

УДК 007.5

КОНЦЕПЦИЯ ПРОЕКТА ПО СОЗДАНИЮ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СЕТИ ПОЛИГОНОВ ДЛЯ ОТРАБОТКИ СЦЕНАРИЕВ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕТЕРОГЕННЫХ ГРУПП ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ В СЛОЖНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ И ЛАНДШАФТНЫХ УСЛОВИЯХ: ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Н.А. Коргин

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65
Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)
Россия, 117303, Москва, ул. Керченская, 1А, корп. 1
E-mail: nkorgin@ipu.ru

Р.В. Мещеряков

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65
E-mail: mrv@ipu.ru

Ключевые слова: электрический транспорт, групповое управление, организационно-техническая система, центр коллективного пользования, микрогрид.

Аннотация: Доклад посвящен описанию текущего состояния дел в проекте исследований по отработке сценариев применения гетерогенных групп транспортных средств с электрическим приводом в сложных климатических и ландшафтных условиях для решения задач обеспечения проведения полевых исследований в интересах научных организаций и эксплуатации приборной базы уникальных научных установок и перспективы его дальнейшего развития.

1. Введение

Проект по созданию распределенной сети полигонов для отработки сценариев применения гетерогенных групп транспортных средств с электрическим приводом в сложных климатических и ландшафтных условиях был инициирован под эгидой центра интеллектуальных робототехнических систем ИПУ РАН в 2023 году при частичной поддержке РФФИ по результатам серии полевых испытаний опытных платформ малогабаритного транспортного средства повышенной проходимости на электроприводе, предназначенного для передвижения по снежному покрову [1].

Опытные образцы подобных транспортных средств (см. рис. 1) разрабатываются отечественными промышленными партнерами ИПУ РАН в рамках разветвленной сети научной и академической коллаборации [2], а их апробация проходит в географических локациях со сложными климатическими и ландшафтными условиями – в высокогорных районах Кавказа и горных регионах Заполярья, где размещаются как уже существующие объекты научной инфраструктуры КБНЦ РАН, КНЦ РАН и САО РАН, так и планируемые к созданию, такие, как международная арктическая станция «Снежинка» на Полярном Урале [3].



Рис. 1. Опытные образцы малогабаритных транспортных средств повышенной проходимости на электроприводе, предназначенные для передвижения по снежному покрову – двухколейный «утилитарный снегоход и одноколейный «снегоцикл».

В докладе перечисляются основные результаты проекта, достигнутые в 2023 году, и определяются дальнейшие направления его развития.

2. Текущее состояние

В рамках первого этапа проекта в соответствии с предложенным в [1] подходом управления распределённой организационно- системой производилось формирование:

- 1) Концепции распределенной сети полигонов (далее – РСП) как центров коллективного пользования на базе существующей инфраструктуры научных организаций, включая ее информационную модель.
- 2) Реестров:
 - a. опытных транспортных платформ и демонстраторов технологий;
 - b. технологий фиксации результатов эксперимента;
 - c. сценариев применения гетерогенных транспортных систем.

Проводился анализ возможностей материально-технической базы задействованных организаций – ИПУ РАН, КНЦ РАН (Мурманская область), КБНЦ РАН (КБР), САО РАН (КЧР) для решения задач обеспечения полевых испытаний группировок транспортных средств на электрическом приводе и допустимых режимов ее использования.

В качестве пилотной группы гетерогенных транспортных средств использовалось сочетание из нескольких легких транспортных средств, передвигающихся по снежному

покрову (т.н. снегоциклы), БПЛА различной грузоподъемности, осуществляющих задачи навигации, регистрации движения и ретрансляции информации в интересах всей группы ТС (в тех регионах, где это было разрешено текущим законодательством). Кроме того, в ряде сценариев группа дополнялась ТС повышенной грузоподъемности, выступающим в роли «носителя» снегоциклов.

Инфраструктуры ИПУ РАН были рассмотрена, как отдельный элемент РСР, на котором проводилась апробация сценариев регистрации характеристик движения опытных транспортных платформ (далее – ОТП) – снегоциклов, по снежному покрову с помощью объектов измерительной инфраструктуры, размещаемой непосредственно на борту ОТП, так и с помощью БПЛА, осуществляющего сопровождение и запись движения ОТП.

В частности, на примере ИПУ РАН в соответствии с информационной моделью (далее – ИМ), были определены объекты материально-технической базы (далее – ОМТБ), пригодные для обеспечения задач хранения и обслуживания ОТП и зоны территории, пригодные для проведения эксперимента – территории, на которых осуществляется снегонакопление в зимний период времени и отсутствует движение иных транспортных средств.

