



**МЧС РОССИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ**  
**БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ**  
**«СУДЕБНО – ЭКСПЕРТНЫЙ ЦЕНТР**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ ПО ГОРОДУ МОСКВЕ»**  
**(ФГБУ СЭЦ ФПС по г. Москве)**

**УТВЕРЖДАЮ**

**Начальник ФГБУ СЭЦ ФПС по г. Москве**  
**полковник внутренней службы**

**Ю.П. Хондожко**

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 года

**Методическое пособие**  
**для сотрудников органов надзорной деятельности ФПС,**  
**органов дознания и пожарно-технических экспертов**

**«Пожарная опасность малогабаритных уличных электрических**  
**транспортных средств на основе литий-ионных**  
**аккумуляторных батарей».**

**Старший инженер**  
**ФГБУ СЭЦ ФПС по г. Москве**  
**майор внутренней службы**

**А.В. Языкова**

**Старший инженер**  
**ФГБУ СЭЦ ФПС по г. Москве**  
**майор внутренней службы**

**М.Б. Шашкова**

**Инженер**  
**ФГБУ СЭЦ ФПС по г. Москве**  
**старший лейтенант внутренней службы**

**А.В. Жужукин**

**Москва 2020**

**Содержание****Стр.**

Введение.....	3
1. Классификация малогабаритных уличных электрических транспортных средств.....	5
2. Литий-ионные аккумуляторные батареи и их пожароопасность.....	7
2.1. Устройство и виды литий-ионных аккумуляторов.....	7
2.2. Принцип работы литий-ионных аккумуляторов.....	8
2.3. Преимущества и недостатки литий-ионных аккумуляторов.....	9
2.4. Пожароопасность литий-ионных аккумуляторов.....	10
3. Устройство малогабаритных электрических транспортных средств и примеры пожаров с их участием.....	13
3.1. Гироскутеры.....	13
3.2. Сигвеи.....	20
3.3. Моноколесо.....	23
3.4. Электросамокаты.....	26
4. Рекомендации по исследованию пожаров малогабаритных электрических транспортных средств.....	37
5. Рекомендации по снижению пожарной опасности малогабаритных электрических транспортных средств.....	36
Список литературы.....	38

## ВВЕДЕНИЕ

Уличные электрические транспортные средства в настоящее время приобретают массовую популярность. Электротранспорт — вид транспорта, использующий в качестве источника энергии электричество аккумуляторов, а в приводе используется электродвигатель.

Существуют несколько разновидностей электрических транспортных средств:

- крупногабаритные, оснащённые мотором с мощностью больше 250W и набирающие скорость от 50 км в час (требующие специальных прав управления): электромобили, электроавтобусы;

- малогабаритные, оснащённые мотором с мощностью менее 250W и набирающие скорость не более 50 км в час (не требующие специальных разрешений на право управления): гиротранспорт, электровелосипеды, электросамокаты, электроскейты, электроскутеры.

Малогабаритные электротранспортные средства удобны, функциональны, практичны. Они отличаются компактными размерами и не загрязняют окружающую среду.

Как следствие – значительное количество людей, передвигающихся на гироскутере, моноколесе или электросамокате мы ежедневно встречаем не только в парках отдыха и скверах, но и на дорогах общего пользования.

При этом неуклонно растёт количество пожаров, причиной которых становятся аварийные режимы работы в аккумуляторных батареях малогабаритных транспортных средств.

Так, количество зарегистрированных пожаров, причиной которых явился аварийный режим работы аккумуляторной батареи, увеличилось с трёх в 2017 году до семи в 2019 году, а за восемь месяцев 2020 года произошло четыре подобных пожара. Всего за анализируемый период зарегистрировано 17 подобных случаев, при этом 15 (82,2%) – в жилом секторе, по одному случаю соответственно (11,8%) – в ремонтной мастерской и на улице (открытая территория).

По классификации вышеуказанных транспортных средств – пять (29,4% от общего их количества) загорания гироскутеров, десять (58,8%) самокаты, по одному (11,8%) сигвей и электровелосипед соответственно.

Таким образом возрастает актуальность не только правильной технической эксплуатации и хранения, а также профилактики пожаров подобных транспортных средств, но и сбора материалов в рамках проводимых по фактам пожаров проверок и исследования причин и условий их возникновения в судебно-экспертных учреждениях.

## 1. Классификация малогабаритных уличных электрических транспортных средств.

Существуют несколько разновидностей наиболее используемых малогабаритных электрических транспортных средств: гиротранспорт, электровелосипеды, электросамокаты, электроскейты, электроскутеры.

Гиротранспортом называют все устройства, в которых используются гироскопические системы контроля (системы отслеживания наклона). Основных видов гиротранспортных устройств четыре:

1) Гироскутер – чаще всего имеет форму поперечной планки с двумя колёсами по бокам. Колёса приводятся в движение электродвигателями, питаемыми от аккумуляторов. Другие возможные названия этой техники – гиросикл, гиборд, минисигвей, смартвей и смартсигвей.

2) Сигвей – от гироскутера отличается тем, что дополнительно имеет вертикальную рулевую мачту с элементами управления, а поворот осуществляется не за счёт наклона стоп, а за счёт ручного усилия.

3) Моноколесо – это самобалансирующееся устройство с одним колесом и расположенными по обе стороны от него подножками. Иногда такие транспортные средства называют моноциклами. Приведение в движение и повороты регулируются исключительно наклоном тела.

4) Гироскейт – устройство напоминающее классический скейт. Почти всегда это одноколёсный или с двойным колесом электроскейтборд с гироскопом.

Электровелосипеды – велосипеды, но с одним существенным дополнением – в систему добавлен электрический привод, питающийся от аккумуляторов. Приводить в движение электровелосипед можно классическим способом (крутить педали) или с помощью электромотора.

Электросамокат – это устройство, которое выполняет функцию самоката, но движется самостоятельно, для этого конструкцией предусмотрен электромотор.

Электроскейты представляют собой персональный электротранспорт, выполненный из деки (доски) с колесами, под которой расположен электродвигатель. Электроскейты снабжены тормозами. Скорость можно контролировать как за счёт собственных усилий, так и с помощью пульта дистанционного управления, который удерживается в руках в момент движения.

Электроскутер – габаритный вид электротранспортного средства. Представляет собой мопед с электродвигателем.

Электроскейты, электровелосипеды и электроскутеры в настоящее время не получили широкого распространения, статистика пожаров в г. Москве с их участием отсутствует. Поэтому пожарная опасность такого электротранспорта детально в настоящем пособии рассматриваться не будет.

Основная пожарная опасность такого вида транспорта заключается в литий-ионных аккумуляторах (Li-ion), которые в них являются одним из главных конструктивных элементов.

## 2. Литий-ионные аккумуляторные батареи и их пожароопасность.

**Литий ионный аккумулятор (Li-ion)** – это одна из разновидностей электрических АКБ, которая характеризуется малым саморазрядом (потери емкости – не более 5-10 % в год) на фоне высокой емкости и значительного срока службы. Свое название данные элементы питания получили благодаря тому, что в качестве катодных материалов они используют литиевые производные (литий-феррофосфат, кобальтат лития, литий-марганцевую шпинель и т.д.), а переносчиками заряда в них выступают ионы лития со знаком плюс, которые способны проникать в кристаллическую решетку других материалов, провоцируя необходимую химическую реакцию.

### 2.1. Устройство и виды литий-ионных аккумуляторов.

Литий-ионный аккумулятор (Li-ion) состоит из электродов (катодного материала на алюминиевой фольге и анодного материала на медной фольге), разделённых пористым сепаратором, пропитанным электролитом. Пакет электродов помещён в герметичный корпус, катоды и аноды подсоединены к клеммам-токосъёмникам. Корпус иногда оснащают предохранительным клапаном, сбрасывающим внутреннее давление при аварийных ситуациях или нарушениях условий эксплуатации.

В зависимости от формы корпуса изделия, выделяют цилиндрический и призматический виды литий-ионных аккумуляторов (см. рис. 1 и 2). Принцип устройства призматических моделей заключается в составлении друг на друга прямоугольных пластин, в то время как цилиндрические конструкции представлены рулонообразным пакетом электродов с сепаратором, которые закрыты в герметический корпус из металла (сталь, алюминий).

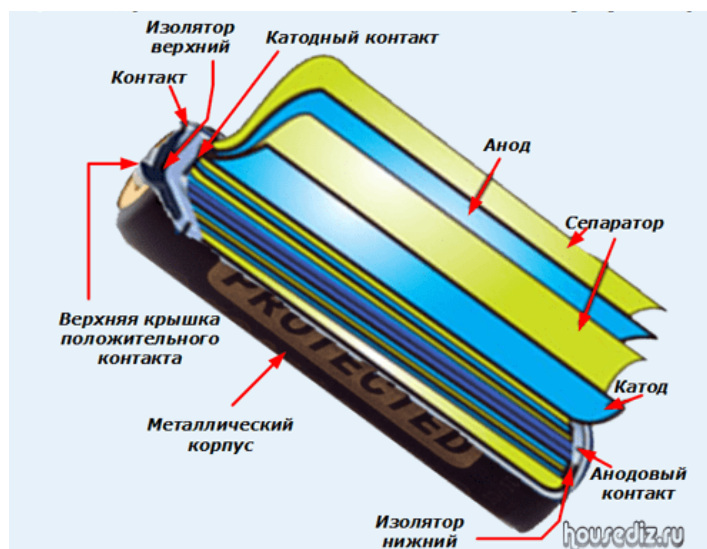


Рис 1. Устройство цилиндрического литий – ионного аккумулятора.



