму 5 до ВВ 12. ГОМТ з диференціалом на виході має три швидкісні безступінчасті діапазони передач при транспортному режимі руху: однопотоковий, який забезпечується гідрооб'ємною передачею та планетарним механізмом 5, та двома двопотоковими, які забезпечуються гідрооб'ємною передачею та планетарними рядами 3, 4. При виконанні спуско-підйомної операції у ГОМТ з диференціалом на виході застосовується лише два діапазони передач: однопотоковий та двопотоковий з увімкненим планетарним механізмом 4.

Запропоновані схеми безступінчастих ГОМТ автомобіля для РНГС здатні забезпечити: безступінчасте регулювання швидкості руху автомобіля та спуско-підйомної операції на свердловині; роботу двигуна внутрішнього згоряння в

економічному режимі; підвищення прохідності автомобіля в результаті безперервного потоку потужності та плавної зміни моменту на колесах і здійснення плавного гальмування КТ.

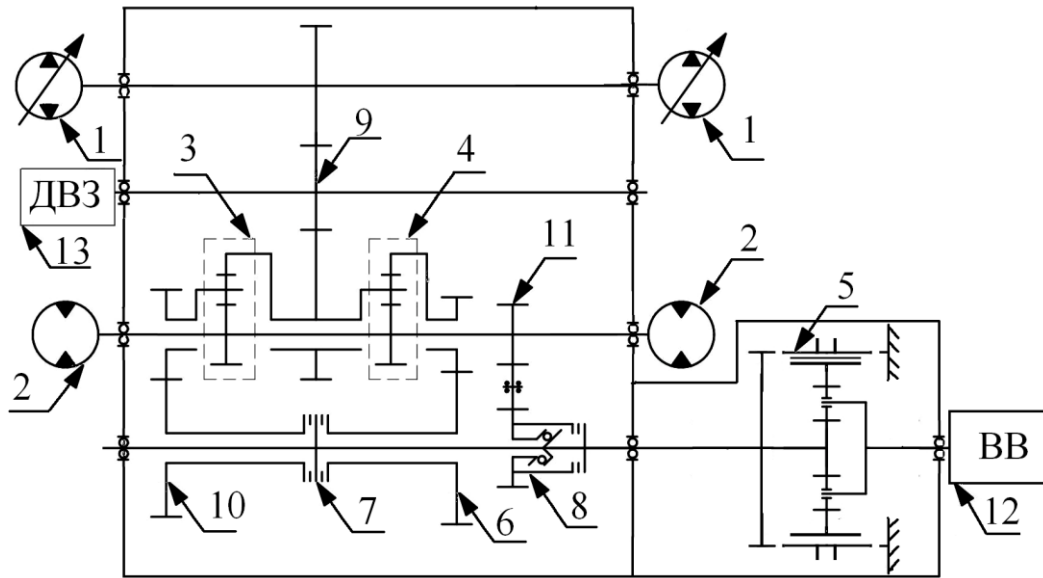


Рисунок 4 – Кінематична схема безступінчастої ГОМТ з диференціалом на виході:

- 1 – регульований гідронасос; 2 – нерегульований гідромотор;
3, 4, 5 – планетарні механізми; 6, 9, 10, 11 – редуктори; 7 – гідропідтискні муфти; 8 – обгінна муфта; 12 – ВВ; 13 – ДВЗ

Невід'ємною частиною безступінчастих двопотокових ГОМТ є планетарний механізм, який виступає суматором у даних передачах. Для ефективної автоматизації аналізу кінематики як завгодно складних планетарних механізмів різної архітектури проведено удосконалення матричної методики розрахунку планетарних механізмів, що використовується при аналізі запропонованих трансмісій, шляхом введення характерних параметрів сателітів S_1 і S_2 .

Основне кінематичне рівняння планетарного механізму і відносна кутова швидкість сателіта ω_s в його відносному русі навколо водила на підставі рівняння Віліса, з урахуванням введеної аксіоматики для знаків характерних параметрів S_1 і S_2 по виду зачеплення (зовнішнього «+» або внутрішнього «-») мають вигляд:

$$\omega_1 - k \cdot \omega_2 + (k - 1) \cdot \omega_3 = 0; \quad (1)$$

$$\omega_s = \omega_{ct} - \omega_3 = -S_1 \cdot \omega_1 + S_1 \cdot \omega_3; \quad (2)$$

$$\omega_s = \omega_{ct} - \omega_3 = -S_2 \cdot \omega_2 + S_2 \cdot \omega_3, \quad (3)$$

де індекси "1", "2", "3", "ст" відносяться відповідно до абсолютних кутових швидкостей ω сонячної, коронної шестерень, водила і сателітів.

Введення у розгляд характерних параметрів сателітів S_1 і S_2 з урахуванням їх знаків від виду зачеплення трансформує кінематичні базисні матричні рівняння планетарних механізмів на основі (1)-(3) до вигляду:

$$\begin{bmatrix} 1 & -k & k-1 & 0 \\ S_1 & 0 & -S_1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \omega_1 & \omega_2 & \omega_3 & \omega_s \end{bmatrix}^T = 0; \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} 1 & -k & k-1 & 0 \\ 0 & S_2 - S_2 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \omega_1 & \omega_2 & \omega_3 & \omega_s \end{bmatrix}^T = 0; \quad (5)$$

$$S_1 = \pm \frac{z_1}{z_{ct}} = \pm \frac{2}{|k|-1}; \quad S_2 = \pm \frac{z_2}{z_{ct}} = \pm \frac{2 \cdot |k|}{|k|-1}, \quad (6)$$

де z_1, z_2, z_{ct} , - числа зубців на відповідних шестернях; k - внутрішнє передавальне відношення планетарного механізму.

Для планетарних механізмів, що мають двохвінцеві сателіти на підставі рівняння Віліса:

$$S_1 = \pm \frac{z_2}{k \cdot z_{ct2}}; \quad S_2 = \pm \frac{z_1 \cdot k}{z_{ct1}}, \quad (7)$$

де z_{ct1}, z_{ct2} , - числа зубців двохвінцевих сателітів, що входять в контакт з сонячною і коронною шестернями.

