

**ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ
ПРИ ПОВРЕЖДЕНИИ ГИБРИДНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ВО ВРЕМЯ
ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ**

Князев В.Н., Савченко С.А., Колбашов М.А., Колобов М.Ю.

Князев Виктор Николаевич, Савченко Сергей Александрович
Дальневосточная пожарно-спасательная академия – филиал Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России,

г. Владивосток, Россия, 690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, поселок Аякс, д. 27 .

E-mail: knyazevobr@mail.ru, savchenko@igps.ru

Колбашов Михаил Александрович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

г. Иваново, Россия, 153040, Ивановская область, г. Иваново, пр. Строителей, д. 33.

E-mail: kolbashow@mail.ru

Колобов Михаил Юрьевич

Ивановский государственный химико-технологический университет,

г. Иваново, Россия, 153000, Ивановская область, г. Иваново, пр. Шереметьевский, д. 7.

E-mail: mikhaikolobov@rambler.ru

Благодаря ужесточению экологических норм, направленных на выбросы вредных веществ в транспортной сфере, количество транспортных средств с альтернативным приводом в движении во всем мире постоянно увеличивается. Электромобили с подзарядкой от сети (PEV2) могут сократить выбросы парниковых газов. Все больше и больше гибридных и электромобилей выпускается на рынок, что оправдывает выбор темы. В связи с распространением этих транспортных средств в данном исследовании рассматриваются источники опасности, влияние которых влечет за собой их эксплуатация. Увеличение количества гибридных и электромобилей в дорожном движении несет в себе риск попадания транспортных средств с таким типом привода в дорожно-транспортные происшествия. Расследование всех транспортных средств с альтернативным приводом выходит за рамки данной статьи, поэтому будут рассмотрены только конструкции и характеристики компенсации ущерба гибридных транспортных средств. Задачей исследования является рассмотрение опасности, которую представляют транспортные средства, работающие на гибридно-электрических ресурсах, а также привлечение внимания к особенностям пожаротушения и спасательных работ.

Ключевые слова: гибридные и электрические приводы, дорожно-транспортные происшествия, пожаротушение, спасатели

**FEATURES OF EMERGENCY RESCUE WORK IN THE EVENT OF DAMAGE TO HYBRID
VEHICLES DURING TRANSPORT ACCIDENTS**

Knyazev V.N., Savchenko S.A., Kolbashov M.A., Kolobov M.Yu.

Knyazev Viktor Nikolaevich, Savchenko Sergey Aleksandrovich

Far Eastern Fire and Rescue Academy – branch of the St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia,

Vladivostok, Russia, 690922, Primorsky Krai, Vladivostok, Russky Island, Ayaks settlement, 27 .

E-mail: knyazevobr@mail.ru, savchenko@igps.ru

Kolbashov Mikhail Alexandrovich

Ivanovo Fire and Rescue Academy of the SFS of Emercom of Russia,

Ivanovo, Russia, 153040, Ivanovo region, Ivanovo, Stroiteley Ave., 33.

E-mail: kolbashow@mail.ru

Kolobov Mikhail Yurievich
Ivanovo State University of Chemistry and Technology,
Ivanovo, Russia, 153000, Ivanovo region, Ivanovo, Sheremetevsky Ave., 7.
E-mail: mikhailkolobov@rambler.ru

Thanks to stricter environmental regulations aimed at emissions of harmful substances in the transport sector, the number of vehicles with alternative drives on the road around the world is constantly increasing. Plug-in electric vehicles (PEV2) can reduce greenhouse gas emissions. More and more hybrid and electric vehicles are being released into the market, which justifies the choice of topic. In connection with the proliferation of these vehicles, this study examines the sources of danger, the influence of which entails their operation. The increase in the number of hybrid and electric vehicles in road traffic carries with it the risk of vehicles with this type of drive being involved in traffic accidents. An investigation of all vehicles with alternative drive is beyond the scope of this article, so only the designs and damage compensation characteristics of hybrid vehicles will be considered. The objective of the study is to consider the danger posed by vehicles operating on hybrid-electric resources, as well as to draw attention to the features of fire fighting and rescue operations.