*Рис 2. Устройство призматического литий – ионного аккумулятора.*

В зависимости от типа аккумулятора, химического состава его компонентов характеристики могут варьироваться в определенных пределах.

- Энергоемкость: от 110 до 280 Втч/кг;
- Количество циклов заряда и разряда при емкости 80%: 600-700;
- Значение внутреннего сопротивления: от 4 до 15 мОм/Ач;
- Напряжение одного элемента: от 2,5 В до 4,2 В;
- Саморазряд: зависит от температуры и степени заряда. При 100% заряде и оптимальной температуре – около 1,5% в месяц;
- Скорость быстрой зарядки: около 60 минут.

Это диапазоны основных значений. Могут быть определенные отличия у аккумуляторов различных форм-факторов, например, напряжение 1,5 В (АА и ААА), но здесь речь идет о стабилизированном выходном напряжении, которое не зависит от напряжения в самих ячейках.

## **2.2. Принцип работы литий-ионных аккумуляторов.**

Суть работы батареи на литии состоит в обеспечении оптимальных условий для перемещения ионов металла внутри системы (а точнее – между разнозаряженными электродами).

Когда на электроды подается напряжение определенной величины, это стимулирует ионы Li переходить из литиевого катода в угольный анод. Этот процесс сопровождается окислительной реакцией. Когда же в систему подается нагрузка, это заставляет ионы металла передвигаться в обратном направлении (см. рис 3).

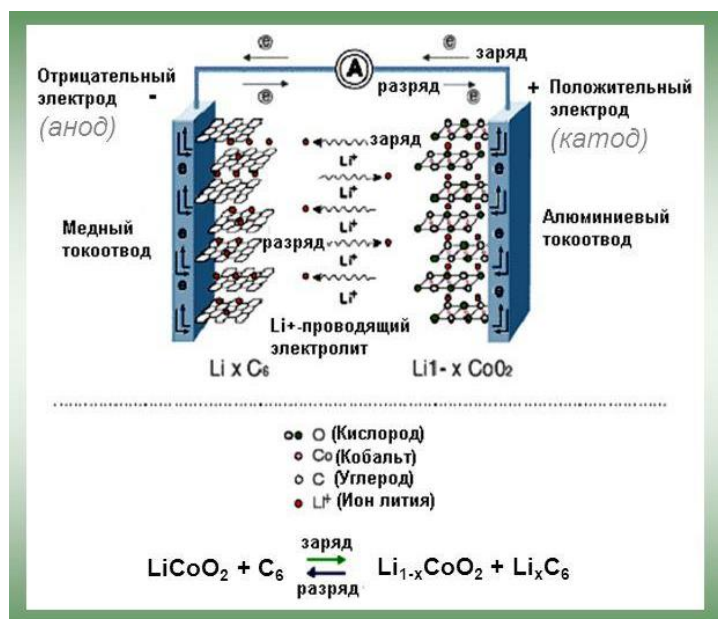


Рис 3. Принцип работы литий-ионного аккумулятора.

### 2.3. Преимущества и недостатки литий – ионных аккумуляторов.

К ключевым преимуществам относят следующие параметры:

- Очень высокая энергоплотность (соотношения количества мАч и объема);
- Высокий ток при работе;
- Нет необходимости в обслуживании;
- Саморазряд очень низкий;
- Готовность к эксплуатации в любой момент;
- Нет эффекта памяти;
- Возможность создавать аккумуляторы любых размеров и форм;
- Диапазон рабочих температур очень широкий.

Недостатки:

- Дорогие (относительно других АКБ);
- При высоких температурах работа ухудшается, при низких снижается емкость, хотя диапазон все же широк;
  - Срок службы зависит от времени использования;
  - Опасность взрыва или возгорания;
  - Относительно низкое количество циклов зарядки и разрядки;
  - Недопустимы механические повреждения;
  - Требуют строгого соблюдения правил зарядки и иных требований к эксплуатации.

На некоторые недостатки литий-ионных аккумуляторов стоит обратить особое внимание, так как они напрямую связаны с пожарной опасностью АКБ.



## 2.4. Пожароопасность литий – ионных аккумуляторов.

Пожароопасность литий – ионных аккумуляторов является одной из ключевых проблем. Она обусловлена наличием в аккумуляторе катода, сделанного из литий-кобальтового оксида  $\text{LiCoO}_2$ . При достаточно небольшом нагреве (не более  $90^\circ\text{C}$ )  $\text{LiCoO}_2$  начинает разлагаться с выделением кислорода, который окисляет полимерный электролит. Температура еще более повышается, процесс начинается в соседних ячейках аккумулятора. Возникает цепная реакция, которая идет до полного выгорания батареи. Этот процесс называется термическим разгоном батареи.

Основными причинами возгорания и взрывов литий-ионных аккумуляторов являются (см. рис. 4):

- короткое замыкание;
- излишний заряд (перегрузка);
- распад электролита.

**Короткое замыкание** происходит из-за прораствания дендритов лития к положительному электроду, механического повреждения аккумулятора или попадания воды из окружающей среды, в результате чего происходит локальный разогрев в месте замыкания с дальнейшим лавинообразным нагревом всей батареи и последующим за ним возгоранием и взрывом. Возникновение дендритов лития, часто являлось побочным следствием быстрой и неравномерной зарядки литий-ионных аккумуляторов первого поколения, где анод был из лития. В современных АКБ материал анода заменили на графит. Графит не дает дендритам расти. Однако и сейчас короткое замыкание может произойти из-за разрушения мембраны, отделяющей катод от анода и быстрой разрядки источника питания.

Также короткое замыкание может произойти в случае производственного брака - нарушение целостности пористого сепаратора из-за неаккуратной нарезки электродов и попадания в пространство между анодом и катодом микрочастиц металла.

**Излишний заряд (перегрузка)** при накоплении литий-ионным аккумулятором избыточного заряда (перегрузке)  $\text{LiCoO}_2$  выделяет кислород, который реагирует с горячим электролитом, воспламеняя его. В результате перегрузки также образуется оксид кобальта  $\text{Co}_3\text{O}_4$ , который увеличивает электрическое сопротивление аккумулятора, увеличивая шанс перегрева и воспламенения.

Для предотвращения излишнего заряда (перегрузки) в АКБ используется контроллер, который автоматически регулирует зарядку и не допускает перегрева батареи. Кроме этого во многих аккумуляторах установлен защитный клапан. Это

устройство, которое сбрасывает избыточное давление из элемента в случае его перегрева, а также размыкает электрическую цепь в районе его плюсового контакта.

К сожалению, это происходит не всегда. При выходе из строя защитных устройств возникает термический разгон батареи с последующим её воспламенением и взрывом.

**Распад электролита** происходит при многократном повторении циклов зарядки-разрядки. Это приводит к частичному разрушению электролита и высвобождению углекислого газа. Так как аккумулятор запаян, значительное увеличение объема выделяемого газа (летучие углеводороды) может разорвать корпус источника питания изнутри, а реакция кислорода воздуха с литием подожжет горючий органический электролит.

При нарушении герметичности корпуса аккумулятора кислород и пары воды из окружающей среды попадают внутрь батареи с последующей реакцией с материалами электродов и электролита. Это способствует разогреву и взрыву батареи.

