

## РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА ПО ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ НА ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТЕ

**Кобяк В.В., Бабич В.Е., Кессо В.В., Сак С.П., Скорупич И.С.**

*Цель.* Разработать требования к многофункциональному тренажерному комплексу (далее – МТК) для подготовки спасателей-пожарных к действиям по ликвидации чрезвычайных ситуаций и последствий дорожно-транспортных происшествий (далее – ДТП) на легковом автомобильном транспорте с электроприводом.

*Методы.* Теоретический анализ.

*Результаты.* Представлен обзор способов тушения автомобильного транспорта с электроприводом, описаны основные требования к аппаратной и программной частям, предъявляемые к МТК по ликвидации чрезвычайных ситуаций и последствий ДТП на легковом электромобиле.

*Область применения исследований.* Результаты работы могут послужить базой для создания МТК по подготовке специалистов аварийно-спасательных служб к действиям по ликвидации последствий ДТП с участием легкового электромобиля.

*Ключевые слова:* электромобиль, аккумулятор, батарея, многофункциональный тренажерный комплекс, чрезвычайная ситуация, пожар, тушение.

(Поступила в редакцию 11 января 2023 г.)

### Введение

Анализ в области инфраструктуры электротранспорта показал, что мировой тенденцией в настоящее время является переход на автомобили с электродвигателями. Этому переходу способствует энергоэффективность, более высокая производительность, сокращение выбросов парниковых газов и вредных веществ, снижение уровня загрязнения воздуха, оздоровление городской среды.

В 2018 г. по всему миру было продано около 1,3 млн транспортных средств (ТС) с электродвигателем (без учета гибридов)<sup>1</sup>. С каждым годом электромобили набирали популярность, и уже к концу 2021 г. число их продаж составило около 16,5 млн единиц. По прогнозам Международного энергетического агентства, к 2030 г. мировой парк электромобилей может вырасти до 145 млн [1]<sup>2</sup>.

Данные Министерства энергетики Республики Беларусь свидетельствуют о растущей популярности электромобилей среди автовладельцев. Так, в 2015 г. в стране насчитывалось 27 электромобилей, 2020 г. – около 1,6 тыс., 2022 г. – уже более 2 тыс.<sup>3</sup> По данным ГАИ МВД, в сентябре 2022 г. количество зарегистрированных легковых электромобилей Беларуси уже превысило 3230 единиц и продолжает стремительно расти. По оценкам экспертов, к 2025 г. страна может приблизиться к отметке около 100 000 единиц электротранспорта, а к 2030-му примерно 20 % парка автомобилей белорусов будет на электротяге.

Наиболее распространенными моделями таких ТС являются: MITSUBISHI I-MIEV, NISSAN LEAF-1, NISSAN E-NV200, BMW i3 и i8, TESLA (все модели), CHEVROLET VOLT, AUDI E-TRON, BYD, CITROEN C-ZERO, FIAT 500, FORD FOCUS, GEELY GEOMETRY A и т.д.

<sup>1</sup> Электромобили (мировой рынок) [Электронный ресурс] // TAdviser: портал выбора технологий и поставщиков. – Режим доступа: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Электромобили\\_\(мировой\\_рынок\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Электромобили_(мировой_рынок)) – Дата доступа: 11.01.2023.

<sup>2</sup> К 2030 году в мире будет 145 млн электромобилей [Электронный ресурс] // Коммерсантъ: последние новости России и мира. – Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/4799230>. – Дата доступа: 11.01.2023.

<sup>3</sup> Электротранспорт: стимулы начинают давать результат [Электронный ресурс] // Экономическая газета. – Режим доступа: <https://neg.by/novosti/otkrytj/elektrotransport-v-belarusi/>. – Дата доступа: 11.01.2023.

Ключевым фактором развития автотранспорта с электроприводом в Республике Беларусь являются современные мировые тенденции, направленные на электрификацию технических средств, а также принятие Указа Президента Республики Беларусь от 7 мая 2020 г. № 156 «О приоритетных направлениях научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы»<sup>4</sup>, постановления Совета Министров Республики Беларусь от 9 апреля 2021 г. № 213 «О Комплексной программе развития электротранспорта на 2021–2025 годы»<sup>5</sup> и и утверждение Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь до 2035 г. [2].