Кінематичні базисні матриці для планетарних механізмів з двохвінцевими сателітами з рівнянь (4) і (5) з урахуванням співвідношень (7), мають вигляд:

$$\begin{bmatrix} 1 & -k & k-1 & 0 \\ \pm \frac{z_2}{k \cdot z_{ct2}} & 0 & \mp \frac{z_2}{k \cdot z_{ct2}} & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \omega_1 & \omega_2 & \omega_3 & \omega_s \end{bmatrix}^T = 0; \quad (8)$$

$$\begin{bmatrix} 1 & -k & k-1 & 0 \\ 0 & \pm \frac{z_1 \cdot k}{z_{ct1}} & \mp \frac{z_1 \cdot k}{z_{ct1}} & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \omega_1 & \omega_2 & \omega_3 & \omega_s \end{bmatrix}^T = 0. \quad (9)$$

Характерні параметри сателітів, які мають фізичний сенс передавального відношення зубчастих зачеплень, автоматично визначають знак при k наступним чином: $S_{1,2} < 0$ – якщо вінець сателіта має внутрішнє зачеплення з шестернями планетарного механізму і $S_{1,2} > 0$ – у випадку зовнішніх зачеплень. Доведено інваріантність матричної методики розрахунку кінематики планетарних механізмів на прикладі планетарного механізму з ускладненою архітектурою, та дводіпазонної механічної трансмісії.

У даному розділі розроблено принципову, структурні та кінематичні схеми безступінчастих ГОМТ автомобілів для РНГС та теоретично обґрунтовано такі конструктивні параметри трансмісії, як передавальні числа, модулі зубчастих зачеплень, робочі об'єми гідромашин, та проведено перевірочний розрахунок елементів ГОМТ на міцність.

Третій розділ присвячено теоретичному підтвердженню доцільності використання безступінчастих ГОМТ на автомобілях для РНГС на транспортному режимі та спуско-підйомних операціях на свердловині.

В процесі теоретичного дослідження побудовані узагальнені математичні моделі автомобілів для РНГС, що враховують характеристики ДВЗ, опис робочих процесів у ГОМТ, взаємодію коліс з опорною поверхнею, особливості технологічного процесу підйому та спуску КТ.

Математична модель роботи ГОМТ автомобіля для РНГС при транспортному режимі руху по різних дорожнім покриттям, а також спуско-підйомних операціях на свердловині з різним навантаженням на трансмісію побудована на основі кінематичних, силових та енергетичних параметрів ГОМТ, які визначаються шляхом розв'язання рівнянь, що складені на базі досліджень Кісточкіна Є.С., Александрова Є.Є., Самородова В.Б., Городецького К.І. та рівняння Віліса. Для дослідження ГОМТ з диференціалом на виході, у випадку виконання ремонтної операції «спуск», розроблена структурна схема (рис. 5) і складена математична модель у вигляді співвідношення кутових прискорень та система рівнянь силових параметрів елементів трансмісії:

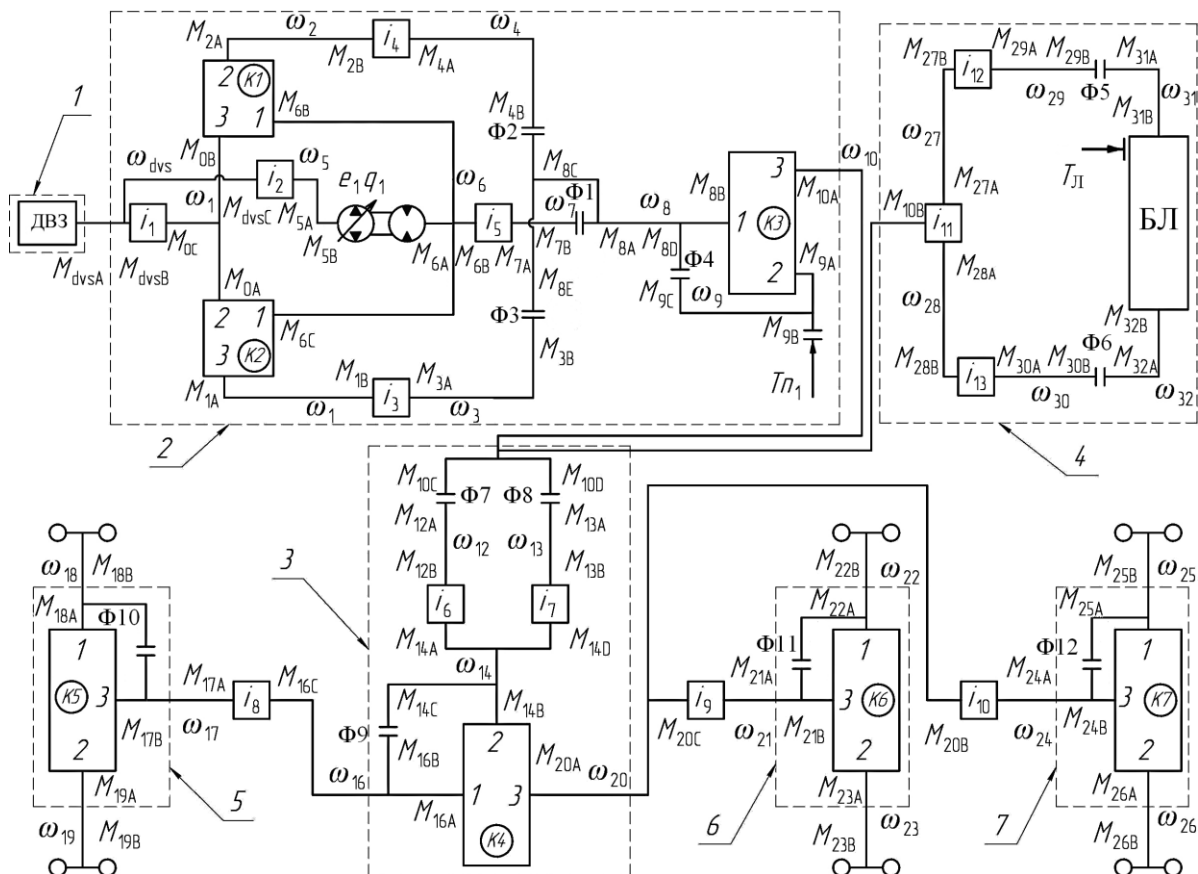


Рисунок 5 – Схема ГОМТ з диференціалом на виході автомобілів для РНГС: 1 – ДВЗ; 2 – ГОМТ; 3 – РК; 4 – лебідка; 5, 6, 7 – ведучі мости; M_i – моменти на вході і виході редукторів; ω_i – кутова швидкість ланки; i_j – передавальне відношення редуктора; k_f – планетарний механізм ($f=1 \dots 7$); Φ_n – параметр, що описує фрикціон ($n=1 \dots 12$); T – параметр, що описує гальмо; БЛ – барабан лебідки; Φ_1, Φ_2, Φ_3 – фрикціони швидкісних діапазонів роботи ГОМТ

