



МЕХАНИКА МОБИЛЬНЫХ МАШИН

УДК 629.33; 621.3

С.Н. ПОДДУБКО, канд. техн. наук, доц.

генеральный директор¹

E-mail: info@oim.by

А.В. БЕЛЕВИЧ

заместитель генерального директора по высокоавтоматизированному электротранспорту – начальник НИЦ «Электромеханические и гибридные силовые установки мобильных машин»¹

E-mail: belevich2005@yandex.by

И.П. КРАВЦОВ

начальник отдела проектирования систем тягового электропривода отраслевой лаборатории по исследованиям, проектированию и испытаниям электромобилей и базовых компонентов электропривода НИЦ «Электромеханические и гибридные силовые установки мобильных машин»¹

E-mail: ivashka79913081@mail.ru

М.В. КАЛИНИН

начальник отдела проектирования электромеханических компонентов НИЦ «Электромеханические и гибридные силовые установки мобильных машин»¹

E-mail: Kalininmikhail1986@yandex.by

П.Э. ШАБАНОВ

главный конструктор по автомобильной технике – начальник управления главного конструктора²

E-mail: office@maz.by

¹Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

²ОАО «МАЗ» — управляющая компания холдинга «БЕЛАВТОМАЗ», г. Минск, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 04.05.2025.

СОЗДАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ГИБРИДНОГО ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ С МАКСИМАЛЬНОЙ СТЕПЕНЬЮ ЛОКАЛИЗАЦИИ

Рассматриваются гибридные силовые установки (ГСУ) автомобилей параллельного типа, включающие двигатель внутреннего сгорания (ДВС), один или несколько электродвигателей (ЭД), которые могут работать как совместно, так и по отдельности, планетарный суммирующий механизм, буферную аккумуляторную батарею и систему управления. Показаны различные сочетания режимов работы ДВС и ЭД, обеспечивающие высокую энергоэффективность при движении автомобиля как по шоссе, так и в городских условиях. На основе применения ГСУ данного типа предложена кинематическая схема и компоновка отечественного гибридного грузового автомобиля на шасси автомобиля МАЗ-5340С5 с высокой степенью локализации. Разработана структура силовой установки и конструкция мехатронного модуля ГСУ. Рассмотрены различные варианты режимов работы ГСУ.

Ключевые слова: автомобиль, эффективность, гибридная силовая установка, двигатель внутреннего сгорания, электродвигатель, аккумуляторная батарея, система управления, энергия

DOI: <https://doi.org/10.46864/1995-0470-2025-2-71-7-14>

Актуальность проблемы. В последние десятилетия наблюдается значительный рост интереса к гибридным электрическим транспортным средствам (HEV) в автомобильной промышленности. Это обусловлено растущим осознанием экологических проблем и необходимостью повышения топливной эффективности. Среди различных типов и архитектур ГСУ (последовательные, параллельные, последовательно-параллельные), особый интерес представляют параллельные ГСУ, в которых ДВС и один или несколько ЭД могут работать как совместно, так и по отдельности для привода автомобиля [1]. Одним из ключевых преимуществ параллельных ГСУ является их эффективность при движении автомобиля как по шоссе, так и в городских условиях, в отличие от других типов гибридов. Прямая механическая связь в параллельных гибридах снижает потери энергии при преобразовании на более высоких скоростях, что делает их подходящими для различных условий вождения [2].

Особый интерес представляет конфигурация параллельной ГСУ, использующей планетарную передачу и два ЭД [3]. Эта архитектура привлекательна благодаря потенциалу для расширенного управления мощностью, повышения эффективности за счет оптимизации и гибкости в режимах работы двух ЭД. Использование двух ЭД в сочетании с планетарной передачей позволяет комбинировать их крутящие моменты и скорости, что может привести к повышению общей эффективности системы по сравнению с использованием одного электродвигателя. Исследования показывают, что такая комбинация может обеспечить работу электродвигателей в более эффективных диапазонах. Популярность гибридных силовых установок с двумя электродвигателями растет, что обусловлено снижением стоимости как самих электродвигателей, так и управляющей электроники. Известные примеры применения параллельных ГСУ — автомобили Toyota Hybrid Synergy Drive (HSD) и Honda Intelligent Multi-Mode Drive (i-MMD), что указывает на практическую значимость данной конфигурации [4].

Целью данной статьи является исследование параллельных ГСУ автомобилей, использующих планетарную передачу и два ЭД. В статье проанализированы принципы работы такой ГСУ, определены возможные режимы работы, рассмотрены преимущества и недостатки данной конфигурации, приведены примеры конкретных автомобилей и разработок. Конечной целью исследований является создание отечественного гибридного автомобиля с максимальной степенью локализации производства.

