

Гончар М.О., к.т.н., професор, Національний транспортний університет
Мусійко В.Д., д.т.н., професор, Національний транспортний університет
Ніколаєнко В.А., інженер, Національний транспортний університет,
nikvolia@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ТРАНСМІСІЇ МОБІЛЬНОЇ ЗЕМЛЕРИЙНОЇ МАШИНИ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ OPENMODELICA

Державна цільова програма розвитку озброєння та військової техніки до 2020 року, що затверджена Указом Президента України від 22 березня 2017 року, за напрямом розвитку засобів інженерного озброєння ставить задачі з модернізації існуючих та створення нових землерийних машин, що мають працювати в екстремальних умовах. Основні вимоги щодо створення землерийних машин: забезпечення швидкостей транспортного переміщення своїм ходом не менше 60 км/год, максимальна продуктивність виконання фортифікаційних робіт по спорудженню траншей повного профілю - до 300 пог.м/год. Згідно цієї програми створюється землерийна машина на базі вітчизняного серійного автомобіля-шасі підвищеної прохідності КрАЗ-5233НЕ. Вказаний автомобіль використовується для монтажу установок промислового призначення, а також спеціальних надбудов з технологічним обладнанням. Поєднання автомобіля-шасі та ґрунторозробного робочого органу має проводитися за критеріями ваги, потужності, транспортних та робочих швидкостей. Це, на нашу думку, недостатньо і потребує більш детального аналізу. Тут трансмісія автомобіля і його двигун стикаються з іншим типом зовнішніх навантажень, що не передбачені розрахунками відповідних вузлів заводом-виробником автомобілів.

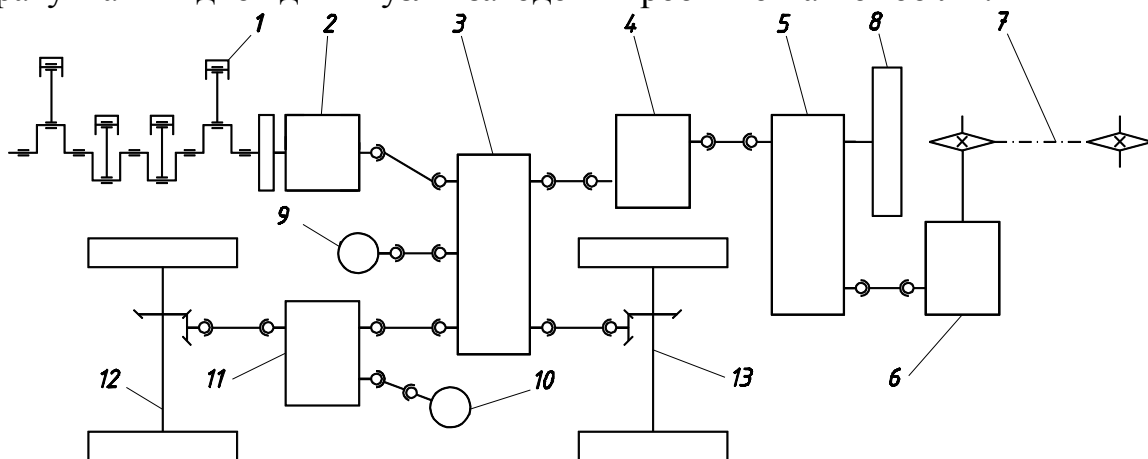


Рисунок 1 – Принципова схема землерийної машини ПЗМ 3.01

До складу землерийної машини, рис.1., входять: двигун 1, коробка передач 2, міжосьовий диференціал 3, карданні передачі, проміжний редуктор - опора 11 та ведучі мости 12 і 13. Міжосьовий диференціал 3, окрім функцій по розділенню потужності, відключає силовий потік від ведучих мостів і направляє його левову частину на привод ґрунторозробного робочого органу та привід гідронасоса 9 ходозменшувача. Від гідродозменшувача (насос 9-

гідромотор 10) через проміжний редуктор – опору 11, в режимі копання ґрунту забезпечується привод ведучих мостів шасі. Ґрунторозробне робоче обладнання, що приводиться в роботу безпосередньо від двигуна 1 через роздаточну коробку 3, складається з ланцюгового робочого органу 7, металника 8, двох редукторів 4, 6, та роздаточної коробки 5.

Типовими задачами динаміки механічних трансмісій автомобілів є визначення параметрів коливань, що виникають в результаті взаємодії приводних коліс з поверхнею дороги та в результаті взаємодії трансмісії з гармонічними складовими крутного моменту двигуна [1]. Розрахунковими коливальними процесами в трансмісії автомобіля є: перехідні, що виникають під час зрушення з місця, пробуксовування ведучих коліс та переключення передач; низькочастотні до 20 Гц від дії нерівностей мікропрофіля; високочастотні коливання в діапазоні 20-250 Гц від двигуна. В землерийній машині, що обладнана ланцюговим робочим органом, мають місце коливання зовнішніх навантажень з діапазоном частот: зачеплення ланок тягового ланцюга з зубцями зірочки 10-16 Гц; входу різців в забій 6-10 Гц; входу лопаток металника в ґрунт 25 Гц. Особливо небезпечними слід вважати низькочастотні коливальні процеси з великою амплітудою, що виникають внаслідок взаємодії ґрунторозробного робочого органу з ґрунтом.