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{\omega}_{dvs} \cdot i_2 - \dot{\omega}_5 = 0; \quad \dot{\omega}_6 \cdot i_5 - \dot{\omega}_7 = 0; \quad \dot{\omega}_7 - \dot{\omega}_8 = 0; \\ e_1 \cdot q_1 \cdot \dot{\omega}_5 + q_1 \cdot \omega_5 \cdot \dot{e}_1 - e_2 \cdot q_2 \cdot \dot{\omega}_6 - q_2 \cdot \omega_6 \cdot \dot{e}_2 = \\ = \left(\frac{K_{1y}}{\mu} \cdot (1 + C_{1y} \cdot |\omega_5|) + \frac{K_{2y}}{\mu} \cdot (1 + C_{2y} \cdot |\omega_6|) \right) \cdot \frac{d\Delta P}{dt} + \\ + \left(\frac{K_{1y}}{\mu} \cdot C_{1y} \cdot \frac{d}{dt} |\omega_5| + \frac{K_{2y}}{\mu} \cdot C_{2y} \cdot \frac{d}{dt} |\omega_6| \right) \cdot \Delta P; \\ \dot{\omega}_8 - k_3 \cdot \dot{\omega}_9 + (k_3 - 1) \cdot \dot{\omega}_{10} = 0; \quad \dot{\omega}_{10} \cdot i_{11} - \dot{\omega}_{27} = 0; \quad \dot{\omega}_{30} - \dot{\omega}_{32} = 0; \\ \dot{\omega}_{10} \cdot i_{11} - \dot{\omega}_{28} = 0; \quad \dot{\omega}_{27} \cdot i_{12} - \dot{\omega}_{29} = 0; \quad \dot{\omega}_{28} \cdot i_{13} - \dot{\omega}_{30} = 0; \quad \dot{\omega}_{29} - \dot{\omega}_{31} = 0. \end{array} \right. \quad (10)$$

де $\dot{\omega}_{dvs}$ – кутове прискорення колінчастого вала ДВЗ; $\dot{\omega}_i$ – кутове прискорення ланки; ω_i – кутова швидкість ланки; i_j – передавальне відношення редуктора ($j=1\dots 13$); k – внутрішнє передавальне відношення планетарного механізму; e_1, e_2 – параметри регулювання ГОП; q_1, q_2 – максимальна продуктивність гідромашин; ΔP – перепад робочого тиску в ГОП; K_{iy}, C_{iy} – коефіцієнти втрат гідромашин; μ – коефіцієнт динамічної в'язкості; $\dot{\omega}_5, \dot{\omega}_6$ – кутове прискорення валів гідромашин.

$$\left\{ \begin{array}{l} M_{dvsC} \cdot i_2 + M_{5A} \cdot \eta^{\Theta \cdot \text{sign}(M_{5A} \cdot \omega_5)} = 0; \\ M_{6D} \cdot i_5 + M_{7A} \cdot \eta^{\Theta \cdot \text{sign}(M_{7A} \cdot \omega_7)} = 0; \quad M_{7B} + M_{8A} = 0; \\ M_{6D} \cdot i_5 + M_{7A} \cdot \eta^{\Theta \cdot \text{sign}(M_{7A} \cdot \omega_7)} = 0; \\ M_{5B} - e_1 \cdot q_1 \cdot \Delta P = -\Delta M_1 \cdot \text{sign}(\omega_5); \\ M_{6A} + e_2 \cdot q_2 \cdot \Delta P = -\Delta M_2 \cdot \text{sign}(\omega_6); \\ M_{8B} \cdot \eta^{\Theta \cdot \text{sign}(M_{8B} \cdot \omega_8)} + M_{9A} \cdot \eta^{\Theta \cdot \text{sign}(M_{9A} \cdot \omega_9)} + M_{10A} = 0; \\ M_{8B} \cdot k_3 \cdot \eta^{\Theta \cdot \text{sign}(M_{8B} \cdot \omega_8)} + M_{9A} \cdot \eta^{\Theta \cdot \text{sign}(M_{9A} \cdot \omega_9)} = 0; \\ M_{10D} \cdot \eta^{\Theta \cdot \text{sign}(M_{10D} \cdot \omega_{10})} + i_9 \cdot M_{27A} = 0; \\ M_{10D} \cdot \eta^{\Theta \cdot \text{sign}(M_{10D} \cdot \omega_{10})} + i_9 \cdot M_{28A} = 0; \\ M_{27B} \cdot \eta^{\Theta \cdot \text{sign}(M_{28B} \cdot \omega_{28})} + i_{10} \cdot M_{29A} = 0; \\ M_{28B} \cdot \eta^{\Theta \cdot \text{sign}(M_{28B} \cdot \omega_{28})} + i_{11} \cdot M_{30A} = 0; \\ M_{29B} + M_{31A} = 0; \quad M_{30B} + M_{32A} = 0; \\ M_{3JB} + M_{BP} = I_{\bar{\omega}_{бар}} \cdot \dot{\omega}_{бар}; \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} M_{dvsA} + M_{dvsC} = 0; \\ M_{5A} + M_{5B} = 0; \\ M_{6A} + M_{6D} = 0; \\ M_{7A} + M_{7B} = 0; \\ M_{8A} + M_{8C} + M_{8D} = 0; \\ M_{9A} + M_{9B} + M_{9C} = 0; \\ M_{10A} + M_{10D} = 0; \\ M_{27A} + M_{27B} = 0; \\ M_{28A} + M_{28B} = 0; \\ M_{29A} + M_{29B} = 0; \\ M_{30A} + M_{30B} = 0; \\ M_{3JA} + M_{3JB} = 0; \end{array} \right. \quad (11)$$

де M_{dvs} – крутний момент двигуна; M_i – моменти на вході і виході редукторів; η_i – коефіцієнти корисної дії (ККД) редуктора; Θ – коефіцієнт урахування втрат у зубчастих зачепленнях ($\Theta = 0$ – без втрат, $\Theta = -1$ з урахуванням втрат у зубчастих зачепленнях); $I_{\bar{\omega}_{бар}}$ – наведений до валу барабана лебідки момент інерції; $\dot{\omega}_{бар}$ – кутове уповільнення валу барабана лебідки; $\Delta M_1, \Delta M_2$ – моменти втрат в гідромашинах, обчислені як функції відносного параметру регулювання e , кутових швидкостей валів гідромашин, максимальної продуктивності

гідромашин і перепаду тиску в ГОП; $J = 1$ при увімкненому фрикціоні Ф5 та $J = 2$ при увімкненому фрикціоні Ф6.

Аналізуючи роботу автомобіля для РНГС з використанням систем рівнянь (10), (11) для множини конструктивних параметрів ГОМТ, які задовольняли обмеженням по вазі та швидкості підйому і спуску КТ, а також з урахуванням компоновки запропонованих ГОМТ на шасі автомобіля, були отримані результати, які зведені до (табл. 1).

