

КОНЦЕПЦИЯ ГИБРИДНОЙ ТРАНСМИССИИ МОБИЛЬНОГО ИНСПЕКЦИОННО-ДОСМОТРОВОГО КОМПЛЕКСА СТ-2630М

М. А. Горелов, В. Л. Чумаков

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Рассмотрены новые элементы гибридной трансмиссии Мобильного инспекционно-досмотрового модуля (МИДК): электродвигатель, гидростатический привод, валы для передачи крутящего момента от электродвигателя на задний ведущий мост, гидравлическая система и пневматическая система. Внедрение трансмиссии снижает расходы дизельного топлива и загазованность воздуха, что особенно важно для работы МИДК в помещениях с ограниченным воздухообменом.

Ключевые слова: загазованность воздуха, гибридная трансмиссия.

THE CONCEPT OF HYBRID TRANSMISSION OF THE MOBILE INSPECTION COMPLEX ST-2630M

M. A. Gorelov, V. L. Chumakov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. New elements in the transmission are considered: an electric motor, a hydrostatic drive, shafts for transmitting torque from the electric motor to the rear drive axle, a hydraulic system and a pneumatic system. Implementation of this transmission allows to reduce a consumption of diesel fuel and air pollution, which is especially important for MIDC operation in limited air exchange spaces.

Keywords: air pollution, hybrid transmission.

Мобильный инспекционно-досмотровой комплекс (МИДК) представляет собой мобильную установку, предназначенную для обследования крупногабаритных грузов автотранспортных средств, железнодорожных и морских контейнеров, как правило, для использования при таможенном досмотре, контроле на наличие запрещенных к перевозке веществ и предметов (оружия, боеприпасов, взрывчатых и наркотических веществ). МИДК осуществляет инспекцию полностью загруженных грузовых и легковых автомашин, отображает полученные рентгеновские изображения на экране мониторов

полностью без потери визуальной информации с качеством, позволяющим обнаруживать запрещенные для перемещения предметы, а также позволяет оператору комплекса эффективно принимать решение о соответствии перевозимого груза товаросопроводительным документам (рисунок 1).



Рисунок 1 – МИДК СТ-2630М

МИДК позволяет:

- получать рентгеновское изображение высокого качества, его распечатку, запись на носители (DVD, съемный диск (флэш диск));
- хранение, архивирование и восстановление изображений и данных;
- отображать информацию о транспортном средстве, товарах, дате и времени сканирования, количестве сканирований, а также лице, проводившем контроль;
- присваивать рентгеновскому изображению объекта контроля индивидуальный идентификационный номер, который состоит из даты (год, месяц, день), серийного номера МИДК, порядкового номера изображения в течение суток;
- управлять всеми системами МИДК, контролировать и давать сообщения об их техническом состоянии, а также отображать информацию с систем видеонаблюдения и радиационной безопасности;
- позволяет сканировать весь груз, перевозимый на автотранспортном средстве (независимо от плотности укладки), исключая необходимость проведения ручного досмотра.

Существующие комплексы построены на платформе грузового автомобиля и оснащены специальным сканирующим оборудованием. Основные функции комплекса предполагают плавное и точное пере-

мещение комплекса, а также его точное позиционирование по отношению к исследуемому объекту, энергетическую автономность комплекса и работу в закрытых помещениях с ограниченным воздухообменом.

Основной энергетической установкой МИДК является традиционный двигатель внутреннего сгорания – дизель, поставляемый вместе с шасси грузового автомобиля. Энергоемкое сканирующее оборудование комплекса требует установки независимого дизель-генератора для обеспечения питания специального оборудования электрической энергией. Возможное необходимое перемещение комплекса во время обследования объекта обеспечивается за счет базового дизеля. В условиях таможенных комплексов (и особенно) закрытых помещений, работа базового дизеля затрудняет точный анализ компонентов провозимых грузов, особенно связанных с возможным контролем специфичных запахов.

Целью настоящей работы стала разработка гибридной трансмиссии МИДК, на основе сочетания традиционной механической и электрической трансмиссии. Составной частью гибридной трансмиссии выбрана электрическая трансмиссия, включенная по параллельной схеме с механической. Однако в задачи электрической трансмиссии входит независимая от механической, автономная работа по технологическому передвижению комплекса во время сканирования грузов или транспортных средств.

