

УДК 629.3

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОГО
ПОВОРОТА КАРЬЕРНОГО САМОСВАЛА
С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА
OPTIMIZATION OF THE PARAMETERS
OF HEAVY-DUTY DUMP TRUCK SKID STEERING
WITH GENETIC ALGORITHM APPLICATION**

А.Н. Колесникович, А.Г. Выгонный, канд. техн. наук,

А.А. Гончарко, Алексей Л. Кравченко

ГНУ «Объединенный институт машиностроения Национальной
академии наук Беларуси», г. Минск, Беларусь

A. Kolesnikovich, A. Vygonnyy, Ph.D. in Engineering,

A. Goncharko, Aliaksei Krauchonak.

State Scientific Institution "Joint Institute of Mechanical Engineering
of the National Academy of Sciences of Belarus", Minsk, Belarus

Оценивается возможность применения генетического алгоритма для оптимизации параметров системы комбинированного поворота карьерного самосвала. Сравниваются мощностные показатели поворота самосвала с традиционным дифференциальным приводом и поворота, реализуемого путем вращения колес со значениями угловых скоростей, полученными в результате многокритериальной оптимизации на базе генетического алгоритма.

The possibility of the genetic algorithm application for the parameters optimization of combined skid turn of a heavy-duty dump truck is assessed. The parameters processes such as the skid turn of a heavy-duty dump truck with a differential drive and the skid turn by rotating wheels with speeds obtained by using multi-criteria optimization based on a genetic algorithm are compared.

Ключевые слова: динамическая модель, комбинированный поворот, генетический алгоритм, компьютерное моделирование.

Key words: dynamic model, combined skid steering, genetic algorithm, computer simulation.

ВВЕДЕНИЕ

В большегрузной карьерной технике, в том числе и на карьерной технике ОАО «БЕЛАЗ», наибольшее распространение получил тяговый электропривод с мотор-колесами. Он позволяет создавать эффективные алгоритмы управления тяговыми моментами [1], а, следовательно, применять комбинированный бортовой поворот. Под последним понимается комбинация традиционной системы управления поворотом одной из осей самосвала с дополнительной системой бортового поворота. Таким образом, за счет регулирования разности угловых скоростей вращения колес левого и правого бортов, реализуемого системой бортового поворота, комбинированная система обеспечивает больший угол поворота по сравнению с традиционной. Известно применение систем комбинированного поворота для колесных машин [2].

Выбор законов управления и параметров для системы комбинированного поворота в реальных условиях движения самосвала с большими углами увода, повышенным скольжением колес и значительной циркуляцией мощности является сложной научной и технической задачей. Для обеспечения оптимальных затрат мощности и минимизации потерь при реализации комбинированного поворота требуется определение четких кинематических и силовых зависимостей параметров силового привода. Известные методики на основе классических методов составления уравнений движения [3, 4] не позволяют получить требуемые зависимости с достаточной точностью.

Известны примеры применения многокритериальной оптимизация на базе генетического алгоритма для решения различных научно - технических проблем [5, 6]. Для обозначенной задачи наибольший интерес вызывает возможность применения генетических алгоритмов для оптимизации многопараметрических функций. Многие реальные задачи могут быть сформулированы как поиск оптимального значения, где значение – сложная функция, зависящая от некоторых входных параметров. В этом случае генетические алгоритмы являются одним из наиболее приемлемых методов для поиска оптимальных значений [5, 6]. Эффективность генетического алгоритма сильно зависит от - метода кодировки решений, операторов, настроек параметров, частных критериев успеха и т. д. [7].

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Исследование параметров рассматриваемых способов поворота выполнялось на основе компьютерного моделирования в программном комплексе ADAMS. Данное приложение обладает достаточно полным набором средств для описания и проведения исследований кинематики и динамики машин, включая возможности применения детальных моделей шин.

Технические характеристики исследуемого карьерного самосвала, приведены в таблице 1. Используемая динамическая модель самосвала с моделью дороги в ADAMS подробно рассмотрена в работе [8].

Для анализа затрачиваемой мощности на поворот производилось измерение крутящих моментов на ступице колеса и частот вращения всех колес самосвала при повороте. Коэффициент сцепления шин с опорной поверхностью принимался равный 0,65. Рассматривается установившийся поворот направо с постоянной скоростью.

Таблица 1 – Технические характеристики карьерного самосвала [9]

Показатели		Значения
Полная масса груженого самосвала, т		810
Радиус поворота по оси следа переднего внешнего колеса, м, не более		19,8
Развиваемая мощность ТЭД в режиме тяги, кВт		700

Результаты расчета показателей поворота исследуемого карьерного самосвала при повороте переднего моста на 15° , приведены в таблице 2. При этом скорость самосвала в центре масс $v=1,34$ м/с, минимальный радиус поворота по оси следа переднего внешнего (относительно центра поворота) колеса 38,6 м.

Задача моделирования системы управления тяговым приводом карьерного самосвала с использованием возможностей генетического алгоритма была реализована в программе MatLab Simulink. Это позволило исследовать различные варианты распределения моментов по колесам при найденных оптимальных параметрах угловых скоростей вращения колес самосвала. Компьютерное моделирование движения самосвала по заданному радиусу с полученными оптимальными угловыми скоростями колес выполнялось в программе

ADAMS. Схема взаимодействия MatLab Simulink и ADAMS представлена на рисунке 1.