Таблиця 1 – Результати моделювання основних режимів роботи автомобіля для РНГС

Операції	Механічна трансмісія (штатна)		ГОМТ з диференціалом на вході		ГОМТ з диференціалом на виході	
Транспортний режим руху автомобіля	Максимальна швидкість руху автомобіля V_{\max} , км/год					
	40,1		40,5		37,2	
Підйом КТ вагою 80 т.	Максимальна швидкість технологічної операції V_{\max} , км/год					
	4,5		3,1		4,8	
Підйом та спуск КТ вагою 100 т.	Підйом	Спуск	Підйом	Спуск	Підйом	Спуск
	3,4	1,1	2,8	2,4	3,8	2,6
Підйом та спуск КТ вагою 111 т. при максимальному моменті (M_{\max}) ДВЗ			Підйом	Спуск	Підйом	Спуск
			2,2	1,8	2,9	2,1

Автомобіль з ГОМТ (з диференціалом на вході) на транспортному режимі має практично однакову швидкість руху, а при підйомі вантажу вагою 100 тонн меншу швидкість підйому на 0,6 км/год. (17,6%) у порівнянні зі штатною механічною трансмісією. Автомобіль з ГОМТ (з диференціалом на виході) при транспортному режимі руху має меншу швидкість на 2,9 км/год (7,5%), а при підйомі вантажу вагою 100 тонн має більшу швидкість підйому на 0,4 км/год (11,8%) порівняно зі штатною механічною трансмісією.

У зв'язку з тим, що схема ГОМТ з диференціалом на вході потребує використання регульованих гідромашин закордонного виробництва великих об'ємів, а розрахункова швидкість підйому КТ на 17,6% менша ніж у штатної трансмісії (табл. 1), проаналізована схема ГОМТ з диференціалом на виході, де використовуються гідромашини вітчизняного виробництва невеликих об'ємів, як більш перспективна. В результаті моделювання ГОМТ з диференціалом на виході (табл. 1) при підйомі КТ швидкість підйому вища на 11,8% порівняно зі штатною трансмісією.

За результатами теоретичного дослідження ГОМТ з диференціалом на виході автомобіля для РНГС встановлено, що: реалізація швидкості руху на транспортному режимі (рис. 6) 37 км/год досягається за рахунок використання двигуна потужністю 185 кВт, максимальний перепад робочого тиску в ГОП при цьому 6 МПа, ККД трансмісії 0,89. Реалізація підйому і спуску КТ на свердловині вагою 100 тонн (рис. 7, 8) досягається за рахунок використання потужності двигуна 245 кВт, максимальний перепад робочого тиску в ГОП при цьому 20 МПа, ККД трансмісії 0,83, максимальна швидкість підйому труб 3,8 км/год. Для виконання спуску достатньо потужності двигуна 182 кВт,

максимальний перепад робочого тиску в ГОП складає 19 МПа, ККД трансмісії – 0,76, максимальна швидкість спуску колони труб – 2,6 км/год.

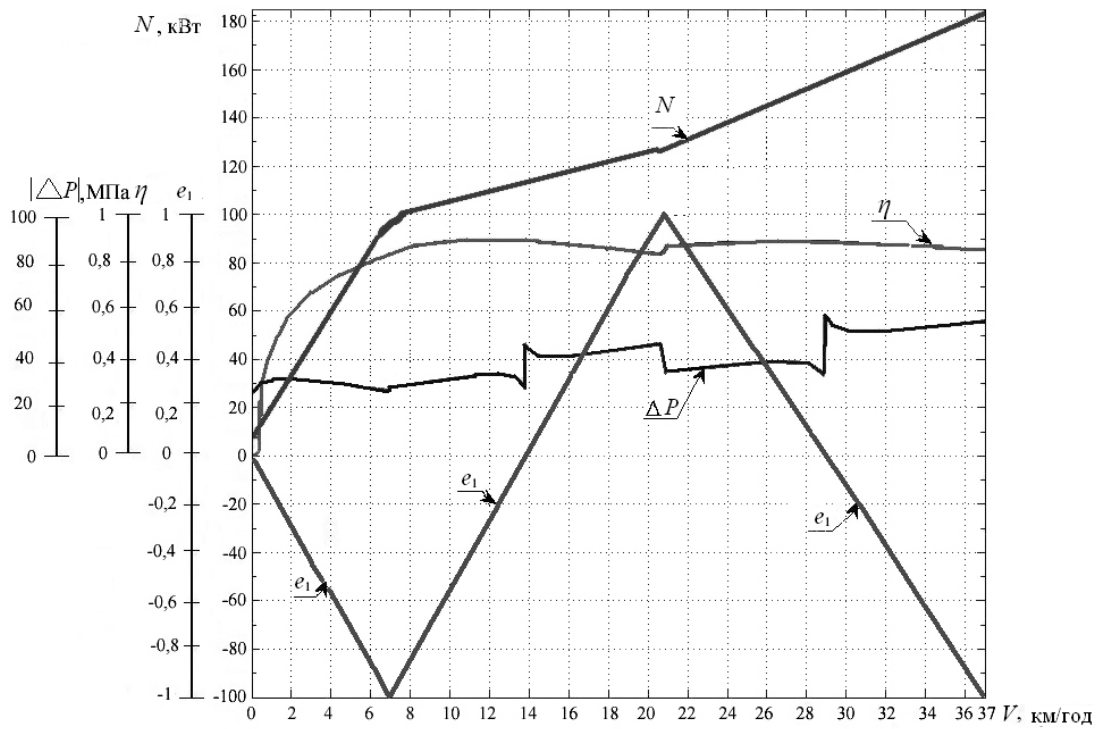


Рисунок 6 – Результати моделювання ГОМТ з диференціалом на виході на транспортному режимі автомобіля для РНГС:

N – потужність двигуна; $|\Delta P|$ – перепад робочого тиску в ГОП; η – ККД трансмісії; e_1 – параметр регулювання гідронасосу