Розв’язок задач та побудова математичної моделі дискретної динамічної системи землерийної машини проводився засобами мови програмування Modelica [3]. Openmodelica - вільно розповсюджений програмний комплекс, що базується на використанні об’єктно-орієнтованої мови програмування, симуляції, оптимізації та аналізу складних динамічних систем.

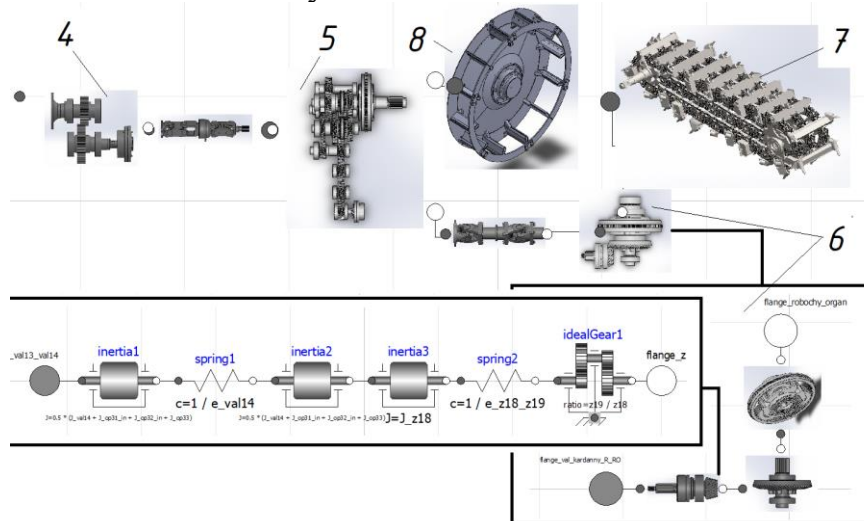


Рисунок 2 – Компонентна динамічна модель землерийного робочого обладнання

Основними елементами, що задіяні при побудові дискретної динамічної моделі (рис.2), є компоненти стандартної бібліотеки класів Modelica.Mechanics.Rotational.Components: інерційного елемента “inertia”, пружного елемента “spring”, зубчастої передачі “idealGear”. Перевагами компонентного моделювання є зручність запису диференціальних рівнянь руху

елементів системи, близькість структури до реальної механічної системи, простота складання математичної моделі.

Результатами досліджень є параметри вимушених резонансних та нерезонансних коливань, коефіцієнт динамічності, амплітуди змінних напружень елементів трансмісії машини. Величини та діапазони зміни в часі вказаних параметрів необхідно врахувати в процесі проектування машини, маючи за мету створення високоефективної, і саме головне, надійної конструкції землерийної машини.

Одним з результатів також є визначення величин крутного моменту на валах трансмісії приводу, що корелюється з осцилограмою заміру крутного моменту (рис.3).

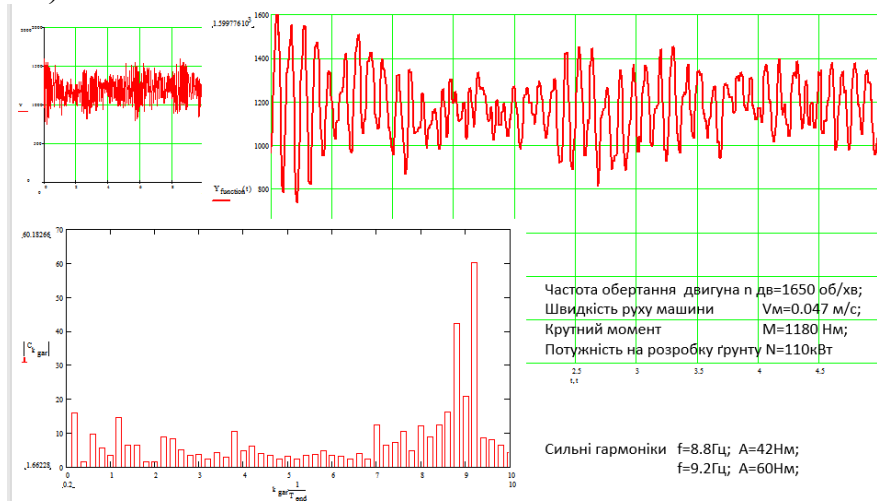


Рисунок 3 – Типова осцилограма зміни крутного моменту в трансмісії приводу ґрунторозробного робочого органу та його АЧХ.

Висновки:

1. В результаті дослідження створено динамічну та математичну моделі крутильних коливань механічної системи двигун-трансмісія автомобіля-ґрунторозробне робоче обладнання.
2. Проведено якісний аналіз власних та вимушених крутильних коливань, а саме: визначені резонансні частоти коливань, амплітуди коливань мас при резонансі, параметри нерезонансних вимушених крутильних коливань в режимі усталеного руху.
3. За результатами досліджень вимушених крутильних коливань визначено коефіцієнт динамічності, з рекомендаціями щодо його врахування під час проектування машини.

Література

1. Гришкевич А. И. Проектирование трансмиссий автомобилей. Справочник/ А. И. Гришкевич. – Москва: Машиностроение, 1984. – 272 с.
2. Волков Д. П. Надежность роторных траншейных экскаваторов / Д. П. Волков, С. Н. Николаев, И. А. Марченко. – Москва: Машиностроение, 1972. – 208 с.
3. <https://www.modelica.org/>