

УДК 004.9

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СПОРТИВНОГО ГРУЗОВИКА

**Медведев М. В.**, студ., **Поварехо А. С.**, канд. техн. наук, доц.,  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь  
M. Medvedev, student,  
A. Pavarekha, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,  
Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

*В результате выполненных исследований предложена кинематическая схема трансмиссии спортивного грузовика, обеспечивающая передачу и регулирование величины крутящего момента от двух источников – двигателя внутреннего сгорания с коробкой передач и электродвигателя на колеса грузового автомобиля спортивного назначения.*

*As a result of the performed research, a kinematic transmission scheme of a sports truck was obtained, providing transmission and regulation of the torque from two sources - an internal combustion engine with a gearbox and an electric motor on the wheels of a sports truck.*

**Ключевые слова:** гибридный привод, динамические характеристики, параллельный гибридный привод, грузовой автомобиль.

**Keywords:** a hybrid drive, dynamic characteristics, parallel hybrid drive, sports truck.

### ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетие в мире всё больше развивается тенденция перевода транспортных средств на альтернативные виды энергии, в частности на электрическую. Однако, на данный момент одним из самых больших недостатков электромобилей являются накопители электрической энергии (аккумуляторные батареи).

Альтернативой электромобилям являются транспортные средства с гибридной установкой. Чаще всего используется связка: электродвигатель и двигатель внутреннего сгорания. Варианты использования того или иного вида энергии зависят от типа гибрида и текущей

дорожной ситуации, благодаря чему достигается наилучшая экономичность. Данная тенденция не обошла стороной и спортивные мероприятия. Появились соревнования среди электрических болидов. Раллийные состязания добавляют этапы гонки, где требуется в полевых условиях зарядить автомобиль и проехать определённый участок на запасённой энергии.

Примером такой практики является ралли-рейд «Дакар», где всё больше становится заметна тенденция перехода на альтернативные источники энергии или гибридные установки, позволяющие достигнуть высоких тяговых и скоростных показателей.

## ГИБРИДНАЯ ТРАНСМИССИЯ СПОРТИВНОГО ГРУЗОВИКА

Объектом исследования в данной работе является гибридный привод спортивного грузовика. Особое внимание уделено суммирующе-распределительному узлу, конструкция которого служит для передачи и распределения крутящего момента от двигателя с коробкой передач и электродвигателя между колесами транспортного средства.

Область возможного применения предлагаемой конструкции является: раллийные гоночные автомобили, имеющие раздаточную коробку, коммерческий транспорт, связанный с крупными грузоперевозками в условиях бездорожья, военная отрасль.

За базовый объект разработки был выбран спортивный грузовик команды «МАЗ-СПОРТавто» МАЗ – 6440RR, который стал первым раллийным грузовиком с капотной компоновкой, собранный на базе опытной модели МАЗ – 6440 (рисунок 1).



Рисунок 1 – Общий вид автомобиля МАЗ – 6440

Для выявления перспективных решений гибридных установок грузовых автомобилей был проведен патентный поиск [1–3], а также анализ имеющихся аналогов [4–8].

Как правило, раллийные версии грузовиков с гибридным приводом зарубежных компаний разрабатывались на базе серийных вариантов конструкции (некоторые исполнения приведены ниже).

В разработке гибридного грузовика *Renault Trucks C 460 Hybrid Edition* участвовала компания *ZF* и *MKR Technology*. Грузовик был модифицирован и усилен для участия в раллийном состязании (рисунок 2).



Рисунок 2 – Renault Trucks C 460 Hybrid Edition

Спортивный грузовик *Hino Dakar Truck «Little Monster»* был создан спортивной командой *Hino Sugawara* на базе серийного грузовика *HINO 600* (рисунок 3).



Рисунок 3 – Спортивный грузовик команды *Hino*

Анализируя рассмотренные аналоги можно сделать вывод, что наиболее распространённой конструкцией гибридного спортивного грузовика является использование крутящего момента электродвигателя для более высокой динамики разгона и преодоления временных сопротивлений (подъемов и тяжелопроходимых участков). Компоновка батарей и управляющей аппаратуры во многом зависит от конструкции внутреннего отделения машины, что дает огромные возможности в компоновочных решениях.

Анализ вышеуказанные патентов позволил выявить плюсы и недостатки каждого решения и сделать вывод, что наиболее подходящей по функционалу и конструкции для спортивного грузовика является конструкция, описанная в патенте [3], благодаря наличию муфты соединения. Однако требуется выделение отдельного места для электродвигателя, инвертора и батареи.

Следует отметить, что на данный момент в раллийном соревновании «Дакар» среди участников распространён только один вид гибрида – параллельный. Данный выбор связан с отсутствием достаточно мощных электродвигателей, позволяющих выдавать соизмеримую мощность и крутящий момент, как спортивные дизели при длительных режимах работы. Поэтому электродвигатели меньшей мощности, чем дизель используются периодически для увеличения тяговых характеристик.

Исходя из всего выше сказанного предлагается кинематическая схема нового технического решения (рисунок 4). Разрабатываемая раздаточная коробка передач будет иметь две полноценные передачи, как и в существующей раздаточной коробке (рисунок 5).

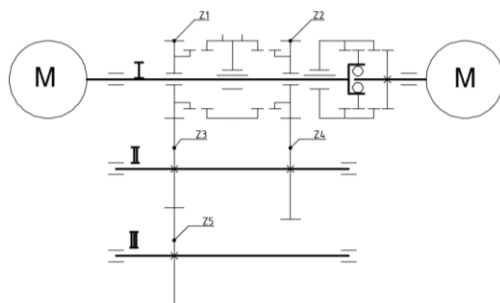


Рисунок 4 – Кинематическая схема нового технического решения

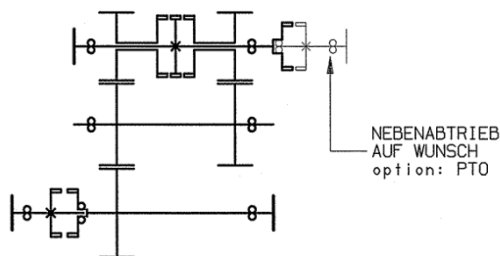


Рисунок 5 – Кинематическая схема раздаточной коробки VG 2000 396

Место где ранее был фланец для вала отбора мощности устанавливается электродвигатель с управляемой зубчатой муфтой.

Возможность отключения переднего моста была убрана из-за малой нужды в ней, а также для уменьшения количества деталей. Гонимый грузовик, основное время участия в гонке, перемещается в условиях бездорожья, где требуется полный привод.

Для подключения электродвигателя используется зубчатая муфта. Отсоединение электродвигателя от трансмиссии позволит уменьшить износ его подшипников, а также исключает возможность выхода из строя электродвигателя при принудительном вращении ротора без питания.

При необходимости использования гибридного режима электродвигатель будет набирать обороты в соответствии с частотой вращения ДВС и замыкаться с помощью муфты, что дает возможность электродвигателю добавлять в трансмиссию крутящий момент. Так же имеется возможность включения режима генератора на блоке управления электродвигателя, что позволяет подзаряжать батарею в движении.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для реализации гибридного привода был выбран двигатель *SUMO HD HV3500* мощностью 260 кВт.

По результат тягового динамического расчёта автомобиль с гибридным приводом имеет динамический фактор равный 0,79. Разгон до 100 километров в час на гравийном покрытии составляет 4,98 секунд. Максимальное значение ускорения составляет 6,56 м/с<sup>2</sup> на скорости 40 километров в час.

Применение такого конструктивного решения позволяет увеличить топливную эффективность автомобиля, улучшить тяговые и экологические показатели машины.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Патентно-поисковой сервис Яндекс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2380240C1\\_20100127](https://yandex.ru/patents/doc/RU2380240C1_20100127). – Дата доступа: 05.03.2022.

2. Патентно-поисковой сервис Яндекс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://yandex.ru/patents/doc/RU166471U1\\_20161127](https://yandex.ru/patents/doc/RU166471U1_20161127). – Дата доступа: 05.03.2022.

3. Патентно-поисковой сервис Яндекс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2607150C1\\_20170110](https://yandex.ru/patents/doc/RU2607150C1_20170110). – Дата доступа: 05.03.2022.

4. Официальный сайт *MKR Technology* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mkr-adventure.com/en/technology-1/>. – Дата доступа: 05.03.2022.

5. Официальный сайт *Hino* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.hino-global.com/>. – Дата доступа: 05.03.2022.

6. Официальный сайт *DanaTM4* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.danatm4.com/>. – Дата доступа: 05.03.2022.

7. Описание *DUF TurboTwin* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.autonastroy.ru/twin/>. – Дата доступа: 05.03.2022.

8. Каталог трансмиссий компании *Allison* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://allison.com/>. – Дата доступа: 12.04.2022.

Представлено 26.05.2022