

ЕЛЕМЕНТИ ТЕОРІЇ ГНУЧКОЇ ТРАНСМІСІЇ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ

Петров Леонід Миколайовичкандидат технічних наук, доцент
Військова академія, м. Одеса, Україна
ORCID: 0000-0001-5709-9986
leonid.petrov2@gmail.com**Кішянус Ігор Володимирович**старший викладач
Військова академія, м. Одеса, Україна
ORCID: 0000-0001-7838-5607
leonid.petrov2@gmail.com**Масліч Наталія Ярославна**кандидат технічних наук, професор
Військова академія, м. Одеса, Україна
ORCID: 0000-0001-5792-910X
leonid.petrov2@gmail.com**Скориченко Олександр Іванович**викладач
Військова академія, м. Одеса, Україна

Робочий процес кочення колісного рушія супроводжується навантаженням колісного рушія гравітаційною силою, що приводить до стискання та розтягування шини при її деформації. У статті розглянуті питання дослідження механічної системи «автомобільне колесо-пружинний реактивний поштовх» із застосуванням теореми про зміну кінетичної енергії цієї системи, загального рівняння динаміки, а також рівняння Лагранжа другого роду.

Метою дослідження є удосконалення технологічної схеми навантаження колісного рушія, перетворення енергії підведеної до колісного рушія в обертальний рух пружинного реактивного поштовху з підвищенням тягового зусилля автомобіля, який є допоміжним фактором до інноваційної технології його переміщення.

Науковий та практичний напрям роботи полягає в тому, що вперше запропонована технологія, у якій при обертанні колісного рушія застосовано енергію обертального руху механічної системи «автомобільне колесо-пружинний реактивний поштовх», яка дозволяє підвищити реалізацію крутного моменту на колісному рушії.

Методологією дослідження являлося встановити математичний зв'язок між силою, яку створює «автомобільний колісно-пружинний реактивний поштовх», з динамічною рухливістю безпосередньо автомобіля.

Результатом дослідження є розроблена конструкція автомобіля з динамічно-рухливою платформою у циклі демпфування «автомобільним колісно-пружинним реактивним поштовхом» яка працює при «фізичному дисконфорті опорної поверхні». При розкритті поняття «фізичний дисконфорт опорної поверхні» були використані диференціальні рівняння, які математично підтверджують виникнення такої поверхні в певних умовах експлуатації автомобіля. Розрахунки проводились в середовищі EXEL з дотриманням зв'язку між вхідними та вихідними параметрами. Результати досліджень були впроваджені в графічних залежностях $\eta = f(F_\psi)$, $d_m = f(i)$, $P_t = f(i)$, $F_a = f(F_\psi)$, $i = f(F_\psi)$.

Цінність проведеного дослідження, результати проведеної роботи дозволять зробити внесок в галузь автомобільного виробництва.

Запропоновано модель автомобіля придатна для використання з метою підвищення тягових можливостей транспортного засобу.

Ключові слова: фізико-математична модель, рушій, колесо, колісно-пружинний компенсатор.

DOI <https://doi.org/10.32845/msnau.2021.4.4>

1. Вступ

Тягово-зчіпні властивості мають важливе значення в експлуатації мобільних засобів, так як від них в більшості залежить його середня швидкість руху та працездатність. За підвищених значень тягово-зчіпних властивостей збільшується середня швидкість, зменшуються витрати часу на виконання робочого процесу, а також підвищується працездатність мобільного засобу.

Забезпечення реалізації тягово-зчіпних властивостей здійснює трансмісія мобільного засобу. Конструкція трансмісії мобільного засобу в значній степені визначається кількістю його ведучих мостів. Найбільшого розповсюдження отримали мобільні засоби з механічними трансмісіями, які мають два чи три мости.

Еволюція створення та розвитку механічних наземних транспортних засобів розпочалася декілька тисячо-

літь тому зі створення першого типу рушія – колісного. Рушій – це механізм, який перетворює енергію двигуна або іншого зовнішнього джерела через взаємодію з оточуючим середовищем в корисну роботу по переміщенню транспортного засобу, а в нашому випадку – зразка озброєння та військової техніки (ОВТ). На цей час існує шість найбільш розповсюджених типів рушіїв наземної техніки п'ять з яких, знайшли в тій чи іншій мірі застосування в зразках ОВТ застосування в комплексах ОВТ наземного базування провідних країн світу для врахування при розробці і закупівлі перспективних зразків ОВТ ЗС України.

Переміщення автомобіля здійснюється за допомогою колісних рушіїв, які в неповній мірі задовольняють виконання технологічних завдань в зоні наближених до бойових. Основним недоліком являється виконання вимог переміщення військового автомобіля в умовах бездоріжжя, а в деяких випадках неможливість його переміщення. Для підвищення надійності технології переміщення автомобіля в умовах бездоріжжя розробки фахівців світового рівня спрямовані на удосконалення конструкції колісного рушія.

З метою підвищення надійності переміщення військового автомобіля вітчизняного виробництва КраЗ–5233 нами було запропоновано макетний зразок цього автомобіля з модернізованими колісними рушіями.

Великі автомобілебудівні фірми випускають велику кількість вантажних шасі без кузовів. Така система дозволяє гнучко реагувати на заклади споживачів.

У США у випуску спеціалізованого вантажного транспорту розповсюджені рамні конструкції з подовженням. У Європі переважає того чи іншого типу рами по державам, дуже різноманітна. Але у цілому зарубіжні фірми представляють споживачам широку гаму спеціалізованих автомобілів, автопоїздів, які відповідають різноманітним вимогам.

Для більш ефективного використання спеціалізованого рухомого складу (СРС) необхідне постійне проведення робіт із удосконалення його техніко-експлуатаційних показників.