Принцип работы и взаимодействие компонентов параллельной ГСУ автомобиля, использующей два электродвигателя и планетарную передачу. Взаимодействие всех компонентов

параллельного ГСУ определяет принцип работы всей системы. ДВС может выступать в качестве основного или вспомогательного источника энергии [1]. Одним из преимуществ использования планетарной передачи является ее способность отделять скорость вращения ДВС от скорости вращения колес, позволяя ему работать в наиболее эффективном диапазоне оборотов, что приводит к снижению расхода топлива и выбросов [5].

Два электродвигателя ЭД1 и ЭД2 выполняют двойную функцию: они могут работать как электродвигатели для привода автомобиля и как генераторы для рекуперативного торможения и зарядки буферной аккумуляторной батареи (АКБ) [6]. В типовой конфигурации один электродвигатель (например, ЭД1) может быть подключен к солнечной шестерне планетарной передачи, а другой (ЭД2) — к коронной шестерне. В системе Toyota HSD, например, один мотор-генератор (ЭД1) используется в качестве генератора и для управления скоростью ДВС, в то время как другой (ЭД2) является основным приводным двигателем и также отвечает за рекуперацию энергии [6]. Комбинирование крутящих моментов и скоростей двух электродвигателей, подключенных к солнечной и коронной шестерням планетарной передачи, позволяет им работать с более высокой эффективностью по сравнению с одним электродвигателем. Планетарная передача действует как устройство для суммирования крутящего момента от ДВС и электродвигателей.

Режимы работы параллельной ГСУ с планетарной передачей и двумя электроприводами реализуют множество возможных вариантов работы, позволяющих оптимизировать эффективность и производительность установки в различных условиях эксплуатации автомобиля.

Режим движения только на одном электродвигателе. В этом режиме автомобиль приводится в движение одним из электродвигателей (например, ЭД2), в то время как ДВС выключен, а другой электродвигатель (ЭД1) может быть либо выключен, либо работать в режиме генератора. Например, в Toyota HSD [7] предусмотрен режим Battery or EV drive, где энергия от высоковольтной батареи передается на электродвигатель ЭД2, который приводит в движение автомобиль. Этот режим используется на низких скоростях или при небольших нагрузках, обеспечивая движение с нулевым уровнем выбросов на короткие расстояния.

Режим движения на двух электродвигателях. На некоторых режимах движения автомобиля возможно использование обоих электродвигателей (ЭД1 и ЭД2) при выключенном ДВС. Это может быть реализовано для увеличения мощности и крутящего момента при разгоне автомобиля.

Режим работы только ДВС. В этом режиме ДВС является единственным источником мощности для привода автомобиля, а электродвигатели

либо отсоединены, либо используются для вспомогательных функций. Примером такого режима является режим Engine Drive в Toyota HSD. Этот режим используется на высоких скоростях или когда требуется постоянная мощность, а заряд батареи низкий.

Совместная работа ДВС и одного электродвигателя. Так, при ускорении или движении на подъеме для обеспечения повышенной мощности или крутящего момента ДВС может работать совместно с одним из электродвигателей (например, ЭД2). Планетарная передача позволяет эффективно комбинировать мощность от этих двух источников, например, режим Engine & Motor Drive в Toyota HSD [6].

Совместная работа ДВС и двух электродвигателей. В ситуациях, требующих максимальной мощности или крутящего момента, например, при интенсивном разгоне, ДВС и оба электродвигателя (ЭД1 и ЭД2) могут работать совместно [8].

Рекуперативное торможение с использованием одного электродвигателя. При замедлении или торможении один из электродвигателей (например, ЭД2) может работать как генератор, преобразуя кинетическую энергию автомобиля в электрическую энергию, которая направляется на зарядку АКБ. Например, режим Regenerative Braking в Toyota HSD.

Рекуперативное торможение с использованием двух электродвигателей. Для повышения эффективности рекуперации энергии могут использоваться оба электродвигателя (ЭД1 и ЭД2) одновременно во время торможения или замедления [9].

Режим зарядки аккумуляторной батареи от ДВС через один из электродвигателей. В этом режиме ДВС приводит в действие один из электродвигателей (например, ЭД1), который начинает работать как генератор, вырабатывая электроэнергию для зарядки АКБ. Это может происходить как во время движения автомобиля, так и на стоянке. Например, режим Engine Charge в Toyota HSD, который используется для поддержания необходимого уровня заряда АКБ.