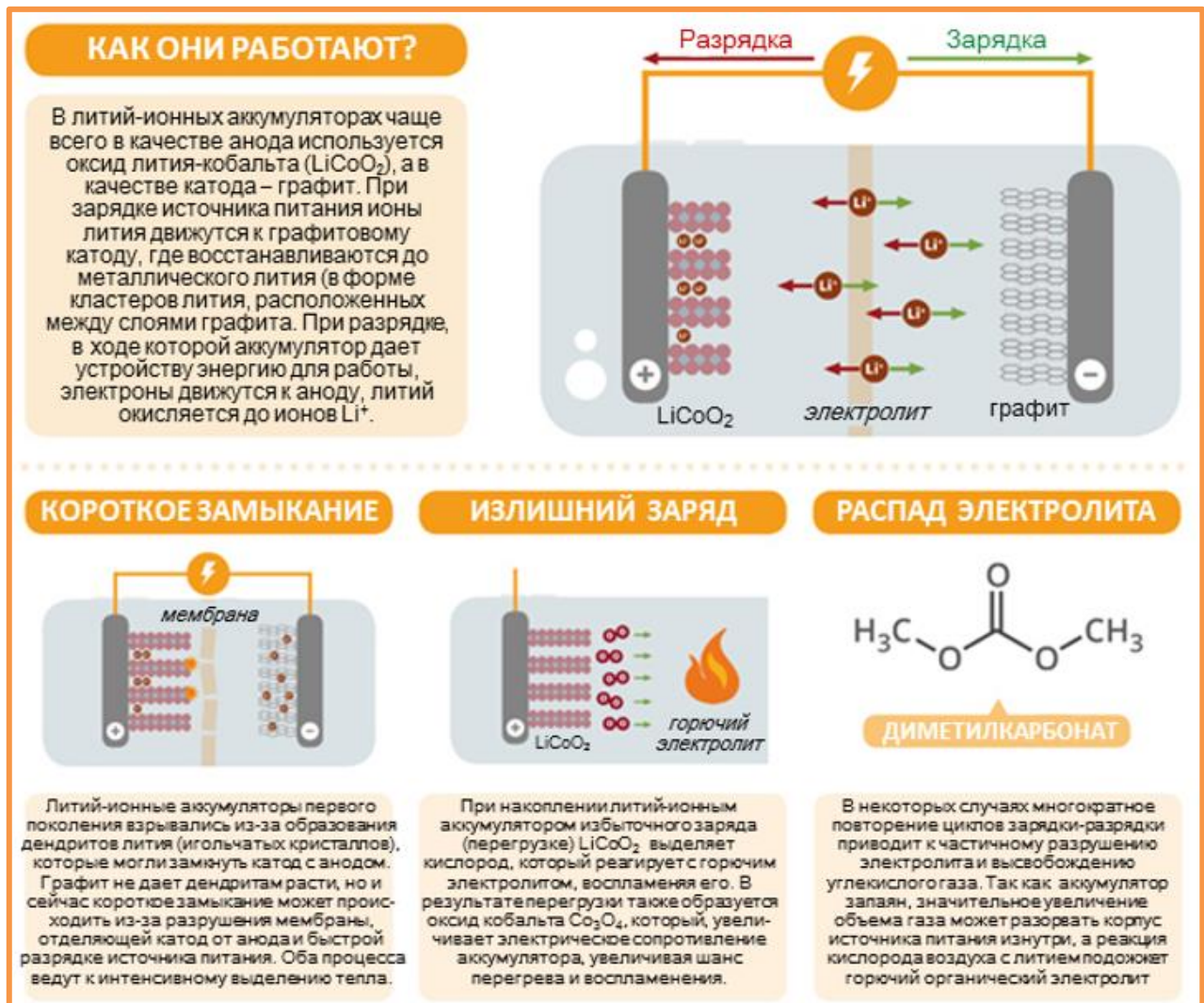


Рис 4. Причины возгорания и взрывов литий-ионных аккумуляторов.

Использование качественного литий-ионного аккумулятора и соблюдение правил его эксплуатации, значительно снижают вероятность взрыва и возгорания. Однако полностью исключить подобные случаи невозможно. Далее рассмотрим виды, устройство и принцип работы наиболее распространенных малогабаритных электрических транспортных средств и примеры пожаров с их участием.

### 3. Устройство малогабаритных электрических транспортных средств и примеры пожаров с их участием.

#### 3.1. Гироскутеры. Виды, устройство, принцип работы.

**Гироскутеры** – уличные электрические транспортные средства передвижения, в основе работы которых стоят гироскопические датчики.

##### Виды гироскутеров.

В большинстве случаев эти агрегаты классифицируются по диаметру применяемых колес:

**4,5-5,5 дюймов.** Это устройства, предназначенные для детей. Поэтому они способны перевозить людей, имеющих массу до 60 кг. Масса подобных устройств порядка 5 кг.



**6,5 дюймов.** Данное устройство рассчитано на людей массой до 100 кг. Агрегат оснащается колесами из плотной резины и имеет массу порядка 12 кг.



**7-8 дюймов.** Эти устройства несколько отличаются от вышеперечисленных. У них увеличен клиренс до 4 см, а площадка для ног несколько расширена. Благодаря этому на таких изделиях спокойно могут кататься и взрослые.

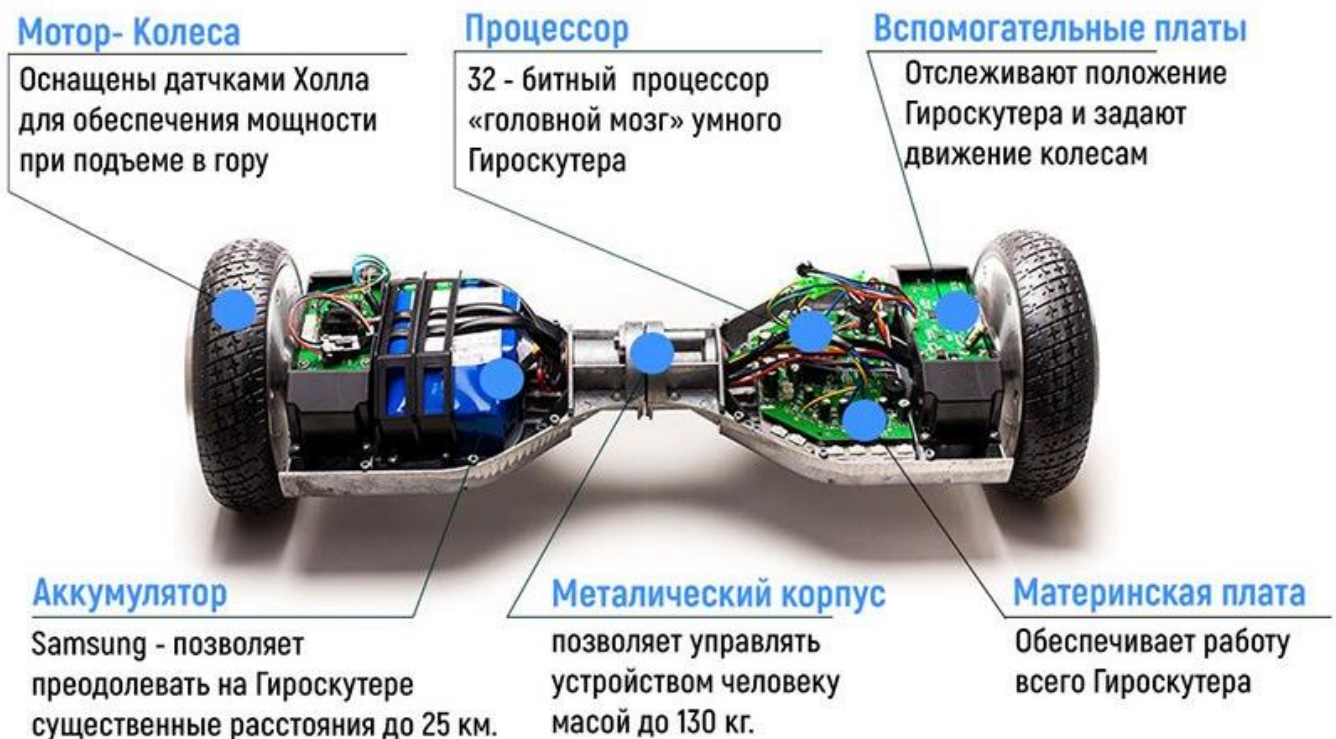


**10 дюймов.** Этот вид считается самым лучшим среди гироскутерной техники. Колеса здесь больше, они оснащаются велосипедными камерами. Такой гироскутер способен выдерживать человека массой до 120 кг.



### Устройство и принцип работы гироскутеров.

Конструкция гироскутера сделана так, чтобы он был компактным и легким, но при этом быстрым, мощным и долговечным. Гироскутер состоит из следующих основных элементов (см. рис. 5):