Основні тенденції розвитку СРС полягають у тому, що необхідно виконати наступні умови:

- Ріст корисної вантажопідйомності;
- Ріст швидкості руху;
- Збільшення коефіцієнта використання довжини

$$K_{\text{вд}} = \frac{\text{довжина рами}}{\text{довжина автомобіля}} = \frac{L_p}{L_a};$$

- Збільшення габаритної висоти рухомого складу;
- Зниження коефіцієнту спорядженої маси

$$K_m = \frac{\text{маса спорядженого автомобіля}}{\text{мама перевозимого вантажу}} = \frac{M_{\text{са}}}{M_b};$$

Підвищення питомої потужності

$$N_{\text{пм}} = \frac{\text{потужність двигуна}}{\text{повна вага}} = \frac{N_{\text{дв}}}{N_n}.$$

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Одним із напрямків розвитку конструктивно закінчених автотранспортних засобів є такі що складаються з декількох ланцюгів з'єднаних між собою різноманітними пристроями. Такі ланцюги – це частини СРС, які мають особисту траєкторію руху та можуть бути активними чи пасивними.

Як напрямок розвитку СРС може бути запропоновано СРС з активним, пасивним та комбінованим приводом, які відповідно представлено на рис. 1.

2.1 Аналіз останніх досліджень та публікацій

Трансмісія складається зі зчеплення, коробки передач, карданного вала, головної передачі та валів приводу задніх коліс. Для передачі на ведучі колеса виробляє мого двигуном крутного моменту усі компоненти трансмісії повинні працювати максимально узгоджено. Для цього вони з'єднуються один з одним системою шарнірів, валів та шестерень. У мобільного засобу (Petrov, 2014, 1–3; Petrov, 2015, с 1–3), а також аналогічно марки Mercedes двигун розвиває достатню потужність в вузькому діапазоні частоти обертання колінчастого вала. Для того, щоб Mercedes розвивав необхідне тягове зусилля передбачається коробка передач з різно – магнітними передаточними числами.

Нові трактори John Deere серії 9410R та 9460R оснащені 24 – швидкісною механічною трансмісією PowerSync або 18 – швидкісною JOHN DEERE Powershift із системою Efficiency Manager, яка є стандартною для всіх гусеничних тракторів і більш потужних колісних моделей. Завдяки простому натисканню кнопки відбувається плавне, без розриву потоку потужності переключання передач.

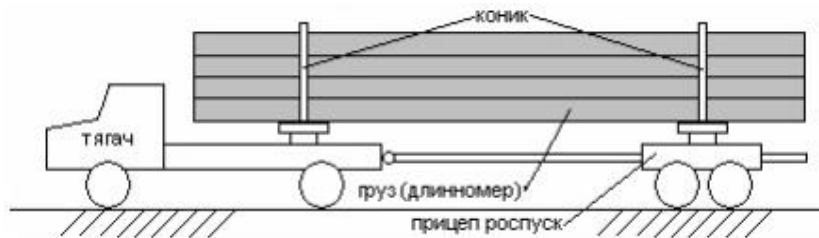
Система Efficiency Manager дає можливість оператору чітко контролювати швидкість руху (на всіх моделях до 40 км/год.), легко та просто встановлюючи її для польових і транспортних робіт. Для цього досить просто переключити швидкість за допомогою спеціального коліщатка на важелі переключання передач.

У найбільш широко використовуваному робочому діапазоні від 4,8 до 12,9 км/год. міститься 10 передач, а інтервал зміни швидкості становить 0,8 км/год. Рівномірний розподіл передаточних чисел дає змогу двигуну працювати в оптимальному діапазоні частоти обертів колінчастого вала, а це, у свою чергу, гарантує найбільш економну витрату палива.

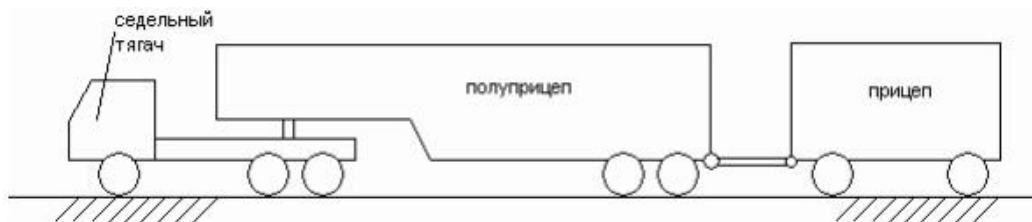
Завдяки PowerSync і PowrShift можна досягти підвищення паливної економності та оптимізації продуктивності. Трансмісія змінює навантаження на двигун, автоматично здійснює вибір передачі для рушання трактора з місця та рух на відповідній швидкості під час виконання польових або транспортних операцій.

Максимальна транспортна швидкість для колісних моделей становить 40 км/год., а для гусеничних – 35 км/год.

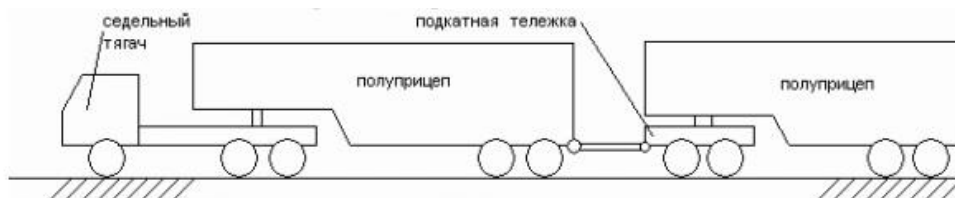
На моделях тракторів 9510R та 9560R у планетарному механізмі встановлено абсолютно новий двосторонній редуктор, що дає змогу працювати швидше.



а.



б.



в.

Рис. 1. Схеми вантажних автомобілів: а – СРС з активним приводом; б – СРС з пасивним приводом; в – СРС з комбінованим приводом

Це знижує навантаження на всю трансмісію в цілому, особливо на внутрішні складові та на зубчастий вінець і шестерню, а також збільшує надійність і довговічність трансмісії.

Трактори Deutz – Fahr мають нову трансмісію Sense-Shift, яка встановлена на тракторах 6-ї серії, – величезний крок вперед з точки зору комфорту управління та продуктивності. Система перемикання під навантаженням була перероблена, починаючи з коробки передач і закінчуючи важелем перемикання передач, для швидкої та зручної зміни швидкостей. Але справжнім проривом можна вважати те, що з трансмісією Sense-Shift перемикання передач пристосовується до особливостей конкретної роботи. Для водія це абсолютно нове сприйняття, оскільки він відчуває лише легке коливання при переході на наступний ступінь. Крім того, додається нова функція Sense Clutch (чутливе зчеплення), яка дає змогу водієві згладжувати потік потужності.