Преимущества параллельных ГСУ рассмотренного типа. Как отмечено выше, параллельный гибрид с двумя электроприводами и планетарной передачей обладает рядом преимуществ по сравнению с другими типами ГСУ в части повышенной топливной экономичности [5] за счет возможности работы ДВС в оптимальном диапазоне эффективности и возможности комбинирования мощностями ДВС и двух электродвигателей, что обеспечивает лучшую динамику автомобиля [10]. Гибкость в режимах работы является еще одним значительным преимуществом данной конфигурации. Система может работать в чисто электрическом режиме, только на ДВС или в различных комбинированных режимах, что позволяет опти-

мизировать ее работу в зависимости от условий вождения [11]. Например, в городском цикле движения с частыми остановками может использоваться только электрическая тяга, а на трассе — более эффективная работа ДВС или совместная работа ДВС и электродвигателей [6]. Возможность рекуперативного торможения с использованием одного или обоих электродвигателей также повышает общую энергоэффективность системы за счет возврата кинетической энергии в аккумуляторную батарею. Большим преимуществом данного типа ГСУ является также возможность использования ДВС меньшей, чем в классическом автомобиле, мощности, что снижает потребление углеводородного топлива и вредные выбросы.

Недостатки параллельных ГСУ рассмотренного типа:

- повышенная сложность системы из-за наличия двух электродвигателей и планетарной передачи;
- требуется сложная система управления, координирующая работу ДВС, двух ЭД и АКБ [12];
- наличие большего количества механических компонентов приводит к увеличению механических потерь по сравнению с более простыми гибридными системами [13];
- на режиме электрического движения запас хода ограничен емкостью аккумуляторной батареи [14].

Примеры применения параллельных ГСУ рассмотренного типа на автомобилях. Одним из наиболее известных примеров использования параллельной ГСУ с планетарной передачей и двумя ЭД является Toyota Prius с системой HSD [5, 6]. Успех и широкое распространение Prius демонстрируют эффективность и жизнеспособность данной архитектуры. Chevrolet Volt первого поколения представлял собой пример гибридного автомобиля с ГСУ, включающей планетарную передачу и два электродвигателя [5, 10]. Эта конфигурация обеспечивает различные режимы работы автомобиля, включая режим движения с увеличенным запасом хода (EREV), и улучшенную топливную экономичность. Honda также разработала интеллектуальную многорежимную систему привода (i-MMD), использующая два ЭД [5], которая в основном работает как последовательный гибрид, но также включает режим прямого привода с использованием ДВС на более высоких скоростях. Использование двух ЭД и сложного электронного управления делает эту систему релевантным примером двухмоторной гибридной системы. Ford применяет гибридные системы с планетарной передачей и двумя ЭД в таких моделях, как Maverick [5, 15].

Разработка структуры отечественного гибридного грузового автомобиля. В качестве базового шасси для отечественного гибридного грузового автомобиля выбран автомобиль MAZ-5340C5, технические характеристики которого представлены на рисунке 1 и в таблице 1.

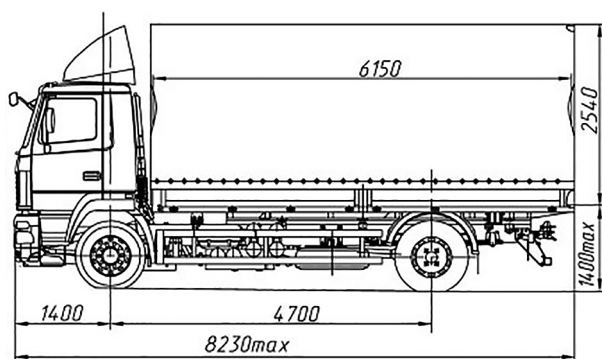


Рисунок 1 — Шасси автомобиля MAZ-5340C5
Figure 1 — MAZ-5340C5 vehicle chassis

Таблица 1 — Технические характеристики автомобиля MAZ-5340C5

Table 1 — Specifications of the MAZ-5340C5 vehicle

Параметр	Значение
Экологический класс	Евро 5
Колесная формула	4×2
Мощность штатного двигателя, кВт/л. с.	241/328
Шины	315/80R22.5
Нагрузка на переднюю ось, кг	7500
Нагрузка на заднюю ось, кг	11 500
Технически допустимая полная масса автомобиля, кг	19 000

Для обеспечения высокой степени локализации гибридного грузовика в Объединенном институте машиностроения НАН Беларуси разработана собственная конструкция ГСУ параллельного типа, включающая ДВС, два электродвигателя, суммирующий планетарный механизм, буферную АКБ, автоматизированную коробку передач (КП) F9JZ140A (КНР) и интеллектуальную систему управления. Вместо штатного для автомобиля MAZ-5340 дизельного ДВС ЯМЗ-53623 объемом 6,65 л и мощностью 241 кВт в варианте с ГСУ использован дизельный ДВС Д-245.7ЕЗ производства ОАО «УКХ «ММЗ», объемом 4,75 л и мощностью 120 кВт.