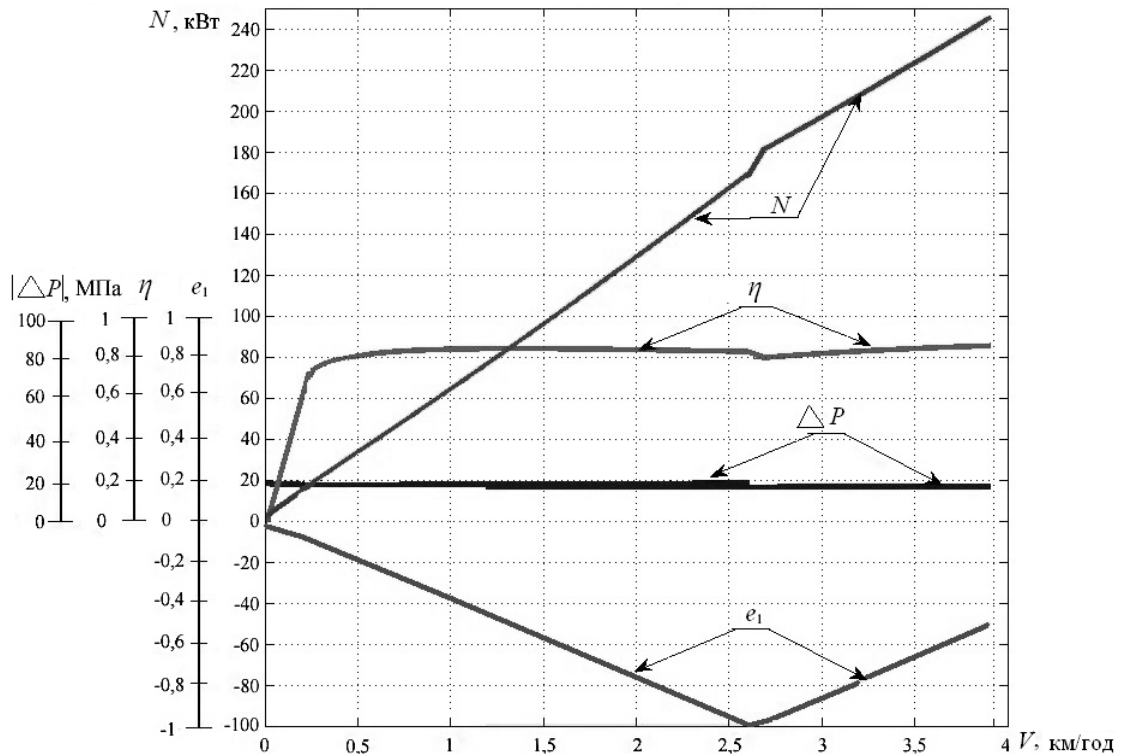


Рисунок 7 – Результати моделювання ГОМТ з диференціалом на виході при підйомі КТ вагою 100 тонн (позначення аналогічні рис. 6)

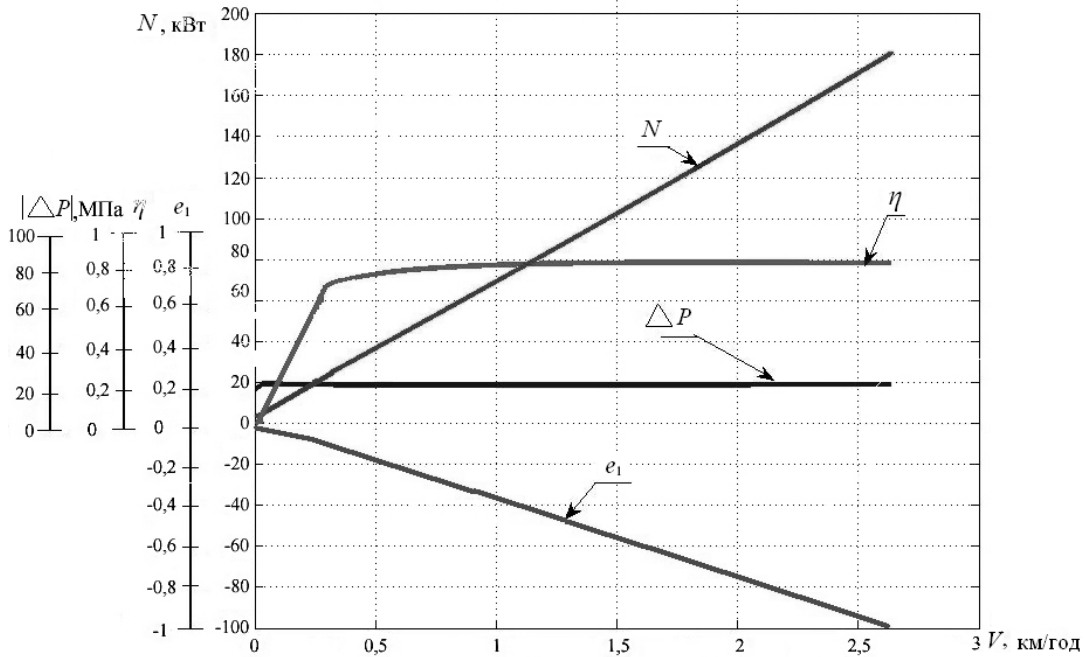


Рисунок 8 – Результати моделювання ГОМТ з диференціалом на виході при спуску КТ вагою 100 тонн:

N – потужність двигуна; $|\Delta P|$ – перепад робочого тиску в ГОП; η – ККД трансмісії; e_1 – параметр регулювання гідронасосу

Таким чином, для ГОМТ з диференціалом на виході автомобілів для РНГС теоретично доведено, що: використання розглянутої трансмісії не потребує збільшення потужності штатного ДВЗ ЯМЗ-238 ДЕ2, а при максимальному моменті ($M_{\max}=1274$ Н·м, $\omega_{M_{\max}}=130$ рад/с) забезпечується підйом та спуск КТ вагою 111 тонн; ККД трансмісії не поступається за значенням механічній трансмісії та становить 0,83 – 0,89, окрім технологічного режиму «спуск», де використовується лише гідравлічна гілка трансмісії, при цьому: ККД зберігається на рівні 0,76; перепад робочого тиску в ГОП не перевищує 20 МПа. Обладнання автомобілів для РНГС безступінчастою ГОМТ забезпечує зменшення швидкості руху автомобіля на 7,5%, збільшення швидкості підйому та спуску КТ на 11,8% порівняно зі штатною механічною трансмісією. На основі цього теоретичним шляхом доведена доцільність використання безступінчастих ГОМТ, що працюють за схемою з диференціалом на виході, на автомобілях для РНГС.

У четвертому розділі проведено аналіз експериментальних та теоретичних даних, для встановлення достовірності теоретичних положень щодо використання безступінчастих ГОМТ на автомобілях для РНГС.

Експериментальні дослідження проводились на стенді з ГОМТ (рис. 9.), який розроблено на кафедрі автомобіле- і тракторобудування НТУ «ХПІ». Конструкція стенду дозволяє проводити випробування за схемами «ГОП – лебідка» і «ГОМТ з диференціалом на виході – лебідка» та складається з трьохфазного асинхронного двигуна змінного струму, циліндричних редукторів, ГОМТ, масляного баку з вентилятором, лебідки. Комплекс стенду складається з вимірювального модуля, системи живлення апаратури, двох

датчиків надлишкового тиску, крокового двигуна, двох датчиків крутних моментів, датчиків кутової швидкості.