Утверждение Указа Президента Республики Беларусь от 12 марта 2020 г. № 92 «О стимулировании использования электромобилей» создало благоприятные условия для ввоза электротранспорта для личного пользования<sup>6</sup>. Данным Указом был предоставлен ряд налоговых льгот, действующих до 31 декабря 2025 г.: освобождение покупателей от взимания государственной пошлины при ввозе электромобилей на территорию Беларуси, применение к ввозимым электромобилям, предназначенным для личного пользования, нулевой ставки НДС, предоставление юридическим лицам права на применение инвестиционного вычета в размере 100 % от стоимости приобретенного электромобиля и 100 % от стоимости зарядных устройств и т.д.

### Основная часть

Сегодня электрический автомобильный транспорт представляет интерес не только для потребителей нашей страны, но и для пожарных аварийно-спасательных подразделений. Данная техника несет особенности и новшества как конструктивного характера, так и технологического. В частности, необходим особый подход при тушении электрических ТС, при извлечении из них пострадавших в случае проведения аварийно-спасательных работ. При этом проведение данных работ связано с безопасностью как самих заблокированных пассажиров, так и спасателей. Это объясняется наличием аккумуляторов с особо опасными веществами и материалами, которые при горении могут выделять вредные газы, способные к воспламенению и взрыву, высоковольтного оборудования (силовые батареи) напряжением более 600 В, электродвигателей, инверторов и другого силового оборудования, представляющего опасность поражения электрическим током.

Установлено, что основные происшествия (возгорания) с электромобилями возникают как при движении, дорожно-транспортных происшествиях (ДТП), так и при стоянках, в том числе в местах зарядки.

В настоящее время проблемными вопросами по ликвидации последствий ДТП с участием электромобилей является отсутствие:

- нормативной базы (алгоритмов) ликвидации последствий ДТП;
- тренажерной базы по отработке действий работников органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям (далее – ОПЧС) по ликвидации чрезвычайных ситуаций с наличием электромобилей;
- образовательных программ по обучению и переподготовке лиц рядового и начальствующего состава ОПЧС в учебных заведениях МЧС Беларуси;

<sup>4</sup> О приоритетных направлениях научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]: Указ Президента Респ. Беларусь, 7 мая 2020 г., № 156 // Официальный сайт Президента Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://president.gov.by/ru/documents/ukaz-no-156-ot-7-maya-2020-g>. – Дата доступа: 14.12.2022.

<sup>5</sup> О Комплексной программе развития электротранспорта на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 9 апр. 2021 г., № 213 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=C22100213>. – Дата доступа: 14.12.2022.

<sup>6</sup> О стимулировании использования электромобилей [Электронный ресурс]: Указ Президента Респ. Беларусь, 12 марта 2020 г., № 92 // Официальный сайт Президента Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://president.gov.by/ru/documents/ukaz-92-ot-12-marta-2020-g-23228> – Дата доступа: 14.12.2022.

– информационно-технической поддержки и методических рекомендаций по ликвидации последствий ДТП с участием электромобилей.

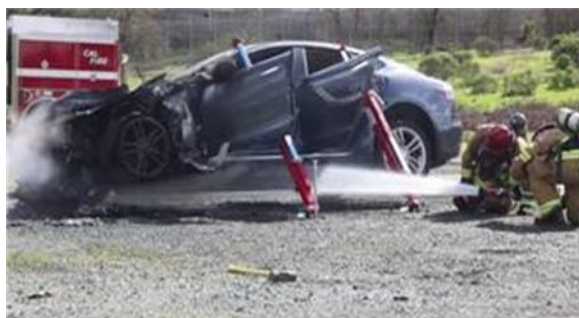
В отличие от автомобиля с двигателем внутреннего сгорания электромобиль, имеющий литий-ионную батарею, горит намного мощнее и дольше, соответственно, локализовать пожар сложнее. Легковой автомобиль сгорает за 5–10 мин, при этом языки пламени, как правило, не превышают 2 м в высоту и 1 м в ширину. С электромобилями сложнее: пламя во время возгорания литий-ионных аккумуляторных батарей электромобилей может достигать до 5–7 м. Также отметим, что испарения в процессе горения литий-ионных батарей намного более опасны, чем при сгорании обычного автомобиля, работающего на двигателе внутреннего сгорания. Температура горения литий-ионных батарей электромобилей достигает и 1300 °С.