Щоб гарантувати стабільність роботи трактора при оранці або на транспортних роботах, оптимізовано управління трансмісією: електроніка керує підключенням повного приводу і блокуванням диференціалу залежно від швидкості руху та кута повороту коліс.

Трансмісія має 6 діапазонів, кожен із 4 передачами, що перемикаються під навантаженням. Таким чином, передбачено по 24 швидкості в кожному напрямку руху з можливістю встановлення ходозменшувача, доступ-

ного для чотирьох найнижчих діапазонів, що загалом становить 40 + 40 швидкостей.

Широке перекриття передач дає змогу зберігати один діапазон в різних умовах роботи, в той час як зміна передач всередині одного діапазону автоматично регулюється стандартною функцією, яка є в кожній моделі.

Трактори Р-версії обладнані автоматичною трансмісією, коли система електронного контролю вибирає відповідні передачі в кожному діапазоні, оптимізуючи продуктивність двигуна і скорочуючи витрату палива.

Трактори Lamborghini серій R8, R7, R6 та R5 мають автоматичну трансмісію «PowerShift» з автоматичним перемиканням. Автоматичною коробкою передач керує електронний блок, який вибирає без оптимальну передачу у відповідності до поточних значень навантаження і частоти обертання колінчастого валу в конкретний момент часу. Перемикання передач в серії R8 здійснюється автоматичного під навантаженням без розриву потоку потужності, що дозволяє оператору бути повністю зосередженим на роботі (Vikovich, Cherevko, Zinko, 2018, 166; Zinko, Kraiyunik, Gorbaiy, 2019, 256; Kubich, 2020, 195).

3. Мета та завдання дослідження

Мета: Удосконалення технології передачі крутного моменту від двигуна до колісних рушіїв шляхом створення нової конструкції трансмісії мобільного енергетичного засобу.

Завдання: Розробити конструкторсько-технологічну конструкцію тягового засобу з всюдихідними колісними рушіями.

Викладення нового матеріалу

Спосіб «Гвинторух» переміщення мобільного засобу (рис. 2) здійснюють таким чином: від двигуна 1 крутний момент за допомогою зчеплення 2 передається гвинтовому валу 3. Гвинтовий вал 3 за допомогою втулок 4 та 5, підшипників 6 та 7, кільця 8 та 9 і вертикальних стійок 10, 11 встановлених на осі 12, 13 коліс 14, 15. На колесах 14, 15 закріплений зубчастий вінець 16, 17. На вертикальних стійках 10 і 11 за допомогою осей 18 і 19 рухомо закріплені фігурні важелі 20 і 21.

До кільця 8 та 9 приєднані пружини стиснення 22 і 23. На втулці 4 виконано вмикач 24, а на втулці 5 виконані зубці 25 і 26. У кільці 9 виконано отвори 27 та 28 в яких встановлені осі 29 і 30. На осях 29, 30 рухомо закріплено стопорні важелі 31 і 32. На осі гвинтового вала 3 закріплено вмикач 33.

Спосіб «Гвинторух» переміщення мобільного засобу здійснюється таким чином. Від двигуна 1 за допомогою зчеплення 2 крутний момент передається гвинтовому валу 3. Гвинтовий вал 3 обертаючись разом з втулкою 4 та відносно втулки 5, внутрішня поверхня якої виконана у вигляді різьбової поверхні і дотичної поверхні гвинтового вала 3 створює осьову силу в напрямку руху мобільного засобу. Втулка 4 та 5 за допомогою підшипників 6 та 7 закріплені у кільцях 8 і 9. До кільця 8 та 9 приєднанні пружини 22 та 23 які при дії осьової сили стискаються. Від кільця 9 осьова сила F за допомогою стойки 11 передається осі 13. Таким чином колеса 14 і 15 обертаючись на осях 12 і 13 переміщують мобільний засіб. Фігурні важелі 20 і 21 віддаляються зубчастими вінцями 16 і 17 повертаючись на осях 18 і 19, та не дозволяють мобільному засобу переміщуватись у зворотному напрямку. Відстань між осями 12 і 13 скорочується до моменту коли вмикач 24 поверне стопорний важіль 31 та роз'єднає втулку 5 від кільця 9 які до цього моменту поєднували одне ціле. З цього моменту стиснуті пружини 22 і 23 за допомогою втулки 4 вертикальної стійки 10 обертаючи колесо 14 відносно осі 12. Таким чином відстань між осями 12 та 13 збільшується до моменту коли вмикач 33 не поверне стопорний важіль 32 на осях 29 і 30. З цього моменту втулка 5 та кільце 9 складають одне ціле. Процес укручування гвинтового вала 3 у різьбову втулку 5 повторюється.

Як один із варіантів способу переміщення мобільного засобу запропонована конструкція МЕЗ з удосконаленою трансмісією.

Гвинтова передача енергії від двигуна до колісних рушіїв (рис. 3) складається з таких основних частин: двигуна 2 від якого крутний момент за допомогою зчеплення передається гвинтовому валу 15. На гвинтовому валу закріплені втулки 6 та 11, підшипники 5 та 12, кільця 4 і 9 та вертикальна стійка 25, встановлена на осі 20 колеса 23. На колесі 23 закріплені зубчасті вінці 21, 22. На вертикальній стійці 25 за допомогою осей рухомо закріплені фігурні важелі 24.

До кільця 4 та 9 приєднані пружини стиснення 3. На втулці 6 виконано вмикач, а на втулці 11 виконані зубці 7 і 14. В кільці 9 виконано отвори в яких встановлені осі 10. На осях 10 рухомо закріплено стопорні важелі 8 та 13. На осі гвинтового вала 15 закріплено вмикач 16.