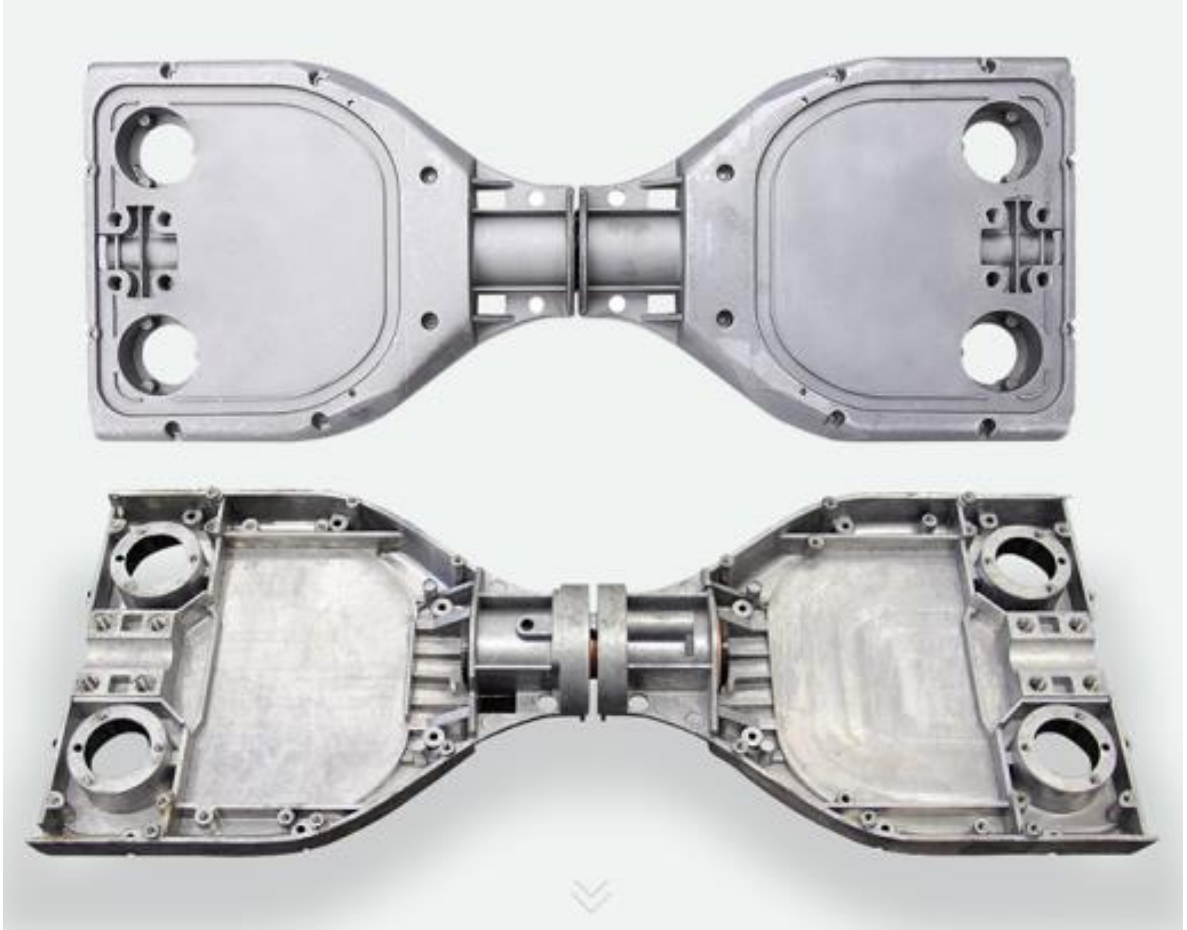


*Рис 5. Устройство гироскутера.*

**1. Корпус** в большинстве случаев выполнен из пластика или легкого металла, чтобы облегчить вес конструкции. Все электрические элементы надежно спрятаны в корпусе. Дополнительно их герметизируют, чтобы защитить от механического воздействия, влаги, грязи и пыли.

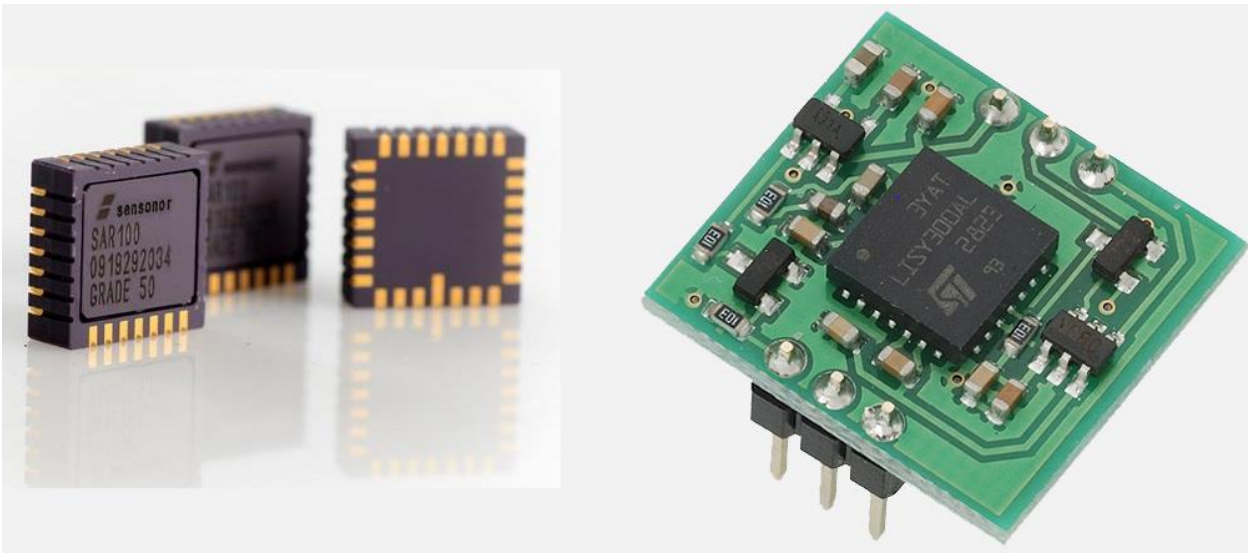


**2. Металлическое основание (платформа)** имеет две части, которые могут двигаться под углом. Сверху на платформе есть такие участки, которые напоминают большие плоские кнопки. Под ними установлены гироскопические датчики, которые определяют наклон, и осуществляют управление движением гироскутера (см. рис. 6).



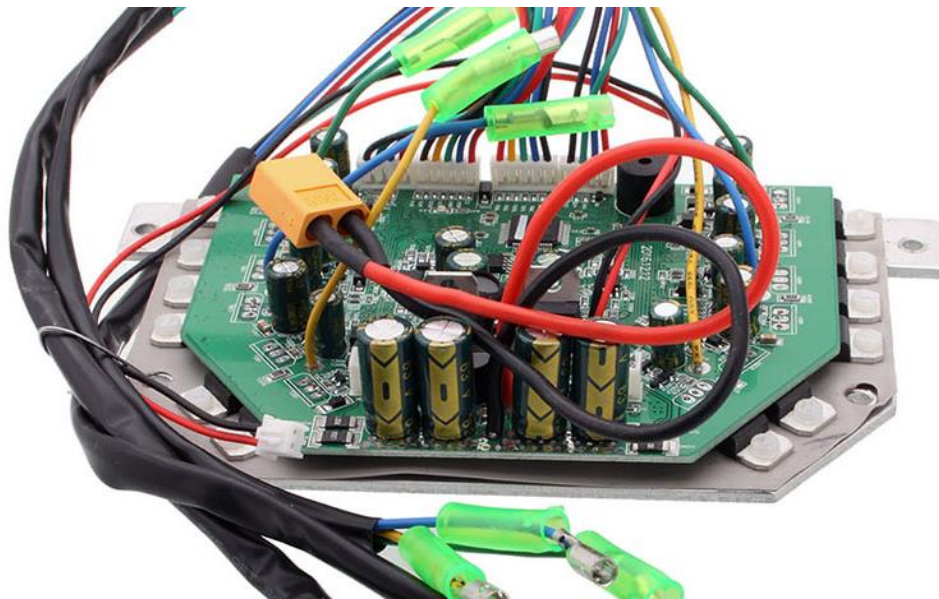
*Рис 6. Общий вид металлической платформы.*

**3. Платы подсоединены к гироскопическим датчикам.** После того, как положение платформы меняется, гироскопические датчики передают информацию по специальному шлейфу в процессор. Там производятся арифметические вычисления, в результате которых формируется команда электродвигателям о том, как им действовать, то есть, в какую именно сторону крутить колеса. В устройстве может быть несколько плат с процессорами: одна управляет гаджетом, другие контролируют мотор-колеса (см. рис. 7).



*Рис 7. Крупный план гироскопических датчиков.*

**4. Материнская плата с процессором** (см. рис 8). Здесь установлено программное обеспечение, которое осуществляет все расчеты. От процессора зависит плавность хода, удобство и чувствительность гироскутера.



*Рис 8. Крупный план материнской платы с процессором.*

**5. Мотор – колеса.** Гироскутер снабжают бесколлекторным синхронным электродвигателем, который встроен внутри колеса (см. рис.9). Благодаря такой конструкции, мотор-колесо не требует дополнительного передаточного механизма и трансмиссии. За счет этого достигнута высокая надежность и компактность конструкции. Статор выполнен в виде круга с пластинами (обмоткой). В статоре, находящимся в неподвижном состоянии, образуется магнитное поле, при взаимодействии с ротором создается вращение, направление

которого зависит от направления магнитного поля. Ток, который проходит по обмотке притягивает пластины и запускает движение.



*Рис 9. Общий вид мотор – колеса.*

**6. Аккумуляторы** (см. рис 10). Аккумулятор является важной частью устройства, ведь от его емкости зависит расстояние, которое может проехать этот аппарат. В зависимости от вида гироскутера используется аккумулятор той или иной емкости и класса. Поэтому на детские изделия ставят аккумуляторы мощностью от 3000 мА/ч, а на взрослые – от 4400 мА/ч. Аккумуляторы класса 1С, 2С монтируют на устройства с маленькими колесами до 6,5 дюйма. На устройства с колесами в 10 дюймов устанавливают батареи высшего класса 4С и 5С. Именно класс батареи определяет, какие нагрузки сможет воспринимать модель.



*Рис. 10. Общий вид литий-ионного аккумулятора.*

**7. Некоторые модели гироскутеров имеют дополнительное оснащение:**

- Дисплей;
- Осветители;



- Индикаторы;
- Динамики;
- Устройство для звукового сигнала.

### **Случаи загорания гироскутеров и их экспертные исследования.**

Пожар произошел 19 октября 2018 года в квартире одного из жилых домов в г. Москве. В квартире находилась бабушка с внуками. В 19 часов 00 минут, внук поставил на зарядку гироскутер в розетку и пошел играть в другую комнату квартиры. Примерно через час мальчик услышал взрыв и увидел, что из комнаты идет дым бело-серого цвета и светящиеся угольки. Внук сообщил об этом бабушке, которая в это время находилась на кухне, после чего они вместе побежали в комнату и пытались потушить горящий гироскутер.

Остатки обгоревшего гироскутера с места пожара были доставлены органами дознания в ФГБУ СЭЦ ФПС по г. Москве для дальнейшего исследования (см. фото 1).

Проведенными исследованиями установлено, что блок аккумуляторов гироскутера разрушен. На металлическом корпусе батарей имеются следы температурного воздействия в виде полного обгорания пластиковых оболочек, коррозии металла. Электронная защита в виде платы от перезаряда и короткого замыкания отсутствует. С одной стороны, у нескольких аккумуляторных батарей наблюдается разрыв плюсового контакта и деформация корпуса батареи, что явилось следствием химической экзотермической реакции во внутреннем объеме аккумуляторной батареи (см. фото 2).