При тушении электромобиля следует руководствоваться аварийными правилами производителя автомобиля. Возможные варианты тушения электромобиля:

- погружение в контейнер с водой;
- использование огнетушителей;
- укрытие электромобиля специальным противопожарным полотнищем, которое должно выдерживать температуру свыше 1500 °С;
- охлаждение и тушение обильным количеством воды и возможные другие альтернативные методы.

Кроме того, при транспортировке электромобилей, особенно поврежденных, их следует расценивать как груз повышенной опасности. Эвакуировать такое ТС следует только вертикальным способом, а буксировка запрещена, т.к. при вращении колес начинает вырабатываться электричество, которое в случае повреждения электромобиля может привести к его повторному возгоранию.

Процесс тушения в подавляющем большинстве случаев заключается в подаче на горящий электромобиль большого количества воды (от 5 до 15 т) и (или) погружении в специальную емкость с водой.



а – охлаждение силовой батареи



б – окунание в емкость с водой

**Рисунок 1. – Способы тушения (охлаждения) силовой батареи**

Однако в современной мировой практике пожаротушения существуют и другие способы борьбы с пожарами на данных ТС. Например, проблема трудного доступа к аккумуляторным элементам компанией Rosenbauer была решена разработкой пробивного ствола, который состоит из отдельных блоков пожаротушения и управления. Конструкция ствола позволяет спасателям-пожарным охлаждать аккумуляторные батареи с помощью воды и тушить возгорание с безопасного расстояния в 7 м (рис. 2).

В США для тушения электротранспорта применяют изолирующий раствор F-500 Encapsulator Agent ([F-500 EA] литий-ионный противопожарный раствор). Он представляет собой смачиватель, который при взаимодействии с водой быстро охлаждает, изолирует углеводороды и прерывает цепную реакцию свободных радикалов и, соответственно, подходит для тушения возгораний литий-ионных аккумуляторов (рис. 3). Ключом к прекращению возгорания литий-ионной батареи в данном случае является быстрый отвод тепла и прекращение реакции материалов электрода с другими компонентами батареи. Использо-

вание данного раствора позволяет сократить подачу воды на 20–25 % без повторного его возгорания. При этом он не является электрическим проводником пожарного ствола и 350-вольтовых литий-ионных автомобильных аккумуляторов [3].



Рисунок 2. – Использование пробивного ствола при пожаротушении электромобилей



Рисунок 3. – Устройство для подачи раствора F-500 Encapsulator Agent

На рисунке 4 представлен алгоритм ликвидации последствий ДТП на электротранспорте и отличительные особенности проведения данных работ на ТС с двигателями внутреннего сгорания (ДВС).