На рисунке 2 представлена структурная схема гибридной силовой установки для автомобиля MAZ-5340C5Г1.

На рисунке 3 приведена кинематическая схема ГСУ MAZ-5340C5Г1, а на рисунке 4 — продольный разрез ее мехатронного модуля.

Источником механической энергии ГСУ служит ДВС Д-245.7ЕЗ мощностью 120 кВт, что достаточно для движения груженого автомобиля по шоссе со скоростью 90 км/ч. Коленчатый вал ДВС соединен через сцепление Ф1 с водилом планетарного ряда (ПМ).

ГСУ включает электродвигатели-генераторы ЭД1 и ЭД2. ЭД1 мощностью 40 кВт связан с солнечной шестерней ПМ. ЭД2 мощностью 80 кВт

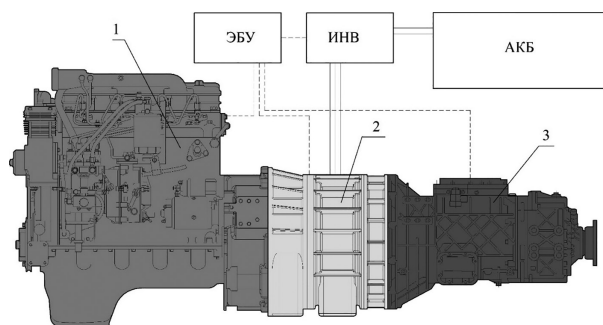


Рисунок 2 — Структурная схема ГСУ автомобиля MAZ-5340C5Г1: 1 — ДВС Д-245.7ЕЗ; 2 — мехатронный модуль; 3 — ступенчатая автоматизированная коробка передач F9JZ140A (КНР); ЭБУ — электронный блок управления; ИНВ — инвертор управления электродвигателями; АКБ — буферная аккумуляторная батарея

Figure 2 — Structural diagram of the MAZ-5340C5G1 vehicle HPU: 1 — ICE D-245.7E3; 2 — mechatronic module; 3 — step-by-step automated gearbox F9JZ140A (China); ЭБУ — electronic control unit; ИНВ — motor control inverter; АКБ — bypass battery

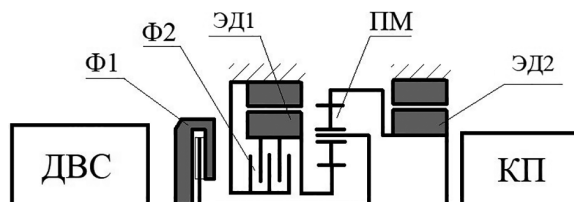


Рисунок 3 — Кинематическая схема ГСУ автомобиля MAZ-5340C5Г1: 1 — сцепление (Ф1); 2 — электродвигатель-генератор ЭД1; 3 — планетарный механизм (ПМ); 4 — фрикцион Ф2; 5 — электродвигатель-генератор ЭД2; ДВС и автоматизированная КП

Figure 3 — Kinematic diagram of the MAZ-5340C5G1 vehicle HPU: 1 — clutch (Ф1); 2 — electric motor-generator ЭД1; 3 — planetary mechanism (ПМ); 4 — friction clutch Ф2; 5 — electric motor-generator ЭД2; ICE and automated gearbox