Keywords: hybrid and electric drives, traffic accidents, fire fighting, rescuers

ВВЕДЕНИЕ

Электромобили (ПЭМ), которые можно заряжать возобновляемой электроэнергией, позволяют сократить выбросы парниковых газов в транспортном секторе во время их использования [1, 2]. Однако ограниченный электропривод аккумуляторных электромобилей является большим препятствием для многих потребителей, а запас хода гибридных электромобилей сильно влияет на полезность электромобилей. Сегодня одной из актуальных проблем в мире является борьба с парниковым эффектом. Среди газов, способствующих парниковому эффекту, в наибольшую долю воздуха попадают CO_2 , CO и NO_2 . Большинство этих газов представляют собой выхлопные газы, выбрасываемые транспортными средствами с двигателями внутреннего сгорания. Чтобы уменьшить количество этих газов, производители двигателей внутреннего сгорания пытаются разработать экологически чистые решения. В 1997 году автоконцерн Toyota первым в мире разработал гибридный автомобиль. Компания Toyota теперь использует гибридные двигатели 4-го поколения. В последние годы, примерно в 2010-х годах, другие производители автомобилей также начали производить модели гибридных автомобилей собственной разработки [3]. Один за другим появлялись автомобили типа «Мицубиси», «Шевроле», «Пежо», «Ситроен», «Мерседес», использующие гибридные приводы. Сегодня автопроизводители Audi, BMW и Nissan уже разработали электромобили с запасом хода 80-130 км в зависимости от типа, который они могут проехать на одном заряде. Аккумуляторы этих автомобилей необходимо заряжать электричеством от домаш-

ней сети или от электрозарядных постов, установленных на заправочных станциях и в гаражах. Американский автопроизводитель TESLA смог построить легковые электромобили с запасом хода 372-576 километров (при скорости 100 км/ч). Рассмотрение всех транспортных средств с альтернативным приводом выходит за рамки этой статьи, поэтому будут рассматриваться только структурная конструкция и характеристики восстановления после повреждений гибридных транспортных средств.

Развитие транспортных средств не сопровождается расширением специальной литературы по вопросам устранения повреждений. В статье будет обращено внимание на актуальность темы, а также оказать помощь специалистам, занимающимся ликвидацией возможных аварий.

ТИПЫ ГИБРИДНЫХ СИСТЕМ ПРИВОДА

Некоторые из систем привода гибридных транспортных средств элементов представляют собой источник опасности при дорожно-транспортном происшествии как для окружающей среды, так и для лиц, занимающихся профилактикой дорожно-транспортных происшествий [4].

Одним из важных элементов ликвидации дорожно-транспортных происшествий является обесточивание транспортных средств. В случае с гибридными транспортными средствами эта задача требует серьезной осторожности, для ее выполнения необходимо определить элементы системы привода, где операцию можно выполнить безопасно.

Характеристики гибридных систем.

Гибридные автомобили подразделяются на следующие три группы:

- EV (электромобиль): 80% доступной энергии аккумулятора используется для приведения автомобиля в движение.

- PHEV (гибридный электромобиль с подключаемым модулем): использует 70 % доступной энергии аккумулятора для движения автомобиля и 5 % для работы гибридного автомобиля.

- HEV (гибридный электромобиль): 50% аккумуляторной группы используется до тех пор, пока автомобиль не достигнет скорости примерно 45-50 км/ч, только тогда основную роль в приводе берет на себя бензиновый двигатель.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИБРИДНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Для повышения эффективности технических спасательных работ при дорожно-транспортных происшествиях важно знать основные агрегаты транспортных средств. Это особенно важно в случае гибридных автомобилей, где также работают высоковольтные электрические системы [5]. В автомобилях EV и PHEV используются бензиново-электрические технологии, но по-разному. Автомобили, оснащенные небольшими бензиновыми двигателями, которые слабее по сравнению с автомобилями с традиционным приводом (их мощность составляет 60-90 кВт), выбрасывают меньше загрязняющих веществ и используют в конструкции элементов кузова сверхлегкие материалы, такие как углеродное волокно и алюминий. При проектировании конструкторы стремились к аэродинамическим совершенным решениям, их целью было снижение коэффициента лобового сопротивления.

Во время использования блок управления двигателем определяет распределение крутящего момента между двумя приводными агрегатами, двигателем внутреннего сгорания и электрической машиной, стремясь к оптимальному использованию энергии. Они также используют процесс рекуперативного торможения, при котором кинетическая энергия преобразуется в электрическую энергию. На малых оборотах используется только электропривод, на высоких оборотах в помощь включается бензиновый двигатель.

В случае серийных гибридно-электрических автомобилей привод автомобиля осуществляется исключительно за счет электродвигателя. Двигатель внутреннего сгорания вместе с электрической машиной (интегрированный стартер-генератор ISG3) и инвертором играет роль регулируемого источника электроэнергии (агрегатора), непосредственно в управлении автомобилем не участвует. Помимо функций генератора и зарядного устройства, ISG также выполняет запуск двигателя внутреннего сгорания. Электрическая машина ISG может быть синхронной или асинхронной.