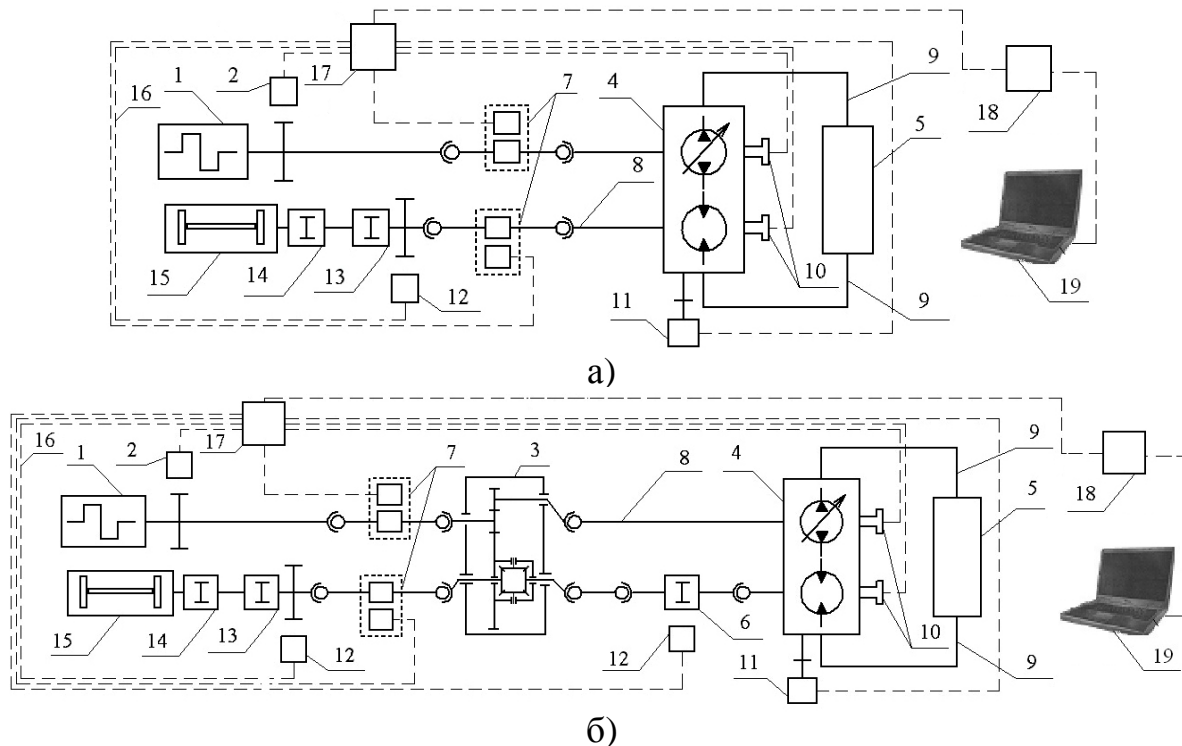


Рисунок 9 – Схеми і вимірювальний комплекс лабораторного стенду:
 а – «ГОП – лебідка»; б – безступінчаста «ГОМТ з диференціалом на виході – лебідка»; 1 – трифазний асинхронний двигун змінного струму; 2 – датчик кутової швидкості; 3 – блок редукторів з планетарним механізмом; 4 – гідронасос і гідромотор; 5 – масляний бак з фільтром і радіатор з вентилятором; 6, 13, 14 – циліндричні редуктори; 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-цифрових перетворювач; 19 – ноутбук

Експериментальне дослідження спуско-підйомної операції проводилося на лабораторному стенді в два етапи.

На першому етапі, стенд налаштовувався за схемою «ГОП – лебідка». Процес підйому та спуску вантажу з різною вагою виконувався наступним чином: асинхронний двигун досягав максимальної кутової швидкості та відбувалась лише зміна параметру регулювання гідронасосу, який забезпечує як підйом так і спуск вантажу різної ваги, що кріпиться на гаку лебідки.

На другому етапі, стенд налаштовувався за схемою «ГОМТ з диференціалом на виході – лебідка». Процес підйому вантажу з різною вагою виконувався наступним чином: асинхронний двигун досягав максимальної кутової швидкості та відбувалась лише зміна параметру регулювання гідронасосу, а потім, водночас, створювалось навантаження на ГОМТ за рахунок зміни ваги на крюку лебідки. Спуск в даній схемі виконується під власною вагою вантажу.

В процесі теоретичного дослідження процесу підйому і спуску вантажу, значення кутової швидкості асинхронного двигуна, параметра регулювання гідронасосу, крутного моменту валу лебідки брався з експериментальних результатів, при цьому вага вантажу була однаковою, як при теоретичному, так і при експериментальному дослідженні. Аналізуючи отримані дані теоретичного та експериментального дослідження встановлено, що найбільша похибка не перевищує 9,3% при визначенні максимального перепаду робочого тиску в ГОП, 9,2% – для крутного моменту на валу асинхронного двигуна, 6,3% – для крутного моменту на валу лебідки, 4,9% – для кутової швидкості на валу асинхронного двигуна, 7,1% – для кутової швидкості вала лебідки, 4,1% – для кутової швидкості вала гідромотора.

Таким чином, методами експериментальної перевірки доведена достовірність теоретичних положень щодо обґрунтування використання безступінчастих ГОМТ на автомобілях для РНГС.

ВИСНОВКИ

За результатами дисертаційного дослідження здійснено теоретичне узагальнення та розв'язання науко-практичної задачі – вдосконалення автомобілів для РНГС шляхом науково-теоретичного обґрунтування використання безступінчастих ГОМТ, що відображено в таких основних наукових результатах:

1. В процесі аналізу сучасної науково-технічної літератури встановлено, що застосування безступінчастих ГОМТ у складі автомобілів для РНГС може суттєво підвищити їх технічний рівень, а саме дозволить виконувати транспортні операції і забезпечити підйом та плавне гальмування КТ при ремонтній операції спуск.

2. Розроблено принципову, структурні і кінематичні схеми безступінчастих ГОМТ автомобілів для РНГС та обґрунтовано їхні конструктивні параметри, що дозволило здійснити модернізацію існуючої конструкції автомобілів для РНГС на базі шасі КрАЗ 63221-02 для підвищення вантажопідйомності при виконанні ремонтних операцій на свердловині до 100 тонн.

3. Виконано розвиток методики розрахунку безступінчастих ГОМТ шляхом універсалізації матричного аналізу кінематики планетарних механізмів, введенням характерних параметрів сателітів, що дозволяє ефективно автоматизувати аналіз кінематики як завгодно складних планетарних механізмів різної архітектури.