Гвинтова передача енергії від двигуна до колісних рушіїв здійснюється таким чином. Від двигуна 2 за допомогою зчеплення крутний момент передається гвинтовому валу 15. Гвинтовий вал 15 обертаючись разом з втулкою 6 та відносно втулки 11, внутрішня поверхня якої виконана у вигляді різьбової поверхні і дотичної поверхні гвинтового вала 15 створює осьову силу в напрямку руху мобільного засобу. Втулка 6 та 11 за допомогою підшипників 12 та 5 закріплені у кільцях 4 і 9. До кільця 4 та 9 приєднанні пружини 3 які при дії осьової сили стискаються. Від кільця 11 осьова сила F за допомогою стойки 25 передається осі 20. Таким чином колеса 27 і 23 обертаючись на осях 26 і 20 переміщують мобільний засіб. Фігурні важелі 24 виконанні як одне ціле віддаляються зубчастими вінцями 21 або 22 в залежності від

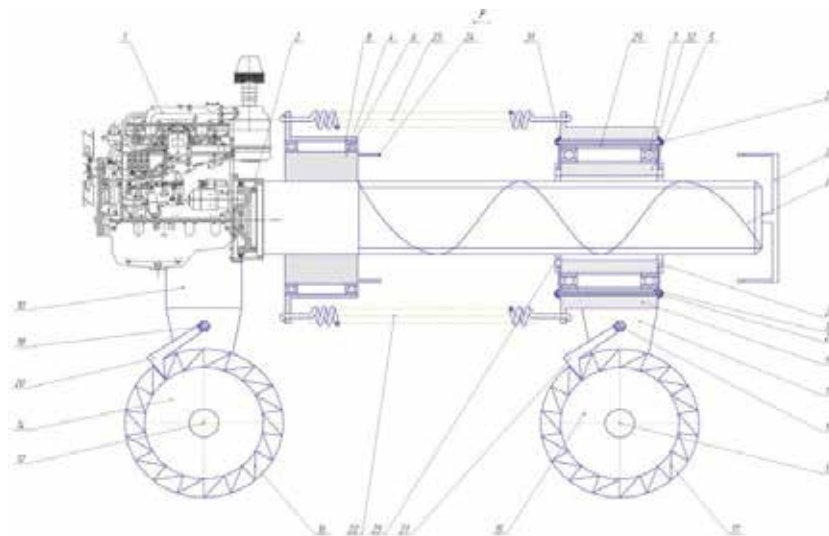


Рис. 2. Спосіб «Гвинторух» переміщення мобільного засобу.

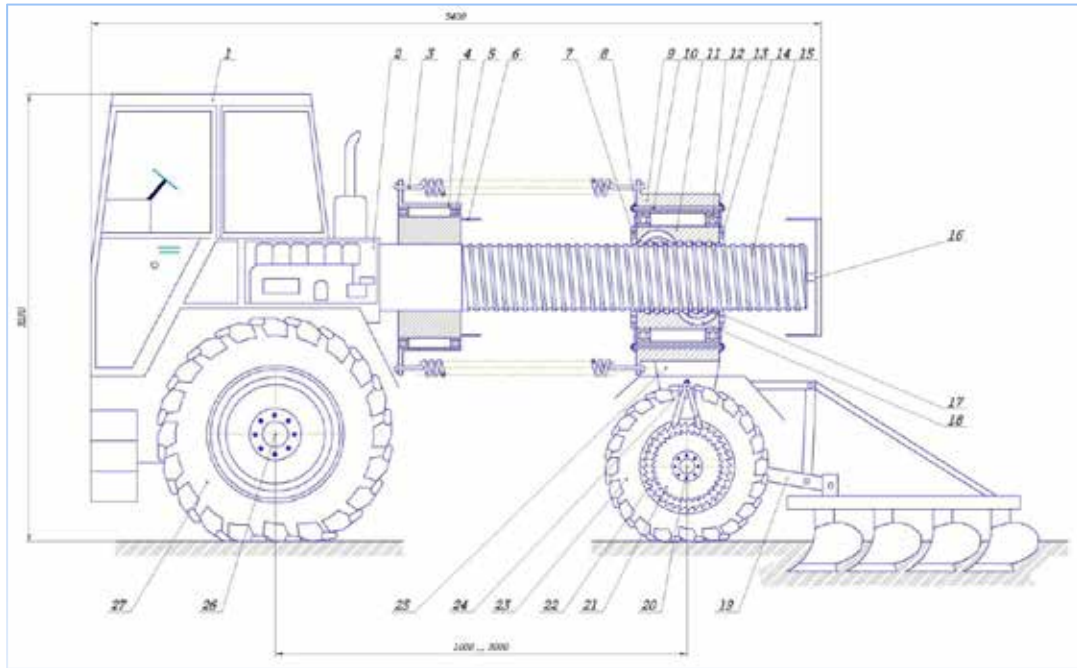


Рис. 3. Гвинтова передача енергії від двигуна до колісних рушіїв МЕЗ

1 – кабіна; 2 – двигун; 3 – пружина стиснення; 4,9 – кільця; 5,12 – підшипники; 6,11 – втулки; 7,14 – зубці; 8,13 – стопорні важелі; 10 – осі; 15 – гвинтовий вал; 16 – вмикач; 17 – шарики кочення; 18 – канали; 19 – зчіпка; 20,26 – осі кріплення коліс; 21,22 – зубчасті вінці; 23,27 – колеса; 24 – фігурні важелі; 25 – вертикальна стійка.

напрямку руху МЕЗ (якщо один із важелів знаходиться в зачепленні із зубчастим вінцем то інший ні) повертаються на осях, та не дозволяють мобільному засобу переміщуватись у зворотному напрямку. Відстань між осями 20 і 26 скорочується до моменту коли вмикач на втулці 6 поверне стопорний важіль 8 та роз'єднає втулку 11 від кільця 9 які до цього моменту поєднували одне ціле. З цього моменту стиснуті пружини 3 за допомогою втулки 6 обертають колесо 27 відносно осі 26. Таким чином відстань між осями 26 та 20 збільшується до моменту коли вмикач 16 не поверне стопорний важіль 13 на осях 10. З цього моменту втулка 11 та кільце 9 складають одне ціле. Процес укрупнення гвинтового вала 15 у різбову втулку 11 повторюється (Petrov, 2014, 1–3; Petrov, 2015, с 1–3).

4. Матеріали та методи досліджень

4.1. Результати дослідження гвинтової передачі енергії від двигуна до колісних рушіїв МЕЗ:

Згідно з розробленою конструкцією мобільного засобу «Гвинторух» при передачі крутного моменту від двигуна до гвинтового вала створюється передаточне відношення:

$$i = \frac{S}{S_1} a; \quad (1)$$

де S – колове переміщення маховика двигуна; S_1 – переміщення гвинтового вала.