З ISG = обозначение относится к функциям электрической машины, значит, помимо функции генератора она отвечает еще и за запуск двигателя внутреннего сгорания.

Выходную мощность преобразователя энергии двигателя внутреннего сгорания можно рассчитать по следующему уравнению:

$$p = u_a \cdot i_t, \quad (1)$$

где: p - выходная мощность; u_a - напряжение в батарее; i_t - переходный ток.

Мощность, соответствующая средней нагрузке, обеспечивается двигателем внутреннего сгорания. Разница $i_a = i - i_t$ тока может быть направлена на разрядку или зарядку. При ускорении ток i_a аккумулятора добавляется к току i_t , т.е. он является вспомогательным.

В режиме рекуперативного торможения привода транспортного средства обратный ток I в цепи постоянного тока полностью заряжает накопитель энергии промежуточной цепи. Во время электрического торможения подача энергии возможна только к аккумулятору, направление тока в нём не может быть изменено на противоположное, поскольку подача энергии к двигателю внутреннего сгорания невозможна. Использование энергии торможения в накопителе энергии промежуточного контура может быть реализовано только в той мере, в какой он может поглощать регенерированную энергию (рис. 1).

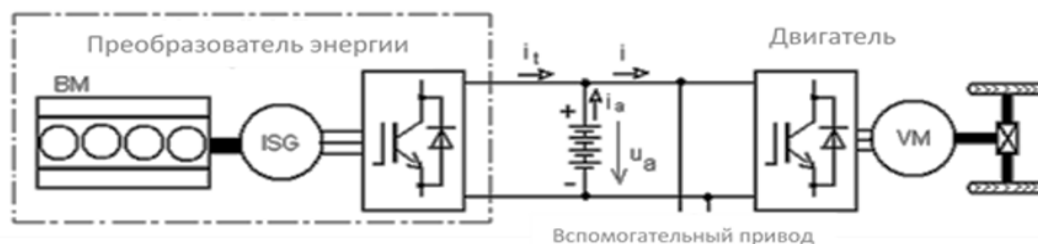


Рис. 1. Серийный гибридно-электромобиль
Fig. 1. Series hybrid-electric vehicle

Преимущества серийного гибридного привода: конструкция проста, система прозрачна, привод автомобиля исключительно электрический. В зависимости от емкости аккумулятора возможна рекуперация энергии в случае торможения. Двигатель внутреннего сгорания автомобиля работает в оптимальном режиме. Недостаток приводной системы: учитывая эффективность, двигатель внутреннего сгорания должен быть увеличен до общей мощности автомобиля, а генератор ISG должен быть усовершенствован почти до такой же мощности. Двигатель внутреннего сгорания механически соединен только с электрическим оборудованием ISG, а не с колесом транспортного средства. Бензиновый двигатель непосредственно приводит в действие электродвигатель, приводящий в движение транспортное средство, или заряжает аккумуляторную батарею (рис. 1).

ОСОБЕННОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ГИБРИДНОГО ПРИВОДА

Параллельные гибридные транспортные средства механически сконструированы таким образом, что как двигатель внутреннего сгорания, так и электродвигатель могут быть механически соединены с колесом транспортного средства.

Транспортные средства, оснащенные упрощенным параллельным приводом, имеют высоковольтную батарею повышенной мощности.

Эти машины были оснащены встроенной электрической машиной ISG повышенной производительности. Коробка передач также была сохранена. Характеризуется номинальной мощностью электромеханического привода и привода от двигателя внутреннего сгорания, степенью гибридизации:

$$\frac{P_{vill}}{P_{BM} + P_{vill}}, \quad (2)$$

где: γ – степень гибридизации, P_{vill} – электромеханический привод, P_{BM} – номинальная мощность двигателя внутреннего сгорания.

Чем выше коэффициент γ , тем эффективнее электропривод способен обеспечивать поддержку крутящего момента и получать энергию торможения с электрической обратной связью (рис. 2). Генератор ISG подсоединяется к коленчатому валу двигателя внутреннего сгорания с помощью механической коробки передач или без нее, используя регулируемую муфту сцепления. Его нельзя отсоединить от коленчатого вала, поэтому транспортное средство не может самостоятельно приводиться в действие электродвигателем. Транспортное средство может приводиться в движение только двигателем внутреннего сгорания, с его помощью невозможно реализовать автономный привод электромобиля, т.е. бензиновый двигатель обеспечивает основную энергию движения (рис. 2). Использование электромотора для увеличения крутящего момента и энергии торможения значительно повышает эффективность двигателя внутреннего сгорания и транспортного средства в целом. Электромашинка ISG упрощает реализацию режима старт-стоп в условиях городского движения.