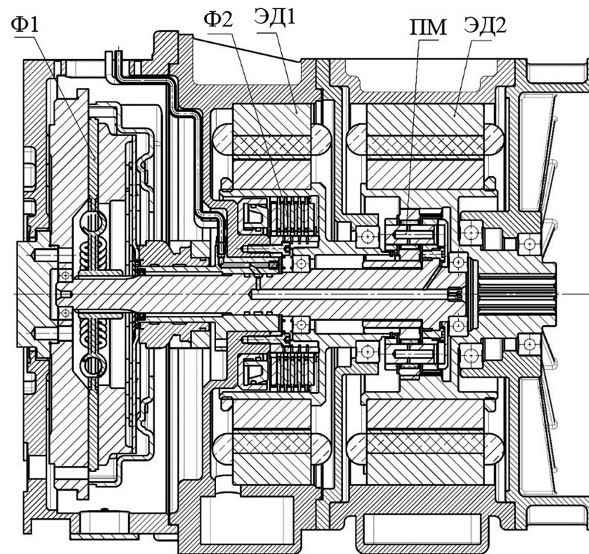


Рисунок 4 — Продольный разрез мехатронного модуля ГСУ автомобиля MAZ-5340C5Г1: 1 — сцепление (Ф1); 2 — электродвигатель-генератор ЭД1; 3 — планетарный механизм (ПМ); 4 — фрикцион Ф2; 5 — электродвигатель-генератор ЭД2; ДВС и автоматизированная КП

Figure 4 — Longitudinal section of the mechatronic module of the MAZ-5340C5G1 vehicle HPU: 1 — clutch (Ф1); 2 — electric motor-generator ЭД1; 3 — planetary mechanism (ПМ); 4 — friction clutch Ф2; 5 — electric motor-generator ЭД2; ICE and automated gearbox

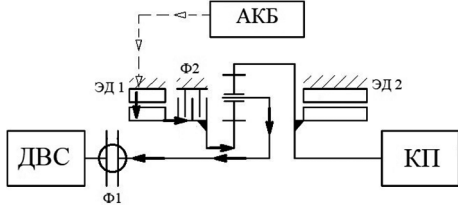
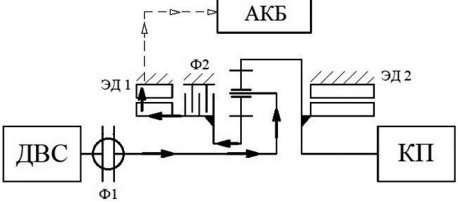
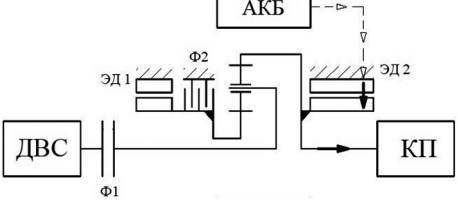
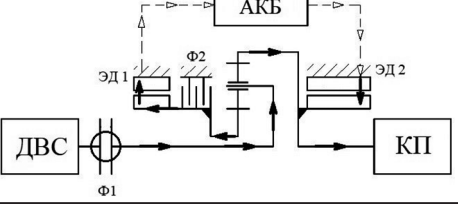
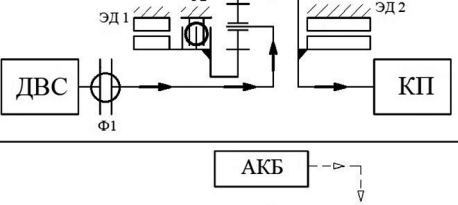
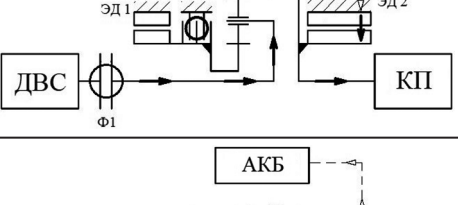
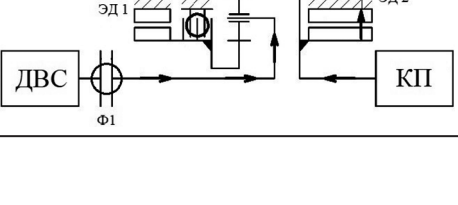
связан с коронной шестерней ПМ и далее через КП — с колесами автомобиля. Фрикцион Ф1 — штатное сухое сцепление; фрикцион Ф2 — многодисковый гидроуправляемый тормоз, служащий для соединения солнечной шестерни ПМ с корпусом. ГСУ оснащена системой жизнеобеспечения, включающей масляный насос, приводимый во вращение от коленчатого вала ДВС и обеспечива-

ющий включение тормоза Ф2, смазку и охлаждение всех компонентов, регулирующую аппаратуру, теплообменник.

Режимы работы ГСУ автомобиля МАЗ-5340С5Г1 приведены в таблице 2.