В качестве локальных сценариев рассматривалась задача определения погрешности перемещаемых объектов измерительной инфраструктуры (далее – ОИИ), таких, как GNSS приемники и IMU датчики [4, 5] за счет привязки к территории, для которой существуют высокоточные цифровые двойники в системе виртуального моделирования, разрабатываемой специалистами ИПУ РАН [6], методами визуальной одометрии и сравнения данных, получаемых с исследуемых ОИИ в режиме синхронизации с базовой станцией РТК, функционирующей на базе ИПУ РАН и без.

В докладе раскрываются результаты серии полевых выездов, проведенной в 2023:

- 1) К существующим объектам научной инфраструктуры, таким как БТА САО РАН и объекты КБНЦ РАН, расположенных на территории г. Нальчик и склоне г. Эльбрус.
- 2) К перспективному месторасположению международной арктической станции «Снежинка» на Полярном Урале.
- 3) Для участия в межведомственных опытно-исследовательских учениях «Безопасная Арктика –2023», организованных МЧС России.

В ходе полевых выездов производилась отработка целого спектра сценариев применения гетерогенных групп ТС с электрическим приводом и сбор данных для их дальнейшего анализа:

- применения легких внедорожных транспортных средств для перемещения по снежному покрову, на примере снегоциклов, для решения задач обслуживания инфраструктуры уникальных приборных установок в зимний период;
- групповое движение ОТП и ОТИ в сопровождении БПЛА с целью создания цифровой модели рельефа;
- поддержка проведения научных полевых исследований снежного покрова совместно с представителями ИГРАН;
- сопровождения и навигация колонны тяжелых ТС с помощью легкого ТС с электрическим приводом с целью оптимизации маршрута движения в условиях ограниченной видимости и динамически изменяемого снежного покрова;
- базирование и обслуживание ОТП - легкого ТС с электрическим приводом на базе ОТИ в условиях низких температур и ограниченной мощности доступной для восполнения запаса электроэнергии в батареях ОТП.

3. Дальнейшие направления развития проекта

По результатам реализации проекта в 2023 году наметились следующие перспективы его дальнейшего развития, некоторые из которых предполагается реализовать уже в 2024 году.

В рамках первоначально заявленного состава участников проекта, поддержанного РНФ, предполагается завершить формирование концепции РСП как центров коллективного пользования на базе существующей инфраструктуры научных организаций.

В тоже время, состав участников проекта планируется к расширению, в частности, совместно с лабораторией ВЭИ АГУ планируется развёртывание прототипа сети зарядных станций, оснащённых ВЭИ [7], что в дальнейшем может стать важным элементом отработки концепции «vehicle-to-grid» (V2G) применения электрического транспорта как источников питания в сети, в условиях отсутствия линий электропередач, связывающих объекты микрогрид, что в настоящее время является крайне актуальным направлением исследований для поселений в географических локациях со сложными климатическими и ландшафтными условиями, см, например, [8], являясь крайне существенным дополнением к моделированию электротранспорта «последней мили» в арктических условиях в рамках концепции «Теплого города», см., например, [9].

Для отработки элементов концепции V2G в рамках полигона электроэнергетики, развиваемого Центром интеллектуальной цифровой электроэнергетики ИПУ РАН в систему интеллектуального анализа энергопотребления, см., например, [10], включения узлов, подключенных во общую сеть, на которых осуществляется пополнение заряда батарей электротранспорта, и узлов, изолированных от общей сети, для которых батареи электротранспорта будут выступать как источники питания.

Проект моделирования движения снегоциклов по снегу, как не жесткой поверхности, изменяемой в процессе движения [4], предполагается расширить за счет расширения перечня собираемых данных как с непосредственно лица, осуществляющего управление данным ТС, используя подходы, развиваемые в [11], так и за счет информации о воздействии ТС на саму поверхность [12]. Что позволит в дальнейшем синтезировать более обоснованные математические модели прогноза расхода энергии и воздействия на окружающую среду транспортных средств «последней мили» в географических локациях со сложными климатическими и ландшафтными условиями для моделирования проблематики V2G как элемента микрогрид и «теплого города» с целью повышения энергоэффективности и минимизации воздействия на окружающую среду.

За счет расширения парка ОТП, доступных для исследования в рамках проекта РСП благодаря сотрудничеству с МФТИ по направлению разработки, апробации и внедрения интеллектуальных технологий управления объектами и уникальной инфраструктурой в области автономных и полуавтономных транспортных средств с электрическим приводом и полигонов для их испытаний с целью повышения энергоэффективности и минимизации воздействия на окружающую среду, объектами с многомоторной схемой силового привода и возможностью эксплуатации не только в зимний сезон, становится возможной апробация наработок специалистов ИПУ РАН по управлению многомоторными подвижными объектами с электрическим приводом на данных платформах, см., например [13].

Отдельно следует выделить проблематику одновременного создания цифровых двойников как подвижных объектов, так и среды, в которой осуществляется движение объекта, для чего планируется интеграция массива собираемых в рамках проекта данных в среду виртуального моделирования, развиваемую в ИПУ РАН [6], что

позволит в дальнейшем проводить анализ и сопоставление плановых и реализованных траекторий движения гетерогенных групп подвижных объектов в гетерогенных средах.

Совокупность проводимых исследований в дальнейшем позволит получить данные для разработки систем управления движения легких ТС (чей вес сопоставим с весом человека) в автономных и полуавтономных режимах в условиях сложной поверхности и рельефа.

Исследование выполнено частично за счет гранта Российского научного фонда №23-29-00681, <https://rscf.ru/project/23-29-00681>.

Список литературы

1. Коргин Н.А., Мещеряков Р.В. Концепция проекта по созданию распределенной сети полигонов для отработки сценариев применения гетерогенных групп транспортных средств с электрическим приводом в сложных климатических и ландшафтных условиях // Труды 11-й Всероссийской научной конференции «Системный синтез и прикладная синергетика»: сборник научных трудов (п. Нижний Архыз, ССПС-2022). Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2022. С. 197-202.
2. Кравчук С.Г., Коргин Н.А., Ключев Н.В., Гарин Н.П. Проектно-образовательный эксперимент в арктическом дизайне: формирование облика инновационного снегоходного транспорта // Техническая эстетика и дизайн исследования. 2023. Т. 5. № 1. С. 56-68.
3. Васильев Ю.В. Арктический полигон водородных технологий «Снежинка» // Топливные элементы и энергоустановки на их основе // ДЕВЯТАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ. Черногоровка, 20–23 июня 2022 года. Черногоровка: Издательство Черногоровка, 2022. С. 12.
4. Морозов Ю.В., Коргин Н.А. Особенности постобработки GNSS позиции на электрическом снегоходе однокольной компоновки при движении по снегу // XVI Всероссийская мультиконференция по проблемам управления (МКПУ-2023). 2023. С. 195-197.
5. Трефилов П.М., Романова М.А. Формирование достоверной навигационной информации в задачах ориентации и навигации автономных робототехнических устройств с использованием инфраструктуры интеллектуальной транспортной среды // Управление большими системами: сборник трудов. 2023. Вып. 106. С. 71-95.
6. Трефилов П.М., Кулагин К.А., Мамченко М.В. Developing a Flight Mission Simulator in the Context of UAVs Group Control / Proceedings of the 13th International Conference “Management of Large-Scale System Development” (MLSD). IEEE, 2020. С. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9247692>.
7. Буцацкий П.Ю. и др., Разработка модуля размещения зарядных станций для электротранспорта на основе использования геоинформационных систем // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2023. № 3 (326).
8. Bremdal B., et al. E-Mobility and Batteries—A Business Case for Flexibility in the Arctic Region // World Electric Vehicle Journal. 2023. Vol. 14, No. 3. P. 61.
9. Проколова С.М. «Теплый город» в Арктике: адаптация, оптимизация феноменология // Архитектон: известия вузов. 2022. № 2(78).
10. Pashchenko A.F., Rassadin Yu.M. Microclimate Monitoring System Design for the Smart Grid Analysis and Constructive Parameters Estimation / IFAC-PapersOnLine. 2022. Vol. 55, No. 9. P. 479-484.
11. Базенков Н.И. Моделирование движений человека: методы и актуальные задачи // Труды 17-й Всероссийской школы-конференции молодых ученых «Управление большими системами» (УБС'2021, Москва). М.: ИПУ РАН, 2021. С. 295-300.
12. Чернов Р.А., Муравьев А.Я. Опыт применения высокочастотного георадара для ландшафтной снегомерной съемки в окрестностях городов Кировск (Хибины) и Апатиты // Лёд и Снег. 2021. Т. 61. №1. С. 103-116.
13. Alexandrov V., et al. Frequency Domain Identification of the Quadcopter Attitude Dynamics // Advances in Systems Science and Applications. 2023. Vol. 23, No 3. P. 1-15.