У формулі (1) колове переміщення маховика двигуна та переміщення гвинтового вала представляємо у вигляді геометричних параметрів:

$$i = \frac{\pi \cdot d_m}{P_t} \quad (2)$$

де d_m – діаметр маховика двигуна;
 P_t – хід гвинта.

Для розробленого мобільного засобу «Гвинторух» важливо ввести силові показники, які сприяють його переміщенню.

У такому випадку залежність між коловою силою F_t на маховику двигуна та осьовою силою F_a переміщення мобільного засобу представимо у вигляді:

$$F_t = f_a \cdot i \cdot \eta, \quad (3)$$

де η – ККД гвинтової пари.

Змінні параметри для розрахунків заносимо в таблицю 1.

В результаті розрахунків в середовищі Excel по формулі (2) отримали данні, які заносимо в таблицю 2.

Для обчислення залежності колового зусилля F_t від осьового зусилля F_a по формулі (3) були отриманні данні, які заносимо в таблицю 2.

Згідно з даними, які наведені в таблиці 1 та таблиці 2, будемо графіки залежностей:

На рис. 4 наведено результати випробувань навантаження колісного рушія, згідно з розрахунковими значеннями, які відображені в таблиці 1 та таблиці 2.

На рис. 5 а. загальний вигляд автомобіля з енерго-резонаторною міжмостовою насадкою, на рис. 5 б. мобільний енергетичний засіб з енерго-резонаторною міжмостовою насадкою при відсутності руху (дискомфорт опорної поверхні), на рис. 5 в. мобільний енергетичний засіб з енерго-резонаторною міжмостовою насадкою в динаміці (початок руху).

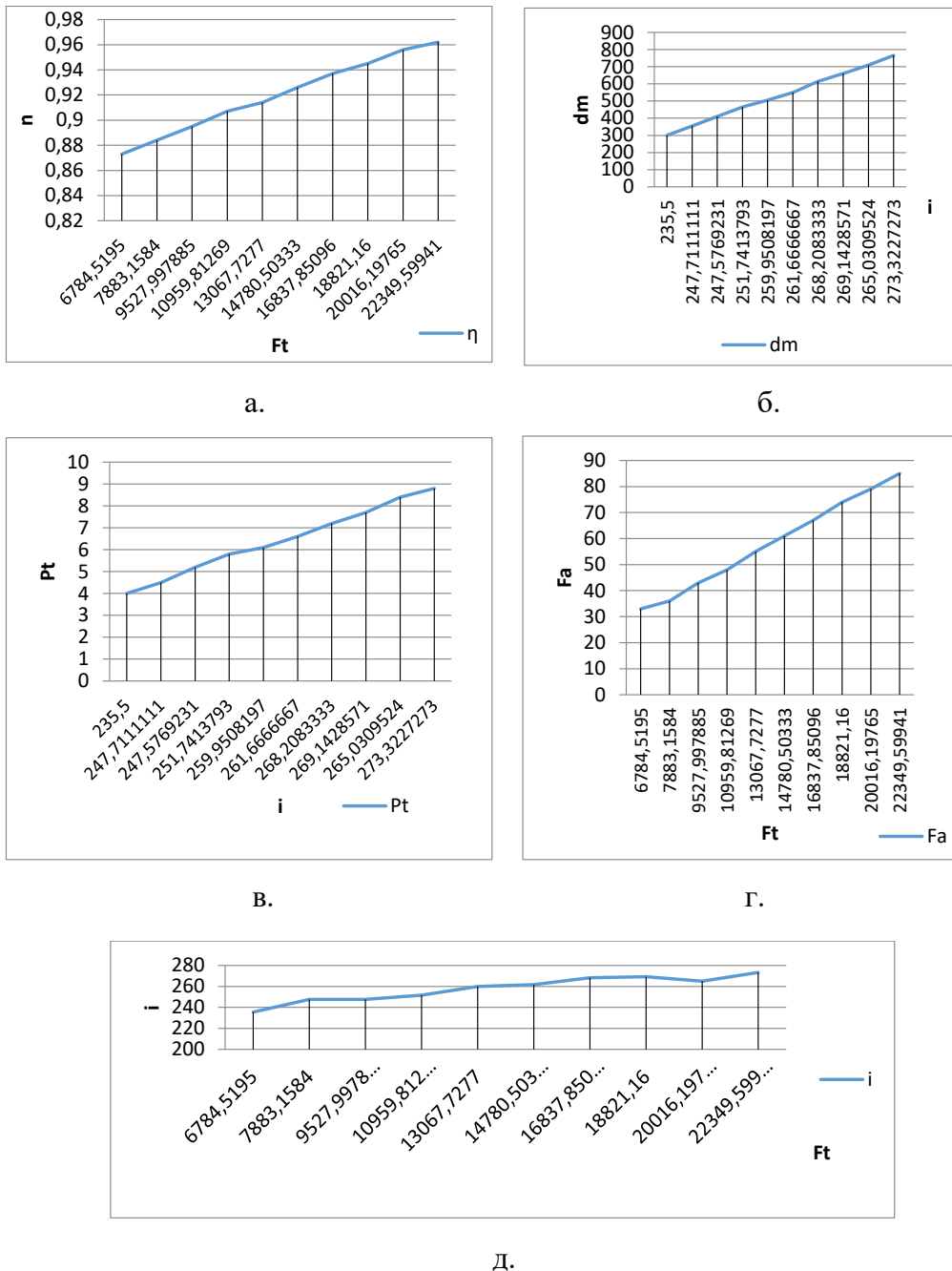


Рис. 4. Результати випробувань навантаження колісного рушія:

а–графік залежності ККД гвинтової передачі від колового зусилля $\eta = f(F_t)$; б–графік залежності діаметра маховика від передаточного відношення $d_m = f(i)$; в– графік залежності ходу гвинта від передаточного відношення $P_t = f(i)$; г–графік залежності осьового зусилля від колового зусилля $F_a = f(F_t)$; д– графік залежності передаточного відношення від колового зусилля $i = f(F_t)$.