Закключение. 1. Параллельные гибридные системы с планетарной передачей и двумя электроприводами представляют собой передовую

Таблица 2 — Режимы работы ГСУ автомобиля МАЗ-5340С5Г1
Table 2 — Operation modes of the MAZ-5340С5Г1 vehicle HPU

№ режима	Кинематическая схема ГСУ. Поток мощности	Режим работы ГСУ. Включенные элементы
1		Запуск ДВС с помощью ЭД1 от АКБ: - стояночный тормоз — включен; - ДВС — включен; - фрикцион Ф2 — выключен; - фрикцион Ф1 — включен.
2		Зарядка АКБ на стоянке: - стояночный тормоз — включен; - ДВС — включен; - фрикцион Ф2 — выключен; - фрикцион Ф1 — включен.
3		Движение на ЭД2 от АКБ. Трогание: - ДВС — включен; - фрикцион Ф1 — выключен; - фрикцион Ф2 — выключен.
4		Работа в последовательно-параллельном режиме. Движение на средних нагрузках: - ДВС — включен; - фрикцион Ф1 — включен; - фрикцион Ф2 — выключен; - ЭД1 — в режиме генератора; - ЭД2 — в режиме электродвигателя.
5		Движение по трассе: - фрикцион Ф1 — включен; - фрикцион Ф2 — включен; - ДВС — включен.
6		Движение по трассе, ускорение, преодоление подъема: - фрикцион Ф1 — включен; - фрикцион Ф2 — включен; - ДВС — включен; - ЭД2 — в режиме электродвигателя.
7		Движение по трассе, зарядка батареи: - фрикцион Ф1 — включен; - фрикцион Ф2 — включен; - ДВС — включен; - ЭД2 — в режиме генератора.

технологии в области гибридных транспортных средств. Они предлагают значительные преимущества в плане топливной эффективности и производительности благодаря возможности комбинировать мощность от ДВС и двух электродвигателей через сложную, но эффективную планетарную передачу. Разнообразные режимы работы позволяют оптимизировать использование энергии в различных условиях вождения, а рекуперативное торможение способствует повышению общей эффективности системы. Примеры успешной реализации этой схемы, такие как Toyota Prius и Chevrolet Volt, а также продолжающиеся разработки и патенты в этой области, свидетельствуют о ее потенциале и актуальности.

2. Будущие тенденции в развитии этой технологии могут быть связаны с совершенствованием стратегий управления энергопотреблением, оптимизацией конструкции компонентов для снижения веса и стоимости, а также с интеграцией более эффективных аккумуляторных батарей, что позволит еще больше повысить топливную экономичность и расширить возможности электрического движения.

3. Данная конфигурация также имеет недостатки, такие как повышенная сложность и стоимость, увеличение веса автомобиля и необходимость разработки сложной системы управления.

4. Для создания отечественного коммерческого грузовика с максимальной степенью локализации Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси совместно со специалистами ОАО «МАЗ» и ОАО «УКХ «ММЗ» разработал ГСУ параллельного-последовательного типа, включающую ДВС, два электродвигателя-генератора, планетарную передачу, автоматизированную КП, буферную АКБ и интеллектуальную систему управления. По предварительным расчетам использование разработанной ГСУ на автомобиле МАЗ позволит снизить потребление топлива и вредные выбросы в атмосферу в городском цикле эксплуатации на 20–25 %.

Список литературы

1. Ксеневиц, И.П. Технологии гибридных автомобилей: состояние и направление развития отечественной автомобильной техники с комбинированными энергоустановками / И.П. Ксеневиц, А.А. Ипатов, Д.Б. Изосимов // Мобильная техника. — 2003. — № 2. — С. 78–82.
2. Гусаков С.В. Гибридные силовые установки на основе ДВС: учеб. пособие / С.В. Гусаков. — М.: РУДН, 2008. — 109 с.
3. Ломакин, В.В. К вопросу выбора мощности и алгоритма работы силовой установки гибридного автомобиля / В.В. Ломакин, А.А. Шабанов, А.В. Шабанов // Журнал автомобильных инженеров. — 2013. — № 6(83). — С. 40–45.
4. Numerical analysis of optimal hybridization in parallel hybrid electric powertrains for tracked vehicles / S. Milićević, I. Blagojević, S. Milojević [et al.] // Energies. — 2024. — Vol. 17, iss. 14. — DOI: <https://doi.org/10.3390/en17143531>.
5. Electrified powertrain with multiple planetary gears and corresponding energy management strategy / D. Rajput, J.M. Herberos, M.S. Innocente [et al.] // Vehicles. — 2021. — Vol. 3, iss. 3. — P. 341–356. — DOI: <https://doi.org/10.3390/vehicles3030021>.
6. Energy management strategy of dual planetary hybrid electric vehicle based on optimal transmission efficiency / S. Wang, J. Li, D. Shi [et al.] // Journal of Theoretical and Applied Mechanics. — 2019. — Vol. 57, iss. 2. — P. 383–396. — DOI: <https://doi.org/10.15632/jtam-pl/104591>.
7. Electric vehicles with two motors combined via planetary gear train / M. De Carlo, G. Mantriota // Mechanism and Machine Theory. — 2020. — Vol. 148. — DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2020.103789>.
8. Singh, J. Investigation of hybrid electrical vehicle using dual mode transmission system / J. Singh, K. Singh // South Asian Research Journal of Engineering and Technology. — 2020. — Vol. 2, iss. 6. — P. 76–80.
9. Plomer, J. New concept of hybrid drive with multi-gear planetary transmission / J. Plomer // Transactions on Transport Sciences. — 2014. — Vol. 7, iss. 1. — P. 17–26. — DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/v10158-012-0050-z>.
10. Series vs Parallel vs Series/Parallel Drivetrains // Union of Concerned Scientists. — URL: <https://ucs.org/resources/all-about-drivetrains> (date of access 01.05.2025).
11. Patent US 6592484B1, IPC R16H 3/72; USPC 475/5. Transmission gearbox for parallel hybrid electric vehicles: № 09/635,315; filing date 09.08.2000; publ. date 15.07.2003 / L.-W. Tsai, G.A. Schultz; applicant Tsai Lung Chu. — URL: <https://patents.google.com/patent/US6592484B1/en>.
12. Dual axle complex hybrid electric vehicle operating modes (front-hybrid drive train, and the rear electric motor) // ResearchGate. — URL: <https://clck.ru/3Lvpbz> (date of access 15.04.2025).
13. Patent US 10619707B2, IPC F16H 3/06 (2006.01), F16H 3/00 (2006.01), F16H 3/46 (2006.01), B60K 6/42 (2007.10); CPC F16H 3/006 (2013.01), B60K 6/42 (2013.01), F16H 37001 (2013.01), F16H 3/46 (2013.01). Multi-mode power split hybrid transmission with two planetary gear mechanisms: № 16/140,645; filing date 25.09.2018; publ. date 14.04.2020 / Z. Pan, H. Peng, S. Jade, J. Schwanke, M. Thoringtonn, N. Ravi, V. Rill; applicant Robert Bosch GmbH University of Michigan Medical School. — URL: <https://patents.google.com/patent/US10619707B2/en>.
14. Patent US 8425377B2, IPC F16H3/72 (2006.01), F16H 37/06 (2006.01), H02P 17/00 (2006.01), B60K 6/445 (52) (2007.10); USPC 477/5, 477/6, 477/8, 477/15. Multiple-mode power split hybrid powertrain: № 12/767,841; filing date 27.04.2010; publ. date 23.04.2013 / W. Liang, X.Y. Wang, W. Wu, R.A. McGee, M.L. Kuang; applicant Ford Global Technologies LLC. — URL: <https://patents.google.com/patent/US8425377B2/en>.
15. Architectures of planetary hybrid powertrain system: review, classification and comparison / L. Wang, Y. Cui, F. Zhang, G. Li // Energies. — 2020. — Vol. 13, iss. 2. — DOI: <https://doi.org/10.3390/en13020329>.

PODDUBKO Sergey N., Ph. D. in Eng., Assoc. Prof.

Director General¹

E-mail: info@oim.by

BELEVICH Alexander V.

Deputy Director General for Highly Automated Electric Transport – Chief of the R&D Center “Electromechanical and Hybrid Power Units of Mobile Machines”¹

E-mail: belevich2005@yandex.by

KRAVTSOV Ivan P.

Head of the Traction Electric Drive System Design Department of the Applied Research Laboratory for Research, Design and Testing of Electric Vehicles and Basic Electric Drive Components of the R&D Center “Electromechanical and Hybrid Power Units of Mobile Machines”¹

E-mail: ivashka79913081@mail.ru

KALININ Mikhail V.

Head of the Electromechanical Components Design Department of the R&D Center “Electromechanical and Hybrid Power Units of Mobile Machines”¹

E-mail: Kalininmikhail1986@yandex.by

SHABANAU Pavel E.

Chief Designer for Automotive Machinery – Head of the Chief Designer’s Department²

E-mail: office@maz.by

¹Joint Institute of Mechanical Engineering of the NAS of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

²JSC “Minsk Automobile Plant” — Managing Company of “BELAVTOMAZ” Holding, Minsk, Republic of Belarus

Received May 4, 2025.