Для решения поставленной цели предлагается модернизировать существующий комплекс СТ-2630М, построенный на базе автомобиля КАМАЗ. Достижение поставленной цели требует решения, как минимум следующих задач «первой очереди»:

1. анализ конструкции данного комплекса и разработка предложений по его совершенствованию;
2. анализ и выбор гибридной схемы дополнительной трансмиссии комплекса;
3. разработка принципиальной схемы гибридной трансмиссии мобильного инспекционно-досмотрового комплекса СТ-2630М;
4. анализ энергопотребления спецоборудования комплекса и его автономной установки питания – дизель-генераторной установки;
5. анализ энергозатрат на технологическое перемещение комплекса во время сканирования, оценка мощности электродвигателя и узлов трансмиссии;

6. расчет и конструктивная разработка узлов и агрегатов проектируемой трансмиссии (или адаптация уже существующих);
7. разработка компоновки узлов предлагаемой трансмиссии на базе шасси автомобиля КАМАЗ;
8. Оценка тягово-динамических характеристик технологического хода комплекса и его соответствие требованиям технических задач.

Анализ базовой конструкции комплекса – автомобиля КАМАЗ 65208 (рисунок 2), показывает, что штатное шасси автомобиля КАМАЗ 65208 располагает необходимым пространством для размещения элементов гибридной трансмиссии. Сохранение базовой трансмиссии является одним из исходных условий.

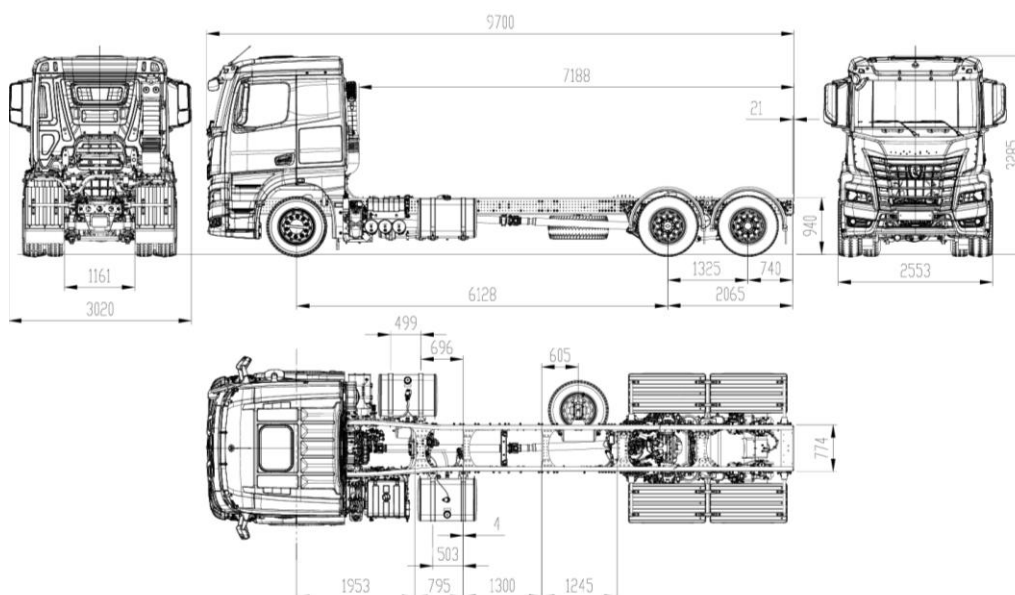


Рисунок 2 – Общий вид шасси Камаз 65208

В качестве элементов гибридной трансмиссии следует, прежде всего, рассматривать электродвигатель, блок силовых аккумуляторных батарей, согласующий редуктор и карданные валы. Предлагаемая схема элементов гибридной трансмиссии показана на рисунке 3.

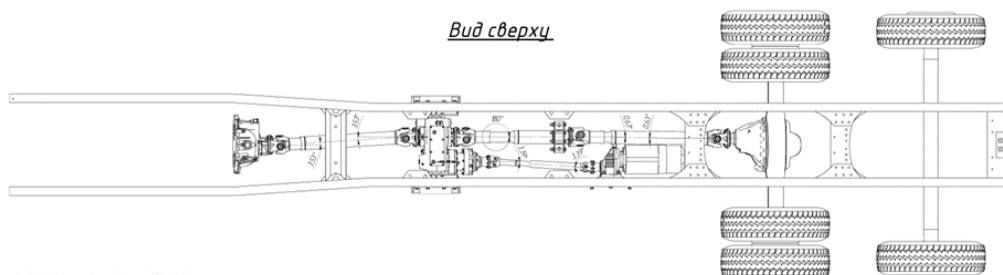


Рисунок 3 – Компоновка основных узлов гибридной трансмиссии

Таким образом, по представленной схеме, компоновка предполагает независимую установку электродвигателя на раме автомобиля КАМАЗ. Выбор электродвигателя определяется массоовыми параметрами перемещаемого автомобиля, уже существующей конструкцией и кинематическими характеристиками ведущего моста и расположением базовых коленчатых валов трансмиссии КАМАЗа.