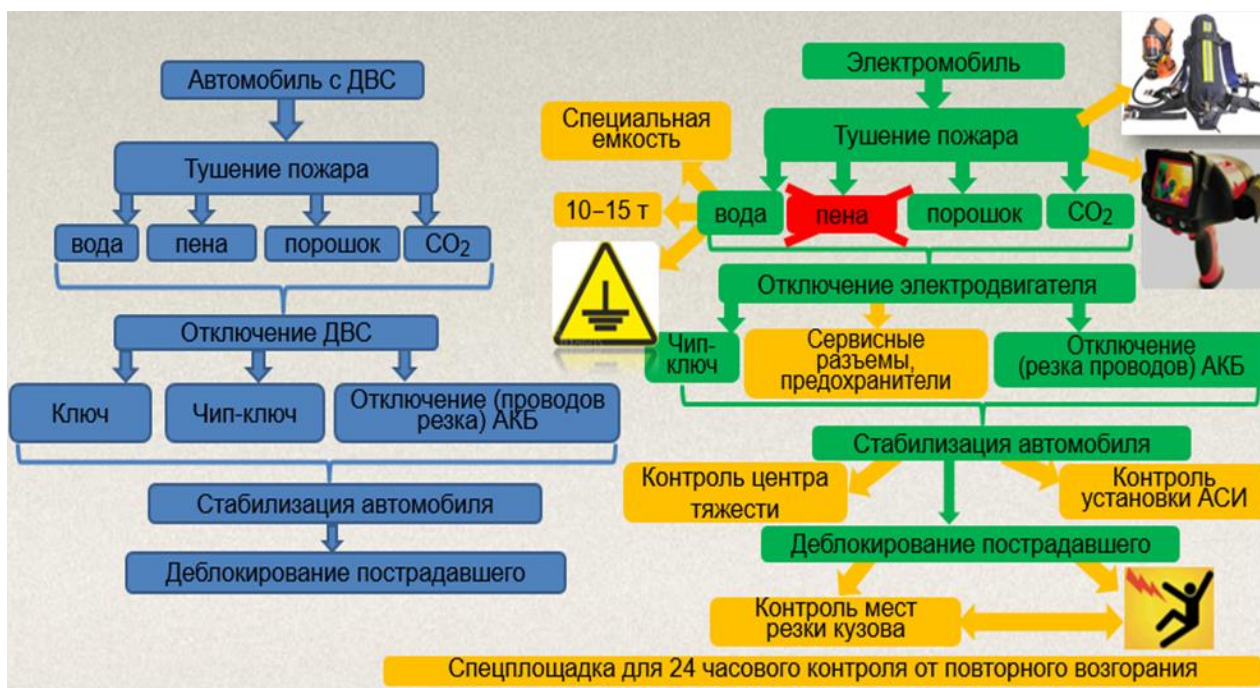


Рисунок 4. – Отличительные особенности тушения пожаров на электротранспорте и ТС с ДВС



Таким образом, основными проблемами при ликвидации последствий ДТП с электротранспортом являются:

- возможность поражения электрическим током (необходимость заземления приборов тушения и использования диэлектрического комплекта);
- возможность отравления продуктами горения (необходимость использования аппаратов на сжатом воздухе);
- использование тепловизора для определения нагрева силовой батареи;
- использование большого количества воды для охлаждения силовой батареи;
- необходимость хранения электромобиля в специально отведенных местах на протяжении 24 ч после ДТП для контроля возможного самовозгорания силовой батареи.

На сегодня самым распространенными в Беларуси среди легковых электромобилей является Nissan Leaf первого поколения, компоновка основных узлов и агрегатов которого представлена на рисунке 5.