*Фото 1. Общий вид представленных остатков обгоревшего гироскутера.*



*Фото 2. Крупный план поврежденных аккумуляторов.*

Аналогичный описанному выше пожар произошел в трех комнатной квартире 3 апреля 2017 года. Из объяснений хозяйки следует, что «...3 апреля 2017 г. дома находилась одна. Сегодня мой внук попросил включить, т.е. поставить на подзарядку гироскутер колеса на 10 дюймов. Я поставила его в коридор на пол включила к сети 220 В. И он заряжался 3 часа. После того как индикатор загорелся зеленым, т.е. зарядился я отсоединила розетку от сети. Прошло примерно 3 минуты, затем я услышала посторонний шум, вышла из ванны и увидела, что горел гироскутер с одной стороны. После этого я налила воды ведро и потушила горение. Причиной случившегося послужила, скорее всего, техническая неисправность в гироскутере. Гироскутер был новый и обгорел в нижней его части с одного края, рядом находились металлические круглые батарейки. Внук на нем катался пару раз...». Термические повреждения гироскутера показаны на фото 3 и 4.



*Фото 3. Общий вид гироскутера со следами термических повреждений.*



*Фото 4. Крупный план поврежденной металлической платформы и корпуса АКБ гироскутера.*

Таким образом, причиной вышеуказанных пожаров послужило загорание электролита и продуктов его разложения из-за повышения допустимой температуры в результате аварийного пожароопасного режима работы аккумуляторной батареи гироскутеров.

### **3.2. Сигвей. Виды, устройство, принцип работы.**

**Сигвей** – это современное одноместное транспортное средство, работающее на электрической тяге по принципу автоматической балансировки колес. Внешне он напоминает колесницу. Водитель встает на платформу, которая размещается между двумя колесами, удерживаясь при этом за рычаг управления.



Сигвеи также называют электрическими самокатами и скутерами, хотя внешне они и отличаются от классических конструкций подобных транспортных средств.

### Виды сигвеев

Основных разновидностей всего две – это городской вариант (Segway i2) и внедорожный (Segway x2). Отличие в том, что первый из них обладает чуть меньшими габаритами и весом. Кроме того, разные модели оснащены задними фонарями, багажниками, ковриками, подножкой и т.д. (см. рис.11).



Рис. 11. Виды сигвеев.

### Устройство и принцип работы сигвея

Сигвей внешне напоминает платформу, по бокам которой находятся два колеса (см. рис. 12). Из нее выступает высокий рычаг управления, достигающий по высоте до начала груди водителя. Колеса располагаются соосно. Каждое из них оснащается собственным электродвигателем, который передает воздействие через усиливающий редуктор. В конструкции имеется мощный компьютер, который ориентируясь по датчикам положения водителя и рычага управления, ускоряет или замедляет вращение двигателей. Система стабилизации работает мгновенно. Для осуществления поворота, колеса не выворачиваются как у автомобиля и велосипеда, а работают по принципу замедления. Одно колесо начинает вращаться быстрее, а другое останавливается, что приводит к развороту.

Для удобства эксплуатации рычаг управления имеет возможность регулировки по высоте. Сигвеи могут иметь вход для зарядки на передней или задней части. Все скутеры без исключения оснащаются световым индикатором заряда. По нему можно судить, на сколько километров останется заряда. Также внизу платформы под ногами обычно устанавливается спидометр.

Источником питания устройства выступает литий-ионный аккумулятор, именно он и занимает существенную часть массы скутера. Обычно вес сигвея без аккумулятора, в зависимости от модели, составляет от 15 до 45 кг. Рама и колеса рассчитаны на нагрузку до 140 кг. Также существуют усиленные для водителей до 200 кг.



Рис. 12. Устройство сигвея.

### Случаи загорания сигвеев и их экспертные исследования

Пожар произошёл в квартире жилого дома 18 октября 2019 года. В своем объяснении ребенок, который находился в этот момент дома, сообщил следующее: «...я находился дома в своей комнате. Сидел, играл в компьютер, за моей спиной стоит моя кровать, возле которой находился «сигвей». Примерно, в 17:30 я услышал, как сзади произошел хлопок, я обернулся и увидел, что от моего «сигвея» летят искры, я вскочил и побежал к старшему брату, сказав ему об этом. Мы вбежали в мою комнату, «сигвей» уже горел, и пламя перешло на кровать. После этого мы с братом выбежали в подъезд и на улицу».

В ходе динамического осмотра места пожара в центральной части комнаты, около сильно обгоревших фрагментов кровати, на полу в пожарном мусоре, обнаружены фрагменты обгоревшего сигвея (см. фото 5,6).



*Фото 5. Общий вид термических повреждений комнаты. Красным овалом указано место обнаружения остатков трансформера.*

Обнаруженные остатки трансформера были доставлены в ФГБУ СЭЦ ФПС по г. Москве для дальнейшего исследования.



*Фото 6. Общий вид представленных остатков сгоревшего трансформера.*

Изучив все материалы дела по факту данного пожара, эксперты пришли к выводу, что причиной пожара послужило загорание электролита и продуктов его

разложения из-за повышения допустимой температуры в результате аварийного пожароопасного режима работы аккумуляторной батареи сигвея.

### 3.3. Моноколесо. Устройство, принцип работы.

Моноколесо – это устройство, созданное для передвижения по городу. Исходя из названия, становится понятно, что основной элемент конструкции – одно колесо. Оно приводится в действие двигателем, который работает от аккумулятора, а пользователь стоит на специальных выдвижных подножках.

#### Устройство

Устройство и принцип работы имеет связь с гироскутерами и сигвеями. Моноколесо устроено очень похоже, и является своего рода гибридом – только здесь одно колесо, и обычно нет руля и сидения (см. рис. 13).

Основной элемент – колесо. Оно бывает разных диаметров и заключается в пластиковый корпус. Сверху на нем находится ручка, панель управления и дисплей или индикаторы состояния. Сбоку – подставки, которые можно опустить или поднять. Внутри корпуса расположено не только колесо, но и двигатель, аккумулятор, центр тяжести, магниты, гироскопы, которые отвечают за удержание баланса и управление.

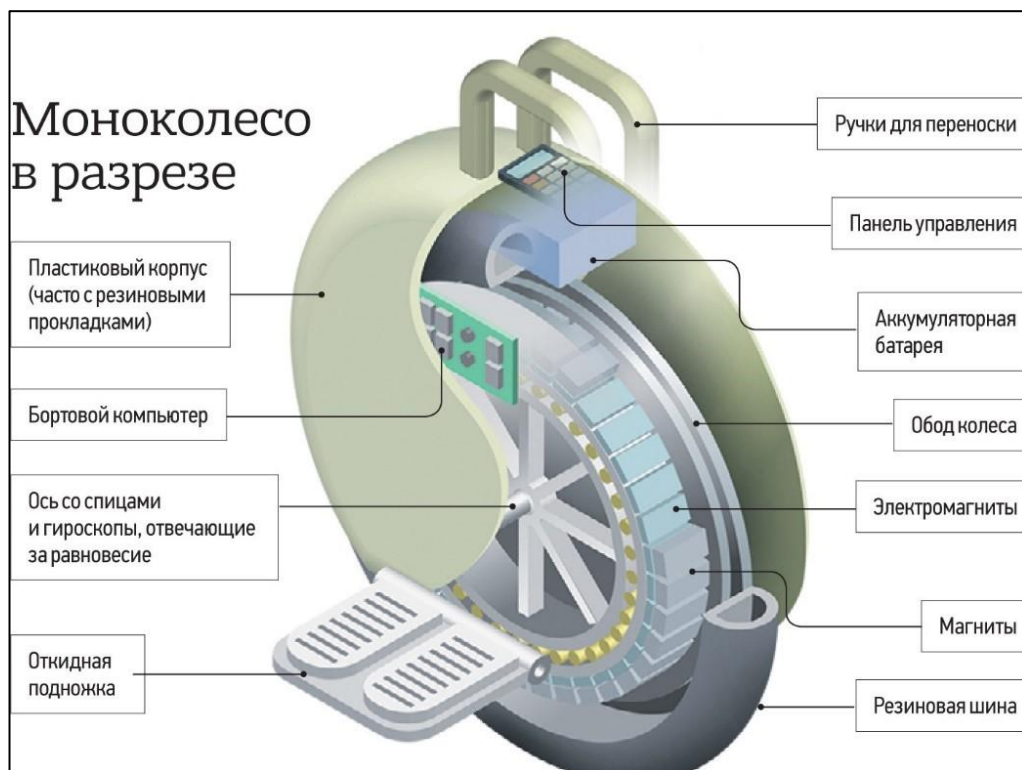


Рис. 13. Устройство моноколеса.



## Принцип работы моноколеса.

Управление моноколесом осуществляется наклоном тела. При наклоне корпуса тела вперед моноколесо ускоряется, при наклоне назад замедляется. Это происходит благодаря действию гироскопических датчиков, которые улавливают перемещение центра тяжести тела и, подавая сигнал на двигатель, удерживают колесо в вертикальном положении.

Сначала гироскопические датчики определяют положение моноколеса в пространстве. Затем компьютер считывает сигналы с датчиков и подает команду направить ток с аккумулятора на катушку (электромагниты) ротора. Вследствие чего возникает электромагнитное поле, воздействующее на магниты, закрепленные на внешнем контуре колеса (см. рис. 14).