Предлагается установить электродвигатель примерно на расстоянии 1 м от ведущего моста на внутренней поверхности рамы. Вращение от электродвигателя к заднему мосту возможно передавать через промежуточный редуктор. По сравнению с непосредственным подключением электродвигателя к заднему ведущему мосту, использование редуктора позволяет сделать электрическую трансмиссию более автономной.

Снижение расхода дизельного топлива и загазованности воздуха будет происходить за счёт того, что в режиме технологического хода движение МИДК будет производится от электродвигателя вместо двигателя внутреннего сгорания. Питание электродвигателя будет обеспечивать тяговая электрическая батарея небольшой мощности порядка 15 КВт или дизель-генераторная установка, но уже с увеличенной выходной мощностью, чтобы питать как рабочее оборудование комплекса, так и электродвигатель. Тот в свою очередь будет передавать крутящий момент на редуктор и далее на ведущий мост МИДК.

Исходные данные для предварительного расчета электродвигателя представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета основных параметров электродвигателя

Наименование	Обозначение	Значения	Ед. измерения
Вес автомобиля МИДК	Q_{Σ}	274680	Н
Уклон поверхности	γ	1	°
Ускорение МИДК при пуске (разгоне)	a	0,04	м/с ²
Скорость передвижения тележки	v	0,4	м/с
		24	м/мин
		1,44	км/ч
Диаметр приводных колес 315х70R22,5	D	1,012	м
Рабочий диаметр подшипников колес	d	0,15	м
Коэффициент трения подшипников ступиц	f	0,005	-

Коэффициент трения качения колес по асфальто-бетонному покрытию	μ	0,02	М
Коэффициент деформации шины	λ	0,93	-
Коэффициент полезного действия привода	η	0,85	-
Частота вращения ротора двигателя	n	1481	об/мин
Коэффициент перегрузки двигателя при пуске	ψ	1,0	-
Передаточное число главной передачи	$u_{гп}$	2,92	-
Передаточное число промежуточного редуктора	$u_{пр}$	3	-
Передаточное число на валу электромотора	$u_{рм}$	22,4	-

В соответствии с условиями технологического хода комплекса (скорости, ускорения, торможения, плавности хода и др.) потребуется электродвигатель с мощностью не менее 7 кВт, крутящим моментом не менее 40 Нм. В этих целях можно рекомендовать существующий двигатель SEW RX77DRN132L4BE20THAL, параметры которого представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики выбранного электродвигателя

Наименования	Обозначение	Значение	Ед. измерения
Мощность	P_M	7,5	кВт
Номинальный момент	M_N	49,74	Нм
Номинальная скорость	n_M	1440,00	об/мин
Момент инерции	J_M	258,58	10^{-4} кгм ²

Кинематическую связь между электродвигателем, промежуточным редуктором предлагается обеспечить карданным валом 3. Один из штатных карданов между опорной муфтой на лонжероне и задним ведущим мостом необходимо заменить на два составных кардана, обеспечив в этом месте установку промежуточного редуктора. Такая схема позволит использовать независимо штатную механическую трансмиссию и проектируемую электрическую. Возможные компоновочные варианты новой трансмиссии представлены на рисунке 4.