Наиболее известным упрощенным параллельным гибридно-электрическим транспортным средством является автомобиль Honda Insight типа «мягкий гибрид».

Toyota Hybrid Synergy- Привод (последовательный/ параллельный гибрид).

Synergy-Drive - это интеллектуальный гибридно-электрический автомобиль, построенный с планетарной механической трансмиссией. Схематическая структура планетарной трансмиссии описана на рис. 3.

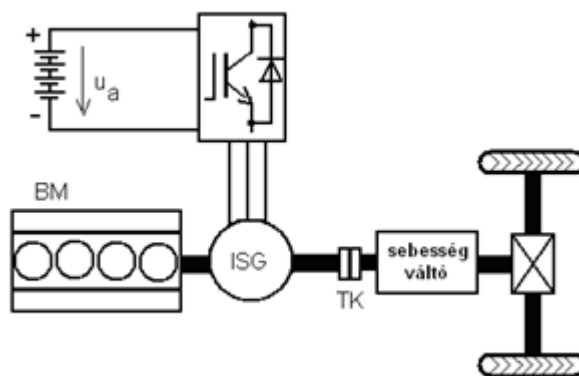


Рис. 2. Упрощенный параллельный гибридный электроавтомобиль
Fig. 2. Simplified parallel hybrid electric vehicle

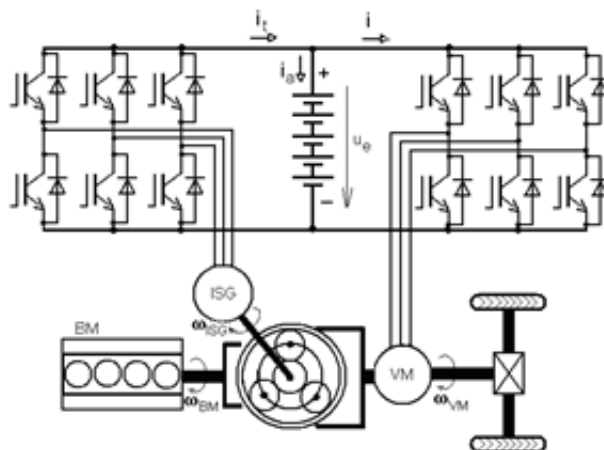


Рис. 3. Принципиальная схема планетарного гибридно-электрического транспортного средства
Fig. 3. Schematic diagram of a planetary hybrid-electric vehicle

Электродвигатель в данном случае подключен не непосредственно к кольцевому колесу, а ко второй планетарной передаче, планетарные колеса которой неподвижны. Между кольцевым колесом и валом для привода колес транспортного средства имеется передаточное число, которое нельзя изменить. Привод типа Synergy-Drive также называют "сильной" гибридной системой. Привод этого типа включает в себя отдельный генератор (ISG). Привод типа Synergy-Drive представляет собой комбинацию современного асинхронного электродвигателя и бензинового двигателя. "Сердцем" комбинированного привода является планетарное единство.

Это сопряжение используется большинством компаний-производителей автомобилей, включая, в первую очередь, Toyota. Двигатель запускается нажатием кнопки. Бензиновый двигатель помогает завестись, обеспечивает мощность движения, но после этого автомобиль немедленно переключается в электрический режим.

При рекуперативном торможении кинетическая энергия преобразуется в электрическую и подается в NiMH (никель-металлический гибридный аккумулятор). На рис. 4 показан метод рекуперации энергии рекуперативного торможения и принцип действия транспортного средства с синергетическим приводом. Ранее были описаны характеристики систем гибридного привода для того, чтобы сотрудникам подразделений пожаротушения, участвующим в ликвидации возможного дорожно-транспортного происшествия, было легче оценить опасность. Процедуру следует проводить с большой осторожностью, и во время ее подготовки особое внимание следует уделить определению режима работы транспортного средства. Режим обозначен в нескольких местах на транспортных средствах именно для того, чтобы его было легко идентифицировать в случае аварии, поэтому надпись hybrid можно найти на задней части автомобиля, на порогах, а также сбоку автомобиля (рис. 5).