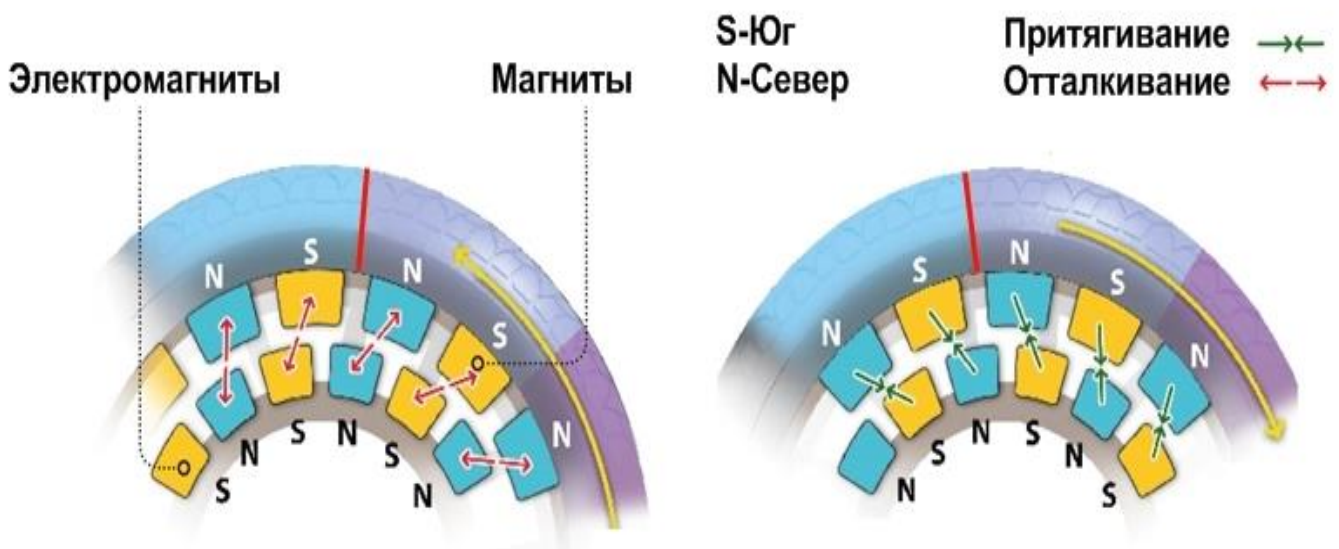


Рис. 14. Принцип работы моноколеса.

У каждого магнита есть свои полюса: северный и южный. При взаимодействии одинаковых полюсов (юг-юг, север-север) магниты отталкиваются, если же взаимодействуют разные полюса (север-юг и юг-север), магниты притягиваются друг к другу.

Моноколесо начинает движение вперед, если магниты находятся в положении север-север, юг-юг. При наклоне корпуса пользователя назад, происходит смещение центра тяжести тела. Гироскопические датчики улавливают это изменение и подают сигнал на компьютер. Компьютер в свою очередь передает команду на изменение направления тока проходящего через электромагниты. Это влечет за собой смену полюсов на электромагнитах, создавая пары север-юг, юг-север. И моноколесо начинает ехать назад.



### Случаи загорания моноколеса и их экспертные исследования.

Известны случаи загорания моноколеса во время движения. Во время прогулки один из катавшихся на моноколесе парней запечатлел товарища, получившего незначительные ожоги при самовоспламенении батареи своего транспортного средства (см. фото 7,8). К счастью, молодой человек вовремя успел покинуть электрическое колесо и избежал серьезных травм.



*Фото 7. Воспламенение моноколеса в момент его эксплуатации.*



*Фото 8. Крупный план горящего моноколеса.*

Причиной данного пожара послужило загорание электролита и продуктов его разложения из-за повышения допустимой температуры в результате аварийного пожароопасного режима работы аккумуляторной батареи в моноколесе.

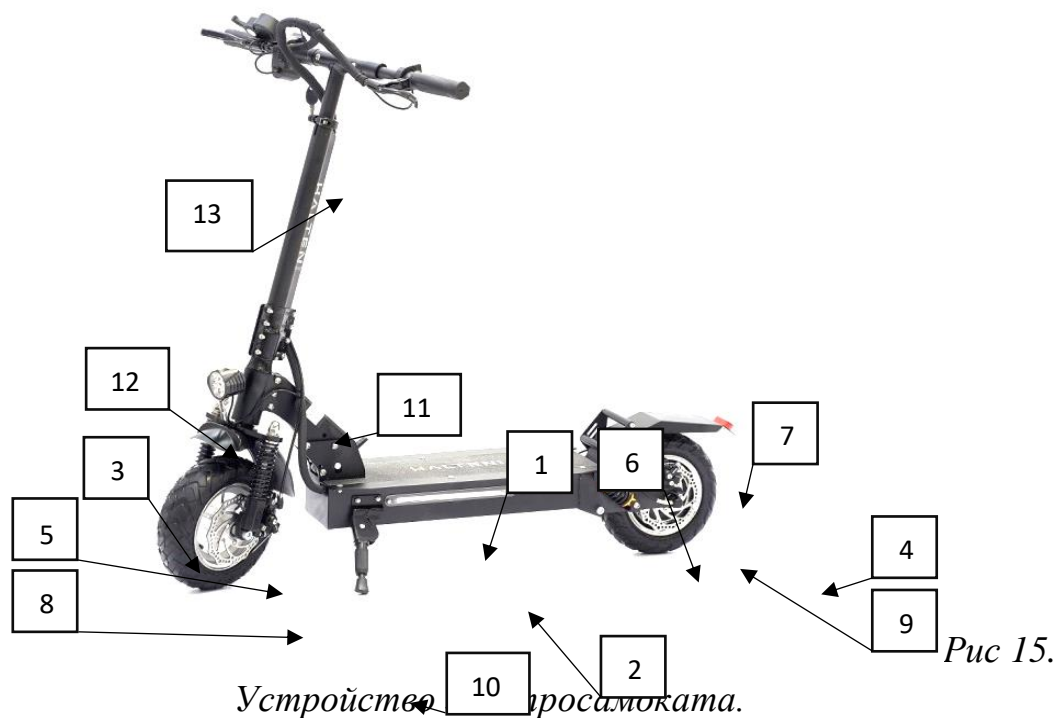
### 3.4. Электросамокаты. Устройство, классификация, принцип работы.

Электрический самокат – средство передвижения на двух или трех колесах с электромотором.

#### Устройство электросамоката

В обычной комплектации электросамокат состоит из следующих составных частей (см. рис. 15):

- 1- Дека.
- 2- Место размещения литий-ионного аккумулятора.
- 3- Переднее колесо.
- 4- Заднее колесо.
- 5- Передний амортизатор.
- 6- Задний амортизатор.
- 7- Тормоз-крыло.
- 8- Передняя тормозная колодка.
- 9- Задняя тормозная колодка.
- 10- Подножка.
- 11- Кабель электротормоза.
- 12- Осветительный прибор.
- 13- Рулевая стойка.




## Классификация электросамокатов

Классифицируются электросамокаты на следующие типы:

### 1. В зависимости от типа электродвигателя:

<p><i>Цепные электросамокаты.</i></p> <p>В основе работы которых лежит передача импульса колесу через цепь. По принципу двигателей мотоциклов и мопедов. Детали мотора в таких моделях быстро изнашиваются.</p>	
<p><i>Электросамокаты с мотор-колесом.</i></p> <p>Приведённые модели более всех остальных распространены на рынке. Различают модели:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- с передним приводом. В указанной модели колесо-мотор расположено спереди.</li> <li>- с задним приводом. Колесо-мотор находится сзади.</li> <li>- с полным приводом. Двигатель вмонтирован в оба колеса.</li> </ul>	

### 2. В зависимости от количества колёс:

<p><i>Двухколёсные.</i></p> <p>Это самая популярная модель, одно колесо расположено сзади, другое спереди. Такая конструкция компактная, универсальная и относительно лёгкая.</p>	
---	--

*Трёхколёсные с двумя задними колёсами.*

Иногда их оснащают сиденьем, что делает возможным поездки на длительные расстояния.



*Трёхколёсные с двумя передними колёсами.*

Эти устройства напоминают сигвей, они устойчивы и при этом очень манёвренны. Несложны в управлении, быстро набирают скорость и могут пройти по разным типам дорог.



### 3. По конструктивной особенности складывания.

*Классическая.*

Складывается с помощью рычага, который находится в месте соединения деки с рулём. Рычаг нужно нажать до характерного щелчка. Оставив его в таком положении, наклонить стойку руля к подставке для ног.



<p><i>Кнопочная.</i></p> <p>Конструкция складывается с помощью кнопки, чаще всего она располагается под декой и защищена заглушкой. После снятия заглушки необходимо нажать кнопку, потянуть стойку руля в направлении от деки до щелчка. После этого конструкцию можно сложить.</p>	
<p><i>Super ReinForce.</i></p> <p>Электросамокат складывается с помощью предохранительной трубки, которая располагается в основании рамы и деки. Её поднимают вверх к переднему колесу, основание руля наклоняют и фиксируют с помощью гребешка платформы, куда вставляется эта трубка.</p>	

### Так же имеются различия по:

- Возрастная категория. Есть детские и взрослые модели. Последние развивают высокую скорость, у них мощный двигатель и прочный корпус. Детские устройства отличаются более простой конструкцией, они лёгкие, развивают скорость не более 15 км/ч.
- Вес. Агрегаты для взрослых могут весить от 7 до 50 кг. Обычно, чем больше вес, тем больше мощность.
- Грузоподъёмность. В основном все электросамокаты выдерживают нагрузку до 120 кг, но есть модели с грузоподъёмностью до 130-150 кг.
- Размер колёс. Встречаются от 8-10 дюймов.
- Количество амортизационных подвесок. Они обеспечивают мягкость поездки. Это снижает дискомфорт водителя, если колесо попадает на камень или в яму.
- Материал рамы. Самокаты бывают со стальной и алюминиевой рамой.



