**Соглашение о предоставлении гранта в форме субсидии:**

**№** **075-15-2019-1373 от 18.06.2019**

**(внутренний номер 05.578.21.0269)**

**Уникальный идентификатор соглашения: RFMEFI57818X0269**

**Этап 2 с 01 января 2019 г. по 31 декабря 2019 г.**

**В результате выполнения работ по проекту на втором этапе:**

1. Разработана архитектура комплекса программ «Умный» цифровой двойник электромобиля;
2. Разработана расчетная модель подвески в составе электромобиля;
3. Проведена многокритериальная оптимизация характеристик подвески электромобиля в части кинематических и динамических характеристик;
4. Разработана 3D CAD модель компонентов и конструкции подвески электромобиля;
5. Разработаны технические требования на подвеску экспериментального образца электромобиля;
6. Разработан виртуальный испытательный полигон проектирования подвески электромобиля;
7. Разработана программа и методики виртуальных испытаний и оптимизации конструкции компонент подвески электромобиля;
8. Проведены виртуальные испытания и оптимизация конструкции подвески электромобиля;
9. Разработана цифровая модель подвески экспериментального образца электромобиля (выполнена модификация 3D CAD модели подвески по результатам виртуальных испытаний и оптимизации расчетной модели);
10. Изготовлены компоненты подвески экспериментального образца электромобиля;
11. Разработана методика натурных испытаний компонентов подвески на жесткость и прочность;
12. Проведены натурные испытания компонентов подвески экспериментального образца электромобиля на жесткость и прочность;
13. Проведен анализ результатов испытаний и корректировка расчетных моделей и 3D моделей подвески экспериментального образца электромобиля;
14. Проведен анализ расчетной модели кузова с точки зрения достижимости целевых показателей;
15. Разработана методика многокритериальной оптимизации характеристик кузова электромобиля в части пассивной безопасности, жесткости, уровня виброакустического комфорта и прочности;
16. Проведена многокритериальная оптимизация характеристик кузова электромобиля в части выбора материалов для изготовления, пассивной безопасности, жесткости, уровня виброакустического комфорта и прочности;
17. Разработана 3D CAD модель предварительной конструкции силового каркаса кузова;
18. Проведены испытания с целью определения физико-механических характеристик материалов кузова экспериментального образца электромобиля;
19. Разработаны технические требования к кузову и навесным элементам экспериментального образца электромобиля;
20. Разработан виртуальный испытательный полигон проектирования кузова электромобиля;
21. Разработана программа и методики виртуальных испытаний и оптимизации расчетных моделей предварительной конструкции силового каркаса кузова;
22. Проведены виртуальные испытания и оптимизация предварительной конструкции силового каркаса кузова;
23. Разработана цифровая модель кузова экспериментального образца электромобиля (модификация 3D CAD модели конструкции кузова по результатам виртуальных испытаний и оптимизации расчетной модели);
24. Проведен анализ нагруженности подвески и электромобиля в сборе;
25. Разработана расчетная конечно-элементная модель электромобиля в сборе.

**Публикации по результатам выполнения проекта:**

1. Analysis of the influence of changes in the exterior elements of the car on the drag coefficient and the problem of its optimization. Максимов А.Ю., Болдырев Ю.Я., Боровков А.И., Клявин О.И., Давыдов И.С. DOI: 10.1007/978-3-030-36592-9\_13.
2. K&C suspension parameters stability by production tolerances. Болдырев Ю.Я., Боровков А.И. DOI: 10.1051/e3sconf/201914007007.
3. Parametric optimization of the cross-section and shape of the longitudinal member in frontal impact. Богданов Д.В., Цветков П.С., Клявин О.И., Давыдов И.С., Сметанкин А.И. DOI: 10.1051/e3sconf/201914002013.

**Создание результата интеллектуальной деятельности в процессе выполнения проекта:**

1. Программа для ЭВМ «Программа для автоматизированного поиска оптимального внутреннего сечения переднего лонжерона кузова с точки зрения показателей пассивной безопасности автомобиля при фронтальном ударе». Авторы: Богданов Дмитрий Владимирович, Боровков Алексей Иванович, Клявин Олег Игоревич, Степанов Алексей Владимирович, Цветков Павел Сергеевич. Свидетельство о государственной регистрации № 2019665237 от 20.11.2019.
2. Промышленный образец «Малогабаритный городской электромобиль». Авторы: Ганюшкин Илья Николаевич, Тарасов Алексей Владимирович, Цветков Павел Сергеевич, Клявин Олег Игоревич. Подана заявка.
3. Промышленный образец «Светодиодная фара электромобиля». Авторы: Исмаилов Эльдар Ислам Оглы, Бусько Игорь Генадьевич, Цветков Павел Сергеевич, Тарасов Алексей Владимирович, Клявин Олег Игоревич. Подана заявка.

В ходе данного исследования разработаны цифровые модели подвесок ЭО электромобиля с применением разработанных ВИП проектирования подвески и многовариантной оптимизации. Разработаны ТТ на подвески ЭО электромобиля, в соответствии с разработанными ТТ и цифровой моделью, проведено изготовление разработанных компонент. По результатам изготовления и натурных испытаний компонент подвески, в соответствии с разработанными методиками, проведена валидация расчетных моделей и их корректировка. Проведен анализ нагруженности подвески и электромобиля в сборе.

Разработана цифровая модель кузова ЭО электромобиля на базе разработанного ВИП проектирования кузова, расчетных моделей и применения многовариантной оптимизации расчетных моделей, в соответствии с разработанной методикой. По результатам проработки предварительной конструкции силового каркаса кузова (3D CAD модели) сформированы ТТ на кузов и навесные элементы. Цифровая модель разработана с учетом требований ТТ. Расчетные проверки и оптимизация конструкции кузова проведена с применением валидированных математических моделей материалов, полученных по результатам физико-механических испытаний образцов. Финальная конструкция кузова проверена на соответствие всем целевым показателям.

Произведен подбор комплектующих кузова, навесных элементов и компонентов подвески.

Разработана электронная архитектура ЭО электромобиля.

Разработана схема функционирования и алгоритмов ИСПВ. На базе разработанной схемы, сформулированы ТТ на аппаратную и программную части системы ИСПВ. В соответствии с ТТ, разработана аппаратная и программные части, а также произведена их «сборка». Произведено создание испытательного стенда функционирования системы ИСПВ.

Полученные на данном этапе результаты будут в дальнейшем использоваться для изготовления конструкции кузова и интерьера дальнейшей разработки навесных элементов, проведения натурных испытаний изготовленной конструкции и финализации цифрового двойника разрабатываемого объекта-электромобиля.