

УДК 622.7

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ

Аксёнов Д.Г., студент гр. АГс-161, IV курс

Научный руководитель Захаров А.Ю., профессор каф. ГМиК, д.т.н.

Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачёва

г. Кемерово

Автотранспорт на открытых разработках по использованию занимает первое место по сравнению с другими видами транспорта. С ростом уровня добычи полезных ископаемых горнодобывающие предприятия увеличивают свой автопарк. Производство карьерных автосамосвалов постоянно развивается, внедряются новые технические решения при конструировании данной техники.

Существуют карьерные автосамосвалы с гидромеханической и электромеханической трансмиссией, среди последних есть такие, которые используют для своей работы электрическую энергию, к ним относятся дизель-троллейвоз и электрический автосамосвал. А так-же ведутся работы над созданием аккумуляторного-троллейвоза.



Рисунок 1. - Существующие направления использования электропривода в карьерных автосамосвалах

Грузовые троллейбусы или троллейвозы — вид грузового транспорта, использующий контактную сеть для питания тяговых электродвигателей.

Электромеханической трансмиссией оборудуются карьерные автосамосвалы грузоподъёмностью свыше 90 тонн. Применяемые в настоящее время системы управления данной трансмиссией карьерных самосвалов позволяют легко адаптироваться под условия работы с контактной сетью, обеспечивая плавный разгон и работу на оптимальных режимах. По сравнению с обычным исполнением самосвала дизель-троллейвоз оборудуется пантографами (токосъемниками), дополнительным силовым шкафом с элементами системы защиты и диагностики, органами управления троллейным режимом, устанавливается доработанное программное обеспечение.

Карьерный автосамосвал Komatsu 860E-1K (Рис.2 а). Может по заказу производится в исполнении дизель-троллейвоза, что позволяет данной технике быстрее преодолевать подъёмы, обеспечивая более высокую производительность и более низкий расход топлива по сравнению с обычными дизельными системами [1].

Дизель-троллейвоз NHL NTE360AC (Рис.2 б) китайской компании China North Industries Group Corp. Преимущества его эксплуатации в питании от внешней контактной сети, что позволяет снизить нагрузку на электрогенератор двигателя, который вырабатывает ток для встроенных в ступицы мотор-колес. Система рекуперации при спуске машины в карьер позволяет вернуть в сеть электричество, от которого в забое также работают экскаваторы и буровые станки.

«Уральская горно-металлургическая компания» (УГМК) летом 2018 г. провела с NHL переговоры о поставке самосвалов с электрической трансмиссией грузоподъёмностью 220–330 т. Новую технику планируется использовать на предприятиях в Кузбассе. Речь шла о поставке самосвалов, которые УГМК хочет задействовать не только в Кузбассе, но и на других предприятиях своего сырьевого комплекса [2].



Рисунок 2. - а) Карьерный автосамосвал Komatsu 860E-1K. б) Дизель-троллейвоз NHL NTE360AC

Дизель-троллейвоз Hitachi EH3500ACII (Рис.3). Приводы переменного тока, разработанные Hitachi, делают самосвал более ценным активом в горнодобывающей промышленности. Увеличение производительности, повышение эксплуатационной готовности и значительное снижение эксплуатационных расходов и затрат на техническое обслуживание - приводят к снижению затрат на перевозимую тонну груза [3].



Рисунок 3. - Дизель-троллейвоз Hitachi EH3500ACII

Дизель-троллейвозы с системой Siemens AC trolley assist. Автосамосвал, подключившись к воздушной электрической линии во время подъема в гору, мог бы подняться быстрее. Двигатель будет работать на холостом ходу, а расход топлива сократится на 95%. Уровень шума и выбросов снижается, а производительность и ресурс двигателя значительно возрастают.

При подключении к воздушным электрическим линиям приводная система может увеличить скорость до 80%, даже когда двигатель работает на холостом ходу. Автосамосвалы с Siemens AC trolley assist могут обрабатывать широкий диапазон линейных напряжений и работать на линии с любой скоростью и полезной нагрузкой [4].

Дизель-троллейвоз «БЕЛАЗ» (Рис.4). «БЕЛАЗ» уже давно работает над выпуском этого вида техники: начиная с 60-х годов прошлого века, компания выпустила несколько экспериментальных образцов. Для питания электродвигателей при движении по участкам дороги, лишенным контактной сети, в них устанавливались дизельные агрегаты.

Имеющийся у ОАО «БЕЛАЗ» опыт позволяет сделать выводы, что применение карьерного транспорта такого вида даст:

- Увеличение скорости движения самосвала на подъеме в 1,8–2 раза, что соответственно поднимает производительность и увеличивает объемы перевозок.
- Снижение расхода топлива до 80 %.
- Уменьшение затрат на техобслуживание дизельного двигателя и его систем.
- Значительное снижение выбросов вредных веществ в окружающую среду и улучшение экологической обстановки в карьере и прилегающих регионах.
- Возможность применения дизельных двигателей меньшей мощности (для обеспечения движения в зоне погрузки, выгрузки и на спуске) [5].



Рисунок 4. – 3D модель дизель-троллейвоза «БЕЛАЗ»

Электрический карьерный автосамосвал Komatsu HD 605-7 (Рис.5). Самый большой в мире самосвал на электротяге E-Dumpe. Его масса составляет 45 тонн, а грузоподъемность достигает 65 тонн. Аккумуляторная батарея для электрического самосвала мощностью 700 кВтч весит 4,5 тонны и состоит из 1440 никелевых марганцевых кобальтовых ячеек. При спуске с уклона у самосвала, груженного 65 тоннами пород, подключается система рекуперативного торможения. При этом энергии образовывается настолько много, что самосвалу хватает этого заряда на следующий подъем. Ежедневно самосвал совершает около 20 поездок, что позволяет экономить от 40 000 до 80 000 литров топлива в год по сравнению с аналогичным грузовиком с дизельным двигателем [6].



Рисунок 5. - Электрический карьерный автосамосвал Komatsu HD 605-7

В настоящее время белорусская компания ОАО «БЕЛАЗ» и российская компания «Лиотех» ведут работу по созданию полностью электрического карьерного автосамосвала «БЕЛАЗ».

В конце января, на IV заседании Совета делового сотрудничества между правительством Белоруссии и правительством Новосибирской области «Лиотех» и «БелАЗ» подписали договор о сотрудничестве, в рамках которого новосибирская компания примет участие в создании тяговых батарей для карьерной и горнорудной техники. В частности, будут разработаны аккумуляторные троллейвозы и подземные погрузочно-доставочные машины для угольных разрезов, рудников и шахт. Заинтересованность в данной продукции уже проявили крупные горнодобывающие компании, в том числе, АЛРОСА, СДС-Уголь, СУЭК и «Уралкалий».

В рамках совместного проекта «Лиотех» и «БелАЗ», дизельные генераторы заменят на накопители на базе литий-ионных аккумуляторов, что позволит одновременно получить значительный экономический и экологический эффект: при сопоставимой стоимости оборудования, достигается существенная экономия на горюче-смазочных материалах, при этом, выбросы углекислого газа снижаются до нуля. Аккумуляторы «Лиотех», установленные на троллейвозы, будут питать электродвигатели на подъеме из карьера, при этом, рекуперативная система торможения позволит накапливать энергию при спуске. [7].

Для эффективной и экономически выгодной эксплуатации дизель-троллейвозов и аккумуляторных троллейвозов необходимо выполнение следующих условий:

- Удалённость контактных линий от мест проведения взрывов на 300-600 м;
- Расстояние транспортирования горной массы 3-30 км;
- Наличие устойчивого электроснабжения;
- Стационарный участок трассы с ровным покрытием, оборудованный контактной сетью должен составлять не менее 40% общей протяжённости транспортирования;
- Значительная удалённость горнодобывающего предприятия от места добычи нефти и нефтеперерабатывающих заводов;
- Срок эксплуатации контактной сети не менее 5 лет;
- Участки без троллейного движения должны быть минимальны и определяются необходимость свободного маневрирования, погрузки в забое и разгрузки на отвале.

Дизель-троллейвоз, аккумуляторный троллейвоз и аккумуляторный автосамосвал имеют следующие преимущества:

- Значительно более высокий КПД электродвигателя по сравнению с дизельным;

- Тепловые потери энергии в 3 раза меньше чем у дизельного двигателя той же мощности;
- Уменьшение массы самосвала на 10-15% и его стоимости за счет отсутствия у троллейвозов второго силового агрегата (дизельного двигателя) а также топливного и масляного баков, масляного и водяного радиаторов, систем отвода отработавших газов и ряда других, при сохранении той же грузоподъемности;
- Исключение или уменьшение дизельного выхлопа и следовательно отсутствие загазованности карьера и образования тумана, следовательно происходит значительное улучшение экологической ситуации;
- Исключение затрат на закупку, хранение и транспортировку дизельного топлива или их уменьшение на 70-80%;
- Уменьшение затрат на шины из-за меньшей собственной массы троллейвоза, особенно в случаях, когда троллейвозы используются практически на горизонтальной дороге;
- Невосприимчивость электродвигателя к морозам, что особенно выгодно отличает его в северных регионах от дизеля (сильные отрицательные температуры оказывают негативное влияние в основном на аккумуляторы);
- Увеличение производственной мощности горного предприятия и уменьшение количества машин за счет более высокой скорости самосвалов, (более эффективное использование автопарка);
- Постоянный крутящий момент (включая высокий крутящий момент на малых скоростях) быстрое реагирование на нагрузку и лучшую перегруженную способность;
- Значительно более высокая энергоэффективность (около 90%);
- Постоянный крутящий момент (включая высокий крутящий момент на малых скоростях) быстрое реагирование на нагрузку и лучшую перегруженную способность;
- Почти двухкратное увеличение скорости движения на руководящем уклоне;
- Увеличение длительности работы дизельного двигателя между моментами обслуживания;
- Повышение доступности обслуживания и увеличение жизненного цикла дизельного двигателя (меньше рабочих часов);
- Низкий уровень шума и вибраций.

Также дизель-троллейвозы, аккумуляторные троллейвозы и аккумуляторные автосамосвалы имеют и недостатки, к которым относятся:

- Необходимость дополнительных затрат на создание и поддержание разветвленной контактной сети;
- Повышенные требования к конструкции и качеству дорожного покрытия;
- Малая маневренность;
- Затрудненность процессов погрузки и разгрузки [8].

Эксплуатация карьерных дизель-троллейвозов, аккумуляторных троллейвозов и аккумуляторных автосамосвалов улучшает экологическую обстановку, за счёт исключения или снижения вредных выбросов. Они выгодны для предприятий в следствии уменьшении затрат на топливо и горюче-смазочные материалы, так же из-за снижения массы автосамосвала уменьшаются расходы на покрышки. Но данную технику лучше эксплуатировать на долгосрочных разработках, потому что содержание контактных линий требует обслуживание и уход. Срок окупаемости затрат может составить 1-2 года. Данные факты открывают в будущем хорошие перспективы развития и эксплуатации дизель-троллейвозов, аккумуляторных троллейвозов и аккумуляторных автосамосвалов на горнодобывающих предприятиях.

#### **Список литературы:**

1. Дизель троллейвоз Komatsu 860E-1K [Электронный ресурс] URL: [https://www.komatsu.ru/upload/iblock/ee3/860e\\_1k\\_2018\\_na-sayt.pdf](https://www.komatsu.ru/upload/iblock/ee3/860e_1k_2018_na-sayt.pdf) (дата обращения 07.03.2020).
2. Дизель-троллейвоз NHL NTE360AC [Электронный ресурс] URL: <https://os1.ru/article/21953-tendentsii-v-razvitiu-sovremennoy-karernoy-samosvalov-na-jestkoy-rame-karernye-tyajelovesy-novye-puti-k-sovershenstvu-ch-4> (дата обращения 07.03.2020).
3. Дизель-троллейвоз Hitachi EH3500ACII [Электронный ресурс] URL: [https://www.hitachiconstruction.com/wp-content/uploads/2015/11/EH3500ACII\\_specs.pdf](https://www.hitachiconstruction.com/wp-content/uploads/2015/11/EH3500ACII_specs.pdf) (дата обращения 07.03.2020).
4. Дизель-троллейвозы с Siemens AC trolley assist [Электронный ресурс] URL: <https://im-mining.com/2015/02/16/siemens-profiles-smart-trolley-assist-at-sme-2015/> (дата обращения 07.03.2020).
5. Дизель троллейвоз «БЕЛАЗ» [Электронный ресурс] URL: [http://tdbelaz.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=360:dizel-trolleyvoznyj-transport-belaz-perspektivy-ispolzovaniya-v-gornom-proizvodstve&catid=1:novosti-i-sobytiya&Itemid=117](http://tdbelaz.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=360:dizel-trolleyvoznyj-transport-belaz-perspektivy-ispolzovaniya-v-gornom-proizvodstve&catid=1:novosti-i-sobytiya&Itemid=117) (дата обращения 07.03.2020).
6. Электрический карьерный автосамосвал Komatsu HD 605-7 [Электронный ресурс] URL: <http://chudo.tech/2019/08/28/eto-samyj-bolshoj-elektricheskij-samosval/> (дата обращения 07.03.2020).
7. Аккумуляторный троллейвоз «БЕЛАЗ» [Электронный ресурс] URL: [https://zen.yandex.ru/media/iap\\_zts/belorusskie-karernye-samosvaly-belaz-stanut-polnostiu-elektricheskimi-akkumuliatory-postavit-rossiiskii-lioteh-5c59441edde03600aeed01c0](https://zen.yandex.ru/media/iap_zts/belorusskie-karernye-samosvaly-belaz-stanut-polnostiu-elektricheskimi-akkumuliatory-postavit-rossiiskii-lioteh-5c59441edde03600aeed01c0) (дата обращения 07.03.2020).
8. Хазин М.Л., Штыков С.О. Карьерный электрифицированный транспорт // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2018. Т.16.№1.С.11-18.