4. На основі теоретичних досліджень і систематизації основних закономірностей розподілу кінематичних, силових та енергетичних параметрів ГОМТ автомобілів для РНГС, доведена доцільність використання безступінчастих ГОМТ, що забезпечує транспортний режим руху автомобіля та спуско-підйомні операції на свердловині. Встановлено, що в залежності від запропонованої схеми необхідна потужність двигуна складає 182 – 245 кВт; коефіцієнт корисної дії трансмісії дорівнює 0,76 – 0,89; максимальний перепад

робочого тиску у ГОП становить 19 – 20 МПа; максимальна швидкість руху автомобіля знаходиться в межах 37,2 – 40,5 км/год, а швидкість підйому КТ дорівнює 2,8 – 3,8 км/год. Основною перевагою безступінчастих ГОМТ є те, що вони здатні забезпечити ефективне гальмування і плавний рух КТ при ремонтній операції спуск. Перспективною з точки зору використання вітчизняних комплектуючих та швидкості спуско-підйомної операції є схема ГОМТ з диференціалом на виході, оскільки швидкість підйому КТ вагою 100 тонн вища на 0,4 км/год (11,8%) порівняно зі штатною трансмісією.

5. Підтверджена достовірність 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%.

6. Теоретичні положення дисертаційного дослідження знайшли відображення в розроблених нових технічних рішеннях у вигляді схем безступінчастих ГОМТ, які використовуються в перспективних розробках заводу ДП «Харківський завод транспортного устаткування», (м. Харків) та в навчальному процесі кафедри автомобіле- і тракторобудування НТУ «ХП».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Островерх А.О. Об инвариантности кинематических базисных матриц планетарных рядов при анализе кинематики трансмиссий транспортных средств / А.О. Островерх, В.Б. Самородов // Вісник Національного технічного університету «ХП». – Харків: НТУ «ХП». – 2008. – №46. – С. 118-125. *Здобувачем автоматизовано аналіз кінематики ступінчастих механічних та безступінчастих ГОМТ транспортних засобів.*

2. Островерх А.О. Универсализация и автоматизация расчета кинематики планетарных передач и трансмиссий транспортных средств / А.О. Островерх, В.Б. Самородов // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2008. – №5/4(35). – С. 40-44. *Здобувачем побудована універсальна матрична методика розрахунку кінематики планетарних передач, заснована на введенні характерних параметрів які враховують вид зачеплень зубчастих коліс.*

3. Островерх А.О. Математическое моделирование планетарных передач и трансмиссий транспортных средств с использованием пространственно – топологических взаимосвязей их кинематических параметров / А.О. Островерх, В.Б. Самородов // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2008. – 6/5(36). – С. 25-30. *Здобувачем побудовано просторово – топологічні ілюстрації допустимих кутових швидкостей сателітів планетарних передач.*

4. Островерх А.О. Универсальная матричная методика расчета трёхзвенных планетарных механизмов в автомобиле и тракторостроении / А.О. Островерх, В.Б. Самородов, А.В. Рогов // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту: науково-виробничий збірник АД і ДонНТУ. – 2009. – №2(9). – С. 141-148. *Здобувачем описано планетарні механізми комплексними числами.*

5. Островерх А.О. Математическая модель трансмиссии автомобиля,

оборудованного для ремонта нефтяных и газовых скважин / А.О. Островерх, В.Б. Самородов, В.Р. Мандрыка // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2010. – №33. – С. 42-48. *Здобувачем розроблено математичну модель трансмісії автомобіля для РНГС.*

6. Островерх А.О. Математическая модель бесступенчатой двухпоточной гидрообъемно-механической трансмиссии автомобиля оборудованного для ремонта нефтяных и газовых скважин / А.О. Островерх, В.Б. Самородов, В.Р. Мандрыка, М.Н. Байцур, В.С. Остащенко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2010. – №39. – С. 79-83. *Здобувачем отримані результати моделювання безступінчасті ГОМТ, шасі КрАЗ.*

7. Островерх А.О. Анализ двухпоточной гидрообъемно-механической коробки передач в составе трансмиссии автомобиля для ремонта нефтегазовых скважин / А.О. Островерх, В.Б. Самородов // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2011. – №. 56 – С. 87-90. *Здобувач брав участь у розробці схем безступінчастої ГОМТ, автомобіля для РНГС.*

8. Островерх А.О. Разработка и анализ бесступенчатой двухпоточной гидрообъемно-механической трансмиссии автомобиля для ремонта нефтегазовых скважин / А.О. Островерх, В.Б. Самородов, В.К. Доля, С.В. Иващенко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», – 2012. – №. 20 – С. 47-55. *Здобувачем розроблено математичну модель безступінчастої ГОМТ при прямолінійному русі, та операції спуск – підйом, для автомобіля для РНГС.*

9. Островерх А.О. Разработка и анализ бесступенчатой двухпоточной гидрообъемно-механической трансмиссии по критерию наибольшего КПД, автомобиля для ремонта нефтегазовых скважин / А.О. Островерх, В.Б. Самородов, А.П. Кожушко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012. – №. 60(966) – С. 105-111. *Здобувачем розроблено схеми ГОМТ з найбільшим ККД, автомобіля для РНГС*

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. Пелипенко, А.Б. Литвин // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. – №. 31 (1004) – С. 52-59. *Здобувачем розроблені схеми ГОМТ з закордонними гідроагрегатами, автомобіля для РНГС.*

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. *Здобувачем виконано аналіз технологічного режиму роботи безступінчастої ГОМТ, автомобіля для РНГС*

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 технологій. – 2014. – №6 (72). – С. 37-44. *Здобувачем отримано результати математичного моделювання безступінчастих двопоточних ГОМТ автомобіля для РНГС, на транспортному режимі роботи та спуско-підйомній операції на свердловині.*

13. Островерх А.О. Повышение эффективности работы подъемных автомобильных установок с использованием гидрообъемно-механических трансмиссий / А.О. Островерх // Приволжский научный вестник. – Ижевск: 2015. – № 11 (51). – С. 47 – 51. *Здобувачем знайдені швидкості руху автомобіля, підйому вантажу та ККД машини при виконанні даних операцій, при використанні безступінчастої двопоточної ГОМТ.*

14. Пат. 64290 Україна, МПК F16H 3/44(2006.01). Двупоточна гідрооб'ємна механічна трансмісія транспортного засобу / Самородов В. Б., Мандрыка В. Р., Деркач О. И., Островерх О.О.; заявник та патентоотримувача Національний технічний університет «ХПІ». – № у 2011 01782; заявл. 15.02.2011; опубл. 10.11.2011, Бюл. №21 – 4с. *Здобувачем розроблена оригінальна кінематична схема двопоточної безступінчастої ГОМТ.*

15. Пат. 84370 Україна, МПК F16H 3/44(2006.01). Двупоточна гідрооб'ємна механічна трансмісія транспортного засобу / Самородов В. Б., Спіфанов В.В., Деркач О. И., Островерх О.О. Литвин О. Б.; заявник та патентоутримувач Національний технічний університет «ХПІ». – № у 2011 14423; заявл. 17.12.2012; опубл. 25.10.2013, Бюл. №20 – 4с. *Здобувачем розроблена оригінальна кінематична схема двопоточної безступінчастої ГОМТ.*

