

Таким образом, оптимизация концентрационного соотношения модификатора и отвердителя в составе КМ позволила получить композиционное покрытие, которое обладает хорошими адгезионными свойствами. Установлен экстремальный характер зависимости удельного объемного электрического сопротивления материалов от концентрации вводимого отвердителя. Зависимость удельного объемного электрического сопротивления от концентрации отвердителя имеет экстремальный характер с максимумом отвердителя в диапазоне 13,5–14,5 %.

*Работа выполнена при поддержке ГПНИ «Материаловедение, новые материалы и технологии», задание 4.1.16 «Разработка функциональных композиционных материалов технического назначения для защиты металлических поверхностей и оборудования» (2021–2025 гг.).*

#### Список литературы

- 1 Review on Materials for Composite Repair Systems / V. P. Sergienko [et al.] // Non-destructive Testing and Repair of pipelines / ed. by E. N. Barkanov, A. Dumitrescu, I. A. Parinov. – Springer International Publishing, 2018. – P. 189–269.
- 2 Кудина, Е. Ф. Защита газо-нефтепроводов от внешних повреждений. Ч. 1. Полимерные материалы (обзор) / Е. Ф. Кудина // Нефтяник полярья. – 2013. – № 2 (24). – С. 88–93.
- 3 Кудина, Е. Ф. Получение и свойства комбинированных эпоксидных покрытий / Е. Ф. Кудина // Вестник Фонда фундаментальных исследований. – 2017. – № 4. – С. 11–25.
- 4 Абакаров, С. А. Электропроводность эпоксидных полимеров, наполненных наночастицами SiO<sub>2</sub> / С. А. Абакаров, Г. М. Магомедов, М-З. Р. Магомедов // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. – 2007. – № 1. – С. 1–5.

УДК 629.3/504.6

## МЕТОДОЛОГИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ РЕЙТИНГОВ ОЦЕНКИ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ОТ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

*С. В. ЛЯХОВ, И. П. ГОНЧАРОВ*

*Белорусский научно-исследовательский институт транспорта  
(БелНИИТ «Транстехника»), г. Минск*

Считается, что одной из причин, стимулирующих выпуск электромобилей, является стремление стран снизить экологические последствия от использования автомобилей на ископаемом топливе (влияние парниковых газов на климат Земли). Электромобили всех категорий уже сокращают потребление 1,5 миллиона баррелей нефти в день, что соответствует сокращению потребления 3 % автомобильного углеродного топлива [1]. Однако не существует электромобилей, не оставляющих углеродный след. Потребители должны иметь возможность сравнивать выбросы парниковых газов от автомобилей, для чего нужны рейтинги. Это является важным фактором конкуренции. Методология оценки углеродного следа электромобилей имеет разные уровни сложности, от просто аналитических методов до методов учета максимального количества факторов, включая производство и утилизацию аккумуляторных батарей.

**Уровень 1.** Наиболее широко известным является аналитический рейтинг, представленный в [2]. Рейтинг разработан исследовательской службой BloombergNEF и используется для проведения сравнительного анализа углеродного следа исключительно электромобилей.

Рейтинг углеродного следа определяется по формуле [2]

$$R = 100 \left( \frac{0,7L}{mk} + \frac{0,3C_{\min}}{C_B} \right),$$

где  $L$  – запас хода, миль, определенный ЕРА (Агентство по охране окружающей среды США);  $m$  – снаряженная масса электромобиля, фунтов;  $k$  – эталонный коэффициент экономичности,  $k = 0,1099$ , принимается на 10 % больше, чем у самого эффективного электромобиля;  $C_{\min}$  – эталонная емкость аккумуляторной батареи, кВт·ч,  $C_{\min} = 29,34$  кВт·ч, что на 10 % меньше, чем у самой маленькой аккумуляторной батареи электромобиля на рынке;  $C_B$  – емкость аккумуляторной батареи электромобиля, кВт·ч; 0,7 – доля углеродного следа, приходящаяся на зарядку электромобиля в

процессе эксплуатации; 0,3 – доля углеродного следа, приходящаяся на производство; 100 – нормировочный коэффициент, приводящий рейтинг к диапазону от 0 до 100 (лучший рейтинг – 100).