Таблица 2 – Результаты расчета параметров поворота направо исследуемого самосвала при повороте переднего моста на 15° (механический дифференциальный привод) $V=4,9$ м/с, $R=38,09$ м

Измеряемый параметр	Положение колеса			
	переднее левое	переднее правое	заднее левое	заднее правое
Крутящий момент на полуоси, кН·м	111,3	111,3	111,3	111,3
Скорость вращения колеса, рад/сек	0,82	0,68	0,80	0,66
Мощность на колесе, кВт	91,27	75,68	89,04	73,46

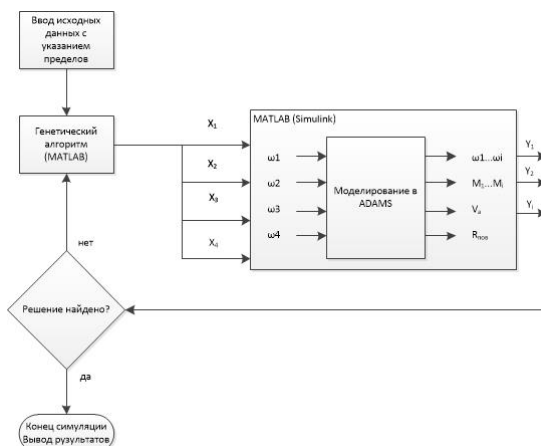


Рисунок 1 – Схема взаимодействия MatLab Simulink с ADAMS

В качестве критериев оптимизации были приняты:

- 1) радиус поворота 38 м;
- 2) минимизация максимальной мощности на колесах;
- 3) минимизация разности моментов по передней оси;
- 4) минимизация разности моментов по задней оси;
- 5) минимизация разности моментов между осями.

Установлены верхние и нижние границы скоростей вращения колес.

Лучший результат моделирования на основе параметров, полученных с помощью оптимизации, представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты расчета параметров поворота направо серийного самосвала при повороте переднего моста на 15° $R=38,83$ м.

Измеряемый параметр	Положение колеса			
	переднее левое	переднее правое	заднее левое	заднее пра- вое
Крутящий момент на полуоси, кН·м	116,37	110,91	116,94	116,12
Скорость вращения колеса, рад/сек	0,83	0,69	0,81	0,66
Мощность на колесе, кВт	96,59	76,53	94,72	76,64

При этом разница по значениям крутящих моментов на колесах не превысила 5 %. При сравнении данных (таблица 2 и 3), соответственных крутящих моментов и мощности на колесах – отличия также составили не более 5 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе реализовано компьютерное моделирование процесса поворота карьерного самосвала с традиционной и опытной – комбинированной системой управления. Для определения параметров работы комбинированного поворота, обеспечивающих требуемые эксплуатационные показатели, использована многокритериальная оптимизация на базе генетического алгоритма. Отличие значений крутящих моментов и мощности на колесах самосвала для традиционной и опытной системы не превысили 5 %, что позволяет сделать вывод об эффективности применения генетического алгоритма для определения настроек параметров системы комбинированного поворота.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жилейкин, М.М., Разработка закона распределения моментов по колесам многоосной колесной машины с электромеханической трансмиссией, выполненной по схеме «мотор-ось» / М.М. Жилейкин, В.А. Середнюк // Электронный научно-технический журнал «Наука и образование» научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2014. – № 05. – С. 85–101.

2. Котиев, Г.О. Оценка динамической поворотливости колесной машины 8x8 с комплексной системой управления поворотом / Г.О. Котиев, Н.С. Чернышев, В.А. Горелов // Журнал автомобильных инженеров. – 2009. – № 4. С. 36–39.
3. Фаробин, Я.Е. Теория поворота транспортных машин / Я.Е. Фаробин. – М.: Машиностроение, 1970. – 176 с.
4. Антонов А.С. Силовые передачи колесных и гусеничных машин / А.С. Антонов. – Ленинград: Машиностроение 1967. – 440 с.
5. Лебедев, Г.Н. Оценка возможности применения генетического алгоритма для оптимизации операций в аэропортах на основе принципов совместного принятия решений / Г.Н. Лебедев, В.Б. Малыгин // Научный Вестник МГТУ ГА. – 2019. Т.22, № 05. – С. 85–93.
6. Андреев, А.А. Применение генетических алгоритмов при оптимизации нелинейных функций / А.А. Андреев // Вестник ТГУ. – 2009. Т. 14, № 5. – С. 1036–1040.
7. Люггер Дж.Ф. Искусственный интеллект. М.: Издат. дом «Вильямс», 2003. – 864 с.
8. Колесникович, А.Н. Оценка дифференциального привода сдвоенных колес карьерного самосвала при повороте / А.Н. Колесникович и др. // Механика машин, механизмов и материалов, – 2020. – № 1(50). С. 12–18.
9. ОАО «БЕЛАЗ» // Характеристики серии Белаз–7571 [Электронный ресурс]. – 2019 – Режим доступа <http://www.belaz.by/catalog/products/dumptrucks/7571/75710/> – Дата доступа: 09.08.2019 г.

Представлено 14.05.2020