16. Островерх О.О. Підвищення ефективності роботи підйомної автомобільної установки при виконанні технологічної операції «спуск – підйом» за рахунок використання безступінчастих гідрооб'ємно – механічних трансмісій / Островерх О.О., Мандрыка В.Р., Пелипенко Є.С. // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я», м. Харків, 29-31 травня 2013 р. / Національний технічний університет «ХПІ». – Харків, 2013. – 237 с. *Здобувачем розроблено конструкцію автомобільної установки.*

17. Островерх А.О. Повышение эффективности работы подъемных автомобильных установок с использованием бесступенчатых гидрообъемно-механических трансмиссий / Островерх А.О. // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я», м. Харків, 20-22 травня 2015 р. / Національний технічний університет «ХПІ». – Харків, 2015. – 205 с. *Здобувачем виконано аналіз запропонованих схем ГОМТ*

АНОТАЦІЇ

Островерх О.О. Теоретичне обґрунтування використання безступінчастих гідрооб'ємно-механічних трансмісій на автомобілях для ремонту нафтогазових свердловин – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.22.02 – автомобілі та трактори. – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». – Харків, 2016.

Дисертація присвячена теоретичному обґрунтуванню використання безступінчастих гідрооб'ємно-механічних трансмісій на автомобілях для ремонту нафтогазових свердловин.

Запропонована принципова та розроблені структурні та кінематичні схеми безступінчастих гідрооб'ємно-механічних трансмісій автомобілів для ремонту нафтогазових свердловин. Складена комплексна математична модель автомобіля для ремонту нафтогазових свердловин при транспортному режимі руху автомобіля та технологічних режимах «підйом – спуск» колони труб на свердловині. Аналіз отриманих результатів моделювання гідрооб'ємно-механічних трансмісій дає змогу рекомендувати застосування запропонованих безступінчастих трансмісії на автомобілях для ремонту нафтогазових свердловин, як більш ефективних.

Ключові слова: автомобіль для ремонту нафтогазових свердловин; гідрооб'ємно-механічна трансмісія; транспортний режим руху автомобіля; технологічний режим; структурна та кінематична схеми; гідромашина.

Островерх А.О. Теоретическое обоснование использования бесступенчатых гидрообъемно-механических трансмиссий на автомобилях для ремонта нефтегазовых скважин – На правах рукописи.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.02 – автомобили и тракторы. – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт». – Харьков, 2016.

Диссертация посвящена теоретическому обоснованию использования бесступенчатых гидрообъемно-механических трансмиссий (ГОМТ) на автомобилях для ремонта нефтегазовых скважин (РНГС).

В работе выполнен анализ развития бесступенчатых трансмиссий в автомобиле и тракторостроении, и теоретически обоснована возможность использования ГОМТ на автомобилях РНГС. Применение данных трансмиссий существенно повысит технический уровень автомобиля для РНГС, позволит выполнять транспортные операции, подъем бурильной или насосно-компрессорной колонны труб (КТ) и обеспечит плавное торможение КТ при ремонтной операции на скважине.

Для упрощения конструкции автомобилей для РНГС, разработаны структурные и кинематические схемы бесступенчатых ГОМТ и научно обоснованы их конструктивные параметры. Это позволило выполнить модернизацию существующей конструкции автомобиля для РНГС на базе шасси КраЗ 63221-02 с целью повышения грузоподъемности при выполнении ремонтных операций на скважине до 100 т. Выполнено развитие методики расчета бесступенчатых ГОМТ путем универсализации матричного анализа кинематики планетарных механизмов сколь угодно сложной архитектуры.

В процессе теоретического исследования построены математические модели перспективных ГОМТ с дифференциалом на входе и выходе автомобилей для РНГС при транспортном режиме движения и спуско-подъемной операции на скважине, которые учитывают характеристики

двигателя внутреннего сгорания, описывают работу лебедки, ГОМТ и взаимодействие колес с опорной поверхностью. Математическая модель ГОМТ автомобиля для РНГС построена на основании взаимосвязей кинематических, силовых и энергетических параметров ГОМТ. Определено, что: необходимая мощность двигателя находится в пределах 182–245 кВт; коэффициент полезного действия трансмиссии равен 0,76–0,89; максимальное изменение рабочего давления в гидрообъемной передаче составляет 19–20 МПа; скорость движения автомобиля составляет 37,2–40,5 км/ч; скорость подъема КТ равна 2,8–3,8 км/ч в зависимости от предложенной схемы. Основным преимуществом данных трансмиссий является то, что они способны обеспечить торможение КТ при ремонтной операции спуск. Перспективной с точки зрения параметров гидромашин и скорости спуско-подъемной операции, является схема ГОМТ с дифференциалом на выходе.

Подтверждена достоверность теоретических положений по использованию бесступенчатых ГОМТ на автомобилях для РНГС путем сравнительного анализа с экспериментальными стендовыми исследованиями. Максимальное расхождение между результатами теоретического и экспериментального стендового исследования не превышает 9,3%.

Ключевые слова: автомобиль для ремонта нефтегазовых скважин; гидрообъемно-механическая трансмиссия; транспортный режим движения автомобиля; технологический режим; структурная и кинематическая схемы; гидромашин.

Ostroverh A.O. The theoretical justification for the use of continuously variable hydrostatic-mechanical transmission in vehicles for repair of oil and gas wells. – On the rights of a manuscript.

The dissertation for obtaining a scientific degree of Candidate of Science (Technology) on the specialty 05.22.02 – automobiles and tractors. –National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Kharkiv, 2016.

The dissertation is devoted to the theoretical foundation of continuously variable hydrostatic-mechanical transmissions use in vehicles for repair oil and gas wells.

Proposed and developed fundamental structural and kinematic schemes continuously variable hydrovolumetric mechanical transmission cars for repair of oil and gas wells. Compiled complex mathematical model car for repair of oil and gas wells in the vehicle rectilinear motion and process modes "rise - descent" cargo. Analysis of the results of modeling allows the transmission to recommend the use of continuously variable hydrovolumetric mechanical transmission offered in cars for repair of oil and gas wells as more effective.

Key words: car repairs and gas wells; hydrovolumetric mechanical transmission; transport movement mode; technological regime; structural and kinematic schemes; hydromachine.



Підп. до друку «28» червня 2016 р.
Формат видання 145x215. Формат паперу 60x90/16. Папір офсет. Цифровий
друк. Гарнітура Times New Roman. Обсяг авт. арк. 0,9. Наклад 100 прим.
Зам. № 16.

Надруковано у копії-центр «МОДЕЛІСТ»
(ФО-П Миронов М.В. Свідоцтво ВО №022953)
м. Харків, вул. Мистецтв, 3 літер Б-1
Тел. 7-170-354
www.modelist.in.ua