

Соглашение о предоставлении из федерального бюджета грантов в форме субсидий № ЭБ 075-15-2019-912 от «7» июня 2019 г. (Внутренний номер соглашения № 14.577.21.0249).

Тема проекта: Разработка научно-технических решений и создание отечественной системы предиктивного управления автоматизированным движением транспортных средств.

В ходе проведения прикладных научных исследований и экспериментальных разработок на этапе 3 получены следующие научно-технические результаты:

1) доработаны компоненты энергоустановки транспортного средства - лаборатории (ТС-Лб) по результатам лабораторных испытаний;

Доработка компонентов энергоустановки ТС-Лб по результатам лабораторных испытаний позволила:

- значительно улучшить охлаждение и исключить возможность перегрева отдельных ячеек модулей буферного накопителя энергии;
- улучшить помехозащищенность тракта АЦП платы управления ТЭП;
- обеспечить бесперебойную работу резолвера генератора ДГУ.

2) разработаны Программа и методики дорожных испытаний ТС-Лб с макетом системы предиктивного управления (СПУ);

Программа испытаний включает в себя следующие этапы:

- проверка на соответствие комплектности и оценка качества технической документации на объекты испытаний;
- проверка комплектности объектов испытаний, их соответствия спецификациям, сборочным чертежам и общим схемам;
- проверка требований по обеспечению безопасности для жизни и здоровья людей и охраны окружающей среды
- определение корректирующего коэффициента расхода топлива для ТС-Лб;
- определение энергозатрат ТС-Лб

- определение корректирующего коэффициента расхода топлива для ТС-Лб с макетом СПУ;

- определение энергозатрат ТС-Лб с макетом СПУ.

3) разработано транспортное средство-лаборатория;

При разработке транспортного средства-лаборатории была выполнена его трехмерная модель, а также выпущена эскизная конструкторская и эксплуатационная документация.

4) изготовлено транспортное средство-лаборатория;

Изготовление деталей и сборочных единиц, а также сборка ТС-Лб производились в строгом соответствии с требованиями эскизной конструкторской документации. Все компоненты энергоустановки соединены силовыми и управляющими электрическими кабелями согласно схеме ВИСП-0000100 Э4.

5) разработана оснастка для проведения дорожных испытаний транспортного средства-лаборатории с макетом системы предиктивного управления;

При разработке транспортного средства-лаборатории были выполнены трехмерные модели ее компонентов и выпущена эскизная конструкторская документация.

6) изготовлена оснастка для проведения дорожных испытаний транспортного средства-лаборатории с макетом системы предиктивного управления;

Изготовление отдельных компонентов и сборка оснастки в целом производились в соответствии с разработанной эскизной конструкторской документацией. После изготовления оснастка с макетом СПУ была установлена и закреплена на ТС-Лб.

7) смонтирован и налажен макет системы предиктивного управления на транспортном средстве-лаборатории;

8) проведены дорожные испытания транспортного средства-лаборатории с макетом системы предиктивного управления;

В ходе дорожных испытаний было определено, что транспортное средство-лаборатория с макетом СПУ не соответствует некоторым требованиям технического задания. Рекомендована доработка программного обеспечения макета СПУ с последующим проведением дорожных испытаний ТС-Лб с макетом СПУ по пунктам 4.5 и 4.7 Программы и методики 0249.421234.010 ПМ для верификации доработанного программного обеспечения макета СПУ.

9) доработано программное обеспечение макета системы предиктивного управления по результатам дорожных испытаний;

В ходе исследовательских испытаний обнаружилась необходимость дополнения программного обеспечения и его рефакторинга в связи с неточностями в работе некоторых модулей, а именно:

- блок получения информации о рельефе по следованию по маршруту;
- блок получения информации о погодных условиях.

Также был произведен рефакторинг программного обеспечения системы предиктивного управления энергоустановкой ТС-Лб с целью улучшения его структурной целостности, тестируемости и надежности работы. Внесены изменения в графический интерфейс пользователя, улучшающие взаимодействие с программным обеспечением.

10) проведены дорожные испытания транспортного средства-лаборатории с макетом системы предиктивного управления для верификации доработанного программного обеспечения системы предиктивного управления;

После дорожных испытаний с использованием доработанного программного обеспечения было определено, что транспортное средство-лаборатория с макетом СПУ соответствует всем требованиям технического задания.

11) выполнена технико-экономическая оценка результатов ПНИЭР в сравнении с современным научно-техническим уровнем;

В коммерческом разделе были выделены преимущества разработанной продукции, определена маркетинговая стратегия и описаны возможные мероприятия по увеличению сбыта. В техническом разделе был обоснован выбор конфигурации системы предиктивного управления и определен перечень закупок. В финансовом разделе была экономическая эффективность производства предприятием и использования потребителем системы управления в составе гибридной силовой установки транспортного средства.

Для оценки эффективности внедрения проекта по использованию разработанной системы предиктивного управления, были последовательно проведены анализ чувствительности и определение ожидаемого интегрального эффекта. Анализ показал, что внедрение системы предиктивного управления автоматизированным гибридным транспортным средством позволит добиться социальной эффективности за счёт снижения воздействия автотранспорта на загрязнение воздуха, путем снижения потребления топлива, а также снижения транспортных издержек и, как следствие, цен.

12) с учетом технологических возможностей и особенностей индустриального партнера разработаны рекомендации и предложения по использованию полученных результатов ПНИЭР в целях их дальнейшего внедрения (промышленного освоения);

Производство полного цикла, организованное индустриальным партнером, имеет все службы и подразделения необходимые для качественного выпуска оборудования. Оно построено по классической схеме с промежуточным стопроцентным контролем всех составляющих узлов и блоков, с последующим проведением всех необходимых испытаний каждой единицы выпускаемой продукции. В данном разделе даны рекомендации и предложения по использованию результатов исследований в производстве, дальнейших разработках и в учебном процессе.

13) разработан проект технического задания на опытно-конструкторские работы по созданию опытного образца системы предиктивного управления для гибридного транспортного средства;

14) выполнены обобщение результатов проекта и оценка полноты решения задач ПНИЭР.

Было принято участие в следующих мероприятиях по демонстрации и популяризации результатов и достижений науки:

- IV Международная научно-практическая конференция «Фундаментальные основы механики», Новокузнецк, 25 октября 2019 г. Доклад «Моделирование системы принудительного воздушного охлаждения литий-ионной батареи транспортного назначения с вариацией размеров конечных элементов», Хрипач Н.А., Коротков В.С., Шустров Ф.А.

- X Международная научно-практическая конференция «Актуальные направления научных исследований: перспективы развития», Чебоксары, 25 октября 2019 г. Доклад «Предиктивное управление гибридной энергоустановкой беспилотного транспортного средства», Папкин Б.А., Великорецкий А.А., Стуколкин Р.В.

Были опубликованы научные статьи в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus:

- D.A. Ivanov, A.A. Velikoretskiy, A.S. Nekrasov, I.A. Papkin. Lithium-Ion Batteries with Forced Air Cooling: Simulation and Laboratory Tests. International Journal of Engineering and Advanced Technology, 2019, vol. 9 (1), pp. 5552-5558, DOI: 10.35940/ijeat.A2102.109119.

- I. A. Kulikov, L. Yu. Lezhnev, S. V. Bakhmutov. Comparative Study of Hybrid Vehicle Powertrains with Respect to Energy Efficiency. Journal of Machinery Manufacture and Reliability, 2019, Vol. 48, No. 1, pp. 11–19, DOI: 10.3103/S1052618819010102.

- L.Yu. Lezhnev, V.S. Korotkov, D.A. Petrichenko, B.A. Papkin Autonomous hybrid tractor unit with a predictive control system // International

Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD). 2019. №Vol. 9, Issue 3. pp. 1069-1076.

Были поданы заявки на регистрацию следующих результатов интеллектуальной деятельности:

- Изобретение, заявка № 2019141987 от 18.12.2019 г. «Система экстренного торможения для беспилотных автомобилей с электроприводом», РФ;

- Полезная модель, заявка № 2019141990 от 18.12.2019 г. «Автономный аккумуляторный модуль на базе литий-полимерных аккумуляторов», РФ;

Изобретение, заявка № 2019141994 от 18.12.2019 г. «Система управления энергоустановкой гибридного автомобиля», РФ.

Прикладные научные исследования и экспериментальные разработки на этапе 3 и по проекту в целом выполнены в полном объеме в соответствии с требованиями Технического задания и в установленные Планом-графиком сроки. Задачи, поставленные в проекте, решены в полном объеме. Цель ПНИЭР достигнута.