Пример рейтинга углеродного следа электромобилей приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Пример рейтинга углеродного следа электромобилей [4]

Модель	Рейтинг	Запас хода, км	Емкость АКБ, кВт·ч	Скорость зарядки, км/мин	Цена, тыс. дол. США
Tesla Model S	65,0	644	104,0	26,1	87,5
Chevrolet Bolt EV	59,5	417	65,0	6,0	26,6
BMW i4	51,6	485	83,9	18,8	56,0

**Уровень 2.** Ассоциация Green NCAP разработала универсальный рейтинг углеродного следа для всех типов двигателей автомобилей, состоящего из трех показателей: чистоты воздуха, энергоэффективности и выброса парниковых газов [4]. Показатели оцениваются как по отдельности, так и по среднему индексу. Каждый индекс оценивается по десятибалльной системе. С 2022 года Green NCAP применяет двухэтапный подход к тестированию. Автомобили, показавшие хорошие результаты в стандартных испытаниях первого этапа, имеют право на дополнительные более точные испытания второго этапа. Чтобы претендовать на дополнительное тестирование, средний балл по трем индексам должен быть не менее 5 из 10, а минимальный из трех индексов не должен опускаться ниже 3,5 из 10. Дополнительное тестирование включает проведение стендовых испытаний, имитирующих натурные условия эксплуатации автомобиля. Пример рейтинга приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Пример рейтинга углеродного следа автомобилей с разным типом двигателя

Модель	Рейтинг	Чистота воздуха	Энергоэффективность	Выброс парниковых газов	Двигатель
VW T-Roc 1.5	5,1	8,0	4,4	2,8	Бензиновый
Renault Austral	5,3	6,6	5,3	3,9	Гибридный
Nissan Ariya	9,6	10,0	9,3	9,5	Электрический

**Уровень 3.** В рейтинге [5] за показатель углеродного следа взяты три точки выбросов CO<sub>2</sub>-эквивалента. Первая точка – это выбросы при производстве. Вторая точка – это значение выброса, в которой суммарный выброс электромобиля сравнивается с выбросом автомобиля с бензиновым двигателем. Третья точка – это суммарный выброс после утилизации. При этом учитываются выбросы начиная от добычи руды, производства и утилизации электромобиля, включая аккумуляторные батареи, источник происхождения электроэнергии. Используемая схема жизненного цикла электромобиля, по которой производится оценка выброса CO<sub>2</sub>-эквивалента, показана на рисунке 1.

На рисунке 2 представлен график выброса CO<sub>2</sub>-эквивалента электромобиля Nissan Leaf и его бензинового аналога Nissan Versa.

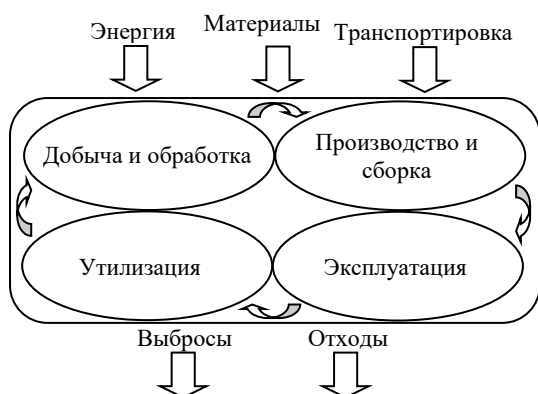


Рисунок 1 – Жизненный цикл электромобиля

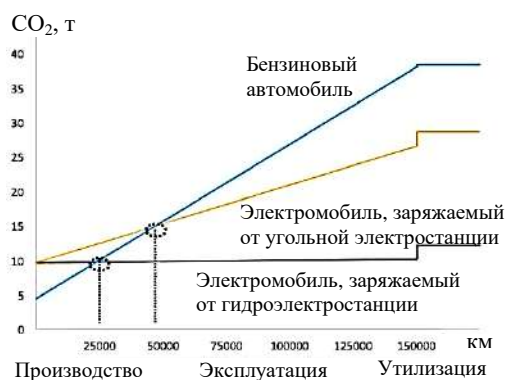


Рисунок 2 – Выброс CO<sub>2</sub>-эквивалента

Как видно, при производстве электромобиля выбрасывается значительно больше CO<sub>2</sub>-эквивалента. При эксплуатации электромобиля существенную роль играет регион, где он постоянно заряжается. Это связано с видом энергии, используемой при производстве электричества. Использование электроэнергии от возобновляемых источников практически сводит к нулю углеродный