Таблиця 1

Змінні параметри

η	0,873	0,884	0,895	0,907	0,914	0,926	0,937	0,945	0,956	0,962
dm	300	355	410	465	505	550	615	660	709	766
P_t	4	4,5	5,2	5,8	6,1	6,6	7,2	7,7	8,4	8,8
F_a	33	36	43	48	55	61	67	74	79	85

Таблиця 2

Результати розрахунків

i	235,5	247,71	247,58	251,74	259,95	261,67	268,21	269,14	265,03	273,32
F_t	6784,5	7883,2	9528	10960	13068	14781	16838	18821	20016	22350

Теоретичне дослідження автомобіля з енерго-резонаторною міжмостовою насадкою.

З метою опису руху автомобіля з енерго-резонаторною міжмостовою насадкою складаємо його рівняння руху, рис. 5. а. Для складання цього рівняння автомобіля з енерго-резонаторною міжмостовою насадкою замінемо ролики 15 та 16 одним та припустимо, що технологічна вага m буде рухатись по гнучкій напрямній 14 (Vikovich, Cherevko, Zinko, 2018, 166; Zinko, Kraiynik, Gorbaiy, 2019, 256; Kubich, 2020, 195).

Зобразимо активні сили:

P – вага технологічної платформи

P_t – сила тяги, яка діє від штока 7. Вивільнимо точку M від зв'язків, заміненою чи дію зв'язків реакцією. Зв'язком являється шорсткість гнучкої напрямної 14. Реакцію гнучкої напрямної розкладаємо на дві складові:

X – нормальна складова та F – дотична складова (сила тертя, ковзання).

Пов'яжемо з технологічною платформою вісі координат. Тоді диференціальне рівняння руху технологічної платформи у звичайній формі буде мати вигляд:

$$m = \frac{d\theta}{dt} = R_\tau, \quad m \frac{\theta^2}{r} = R_n \quad (4)$$

У векторній формі рівняння руху буде мати вигляд:

$$R_\tau = P_\tau + F_\tau + N_\tau + P_{T\tau} \quad (5)$$

$$R_n = P_n + F_n + N_n + P_{Tn} \quad (6)$$

Після математичних перетворень рівнянь (4) отримуємо загальне рішення диференціального рівняння руху технологічної платформи та автомобіля, яке буде мати вигляд:

$$V^2 = e^{-2\varphi+c} + A \cos \varphi + B \sin \varphi \quad (7)$$

Для визначення вільної постійної c складаємо початкові умови:

При прийнятих початкових умовах:

$$t = 0; \varphi(0) = 0; V(0) = 0$$

Після підставлення початкових умов руху автомобіля у рівняння (2.12), отримуємо:

$$-A = e^c$$

Тоді остаточне рівняння руху автомобіля приймає вигляд:

$$V^2 = -A_e^{-2\varphi} + 2fg \cos \varphi + 2g \sin \varphi$$

$$V^2 = -2gfe^{-2\varphi} + 2fg \cos \varphi + 2g \sin \varphi$$

5. Результати досліджень

Проект автомобіля з енерго-резонаторною міжмостовою насадкою

5.1. Опис конструкції автомобіля з енерго-резонаторною міжмостовою насадкою

З метою підвищення ККД трансмісії автомобіля та зменшення витрат палива на переміщення завантаженого автомобіля запропоновано спосіб переміщення автомобіля «Верблюд» Л.М. Петрова, який виконувався на модернізованій трансмісії, автозаводу України, автомобілі КрАЗ-5233.

На рисунку 11 показано креслення автомобіля з модернізованою трансмісією у нерухомому стані. Спосіб переміщення автомобіля «Верблюд» включає: двигун 1, колісні рушії 2, привід 3 до колісних рушіїв 2. До напіврама 4 приєднано циліндр 5 в якому з можливістю переміщення розташований поршень 6 зі штоком 7. У циліндрі 5 між торцевою стінкою 8 та поршнем 6 розташована пружина стиснення 9. Пружний елемент 10 одним кінцем за допомогою елемента, що з'єднує 11 закріплено на штоку 7 та підрамником 12, а другим кінцем хомутом 13 приєднано до циліндра 5. На пружному елементі 10 закріплено гнучку напрямну 14. В напрямній 14 з можливістю переміщення на роликах 15 та 16 розташовані циліндри 17 та 18, які закріплено на гравітаційній вазі 19. У циліндрі 17 розташовані отвори 20 і 21, а у циліндрі 18 розташовані отвори 22 та 23 при цьому отвір 20 з'єднано з отвором 23, а отвір 21 з'єднано з отвором 22. До підрамника 12 приєднано з можливістю обертання колесо 24.

Спосіб переміщення автомобіля «Верблюд» Л.М. Петрова виконують таким чином. Під час переміщення автомобіля від двигуна 1 приводом 3 подають крутний момент колісним рушійам 2. Автомобіль починає рухатись. При цьому виконують наступні операції. Напівраму 4 разом з циліндром 5 переміщують у напрямку руху автомобіля, а шток 7 разом з підрамником 12 та колесом 24 пружиною стиснення 9 пригальмовують рух колеса 24 разом з'єднуючим елементом 11 закріпленим на штоку 7 та підрамнику 12. Пружина стиснення 9 розтягується, пружний елемент 10 деформується у зворотному напрямку під дією гравітаційної ваги 19. Гравітаційна вага 19 під дією інерційної складової переміщується на роликах 15 та 16 по напрямній 14 відслідковує переміщення випуклості пружного елемента 10 в зворотному напрямку по відношенню до напрямку руху автомобіля. Таким поєднанням взаємопов'язаних операцій між колісними рушійми 2 та підтримуваними колесами 24 накопичується потенційна енергія (Gorbaiy, Zinko, Kernickiy, 2017, 18–25).

На рис. 6. представлено графічне відображення руху автомобіля по способу «Верблюд».

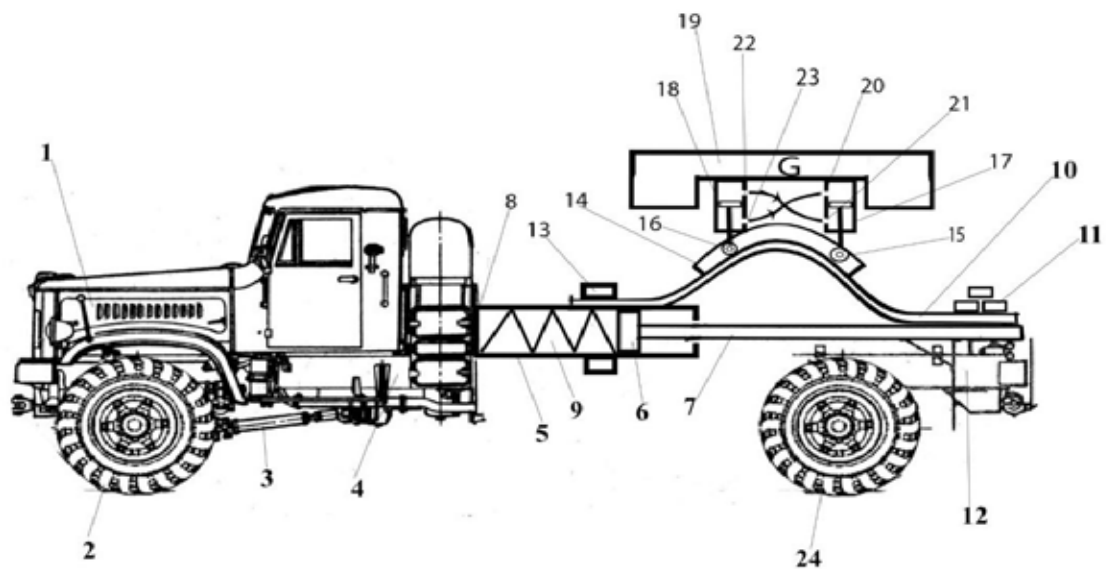
6. Висновки

В результаті проведених досліджень автомобіля з модернізованими колісними рушійми:

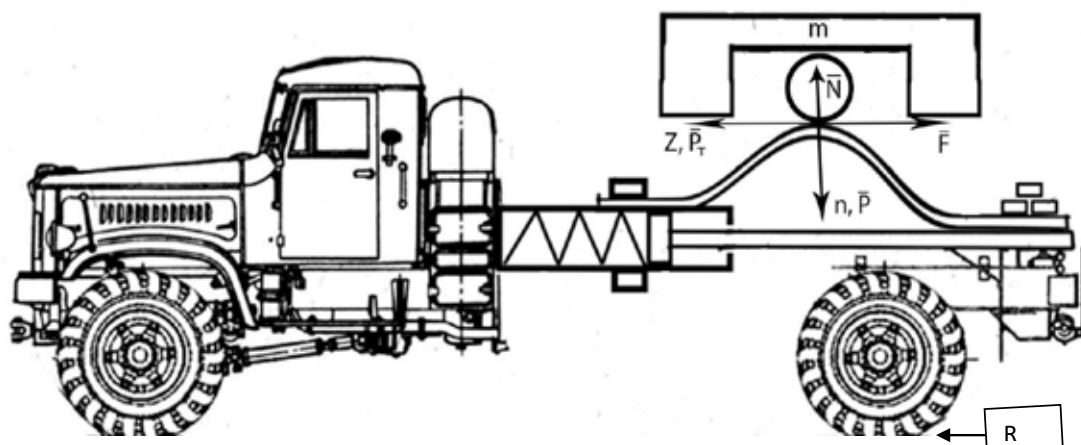
1. Проведений патентний пошук напрямків модернізації колісних рушіїв в конструктивному удосконаленні ходової системи вантажних автомобілів з застосуванням накопиченої потенціальної енергії з перетворенням її в рух автомобіля.

2. Для модернізації колісного рушія запропоновано в зону плями контакту та виходу з неї включити рухому вагу в межах підйомовантажності автомобіля (10000Н–0000Н), яка діє на гнучкий елемент включений до трансмісії вантажного автомобіля.

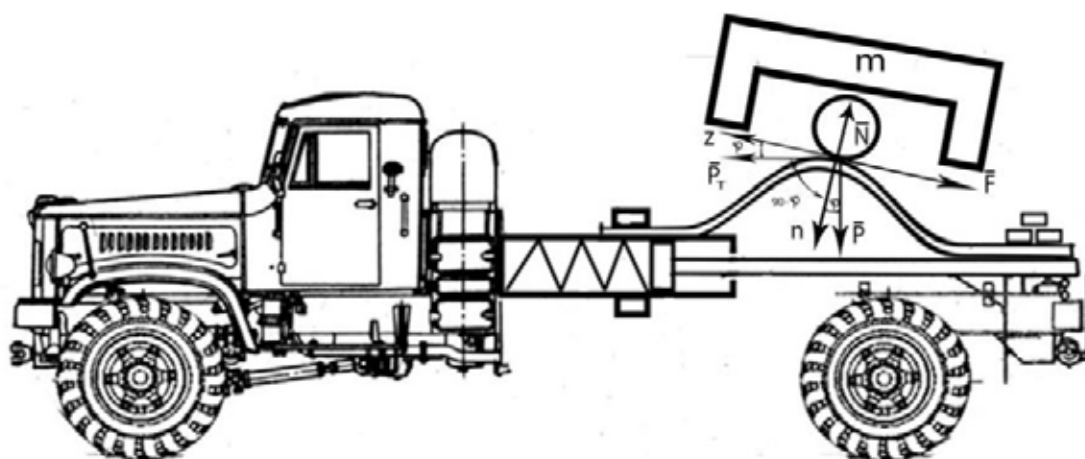
3. Проведені досліди на полігоні ОФ НАТІ виявили перевагу модернізованих колісних рушіїв в порівнянні з існуючими в силі тяги на 15%



а.



б.



в.

Рис. 5. Схема вантажного автомобіля, які підлягали дослідженню:

а– загальний вигляд автомобіля з енерго-резонаторною міжмостовою насадкою; б– мобільний енергетичний засіб з енерго-резонаторною міжмостовою насадкою при відсутності руху (дискомфорт опорної поверхні); в– мобільний енергетичний засіб з енерго–резонаторною міжмостовою насадкою в динаміці (початок руху).

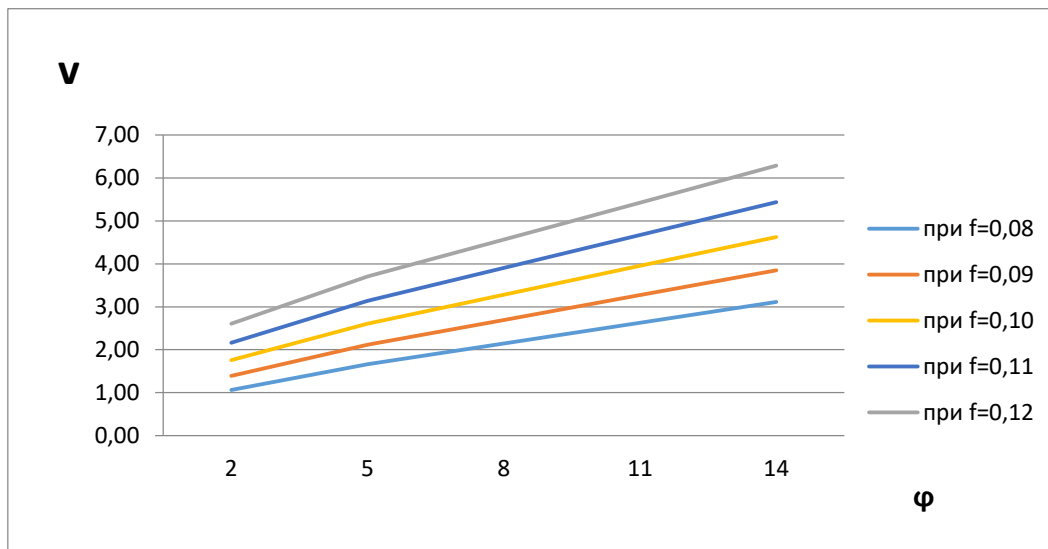


Рис. 6. Графічне відображення руху автомобіля по способу «Верблюду»

4. По результатам дослідів було побудовано графічні залежності руху автомобіля від кута нахилу гнучкого елемента (15–35°).

5. По результатам проведених досліджень було оформлено матеріали на декларативний патент і які було направлено до Укрпатенту.

Бібліографічні посилання:

- Petrov L.M. (2015) Sposib peremischennia mobilnogo energetichogo zasobu [Method of moving a mobile energy supply] Kyiv: Bul. № 1 (in Ukrainian).
- Petrov L.M. (2014) Sposib peremischennia mobilnogo zasobu [Method of moving a mobile energy supply] Kyiv: Bul. № 1 (in Ukrainian).
- Gorbaiy O.Z., Zinko R.V., Kernicki I. S (2017) Prostorovi sektsiini moduli kolisnykh transportnykh zasobiv: Visnyk Natsionalnogo universitetu «Lvivska politehnika» Seriya: DYNAMIKA, mitsnist ta konstruktsiia mashyn i pryistroiv [Spatial sectional modules of wheeled vehicles. Bulletin of the National University of "Lviv Polytechnic" Series: Dynamics, Strength and Design of machines and devices] Lviv: № 866. p. 18–25. (in Ukrainian).
- Vikovich, I.A., Cherevko Y.M., Zinko R.V. (2018) Znizhennia dyynamichnykh navantazhen u vantazhykh kolisnykh mashinah iz pruzho-dempfuvalnym zchlenuvanniam [Reduction of dynamic loads in wheeled trucks with elastic-damping joint]: monograph. of Lviv: Galician Publishing, 166 c. (in Ukrainian).
- Zinko R.V., Kraiynik L.V., Gorbaiy (2019) O.Z. Osnovy konstruktivnogo sintezu ta dyynamika spetsialnykh avtomobiliv i tekhnologichykh mashyn [Basics of constructive synthesis and dynamics of special cars and technological]: monograph. of Lviv: Publishing house Lviv Polytechnic, 256 p. (in Ukrainian).
- Kubich V.I. (2020) Osoblivosti konstruktsii vsydykhidnykh kombinovanykh kolisnykh rushiiv [Design features of all-terrain combined wheeled engines]: textbook. Zaporizhia: National University "Zaporizhia Polytechnic", 195 c. (in Ukrainian).

Petrov L. M., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Military Academy, Odessa, Ukraine

Kishianus I. V., Senior Lecturer, Military Academy, Odessa, Ukraine

Maslich N. Ya., Candidate of Technical Sciences, Professor, Military Academy, Odessa, Ukraine

Skorichenko O. I., Teacher, Military Academy, Odessa, Ukraine

ELEMENTS OF THE THEORY OF FLEXIBLE TRANSMISSION OF TRUCKS

The working process of wobbling of wheeled *pyuшя* is accompanied by loading of wheeled wheelby gravitational force that results in a clench and stretch of tire during her deformation. In the article the considered questions of research of the mechanical system "motor-car resilient element reactive push" are with the use of theorem about the change of kinetic energy of this system, general equalization of dynamics, and also equalization of Lagrange the second family.

The aim of the study is to improve the technological scheme of loading the wheel drive, converting the energy supplied to the wheel drive into the rotational motion of the spring jet with increasing traction of the car, which is an auxiliary factor to innovative technology of its movement.

The scientific and practical direction of work is that for the first time a technology is proposed in which the energy of rotational motion of the mechanical system "car wheel-spring jet" is used to rotate the wheel drive, which allows to increase the realization of torque on the wheel.

The methodology of the study was to establish a mathematical relationship between the force generated by a "car wheel-spring jet" with the dynamic mobility of the car itself.

A research result is the worked out construction of car with a dynamically movable platform in the loop of damping a "motorcar wheelspring reactive push" that works at "physical discomfort of underlayment". At opening concepts "physical discomfort of underlayment" were used differential equalizations that mathematically confirm the origin of such surface in certain external of car environments. Calculations were performed in an environment EXEL with respects to the relationship between input and output parameters. The results of the research were implemented in graphical dependencies $\eta = f(F_v)$, $d_m = f(i)$, $P_t = f(i)$, $F_a = f(F_v)$, $i = f(F_v)$.

The value of the study, the results of this work will contribute to the automotive industry.

The proposed car model is suitable for use in order to increase the traction capacity of the vehicle.

Key words: physical and mathematical model, propulsion, wheel, wheel-elastic compensator.

Дата надходження до редакції: 09.12.2021 р.