## **Принцип работы**

Принцип работы электрического самоката состоит в применении накопленной в батарее аккумуляторов электрической энергии для привода в действие электрических двигателей (одного или двух) с определёнными контроллером параметрами. Контроллер выбирает режим работы в зависимости от его внутреннего устройства, и способен действовать только по команде водителя. Основной командой является позиция рукоятки акселератора, а также информация от датчика угла наклона к дороге (гироскопа), и других имеющихся датчиков. Затем момент вращения электродвигателя передаётся на колесо, которые приводят в движение самокат. Важной функцией многих новых моделей является обратная связь. Это означает, что при движении от физического усилия или под гору, когда происходит свободное вращение колёс накатом, электрический двигатель функционирует в режиме генератора, то есть, выполняет зарядку батареи аккумуляторов.

### **Случаи загорания электросамокатов и их экспертные исследования.**

Пожар произошел 17 июля 2019 года в трехкомнатной квартире одного из жилых домов в г. Москве. В квартире находилась семья с детьми. Примерно в 17 часов хозяин квартиры поставил на зарядку в коридоре квартиры электросамокат, где он простоял, заряжаясь в течение 9,5 часов (см. фото 9). Ночью примерно в 2 часа 30 минут жильцы квартиры услышали, как электросамокат зашипел. Мужчина отключил зарядное устройство и вышел на кухню. Спустя 30 минут произошел громкий взрывной хлопок, от которого в комнатах разрушились и осыпались стекла. Выбежав в коридор, хозяин квартиры увидел, как горит нижняя часть электросамоката. Затем последовала серия хлопков. Попытки самостоятельного тушения пожара не увенчались успехом. Развитие горения было настолько быстрым, что в результате пожара погибла женщина.

Остатки обгоревшего электросамоката с места пожара были доставлены органами дознания в ФГБУ СЭЦ ФПС по г. Москве для дальнейшего исследования (см. фото 10).

Проведенными исследованиями установлено, что пластмассовый корпус блока батареи имеет прожоги. В левой части батарея частично сохранилась. На остатках сохранившейся батареи наблюдаются расслоения, вздутия и прожоги (см. фото 11). В правой части батарея полностью разрушена. Указанные повреждения литий-ионной батареи позволили эксперту сделать вывод о том, что данные термические разрушения произошли из-за аварийного режима работы в ее структуре.



*Фото 9. Термические повреждения квартиры, образовавшиеся после взрыва АКБ электросамоката.*



*Фото 10. Общий вид представленного электросамоката и блока питания.*





*Фото 11. Крупный план поврежденных аккумуляторных батарей.*

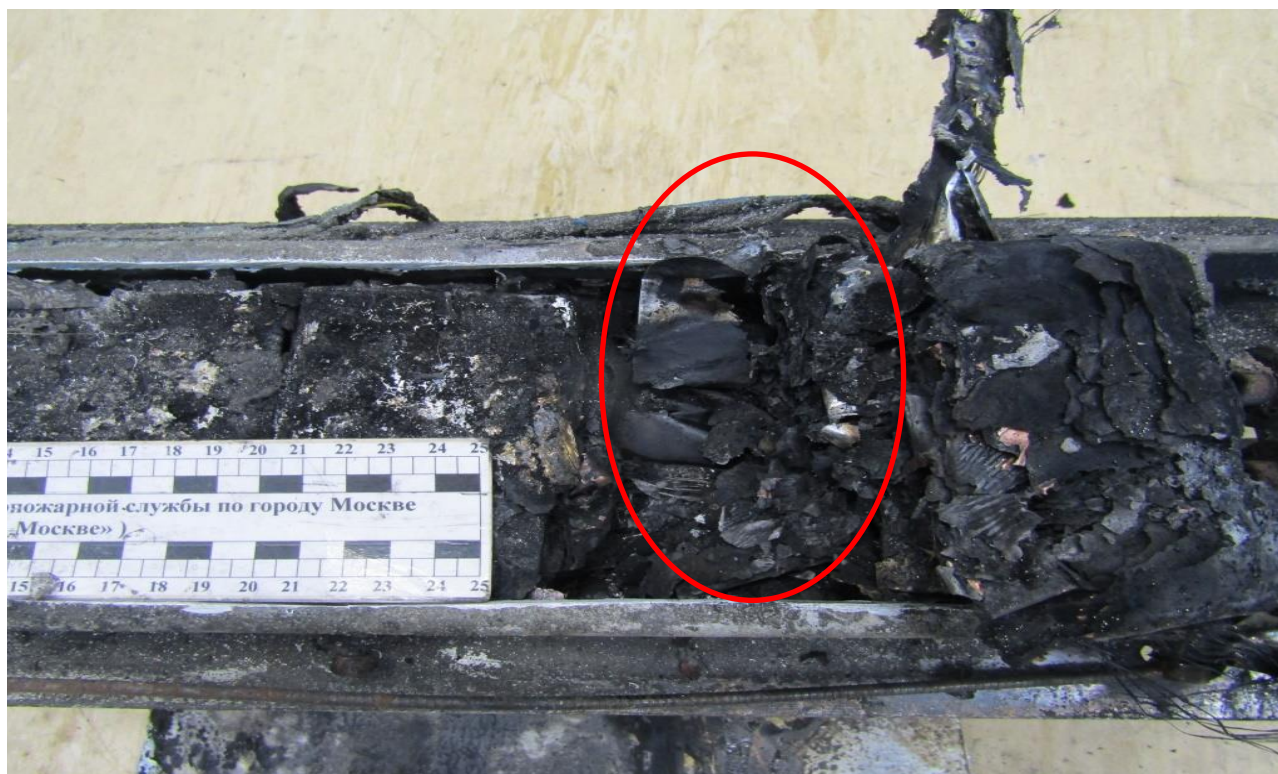
Аналогичный пожар произошел 22 марта 2020 года в 21 час 20 минут в квартире жилого многоэтажного дома. Жильцы также находились дома. В одной из комнат 4-х комнатной квартиры на зарядке с 10 часов утра находился электросамокат. Начальный этап развития горения происходил по схожему сценарию. Жильцы, услышав громкий хлопок, увидели, как взрывной волной выбило остекление в комнате, где располагался электросамокат и с нижней части деки самоката стали вырываться языки пламени.

Лабораторное исследование изъятого с места пожара электросамоката подтвердило наличие признаков протекания аварийных режимов работы в блоке его аккумуляторной батареи (см. фото 12, 13).



*Фото 12. Общий вид электросамоката со следами термических повреждений.*





*Фото 13. Крупный план поврежденных АКБ электросамоката.*

В феврале 2019 года в коридоре еще одной квартиры загорелся стоявший на зарядке электросамокат (см. фото 14). В результате пожара три человека пострадали, один мужчина погиб.

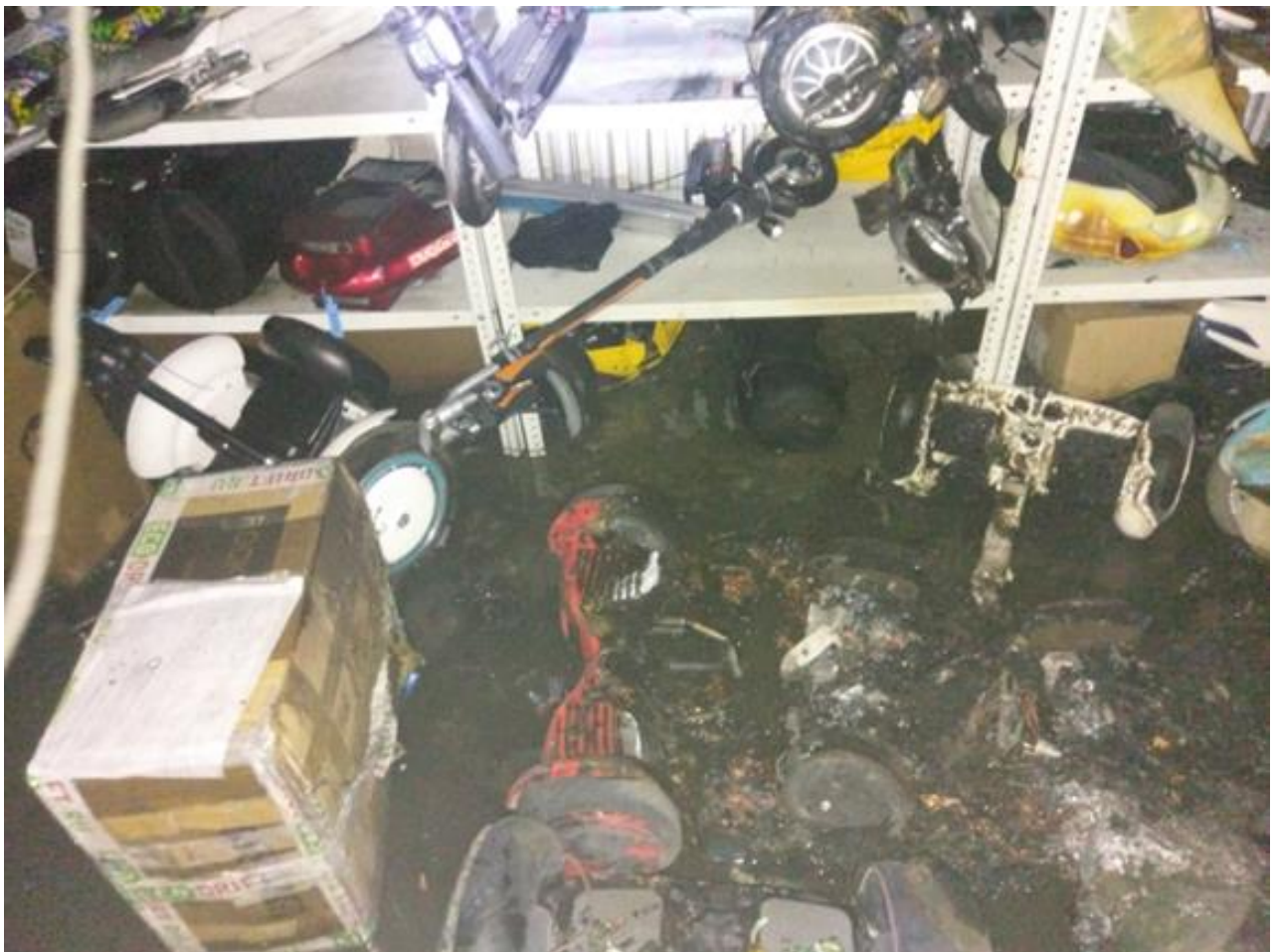


*Фото 14. Фрагменты электросамоката в очаге пожара.*

Март 2018 года. Семья проснулась в 4 утра от взрыва аккумуляторной батареи электросамоката, стоявшего на зарядке в одной из комнат квартиры. В этом случае устройство заряжалось около 8 часов. Жильцы квартиры успели во время потушить электросамокат, благодаря чему жертв удалось избежать.

Апрель 2019 года. И снова 4 утра, взрыв заряжающейся АКБ электросамоката. Взрывная волна была настолько сильной, что в квартире разрушилась межкомнатная перегородка, выбило двери, осыпались стекла оконных блоков, на улице под окнами квартиры механически повреждены четыре автомобиля. Несмотря на то, что хозяева квартиры находились дома в момент возникновения взрыва и пожара, значительный ущерб здоровью они не получили.

В практике экспертов ФГБУ СЭЦ ФПС по г. Москве попадался случай загорания сразу нескольких электротранспортных средств. Так в августе 2017 года произошел пожар в подвальном помещении склада, в котором хранились малогабаритные уличные электротранспортные средства и запасные части к ним (см. фото 15,16).



*Фото 15. Склад с поврежденными электротранспортными средствами.*





*Фото16. Вид выгоревших АКБ электротранспортных средств.*

В процессе изучения материалов проверки по факту данного пожара, экспертам стало известно, что пожар был обнаружен сотрудником склада по треску, шипению и белому дыму, исходившему от одного из электросамокатов. Спустя несколько минут из-под деки показались языки пламени, которые по цепной реакции стали воспламенять другие рядом расположенные гироскутеры и электросамокаты. В результате пожара никто не пострадал.

Таким образом, проанализировав все обстоятельства происшествий с участием уличного малогабаритного электротранспорта, эксперты пришли к выводу, что причиной вышеуказанных пожаров послужило загорание электролита и продуктов его разложения из-за повышения допустимой температуры в результате аварийного пожароопасного режима работы аккумуляторной батареи данного транспорта.

Было отмечено, что порядка 88% пожаров происходили в момент зарядки аккумуляторных батарей электротранспортных средств. Незадолго до возникновения пламенного горения свидетели происшествий наблюдали

взрывные явления. Это позволяет констатировать возникновение горения и развитие пожара по общему алгоритму.

Для качественного исследования пожаров, происшедших в результате загорания и взрывов аккумуляторных батарей электротранспортных средств, необходимо обращать внимание на ряд технических аспектов, которые будут рассмотрены в следующем разделе.

#### **4. Рекомендации по исследованию пожаров малогабаритных электрических транспортных средств.**

Исследование пожара, связанного с возгоранием электротранспортных средств (далее - ЭТС) в основном осуществляется по общим принципам, однако нуждаются в предельно точном описании. Особое внимание следует уделить:

- виду электротранспортного средства;
- марке (если сохранились фрагменты с маркировками и этикетками);
- расположению ЭТС в очаговой зоне;
- термическим повреждениям конструктивных элементов ЭТС (прожоги в деке, разрывы корпуса, вздутие корпуса АКБ, оплавление пластиковых элементов и изоляции токоведущих жил питающего шнура зарядного устройства и т.п.);
- признакам функционирования ЭТС и его зарядного устройства (подключение к электросети для зарядки АКБ);
- следам взрывных явлений на предметно-вещной обстановке и конструкциях в очаговой зоне (трещины в стенах, обрушение остекления, разрушение дверных коробов и дверных полотен и т.п.).

Обнаруженные фрагменты электротранспортного средства после его описания изъять должным образом и направить на лабораторное исследование.

После работы на месте пожара произвести систематизацию и обобщение результатов.

Для окончательных выводов по причине пожара и написания заключения, как правило, необходимо провести опрос свидетелей с уточнением следующей информации:

- Какая пожарная нагрузка имелась в очаговой зоне, и каким образом она располагалась?
- Находилось ли электротранспортное средство в момент возникновения пожара на зарядке? Если да, то как долго? Если нет, то когда последний раз производилась зарядка АКБ электротранспортного средства?
- Располагались ли рядом с ЭТС источники теплового излучения (например, включенные обогреватели, батареи и т.п.)?
- Вносились ли изменения в конструкцию ЭТС и его АКБ?
- Имелись ли механические дефекты в корпусе АКБ и деке ЭТС?
- Какое зарядное устройство использовалось для зарядки АКБ?
- Эксплуатировалось ли электротранспортное средство во влажной среде (попадание под дождь, катание по лужам)?

Полученные сведения фиксируются в материалах проверки по факту данного пожара и используются при написании справки или заключения по результатам его исследования.

## **5. Рекомендации по снижению пожарной опасности малогабаритных электрических транспортных средств.**

Рассмотрев устройство, принцип работы малогабаритных электрических транспортных средств и примеры пожаров с их участием, эксперты пришли к выводу, что именно аккумуляторы – наиболее чувствительный и пожароопасный элемент устройства электротранспорта.

Для снижения пожарной опасности малогабаритных электрических транспортных средств и сохранения эксплуатационного ресурса их батареи важно:

1. Не допускать полного разряда АКБ – при снижении уровня заряда до 20% необходимо поставить разряженную батарею заряжаться.

2. Беречь АКБ от механических повреждений, деформации, разгерметизации. При подозрении на наличие внутренних повреждений необходимо провести диагностику аккумулятора в специализированном сервисном центре.

3. Перед каждым использованием проверять зарядное устройство, сетевой кабель, сетевую вилку и батарею на наличие повреждений. При обнаружении повреждений или при подозрении на их наличие заряжать батарею категорически запрещено.

4. Не разбирать батарею и зарядное устройство. При необходимости диагностики или ремонта обращаться в специализированный сервисный центр.

5. Использовать батарею со строгим соблюдением рекомендаций производителя, изложенных в инструкции по эксплуатации.

6. Хранить АКБ в сухом прохладном месте, вне зоны действия прямых солнечных лучей, источников тепла и огня, с уровнем заряда 40–80%.

7. Содержать в чистоте все разъемы.

8. Избегать попадания влаги на электроплаты, токоведущие элементы и во внутренний объем деки.

9. Не оставлять электротранспорт подключенным к электросети по окончании процесса заряда АКБ. На протяжении всего процесса зарядки не оставлять электротранспортные средства без присмотра.

10. Использовать зарядные устройства, предназначенные для зарядки именно для Li-ion батарей.

11. Не вносить конструктивные изменения в устройство электротранспортного средства не предусмотренные заводом - изготовителем.

Соблюдение вышеуказанных пунктов, позволит минимизировать вероятность возникновения аварийных режимов работы в малогабаритных электрических транспортных средствах.

### Список литературы.

1. Постановление Правительства РФ от 22.03.2014 N 221 "О внесении изменений в постановление Совета Министров - Правительства Российской Федерации от 23 октября 1993 г. N 1090".

2. Чешко И.Д., Плотников В.Г. Анализ экспертных версий возникновения пожара, книга 2-я, Санкт-Петербург, СПб ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2012 – 363 с.

3. Расследование пожаров. Сборник статей. Выпуск 4. Под редакцией д.т.н., профессора С.В. Шарапова и д.т.н., профессора И.Д. Чешко. Санкт-Петербург, СПб университет ГПС МЧС России, 2014 – 115 с.

4. Литий-ионные и литий-полимерные аккумуляторы. Статья. Владимир Васильев. Изд. IXBT, 2001 г.

5. Инструкция по эксплуатации электросамокатов.

<https://formand.ru/instructions/instruction-electric-kick-scooters.pdf>.