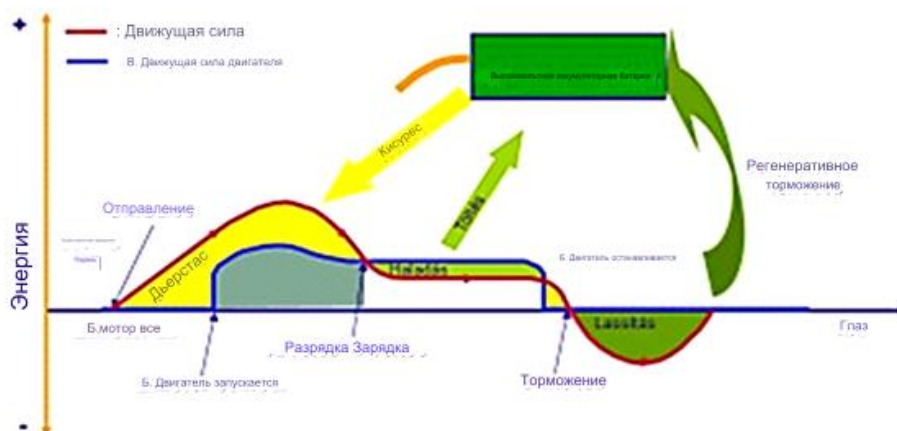


Рис. 4. Принцип работы транспортного средства типа Synergy-Drive
Fig. 4. Operating principle of a Synergy-Drive vehicle



Рис. 5. Надпись и знак Toyota Prius Hybrid сбоку автомобиля
Fig. 5. Toyota Prius Hybrid lettering and sign on the side of the car

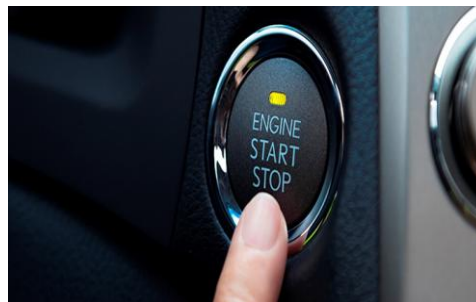


Рис. 6. Кнопка запуска/остановки
Fig. 6. Start/Stop button

В качестве первого шага, пока высоковольтная система не будет обесточена, транспортное средство должно быть обездвижено во избежание случайных аварий. Двигатель внутреннего сгорания гибридного автомобиля выключается, когда транспортное средство неподвижно. Это не означает, что автомобиль остановлен, поскольку мы не слышим "шума двигателя". Это называется режимом ожидания. Всегда проверяйте состояние дисплея «готовности» на приборной панели, чтобы определить, включен автомобиль или выключен. Если индикатор «готовности» выключен, это означает, что автомобиль выключен.

Следующим шагом, если возможно, является проверка цифрового индикатора зарядки на приборной панели или, в некоторых моделях, цифрового прибора для измерения напряжения, они показывают зарядку только при включенном автомобиле. Если загорается индикатор «готовности» или указанные выше приборы активны и показывают текущее напряжение, нажмите кнопку с надписью START/STOP для Toyota (рис. 6) и автомобиль можно выключить.

Если к кнопке включения невозможно приблизиться или до нее нельзя дотянуться, необходимо отключить питание, отсоединив главный выключатель. Если отсоединение не происходит, автомобиль может завестись, если пострадавший водитель или посторонний человек случайно нажмет на педаль акселератора. Это может привести к дальнейшим травмам. Поэтому, по возможности, колесо также должно быть заклинено, транспортное средство должно быть стабилизировано.

Показанные выше гибридные приводные системы питаются от высоковольтного электрического тока, для большинства моделей номинальное рабочее напряжение составляет 600 В.

Производители изготавливают высоковольтные кабели с покрытием другого цвета (обычно оранжевого, но в случае американских автомобилей оно также может быть светло-голубым), чтобы в случае аварии их можно было легко идентифицировать и любое повреждение кабеля было более заметным. Во избежание поражения электрическим током важно, чтобы спасатели распознавали эти кабели (рис. 7).



Рис. 7. Высоковольтные кабели Toyota Prius на шасси, а также в моторном отсеке
Fig. 7. Toyota Prius high voltage cables on the chassis and also in the engine compartment

Эти кабели нельзя перерезать. Проще всего выполнить обесточивание с помощью главного выключателя высоковольтной системы, расположение которого обозначено пиктограммами, в за-

висимости от модели, в багажном отделении или рядом с задним рядом сидений, под выключателем, цвет которого красный (рис. 8).



Рис. 8. Главный выключатель Toyota Prius в багажном отделении
Fig. 8. Toyota Prius main switch in the luggage compartment

После выключения главного выключателя приборная панель гаснет, но высоковольтная система все еще находится под напряжением около 5 минут. В течение этого времени шнур нельзя перерезать или обрывать, поскольку в автомобиле все еще могут быть активированы устройства безопасности, такие как подушки безопасности или натяжители ремней безопасности.

В описании производителя также указано, что после полного выключения автомобиля электронная система подушки безопасности продолжает функционировать в течение 90 секунд!

Высоковольтная система автомобиля также отключается при срабатывании подушек безопасности. Таким образом, в случае дорожно-транспортного происшествия, если подушки безопасности были открыты, автомобиль автоматически обесточивался.

Если подушки безопасности не были активированы, необходимо учитывать дополнительную опасность и обеспечить их деактивацию.

Если в результате дорожно-транспортного происшествия электропроводка гибридного транспортного средства или элементы системы привода повреждены, в системе может произойти короткое замыкание. В этом случае автоматика немедленно отключает цепь. Еще одним источником опасности являются аккумуляторные батареи гибридных транспортных средств. Следует иметь в виду, что в гибридных автомобилях установлены две отдельные электрические системы:

- 1) система высокого напряжения, описанная выше;
- 2) система низкого напряжения, которая управляет системами бензинового двигателя и оборудованием, необходимым для обычной эксплуатации автомобиля, которые питаются от отдельных аккумуляторов.

В легковых автомобилях Toyota Prius аккумуляторные батареи расположены под днищем багажника, а обычная батарея напряжением 12В расположена в багажнике (рис. 9).



Рис. 9. Высоковольтные аккумуляторы Toyota Prius и устройство для охлаждения аккумулятора (слева) и обычная батарея 12 В (справа)
Fig. 9. Toyota Prius high-voltage batteries and battery cooling device (left) and a conventional 12 V battery (right)

В случае других гибридных транспортных средств могут быть различия в размещении батарей между моделями, вообще говоря, производители размещают высоковольтные батареи под по-

лом. Их питанием всегда возможно управлять с помощью главного выключателя. Обычные аккумуляторы напряжением 12В из-за переполненности моторного отсека обычно устанавливаются

либо в багажном отделении, либо под сиденьями. Разрядить аккумулятор напряжением 12 В можно, сняв батарейный отсек. Напряжение высоковольтных NiMH (никель-металлгидридных) аккумуляторов в случае серийных модулей составляет 150-650 В. Снимать крышки аккумуляторных батарей запрещено, так как существует риск серьезных ожогов электрическим током, поражения электрическим разрядом. Электролит в батареях является агрессивным веществом, разрушающим ткани человека, поэтому в случае его попадания в окружающую среду также должны применяться правила предотвращения повреждений, связанных с опасными веществами. При последующих работах большое внимание необходимо уделять предотвращению экологического ущерба, после завершения противопожарных и профилактических мероприятий необходимо позаботиться об устранении препятствия для движения транспорта и

устранении условий, вызывающих дальнейшие опасные ситуации. Если гибридный автомобиль загорится во время аварии, лица, принимающие меры, должны применять средства индивидуальной защиты органов дыхания при тушении пожара, так как при сгорании аккумуляторов в воздух могут выделяться вещества, вредные для здоровья человека. Огнетушащее вещество должно быть выбрано таким образом, чтобы приводной механизм не пострадал от поражения электрическим током, даже если пламя достигло батареи.

Было бы сложно собрать конструктивные особенности всех моделей гибридных транспортных средств, однако есть элементы, которые, с незначительными отличиями, одинаковы для всех типов. Принимая во внимание сходство, составлена следующая блок-схема, которая показывает основные шаги, необходимые для исправления (рис. 10).

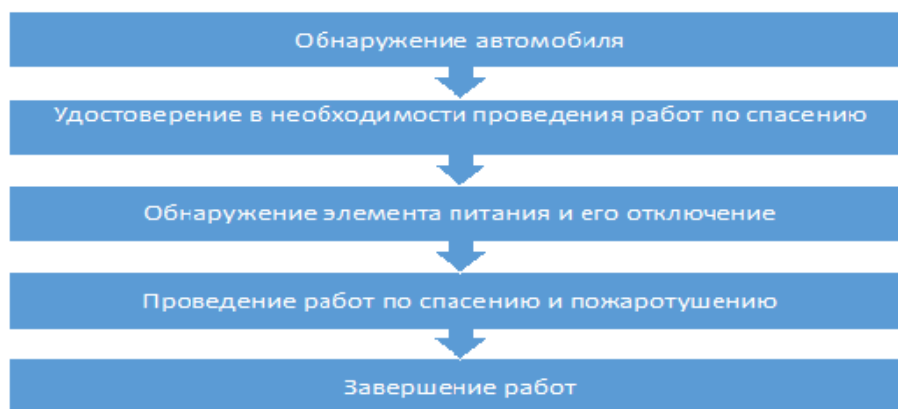


Рис. 10. Этапы восстановления гибридного транспортного средства
Fig. 10. Hybrid vehicle restoration steps

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Увеличение количества гибридных и электромобилей на транспорте поможет защитить нашу окружающую среду, но в то же время это создает риск того, что транспортные средства с такими приводами будут попадать в дорожно-транспортные происшествия. Изучая приводные системы гибридных транспортных средств, получен вывод, что в случае аварии эти транспортные средства могут представлять более высокую степень опасности, чем при обычной эксплуатации.

По сравнению с обычными транспортными средствами указано на опасности, которые представляют транспортные средства, работающие на гибридной электрической установке, а также обращено внимание на особенности тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ [6-12].

Все больше и больше автопроизводителей осознают новые возможности и преимущества гибридного привода, поэтому они последовали примеру Toyota Group. Выпуск Toyota Prius в 1997 году ознаменовал начало новой эры для гибридных автомобилей, и с течением времени это развитие не прерывалось. Помня о целях, изложенных во введении, были рассмотрены опасности гибридных технологий в случае дорожно-транспортных происшествий, которые могут произойти. Чтобы лучше узнать и идентифицировать транспортные средства, а также облегчить устранение повреждений, в работе представлены характеристики приводных систем, используемых в транспортных средствах. Рассмотрены этапы процедуры устранения неполадок, принимая во внимание специфику гибридных транспортных средств и опасности, которые они представляют.

Также важно обратить внимание на тот факт, что эти знания должны быть доведены до совершенства пожарными и специальными спасателями, выполняющими задачи по ликвидации повреждений во время учений, чтобы они могли быстро и безупречно помочь попавшим в беду в реальной ситуации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

The authors declare the absence a conflict of interest warranting disclosure in this article.

ЛИТЕРАТУРА

1. Джайлаубеков Е.А., Нартов М.А. Электромобили - будущее городского транспорта. Перспективы развития. *Вестник КазАТК*. 2014. №1(86). С. 47-53.
2. Борс Н.И., Муратов Д.Ш., Пимукова Л.А. Электромобили как транспорт будущего: Сборник материалов II Региональной студенческой науч. – практ. конф. с все-российским участием, 20 ноября 2015 г. Альметьевский филиал Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева. Альметьевск. 274 с.
3. Горбунова А.Д., Ахметзянов Д.Д. Развитие электромобилей в мире как метод повышения экологической среды. Поколение будущего: взгляд молодых ученых-2018: сб. науч. ст. 7-й Междунар. мол. науч. конф. Курск, 13–14 ноября 2018 г.: в 4-х т. Том 4. Курск: ЗАО «Университетская книга», 2018. С. 15–17. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36764929>.
4. Бычков В.П., Прядкин В.И., Романов В.В. Основные проблемы применения городского электробуса. *Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования*. 2015. Т. 2. № 1. С. 79-82. DOI:10.12737/13854.
5. Гулямов К.Х. Проблемы электробезопасности при эксплуатации электромобилей с высоковольтным источником энергии. Наука России: цели и задачи: сб. науч. тр., по мат. III междунар. науч.-практ. конф. 10 июня 2017 г. Часть 2. Екатеринбург: Изд. НИЦ «Л-Журнал», 2017. С. 17–18. DOI: 10.18411/sr-10-06-2017-16.
6. Алешков М.В., Рожков А.В., Двоенко О.В., Ольховский И.А., Гусев И.А. Применение робототехнических комплексов для тушения пожаров на объектах энергетики. *Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация*. 2016. № 1. С. 48-53. DOI: 10.25257/FE.2016.1.48-53.
7. Покровский А.А., Киселев В.В., Колобов М.Ю. Разработка мобильного комплекса для сушки напорных пожарных рукавов. *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение*. 2021. № 3 (67). С. 77-82. DOI: 10.6060/snt.20216703.00011.
8. Покровский А.А., Кротова Н.А., Легкова И.А., Колобов М.Ю. Инженерно-технические решения создания комплекса для тушения ландшафтных пожаров на базе квадроцикла. *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение*. 2021. № 3 (67). С. 83-93. DOI: 10.6060/snt.20216703.00012.
9. Патрик Плетц, Никлас Якобссон, Фрэнсис Спрей. О распределении индивидуальных ежедневных дистанций вождения, Elsevier, Исследование транспорта, часть В 101 (апрель 2017 г.). С. 213-227.
10. Колчин В.В., Крутолапов А.С. Пожарная безопасность электромобилей. *Пожарная безопасность: проблемы и перспективы*. 2018. Т. 1. № 9. С. 417–419. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36764929>.

REFERENCES

1. Dzhaylaubekov E.A., Nartov M.A. Electric cars are the future of urban transport. Development prospects. *KazATK Bulletin*. 2014. N 1(86). P. 47-53.
2. Bors N.I., Muratov D.Sh., Pimukova L.A. Electric cars as the transport of the future: Collection of materials from the II Regional Student Scientific Research. – practical conf. with all-Russian participation, November 20, 2015. Almet'yevsk branch of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev. Almet'yevsk. 274 p.
3. Gorbunova A.D., Akhmetzyanov D.D. Development of electric vehicles in the world as a method of improving the ecological environment. Generation of the Future: View of Young Scientists-2018: collection. scientific Art. 7th Int. they say scientific conf. Kursk, November 13–14, 2018: in 4 volumes. Volume 4. Kursk: JSC "University Book", 2018. P. 15–17. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36764929>
4. Bychkov V.P., Pryadkin V.I., Romanov V.V. The main problems of using a city electric bus. *Alternative energy sources in the transport and technological complex: problems and prospects for rational use*. 2015. T. 2. N 1. P. 79-82. DOI: 10.12737/13854.
5. Gulyamov K.Kh. Problems of electrical safety during the operation of electric vehicles with a high-voltage energy source. Science of Russia: goals and objectives: collection of articles. scientific tr., according to mat. III international scientific-practical conf. June 10, 2017 Part 2. Ekaterinburg: Publishing house. Scientific Research Center "L-Journal", 2017. P. 17–18. DOI: 10.18411/sr-10-06-2017-16.
6. Aleshkov M.V., Rozhkov A.V., Dvoenko O.V., Olkhovsky I.A., Gusev I.A. Application of robotic systems for extinguishing fires at energy facilities. *Fires and emergency situations: prevention, liquidation*. 2016. N 1. P. 48-53. DOI: 10.25257/FE.2016.1.48-53.
7. Pokrovsky A.A., Kiselev V.V., Kolobov M.Yu. Development of a mobile complex for drying pressure fire hoses. *Modern high technologies. Regional application*. 2021. N 3 (67). P. 77-82. DOI: 10.6060/snt.20216703.00011.
8. Pokrovsky A.A., Kropotova N.A., Legkova I.A., Kolobov M.Yu. Engineering and technical solutions for creating a complex for extinguishing landscape fires based on an ATV. *Modern high technologies. Regional application*. 2021. N 3 (67). P. 83-93. DOI: 10.6060/snt.20216703.00012.
9. Patrick Ploetz, Niklas Jacobsson, Francis Spray. On the distribution of individual daily driving distances, Elsevier, Transportation Research Part B 101 (April 2017). P. 213-227.
10. Kolchin V.V., Krutolapov A.S. Fire safety of electric vehicles. *Fire safety: problems and prospects*. 2018. T. 1. N 9. P. 417–419. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36764929>

11. **Ляшенко С.М., Блохин А.А.** Пожарная безопасность электроавтомобилей как элемент системы пожарной безопасности автотранспорта и пути ее совершенствования. Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сб. мат. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. году культуры безопасности. Иваново, 19 сентября 2018 г. Часть II. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. С. 48-51. [https:// www.elibrary.ru/item.asp?id=42307907](https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42307907).
12. **Алешков М.В., Иощенко Д.А., Колбасин А.А.** Импульсная подача огнетушащего вещества для ликвидации пожаров электрооборудования под напряжением. *Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация*. 2019. № 1. С. 70–74. DOI: 10.25257/FE.2019.1.70–74.
11. **Lyashenko S.M., Blokhin A.A.** Fire safety of electric vehicles as an element of the fire safety system of motor vehicles and ways to improve it. Modern fire-safe materials and technologies: collection. mat. international scientific-practical conf., dedicated year of safety culture. Ivanovo, September 19, 2018. Part II. Ivanovo: Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2018. P. 48-51. [https:// www.elibrary.ru/item.asp?id=42307907](https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42307907).
12. **Aleshkov M.V., Ioshchenko D.A., Kolbasin A.A.** Pulse supply of fire extinguishing agent to eliminate fires of electrical equipment under voltage. *Fires and emergencies: prevention, liquidation*. 2019. N 1. P. 70–74. DOI: 10.25257/FE.2019.1.70–74.

Поступила в редакцию(Received) 21.05.2025
Принята к опубликованию (Accepted) 14.07.2025