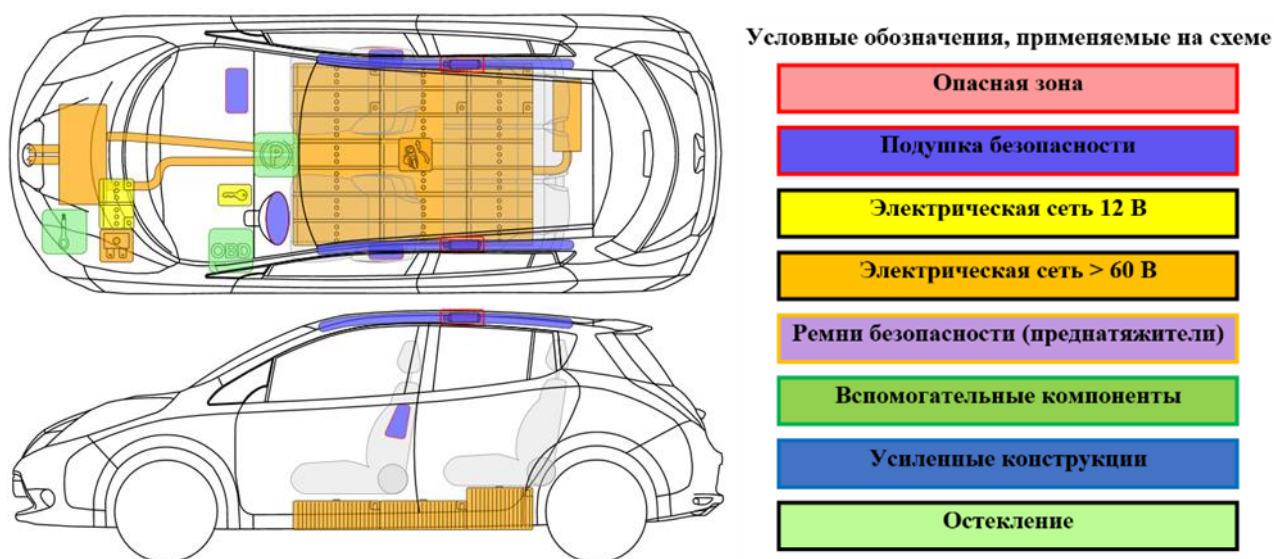


Рисунок 5. – Принципиальная схема автомобиля NISSAN LEAF (первое поколение)

Университетом гражданской защиты начата разработка тренажера для отработки навыков действий аварийно-спасательных работ с участием электротранспорта в рамках выполнения научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы по заданию 9 «Разработать многофункциональный тренажерный комплекс для подготовки спасателей-пожарных к действиям по ликвидации чрезвычайных ситуаций на легковом автомобильном транспорте с электроприводом» государственной научно-технической программы «Современные технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» на 2021–2025 гг. За основу взяты шасси одной из наиболее распространенных в Беларуси моделей легкового автомобиля с электроприводом.

Благодаря многофункциональному тренажерному комплексу (МТК) обучающиеся смогут увидеть все опасные зоны, которые находятся в электромобиле: электродвигатель, инвертор, высоковольтные провода, силовые батареи и АКБ, сервисные разъемы и предохранители, а также другие компоненты, представляющие угрозу поражением электрическим током. При выполнении работ на таком тренажере предполагается наличие световой и звуковой индикации, сигнализирующей о правильности или ошибочности действий работников ОПЧС. При выполнении аварийно-спасательных и других видов работ будут отработаны все возможные варианты развития событий, которые могли бы произойти в случае ДТП, а поврежденный в ходе работы аварийно-спасательным инструментом автомобиль будет легко восстанавливаться для отработки навыков другими обучающимися.

### **Основные требования к аппаратной части МТК:**

– возможность перестановки муляжей (в зависимости от модели электромобиля) силовых модулей, представляющих повышенную опасность поражения электрическим током (инверторы, конвекторы, литий-ионные аккумуляторы), в соответствии с общими принципами компоновки современных электромобилей;

– возможность изменения мест нахождения муляжей аккумуляторных батарей 12 В (далее – АКБ) и способов их отключения в зависимости от модели электромобиля;

– возможность визуализации мест нахождения сервисных разъемов и предохранителей в зависимости от модели электромобиля;

– возможность визуализации мест нахождения силовых электрических линий в зависимости от модели электромобиля, а также возможных цветов их окраски с возможностью их беспрепятственной замены после отработки действий по обесточиванию электромобиля;

– возможность индикации (световой и (или) звуковой) при отработке действий по обесточиванию транспортного средства, а именно при проведении процедуры по извлечению из автомобиля смартфона либо чип-ключа зажигания на безопасное расстояние и при обрезке электрических кабелей в установленных местах;

– обзор конструкции силовой батареи (из салона автомобиля);

– обзор конструкции электродвигателя;

– обзор конструкции инвертора;

– наличие буксировочного крюка для погрузки на эвакуатор;

– наличие исправной тормозной системы и стояночного тормоза;

– перемещение водительского и пассажирских сидений в горизонтальной плоскости с электрическим или механическим приводом;

– имитация возгорания, сопровождающегося задымлением, в различных местах (2–3 места) электромобиля (в подкапотном пространстве и салоне).

**Общие требования к программному обеспечению МТК.** Управление компонентом программного обеспечения МТК будет осуществляться на операционных системах Android и iOS. Содержащаяся в приложении информация будет оптимально краткой, содержать интуитивно понятные условные обозначения и необходимые ссылки с пояснениями. Иметь простую навигацию, учитывающую возможность использования приложения пожарными-спасателями в пути следования (т.е. элементы навигации должны быть читаемы и удобно расположены). Также данное мобильное приложение должно иметь возможность редактирования и загрузки материалов с учетом обновления и изменения модельного ряда ТС.

Базовое программное обеспечение будет включать:

– информацию о широком модельном ряде транспортных средств (MITSUBISHI I-MIEV, NISSAN LEAF, NISSAN E-NV200, BMW i3, TESLA (весь модельный ряд CHEVROLET VOLT, CHEVROLET SPARK и др.) с фотографией автотранспортного средства и годом выпуска модели;

– информацию о типе тяговой аккумуляторной батареи (литий-ионная, никель-металлогидридная и т.д) и о типе привода (электрический, гибридный, на топливных элементах);

– визуализацию автотранспортного средства в двухмерной и (или) трехмерной плоскостях. 3D-визуализация должна быть представлена двумя наиболее популярными транспортными средствами из предложенного ранее модельного ряда;

– встроенный голосовой помощник для работы с транспортным средством (поиск отдельных силовых элементов);

– возможность масштабирования всего транспортного средства и его отдельных элементов, представляющих практический интерес при работе с аварийно-спасательным оборудованием (места резки, установки домкратов и т.д.).

**Требования к визуализации программного продукта.** Для удобства пользователя программного обеспечения информация будет визуализирована в виде пиктограмм везде, где это возможно. Работающее на мобильном устройстве приложение будет включать следующие интерактивные блоки:

«Легенда» – информация об условных графических изображениях, применяемых в программном обеспечении;

«Технические характеристики транспортного средства» – информация о габаритах, массе, мощности силовой установки и т.д.;

«Идентификация транспортного средства» – эмблема электромобиля и другие признаки внешней и внутренней идентификации модели транспортного средства, идентификация модели транспортного средства по номеру государственной регистрации с помощью фотофиксации, идентификация типа батареи (химическое семейство, класс напряжения, расположение в автомобиле);

«Конструкция кузова транспортного средства» – выделение в цветовой гамме основных конструктивных элементов кузова (лонжероны, стойки, петли и замки дверей);

«Подушки безопасности» – информация о местах расположения всех подушек безопасности и преднатяжителей ремней;

«Стабилизация транспортного средства» – информация о местах размещения селектора переключения передач, ручного тормоза, разрешенные/запрещенные точки стабилизации-подъема электромобилей;

«Деактивация электроопасностей» – информация о наличии смарт-ключа, месте расположения замка зажигания, блоков предохранителей и сервисных разъемов, перекусывания проводов, зарядной розетки, расположения силовых электрических линий (послойно или с выделением в цветовой гамме), низковольтной цепи 12 В вместе с АКБ, оборудования, представляющего опасность поражения электрическим током (электродвигатель, инвертор, силовая батарея). Необходимо указать, осуществляется ли данный процесс с (без) использованием(-я) средств индивидуальной защиты;

«Доступ к пассажирам» – информация о местах открытия капота, багажника, регулировки рулевой колонки, водительского и пассажирских сидений, кнопки центральной блокировки дверей, нахождения дверных защелок, безопасного вскрытия и резки конструктивных элементов кузова (крыши, дверей, стоек кузова и т.д.);

«Действие спасателей» – информация о последовательном порядке (алгоритме) стабилизации транспортного средства, отключения прямых опасностей (основные способы и альтернативные методы отключения), проведении аварийно-спасательных работ при деблокировании пострадавших, при тушении транспортного средства, при погружении транспортного средства в специальную емкость с водой, при тушении транспортного средства, находящегося на зарядке (на специализированных станциях и в домашних условиях);

«Остекление транспортного средства» – информация о местах нахождения стекол транспортного средства и мест их резки (вскрытия), определения типа остекления (многослойное и закаленное);

«Буксировка/транспортировка» – информация о местах крепления/размещения буксирного крюка, способах буксировки/транспортировки и хранения электромобиля;

«Правила безопасности» – информация о соблюдении правил безопасности, отраженных в руководящих документах, при проведении аварийно-спасательных работ;

«Вопрос – ответ» – дополнительная информация, связанная с электротранспортом.

**Алгоритм действий обучающихся при проведении занятий на МТК:**

- 1) идентификация ТС;
- 2) стабилизация ТС;
- 3) приведение электрических приводов оборудования ТС в необходимое положение (стеклоподъемники, системы регулировки сидений);
- 4) отключение линий низкого и высокого напряжения ТС;

- 5) проведение деблокирования с учетом конструктивных особенностей ТС;
- 6) ликвидация возгорания;
- 7) проведение мероприятий по предотвращению возможного возгорания ТС.

Отработка данного алгоритма действий на МТК будет производиться в тесной связи с разрабатываемым приложением. Последовательность действий будет состоять из нескольких этапов.

На первом этапе с момента получения информации о ДТП обучающийся узнает данные о модели электромобиля и его техническом состоянии. До прибытия к месту вызова изучает аварийную карточку транспортного средства, которая находится на планшете или другом Android-устройстве (разрабатываемый программный продукт). В данной карточке в зависимости от модели электромобиля будет находиться информация о расположении основных его компонентов (тяговой батареи, инвертора, силовых кабелей, предохранителей, АКБ), местах аварийного отключения питания, а также местах непосредственного проведения работ по вскрытию конструктивных элементов транспортного средства для деблокирования пострадавших.

На втором этапе обучающийся будет отрабатывать алгоритм проведения аварийно-спасательных работ, включающий правильность стабилизации транспортного средства и отключение электропитания (снятие контактов с АКБ, обрезка провода минусовой клеммы, снятие предохранителей), имитацию работы с гидравлическим инструментом по деблокированию пострадавшего из салона транспортного средства.

### **Заключение**

На основании анализа способов тушения и ликвидации последствий ДТП на ТС с электроприводом установлены требования (критерии) к аппаратным и программным частям МТК по подготовке специалистов аварийно-спасательных служб к действиям по ликвидации последствий ДТП с участием легкового электромобиля. Также разработан алгоритм действий обучающихся при проведении практических занятий на МТК при реализации программ получения общего высшего образования и в рамках программ переподготовки, повышения квалификации, обучающих курсов и курсов целевого назначения, реализуемых Университетом гражданской защиты и его филиалами.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Global EV Outlook 2021. Accelerating ambitions despite the pandemic [Electronic resource] // Technology report of International Energy Agency. – France, April 2021. – 101 p. – Mode of access: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>. – Date of access: 14.12.2022.
2. Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь до 2035 года [Электронный ресурс] // Министерство экономики Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://economy.gov.by/uploads/files/ObbugdaemNPA/NSUR-2035-1.pdf>. – Дата доступа: 14.12.2022.
3. F-500 Encapsulator Agent (EA) [Electronic resource] // Hazard Control Technologies. – Mode of access: <https://hct-world.com/products/chemical-agents/f-500-encapsulator-agent/>. – Date of access: 14.12.2022.



**Разработка многофункционального тренажерного комплекса по ликвидации последствий дорожно-транспортных происшествий на электротранспорте**

**Development of a multifunctional training complex for the elimination of consequences of road accidents in electric transport**

***Кобяк Валерий Викторович***

кандидат технических наук, доцент  
Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра ликвидации  
чрезвычайных ситуаций, доцент  
Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь  
Email: valkobkii@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-5989-5465

***Valeriy V. Kobyak***

PhD in Technical Sciences, Associate Professor  
State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Emergency Elimination,  
Associate Professor  
Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus  
Email: valkobkii@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-5989-5465

***Бабич Виталий Евгеньевич***

кандидат технических наук, доцент  
Филиал «Институт переподготовки  
и повышения квалификации»  
государственного учреждения образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», начальник филиала  
Адрес: д. Светлая Роща, 1,  
222515, Борисовский р-н,  
Минская обл., Беларусь  
Email: babich83@mail.ru  
ORCID: 0000-0002-8118-5339