CREATION OF A DOMESTIC HYBRID TRUCK WITH THE MAXIMUM DEGREE OF LOCALIZATION

Parallel hybrid power units (HPU) of vehicles are considered, which include an internal combustion engine (ICE), one or more electric motors (EM) that can operate either jointly or separately, a planetary summing mechanism, a bypass battery, and a control system. Various combinations of ICE and EM operation modes are shown, which provide high energy efficiency when driving a car both on highways and in urban conditions. On the basis of the application of this HPU type, the kinematic scheme and layout of the domestic hybrid truck on the chassis of MAZ-5340C5 with a high degree of localization is proposed. The structure of the power unit and the design of the HPU mechatronic module are developed. Different variants of the HPU operating modes are considered.

Keywords: vehicle, efficiency, hybrid power unit, internal combustion engine, electric motor, battery, control system, energy

DOI: <https://doi.org/10.46864/1995-0470-2025-2-71-7-14>

References

1. Ksenevich I.P., Ipatov A.A., Izosimov D.B. Tekhnologii gibridnykh avtomobiley: sostoyanie i napravlenie razvitiya otechestvennoy avtomobilnoy tekhniki s kombinirovannymi energosustavkami [Hybrid car technologies: the state and direction of development of domestic automotive technology with combined power units]. *Mobilnaya tekhnika*, 2003, no. 2, pp. 78–82 (in Russ.).
2. Gusakov S.V. *Gibridnye silovye ustanovki na osnove DVS* [Hybrid power units based on ICE]. Moscow, Rossiyskiy universitet druzhby narodov Publ., 2008. 109 p. (in Russ.).
3. Lomakin V.V., Shabanov A.A., Shabanov A.V. K voprosu vybora moshchnosti i algoritma raboty silovoy ustanovki gibridnogo avtomobilya [On the issue of choosing the power and the algorithm of operation of the power plant of a hybrid car]. *Zhurnal avtomobilnykh inzhenerov*, 2013, no. 6(83), pp. 40–45 (in Russ.).
4. Miličević S., Blagojević I., Milojević S., Bukvić M., Stojanović B. Numerical analysis of optimal hybridization in parallel hybrid electric powertrains for tracked vehicles. *Energies*, 2024, vol. 17, iss. 14. DOI: <https://doi.org/10.3390/en17143531>.
5. Rajput D., Herreros J.M., Innocente M.S., Schaub J., Dizqah A.M. Electrified powertrain with multiple planetary gears and corresponding energy management strategy. *Vehicles*, 2021, vol. 3, iss. 3, pp. 341–356. DOI: <https://doi.org/10.3390/vehicles3030021>.
6. Wang S., Li J., Shi D., Sun X., Yao Y. Energy management strategy of dual planetary hybrid electric vehicle based on optimal transmission efficiency. *Journal of theoretical and applied mechanics*, 2019, vol. 57, iss. 2, pp. 383–396. DOI: <https://doi.org/10.15632/jtam-pl/104591>.
7. De Carlo M., Mantriota G. Electric vehicles with two motors combined via planetary gear train. *Mechanism and machine theory*, 2020, vol. 148. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2020.103789>.

8. Singh J., Singh K. Investigation of hybrid electrical vehicle using dual mode transmission system. *South Asian research journal of engineering and technology*, 2020, vol. 2, iss. 6, pp. 76–80.
9. Plomer J. New concept of hybrid drive with multi-gear planetary transmission. *Transactions on transport sciences*, 2014, vol. 7, iss. 1, pp. 17–26. DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/v10158-012-0050-z>.
10. *Series vs parallel vs series/parallel drivetrains*. 2015. Available at: <https://ucs.org/resources/all-about-drivetrains> (accessed May 1, 2025).
11. Tsai L.-W., Schultz G.A. *Transmission gearbox for parallel hybrid electric vehicles*. Patent US, no. US6592484B1, 2003.
12. *Dual axle complex hybrid electric vehicle operating modes (front-hybrid drive train, and the rear electric motor)*. Available at: <https://clck.ru/3Lvpbz> (accessed April 15, 2025).
13. Pan Z., Peng H., Jade S., Schwanke J., Thoringtonn M., Ravi N., Rill V. *Multi-mode power split hybrid transmission with two planetary gear mechanisms*. Patent US, no. US10619707B2, 2020.
14. Liang W., Wang X.Y., Wu W., McGee R.A., Kuang M.L. *Multiple-mode power split hybrid powertrain*. Patent US, no. US8425377B2, 2013.
15. Wang L., Cui Y., Zhang F., Li G. Architectures of planetary hybrid powertrain system: review, classification and comparison. *Energies*, 2020, vol. 13, iss. 2. DOI: <https://doi.org/10.3390/en13020329>.