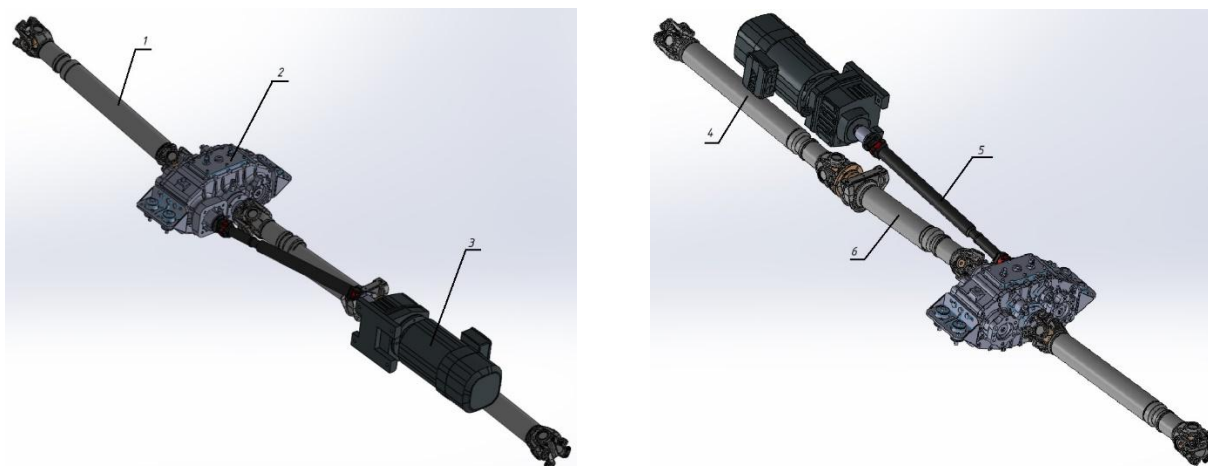


Рисунок 4 – 3D модель вариантов компоновки новых элементов трансмиссии

Выводы

1. Разработка гибридной электрической трансмиссии позволяет исключить работу двигателя внутреннего сгорания на режимах технологического хода, за счет приведения машины в движение от электроэнергии, подаваемой на электродвигатель от тяговой батареи или дизель-генераторной установки.

2. Электропривод комплекса уменьшит выбросы токсичных веществ отработавших газов, что особенно важно для работы МИДК в помещениях с ограниченным воздухообменом.

3. Решается задача автономной мобильности МИДК.

4. Внедрение гибридной трансмиссии обеспечивает значительную экономию дизельного топлива.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кушнарев, Л. И. К стабильно высокому качеству продукции машиностроения / Л. И. Кушнарев, Д. Л. Севостьянова // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2022. – № 2. – С. 32-36. – DOI 10.31044/1684-2561-2022-0-2-32-36.

2. Эйдис, А. Л. Менеджмент техники и технологии сельскохозяйственных машин : Учебное пособие / А. Л. Эйдис, Е. П. Парлюк, В. И. Еремеев. – М. : ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2020. – 196 с.

3. Парлюк, Е. П. Жизненный цикл технической системы как экономическая категория / Е. П. Парлюк // Международный технико-экономический журнал. – 2013. – № 2. – С. 43-47.

4. Дидманидзе, О. Н. Современный уровень развития двигателей с газомоторной и электрической силовой установками на транспортно-тяговых средствах / О. Н. Дидманидзе, А. С. Гузалов, Н. А. Большаков // Международный технико-экономический журнал. – 2019. – № 4. – С. 52-59. – DOI 10.34286/1995-4646-2019-67-4-52-59.

5. Дидманидзе, О. Н. Основные направления развития тягово-транспортных средств в АПК / О. Н. Дидманидзе, С. А. Иванов, А. М. Карев // Доклады ТСХА, Москва, 02-04 декабря 2014 года. Том 1. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2016. – С. 180-182.
6. Трухачев, В. И. Какие сельскохозяйственные тракторы нужны завтра России? / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин // Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар : сборник статей, Москва, 22-24 января 2020 года. – М. : ООО «Мегаполис», 2020. – С. 11-19.
7. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024624556 Российская Федерация. «Гибридный сельскохозяйственный трактор малого тягового класса» : № 2024624047 : заявл. 27.09.2024 : опубл. 18.10.2024 / О. Н. Дидманидзе, А. В. Евграфов, В. Л. Чумаков [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева».
8. Общая модель гидродинамической подвески заднего навесного устройства трактора / П. В. Сиротин, Н. Н. Пуляев, М. А. Лесик, Д. А. Федорова // Чтения академика В. Н. Болтинского : сборник статей, Москва, 17-18 января 2024 года. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2024. – С. 54-69.
9. Перспективы развития тракторостроения в России / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев, М. М. Прокофьев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 5(311). – С. 2-7. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-5-2-7.
10. Метод выявления потери устойчивости движения тракторов при реализации тягового усилия на прицеп или сцепной агрегат / М. М. Жилейкин, П. В. Сиротин, С. С. Носиков, Н. Н. Пуляев // Тракторы и сельхозмашины. – 2023. – Т. 90, № 1. – С. 39-48. – DOI 10.17816/0321-4443-321266.

Об авторах:

Горелов Михаил Андреевич, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», gorelov5482@mail.ru.

Чумаков Валерий Леонидович, кандидат технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», vchumakov@rgau-msha.ru.

About the authors:

Mikhail A. Gorelov, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, gorelov5482@mail.ru.

Valery L. Chumakov, Cand.Sc. (Engineering), professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, vchumakov@rgau-msha.ru.