***Vitaliy E. Babich***

PhD in Technical Sciences, Associate Professor  
Branch «Institute for Retraining and Professional  
Development» of the State Educational  
Establishment «University of Civil Protection  
of the Ministry for Emergency Situations  
of the Republic of Belarus», Head of Branch  
Address: Svetlaya Roshcha village, 1,  
220515, Borisov district,  
Minsk region, Belarus  
Email: babich83@mail.ru  
ORCID: 0000-0002-8118-5339

***Кессо Владислав Викторович***

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», факультет подготовки  
руководящих кадров, магистрант  
Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь  
Email: pppppppo.2011@gmail.com  
ORCID: 0000-0001-7020-5755

***Vladislav V. Kesso***

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Administration Training Faculty,  
graduate student  
Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus  
Email: pppppppo.2011@gmail.com  
ORCID: 0000-0001-7020-5755

***Сак Семен Петрович***

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра  
ликвидации чрезвычайных ситуаций,  
старший преподаватель  
Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь  
Email: sak\_rosn@mail.ru  
ORCID: 0000-0002-3515-7089

***Semen P. Sak***

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Emergency Elimination,  
Senior Lecturer  
Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus  
Email: sak\_rosn@mail.ru  
ORCID: 0000-0002-3515-7089

**Скорупич Илья Сергеевич**

Филиал «Институт переподготовки  
и повышения квалификации»  
государственного учреждения образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра  
специальной подготовки, преподаватель

Адрес: Борисовский р-н, д. Светлая Роща, 1,  
202135, Минская область, Беларусь

Email: skorupich97@mail.ru

ORCID: 0000-0003-0523-7261

**Il'ya S. Skorupich**

Branch «Institute of Retraining and Professional  
Development» of the State Educational  
Establishment «University of Civil Protection  
of the Ministry for Emergency Situations  
of the Republic of Belarus»,  
Chair of Special Training, Lecturer

Address: Borisov district, Svetlaya Roscha, 1,  
202135, Minsk region, Belarus

Email: skorupich97@mail.ru

ORCID: 0000-0003-0523-7261

**DEVELOPMENT OF A MULTIFUNCTIONAL TRAINING COMPLEX  
FOR THE ELIMINATION OF CONSEQUENCES OF ROAD ACCIDENTS  
IN ELECTRIC TRANSPORT**

**Kobyak V.V., Babich V.E., Kesso V.V., Sak S.P., Skorupich I.S.**

*Purpose.* Developing the requirements for a multifunctional training complex (hereinafter referred to as MTC) for the training of firefighters to respond to emergency situations and the consequences of road traffic accidents (hereinafter referred to as road accidents) in electric cars.

*Methods.* Theoretical analysis.

*Findings.* An overview of methods for extinguishing electric vehicles is presented, the main requirements for hardware and software for the MTC for the elimination of emergencies and the consequences of an accident on a passenger electric vehicle are described.

*Application field of research.* The results of the work can serve as a basis for the creation of an MTC to train emergency response specialists for actions to eliminate the consequences of an accident involving an electric car.

*Keywords:* electric car, accumulator, battery, multifunctional training complex, emergency, fire, extinguishing.

(The date of submitting: January 11, 2023)

**REFERENCES**

1. *Global EV Outlook 2021. Accelerating ambitions despite the pandemic.* Technology report of International Energy Agency. France, April 2021. 101 p. Available at: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021> (accessed: December 14, 2022).
2. *Natsional'naya strategiya ustoychivogo razvitiya Respubliki Belarus' do 2035 goda [National Strategy of Sustainable Development of the Republic of Belarus until 2035].* Ministry of Economy of the Republic of Belarus. Available at: <https://economy.gov.by/uploads/files/ObsugdaemNPA/NSUR-2035-1.pdf> (accessed: December 14, 2022). (rus)
3. F-500 Encapsulator Agent (EA). *Hazard Control Technologies.* Available at: <https://hct-world.com/products/chemical-agents/f-500-encapsulator-agent/> (accessed: December 14, 2022).