след от зарядки электромобилей. В среднем при пробеге 50 тыс. км выброс CO<sub>2</sub>-эквивалента у электромобиля и автомобиля сравниваются, даже если зарядка производится электричеством от угольной электростанции. Это соответствует примерно 3–4 годам эксплуатации. Далее наблюдается значительный выигрыш в сокращении выброса CO<sub>2</sub>-эквивалента. При утилизации электромобиль значительно проигрывает по выбросу CO<sub>2</sub>-эквивалента автомобилю с бензиновым двигателем. Это связано с высокими энергозатратами при переработке аккумуляторных батарей и получением порошкообразного концентрата литий-никель-марганец-оксид кобальта для повторного производства аккумуляторных батарей. Так, в ЕС 12 июля 2023 года принят новый Регламент 2023/1542, устанавливающий жесткие требования к обязательному декларированию углеродного следа, наличию цифрового паспорта и переработке аккумуляторных батарей.

#### Список литературы

1 Electric Vehicle Outlook 2023 [Electronic resource]. – Mode of access : <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/>. – Date of access : 06.09.2023.

2 Methodology [Electronic resource]. – Mode of access : <https://www.bloomberg.com/graphics/electric-vehicles/methodology.html>. – Date of access : 06.09.2023.

3 How to Read the Stars [Electronic resource]. – Режим доступа: <https://www.greenncap.com/how-to-read-the-stars/>. – Date of access : 06.09.2023.

4 Bloomberg Green's Electric Car Ratings [Electronic resource]. – Mode of access : <https://www.bloomberg.com/graphics/electric-vehicles/>. – Date of access : 06.09.2023.

5 Environmental Life Cycle Assessment of Electric Vehicles in Canada [Electronic resource]. – Mode of access : <https://pluginbc.ca/wp/wp-content/uploads/2018/05/Environmental-Life-Cycle-Assessment-of-Electric-Vehicles-in-Canada.pdf>. – Date of access : 06.09.2023.

УДК 504.054:656.13

## ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ АЭРОДРОМНОГО КОМПЛЕКСА

*Д. Ю. МЯГКОВ, Р. И. МОГИЛЯНЕЦ*

*Белорусская государственная академия авиации, г. Минск*

В настоящее время в связи с развитием авиации существенно увеличилась доля выбросов, поступающих в атмосферу от подвижных источников – воздушных судов и наземной техники.

Это обусловило научный и практический интерес к решению данной проблемы. Исследования, проведенные в данном направлении, освещены в работах Е. И. Павлова (2000); И. Р. Голубева, Ю. В. Новикова (1987); В. Г. Ененкова (1986); В. Е. Квитки (1984); Б. Н. Мельникова (1992); из зарубежных авторов следует выделить М. Баррета [1, 2] (1991–1992); Ж. Крайстона (1992) и других.

Методика оценки возможного загрязнения воздушного бассейна аэродромов отсутствует. Это связано с трудностями точного количественного определения величин выбросов загрязняющих веществ от перемещающихся источников загрязнения, какими являются воздушные суда, и условий распространения выбросов загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы с учетом многочисленных взаимно влияющих факторов (скорости и направления ветра, рельефа местности, температуры и давления воздуха) [3].

Общепризнанным критерием качества состояния окружающей среды являются предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ, принятые в большинстве стран. Однако принцип задания ПДК в каждом государстве свой – в разных системах единиц усреднение осуществляется за разные отрезки времени, и даже в пределах одной страны могут существовать различные ПДК. В связи с этим ПДК многих стран практически не сопоставимы между собой. Поэтому они неприемлемы для осуществления глобального мониторинга и не могут быть оценены из-за различных основополагающих принципов в их установлении.

Известно, что источником загрязнения природной среды называется объект, выбрасывающий (сбрасывающий) загрязняющие вещества, энергетические излучения и информацию в окружающую среду.

В результате проведенных исследований нами были определены источники загрязнения природной среды аэродромного комплекса: