**Форма заявки на участие в** **конкурсе междисциплинарных научных проектов исследовательских коллективов МГУ имени М.В.Ломоносова, выполняющихся в интересах Междисциплинарных научно-образовательных школ Московского университета**

**I. Общие сведения о проекте**

1. Наименование проекта *(на русском и английском языках)*

Исследование интеллектуальной робототехнической системы, оснащенной ветроэнергетической установкой и предназначенной для работы в удаленных локациях

Study of a smart robotic system equipped with a wind power generator and intended for operation in remote locations

1. Наименование школы, в рамках которой планируется реализация проекта

Фундаментальные и прикладные исследования космоса

1. Приоритетное направление научно-технологического развития Российской Федерации, соответствующее тематике проекта (см. п. 20 Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации) *(при наличии)*

переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта

переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии

1. Коды классификатора ГРНТИ *(не менее двух кодов)*

28.23.15: Распознавание образов. Обработка изображений

30.15.27: Колебания механических систем

30.15.15: Механика точки, системы и твердого тела

44.39.03: Теоретические вопросы ветроэнергетики

55.30.31: Управление роботами и манипуляторами

1. Ключевые слова *(от 2 до 10 терминов через запятую)*

Машинное зрение, Нейронные сети, Стабилизация, Возобновляемая энергия, Управление, Динамика, Робототехника

1. Аннотация проекта *(не более 3000 знаков с пробелами)*

Проект направлен на разработку интеллектуальной робототехнической системы, предназначенной для выполнения исследовательских или сервисных задач в удаленных местностях (на Земле или на других телах Солнечной системы, имеющих атмосферу). Для зарядки аккумулятора, установленного на роботе, будет использоваться ветроэнергетическая установка на базе ветротурбины. В рамках проекта будет построена математическая модель, описывающая поведение системы в целом (динамика ровера с учетом аэродинамического воздействия на турбину, динамика токов в цепи блока зарядки аккумулятора и т.д.). Будет проведено обширное экспериментальное исследование функционирования различных подсистем робота (в том числе, в дозвуковой аэродинамической трубе НИИ механики МГУ). Будут разработаны методы идентификации параметров математических моделей, используемых для описания системы, и проведена идентификация на основе полученных экспериментальных данных. Для навигации и управления роботом будет построена система управления, использующая различные источники информации об окружающей обстановке, в том числе, систему технического зрения. Будут проанализированы различные методы построения трехмерной модели окружающей среды и распознавания зрительных образов. В системе управления роботом будут использоваться как традиционные методы, основанные на решении дифференциальных уравнений, так и различные нейросетевые методы. Результаты, полученные в ходе реализации проекта, будут также использованы для подготовки и проведения различных научно-образовательных мероприятий, направленных на привлечение молодежи к решению задач космической робототехники.

1. Заявка на конкурс подается от двух или более различных структурных подразделений МГУ (факультетов, институтов, высших школ и т.д.) – **ДА**

8. Список всех подразделений МГУ, принимающих участие в реализации проекта *(минимум два)*

8.1: НИИ механики МГУ, Лаборатория робототехники

8.2: НИИ механики МГУ, Лаборатория общей механики

8.3: Механико-математический факультет, Кафедра вычислительной математики

**II. Сведения об исполнителях проекта**

*(заполняется в соответствии с формами ниже на КАЖДОГО исполнителя отдельно)*

***Фомина А. О.***

*1. Полное ФИО*

Фомина Александра Олеговна

*2. Дата рождения*

07.01.1998

*3. Должность (в т.ч. допускается студент/аспирант/ординатор)*

Аспирант

*4. Принадлежность к исследовательской группе (выбрать одну аффилиацию из п.I.8)*

НИИ механики МГУ, Лаборатория робототехники

*5. Место работы исполнителя в МГУ (факультет/институт…, кафедра/ лаборатория/отдел…) совпадает с локализацией исследовательской группы, в которую входит исполнитель:*

**НЕТ** Факультет космических исследований, кафедра фундаментальной и прикладной математики (Научный руководитель является руководителем группы)

*6. Статус в исследовательской группе (выбрать одно из двух: руководитель или исполнитель)*

Исполнитель

*7. Ссылка на профиль в системе ИСТИНА*

https://istina.msu.ru/profile/AleksandraFomina/

***Бесчастнов И. В.***

*1. Полное ФИО*

Бесчастнов Игорь Владимирович

*2. Дата рождения*

10.02.1999

*3. Должность (в т.ч. допускается студент/аспирант/ординатор)*

Студент магистратуры

*4. Принадлежность к исследовательской группе (выбрать одну аффилиацию из п.I.8)*

НИИ механики МГУ, Лаборатория робототехники

*5. Место работы исполнителя в МГУ (факультет/институт…, кафедра/ лаборатория/отдел…) совпадает с локализацией исследовательской группы, в которую входит исполнитель:*

**НЕТ** Факультет космических исследований, кафедра математического моделирования в космических исследованиях (Научный руководитель является руководителем группы)

*6. Статус в исследовательской группе (выбрать одно из двух: руководитель или исполнитель)*

Исполнитель

*7. Ссылка на профиль в системе ИСТИНА*

https://istina.msu.ru/profile/IgorBeschastnov/

***Буданов В. М.***

*1. Полное ФИО*

Буданов Владимир Михайлович

*2. Дата рождения*

01.10.1959

*3. Должность (в т.ч. допускается студент/аспирант/ординатор)*

Заведующий лабораторией

*4. Принадлежность к исследовательской группе (выбрать одну аффилиацию из п.I.8)*

НИИ механики МГУ, Лаборатория робототехники

*5. Место работы исполнителя в МГУ (факультет/институт…, кафедра/ лаборатория/отдел…) совпадает с локализацией исследовательской группы, в которую входит исполнитель:*

**ДА**

*6. Статус в исследовательской группе (выбрать одно из двух: руководитель или исполнитель)*

Руководитель

*7. Ссылка на профиль в системе ИСТИНА*

https://istina.msu.ru/profile/vlbudanov

***Капытов Д. В.***

*1. Полное ФИО*

Капытов Дмитрий Васильевич

*2. Дата рождения*

11.01.1995

*3. Должность (в т.ч. допускается студент/аспирант/ординатор)*

Инженер

*4. Принадлежность к исследовательской группе (выбрать одну аффилиацию из п.I.8)*

НИИ механики МГУ, Лаборатория робототехники

*5. Место работы исполнителя в МГУ (факультет/институт…, кафедра/ лаборатория/отдел…) совпадает с локализацией исследовательской группы, в которую входит исполнитель:*

**ДА**

*6. Статус в исследовательской группе (выбрать одно из двух: руководитель или исполнитель)*

Исполнитель

*7. Ссылка на профиль в системе ИСТИНА*

https://istina.msu.ru/workers/10126008/

***Рогачев А. В.***

*1. Полное ФИО*

Рогачев Александр Викторович

*2. Дата рождения*

28.10.1994

*3. Должность (в т.ч. допускается студент/аспирант/ординатор)*

Аспирант

*4. Принадлежность к исследовательской группе (выбрать одну аффилиацию из п.I.8)*

НИИ механики МГУ, Лаборатория робототехники

*5. Место работы исполнителя в МГУ (факультет/институт…, кафедра/ лаборатория/отдел…) совпадает с локализацией исследовательской группы, в которую входит исполнитель:*

**НЕТ** Механико-математический факультет, Кафедра прикладной механики и управления (Научный руководитель является руководителем группы)

*6. Статус в исследовательской группе (выбрать одно из двух: руководитель или исполнитель)*

Исполнитель

*7. Ссылка на профиль в системе ИСТИНА*

https://istina.msu.ru/workers/463516933/

***Климов К. В.***

*1. Полное ФИО*

Климов Константин Владимирович

*2. Дата рождения*

03.06.1980

*3. Должность (в т.ч. допускается студент/аспирант/ординатор)*

Ведущий инженер

*4. Принадлежность к исследовательской группе (выбрать одну аффилиацию из п.I.8)*

НИИ механики МГУ, Лаборатория робототехники

*5. Место работы исполнителя в МГУ (факультет/институт…, кафедра/ лаборатория/отдел…) совпадает с локализацией исследовательской группы, в которую входит исполнитель:*

**ДА**

*6. Статус в исследовательской группе (выбрать одно из двух: руководитель или исполнитель)*

Исполнитель

*7. Ссылка на профиль в системе ИСТИНА*

https://istina.msu.ru/profile/koka/

***Рогачев А. А.***

*1. Полное ФИО*

Рогачев Антон Александрович

*2. Дата рождения*

14.12.1980

*3. Должность (в т.ч. допускается студент/аспирант/ординатор)*

Ведущий инженер

*4. Принадлежность к исследовательской группе (выбрать одну аффилиацию из п.I.8)*

НИИ механики МГУ, Лаборатория робототехники

*5. Место работы исполнителя в МГУ (факультет/институт…, кафедра/ лаборатория/отдел…) совпадает с локализацией исследовательской группы, в которую входит исполнитель:*

**ДА**

*6. Статус в исследовательской группе (выбрать одно из двух: руководитель или исполнитель)*

Исполнитель

*7. Ссылка на профиль в системе ИСТИНА*

https://istina.msu.ru/profile/anton.rogachev/

***Досаев М. З.***

*1. Полное ФИО*

Досаев Марат Закирджанович

*2. Дата рождения*

11.06.1968

*3. Должность (в т.ч. допускается студент/аспирант/ординатор)*

Заместитель директора института

*4. Принадлежность к исследовательской группе (выбрать одну аффилиацию из п.I.8)*

НИИ механики МГУ, Лаборатория общей механики

*5. Место работы исполнителя в МГУ (факультет/институт…, кафедра/ лаборатория/отдел…) совпадает с локализацией исследовательской группы, в которую входит исполнитель:*

**ДА**

*6. Статус в исследовательской группе (выбрать одно из двух: руководитель или исполнитель)*

Руководитель

*7. Ссылка на профиль в системе ИСТИНА*

https://istina.msu.ru/profile/Dosaev/

***Голуб А. П.***

*1. Полное ФИО*

Голуб Андрей Петрович

*2. Дата рождения*

25.11.1990

*3. Должность (в т.ч. допускается студент/аспирант/ординатор)*

Старший научный сотрудник

*4. Принадлежность к исследовательской группе (выбрать одну аффилиацию из п.I.8)*

НИИ механики МГУ, Лаборатория общей механики

*5. Место работы исполнителя в МГУ (факультет/институт…, кафедра/ лаборатория/отдел…) совпадает с локализацией исследовательской группы, в которую входит исполнитель:*

**ДА**

*6. Статус в исследовательской группе (выбрать одно из двух: руководитель или исполнитель)*

Исполнитель

*7. Ссылка на профиль в системе ИСТИНА*

https://istina.msu.ru/profile/Holub/

***Гарбуз М. А.***

*1. Полное ФИО*

Гарбуз Михаил Андреевич

*2. Дата рождения*

23.04.1997

*3. Должность (в т.ч. допускается студент/аспирант/ординатор)*

Младший научный сотрудник

*4. Принадлежность к исследовательской группе (выбрать одну аффилиацию из п.I.8)*

НИИ механики МГУ, Лаборатория общей механики

*5. Место работы исполнителя в МГУ (факультет/институт…, кафедра/ лаборатория/отдел…) совпадает с локализацией исследовательской группы, в которую входит исполнитель:*

**ДА**

*6. Статус в исследовательской группе (выбрать одно из двух: руководитель или исполнитель)*

Исполнитель

*7. Ссылка на профиль в системе ИСТИНА*

https://istina.msu.ru/profile/m\_garbuz/

***Селюцкий Ю. Д.***

*1. Полное ФИО*

Селюцкий Юрий Дмитриевич

*2. Дата рождения*

14.05.1975

*3. Должность (в т.ч. допускается студент/аспирант/ординатор)*

Ведущий научный сотрудник

*4. Принадлежность к исследовательской группе (выбрать одну аффилиацию из п.I.8)*

НИИ механики МГУ, Лаборатория общей механики

*5. Место работы исполнителя в МГУ (факультет/институт…, кафедра/ лаборатория/отдел…) совпадает с локализацией исследовательской группы, в которую входит исполнитель:*

**ДА**

*6. Статус в исследовательской группе (выбрать одно из двух: руководитель или исполнитель)*

Исполнитель

*7. Ссылка на профиль в системе ИСТИНА*

https://istina.msu.ru/profile/Selyutskii/

***Резанова А. С.***

*1. Полное ФИО*

Резанова Анфиса Сергеевна

*2. Дата рождения*

24.08.2000

*3. Должность (в т.ч. допускается студент/аспирант/ординатор)*

Инженер

*4. Принадлежность к исследовательской группе (выбрать одну аффилиацию из п.I.8)*

НИИ механики МГУ, Лаборатория общей механики

*5. Место работы исполнителя в МГУ (факультет/институт…, кафедра/ лаборатория/отдел…) совпадает с локализацией исследовательской группы, в которую входит исполнитель:*

**ДА**

*6. Статус в исследовательской группе (выбрать одно из двух: руководитель или исполнитель)*

Исполнитель

*7. Ссылка на профиль в системе ИСТИНА*

https://istina.msu.ru/workers/510172489/

***Зудов В. Б.***

*1. Полное ФИО*

Зудов Валерий Борисович

*2. Дата рождения*

04.09.1999

*3. Должность (в т.ч. допускается студент/аспирант/ординатор)*

Студент магистратуры

*4. Принадлежность к исследовательской группе (выбрать одну аффилиацию из п.I.8)*

НИИ механики МГУ, Лаборатория общей механики

*5. Место работы исполнителя в МГУ (факультет/институт…, кафедра/ лаборатория/отдел…) совпадает с локализацией исследовательской группы, в которую входит исполнитель:*

**НЕТ** Факультет космических исследований, кафедра математического моделирования в космических исследованиях (Селюцкий Ю.Д. участник группы, является научным руководителем)

*6. Статус в исследовательской группе (выбрать одно из двух: руководитель или исполнитель)*

Исполнитель

*7. Ссылка на профиль в системе ИСТИНА*

https://istina.msu.ru/workers/547685063/

***Файзов А. Р.***

*1. Полное ФИО*

Файзов Айрат Рамилевич

*2. Дата рождения*

11.10.2003

*3. Должность (в т.ч. допускается студент/аспирант/ординатор)*

Студент

*4. Принадлежность к исследовательской группе (выбрать одну аффилиацию из п.I.8)*

Механико-математический факультет, Кафедра вычислительной математики

*5. Место работы исполнителя в МГУ (факультет/институт…, кафедра/ лаборатория/отдел…) совпадает с локализацией исследовательской группы, в которую входит исполнитель:*

**ДА**

*6. Статус в исследовательской группе (выбрать одно из двух: руководитель или исполнитель)*

Исполнитель

*7. Ссылка на профиль в системе ИСТИНА*

https://istina.msu.ru/profile/a.fayzov/

***Горчаков В. А.***

*1. Полное ФИО*

Горчаков Владимир Алексеевич

*2. Дата рождения*

06.05.2002

*3. Должность (в т.ч. допускается студент/аспирант/ординатор)*

Студент

*4. Принадлежность к исследовательской группе (выбрать одну аффилиацию из п.I.8)*

Механико-математический факультет, Кафедра вычислительной математики

*5. Место работы исполнителя в МГУ (факультет/институт…, кафедра/ лаборатория/отдел…) совпадает с локализацией исследовательской группы, в которую входит исполнитель:*

**ДА**

*6. Статус в исследовательской группе (выбрать одно из двух: руководитель или исполнитель)*

Исполнитель

*7. Ссылка на профиль в системе ИСТИНА*

https://istina.msu.ru/profile/Gorchakov\_Vladimir/

***Корнев А. А.***

*1. Полное ФИО*

Корнев Андрей Алексеевич

*2. Дата рождения*

28.11.1969

*3. Должность (в т.ч. допускается студент/аспирант/ординатор)*

Заместитель заведующего кафедрой, профессор

*4. Принадлежность к исследовательской группе (выбрать одну аффилиацию из п.I.8)*

Механико-математический факультет, Кафедра вычислительной математики

*5. Место работы исполнителя в МГУ (факультет/институт…, кафедра/ лаборатория/отдел…) совпадает с локализацией исследовательской группы, в которую входит исполнитель:*

**ДА**

*6. Статус в исследовательской группе (выбрать одно из двух: руководитель или исполнитель)*

Исполнитель

*7. Ссылка на профиль в системе ИСТИНА*

https://istina.msu.ru/profile/kornev\_aa/

***Кумсков М. И.***

*1. Полное ФИО*

Кумсков Михаил Иванович

*2. Дата рождения*

27.04.1956

*3. Должность (в т.ч. допускается студент/аспирант/ординатор)*

Профессор

*4. Принадлежность к исследовательской группе (выбрать одну аффилиацию из п.I.8)*

Механико-математический факультет, Кафедра вычислительной математики

*5. Место работы исполнителя в МГУ (факультет/институт…, кафедра/ лаборатория/отдел…) совпадает с локализацией исследовательской группы, в которую входит исполнитель:*

**ДА**

*6. Статус в исследовательской группе (выбрать одно из двух: руководитель или исполнитель)*

Руководитель

*7. Ссылка на профиль в системе ИСТИНА*

https://istina.msu.ru/profile/kumskov/

***Шокуров А. В.***

*1. Полное ФИО*

Шокуров Антон Вячеславович

*2. Дата рождения*

10.02.1982

*3. Должность (в т.ч. допускается студент/аспирант/ординатор)*

Научный сотрудник

*4. Принадлежность к исследовательской группе (выбрать одну аффилиацию из п.I.8)*

Механико-математический факультет, Кафедра вычислительной математики

*5. Место работы исполнителя в МГУ (факультет/институт…, кафедра/ лаборатория/отдел…) совпадает с локализацией исследовательской группы, в которую входит исполнитель:*

**ДА**

*6. Статус в исследовательской группе (выбрать одно из двух: руководитель или исполнитель)*

Исполнитель

*7. Ссылка на профиль в системе ИСТИНА*

https://istina.msu.ru/profile/shokurov/

***Каримов А. Х.***

*1. Полное ФИО*

Каримов Амир Хусейнович

*2. Дата рождения*

29.01.2001

*3. Должность (в т.ч. допускается студент/аспирант/ординатор)*

Студент

*4. Принадлежность к исследовательской группе (выбрать одну аффилиацию из п.I.8)*

Механико-математический факультет, Кафедра вычислительной математики

*5. Место работы исполнителя в МГУ (факультет/институт…, кафедра/ лаборатория/отдел…) совпадает с локализацией исследовательской группы, в которую входит исполнитель:*

**ДА**

*6. Статус в исследовательской группе (выбрать одно из двух: руководитель или исполнитель)*

Исполнитель

*7. Ссылка на профиль в системе ИСТИНА*

https://istina.msu.ru/profile/amir.karimov/

**III. Сведения о новизне и междисциплинарности проекта**

1. Проект не является непосредственным продолжением совместных исследований разных исследовательских групп, начатых ранее 2021 года: **ВЕРНО**

2. Ни у одного из членов какой-либо исследовательской группы нет совместных публикаций с какими-либо членами любой другой исследовательской группы данной заявки, сделанных ранее 2021 года: **ПУБЛИКАЦИЙ НЕТ**

3. Обоснование междисциплинарности проекта *(Не более 1500 знаков с пробелами. В случае, если в п.I.7 указано НЕТ – дополнительное обоснование междисциплинарности проекта, реализуемого внутри одного структурного подразделения МГУ).*

Междисциплинарность исследований связана с необходимостью использования методов и подходов прикладной механики, аэромеханики, теории динамических систем, теории управления, теоретической информатики, электротехники, микроэлектроники.

Исследовательская группа 1 будет разрабатывать алгоритмы управления роботами, разрабатывать и изготавливать системы измерений, изготавливать макеты исследуемых электромеханических систем и проводить эксперименты с робототехническими системами.

Группа 2 будет разрабатывать математические модели исследуемых систем, а также проводить исследование динамики этих систем с использованием методов теоретической механики, теории динамических систем, асимптотических методов и т.д. Кроме того, в ее задачи будет входить численное моделирование поведения объектов.

Группа 3 будет разрабатывать алгоритмы обработки изображений для реализации системы технического зрения и планирования движения робота.

Для реализации проекта потребуется тесное взаимодействие исследовательских групп: между группами 1, 2 – построение комплексных математических моделей робота и ветроэнергетической установки, согласование конструктивных и энергетических характеристик подсистем; между группами 1, 3 – согласование результатов обработки данных системы технического зрения с конструктивными и кинематическими характеристиками робота; между группами 2, 3 – планирование траектории движения робота с учетом динамических эффектов вращения ротора его ветроэнергетической подсистемы.

**IV. План реализации проекта**

1. **Цели и задачи проекта** *(не более 1500 знаков с пробелами)*

Целью проекта является разработка автономной интеллектуальной робототехнической системы, предназначенной для работы в удаленных локациях и оснащенной бортовой ветроэнергетической установкой для подзарядки аккумулятора и системой управления, позволяющей оперативно анализировать обстановку и эффективно осуществлять навигацию (в том числе, с использованием технического зрения). Подобные системы могут быть использованы в рамках миссий на планеты, обладающие атмосферой, а также в удаленных местностях на Земле. Реализация этого проекта подразумевает решение трех взаимосвязанных задач: разработка шасси робота, разработка ветроэнергетической установки и разработка системы зарядки аккумулятора. При этом для эффективного функционирования всей установки необходимо обеспечить согласование подсистем по энергетическим и массово-габаритным характеристикам. Для решения этих задач необходимо, с одной стороны, создать механико-математические модели, позволяющие описывать динамику подсистем и их взаимодействие друг с другом, а с другой стороны – системы управления на базе современных микропроцессорных технологий. Кроме этого, одной из важных составляющих проекта будет работа с молодежью, направленная на ее привлечение к научно-исследовательской работе. При этом будут активно использоваться результаты, полученные при реализации проекта.

1. **Планируемые результаты проекта и обоснование их достижимости** *(не более 6000 знаков с пробелами)*

Будет предложена конструкция ровера, представляющего собой базу для разрабатываемой робототехнической системы. Будут созданы математические модели, описывающие кинематику и динамику ровера с учетом его конструктивных особенностей, и разработаны соответствующие алгоритмы управления.

Будет разработан и изготовлен блок управления зарядкой аккумулятора, создана математическая модель этого блока и проведена идентификация параметров модели на основе данных, полученных в ходе целенаправленных экспериментов. Будет проведено имитационное моделирование процессов зарядки/разрядки аккумулятора и исследовано влияние параметров модели на характеристики этих процессов.

Будет разработана и изготовлена ветроэнергетическая установка, состоящая из ветротурбины и генератора. Будет создана математическая модель, описывающая динамику этой установки вместе с подключенным к ней блоком зарядки аккумулятора. Будут проведены эксперименты по измерению аэродинамических характеристик ветротурбины при разных скоростях потока и разных значениях нагрузки, подключенной к генератору ветроэнергетической установки. С помощью экспериментальных и расчетно-аналитических методов будет исследовано влияние параметров (в том числе, состояния заряда аккумулятора, скорости потока и т.д.) на поведение ветротурбины и на характеристики процесса зарядки аккумулятора.

Будет дана оценка влияния вращающейся ветроэнергетической установки на динамику ровера.

Будет разработана система распознавания образов, устойчивая к вариациям объектов, а также аппаратная реализация этой системы. Будет разработана интеллектуальная система управления роботом.

Будут разработаны алгоритмы планирования движения ровера по неровной поверхности с использованием карты высот. Будет создана система управления ровером, позволяющая оценивать окружающую обстановку и осуществлять навигацию (в том числе, с использованием технического зрения).

Будет разработана комплексная математическая модель, описывающая динамику разрабатываемой интеллектуальной робототехнической системы в целом, включая шасси, бортовую ветроэнергетическую установку и систему управления.

Будет изготовлен прототип этой робототехнической системы, предназначенной для работы в удаленных локациях и оснащенной бортовой ветроэнергетической установкой для подзарядки аккумулятора и системой управления, позволяющей оперативно создавать карту окружающей местности (в том числе, с использованием технического зрения).

Будут разработаны методики проведения научно-образовательных мероприятий, направленных на привлечение молодежи и студентов к решению задач космической робототехники. В этих методиках будут использоваться результаты, полученные в ходе реализации проекта. Будут также разработано обеспечение, необходимое для проведения этих мероприятий (в том числе, алгоритмы управления и программное обеспечение). Эти мероприятия будут подготовлены и проведены.

Возможность успешной реализации целей проекта обусловлена обширным опытом коллектива в области моделирования, разработки и исследования электромеханических и робототехнических систем, а также систем технического зрения.

Исследовательская группа 1 (лаборатория робототехники) имеет богатый опыт создания робототехнических систем различных типов (колесных и шагающих роботов, манипуляторов, экзоскелетов) от конструирования до управления. Имеются собственные микропроцессорные электронные модули для управления шаговыми, коллекторными и бесколлекторными двигателями. Созданные в лаборатории колесные роботы активно и массово используются в образовательных проектах для школьников, студентов и преподавателей (https://youtu.be/AHdTLsb7IZE, https://www.ntv.ru/video/2005604/). В лаборатории создан первый в России четырехногий аппарат (на собственной механической и электронной базе), на котором реализована динамическая ходьба (https://www.youtube.com/watch?v=T0R803lprV4). Сотрудниками лаборатории был решен ряд задач, связанных с моделированием динамики различных робототехнических систем (мобильных колесных роботов, шагающих роботов, биомедицинских устройств и т.д.), а также задач теории колебаний и небесной механики. Получено свидетельство на программное обеспечение.

Исследовательская группа 2 (лаборатория общей механики) имеет многолетний опыт моделирования и исследования малых систем преобразования энергии ветра. В частности, были решены следующие задачи. Исследована динамика малых ветроэнергетических установок с горизонтальной и с вертикальной осью вращения. Обнаружено явление гистерезиса выходной мощности при изменении нагрузки. Исследовано влияние нелинейности электромеханического взаимодействия на характеристики установки. Исследованы различные ветроэнергетические установки колебательного типа, выявлен ряд особенностей их поведения. Предложены различные схемы использования энергии потока среды для движения тел по твердой поверхности и в жидкости, созданы математические модели соответствующих систем, проведены экспериментальные и аналитико-численные исследования их динамики. За последние 5 лет участники группы опубликовали свыше 20 статей по данной тематике в журналах, индексируемых в Scopus и/или WoS. За последние 5 лет получены 3 патента на устройства преобразования возобновляемой энергии.

Исследовательская группа 3 обладает опытом разработки методов машинного зрения (нейросетевые и традиционные методы цифровой обработки изображений), программирования микроконтроллеров, в частности, в задачах обработки изображений, системного программирования (разработка операционных систем, драйверов для существующих операционных систем и т.п.). В частности, были решены задачи восстановления 3D объектов по множеству фотографий, выявления болезней и сорта картофеля по гиперспектральным и цветным (RGB) данным и классификации пород деревьев и категории земель по спутниковым изображениям. Разработана на базе микроконтроллеров система объективного анализа состояния пилота истребителя по множеству датчиков (в частности, по видеоинформации).

1. **Современное состояние исследований по проблематике проекта** *(не более 6000 знаков с пробелами)*

В качестве источника энергии при выполнении миссий на планеты и спутники планет Солнечной системы традиционно используются в основном солнечные батареи. Несмотря на их неоспоримые достоинства, имеются причины для поиска альтернативных восполняемых источников энергии, в частности, с использованием энергии ветра. На Земле такие установки применяются в промышленных масштабах. На других телах Солнечной системы такой способ тоже может иметь перспективы. Во-первых, атмосфера есть на Марсе, а также на спутниках больших планет. Во-вторых, при удалении от Солнца эффективность солнечных батарей снижается. В-третьих, энергия ветра может использоваться для зарядки батарей в ночное время. Следует отметить важную особенность ветроэнергетических установок – существенно различные ситуации в зависимости от скорости ветра. Эта проблема решается интеллектуальными системами отбора энергии от вращающегося ротора. При установке ветроэнергетического генератора на робота возникают дополнительные проблемы связанные с особенностями потоков воздуха вблизи поверхности.

Колесные роботы использовались для исследовательских целей на Луне и Марсе. Полученный опыт управления ими показывает, что режим прямого телеуправления является малоэффективным в связи с большой задержкой передачи информационных и управляющих сигналов на большие расстояния. Поэтому актуальной является задача автономного перемещения робота с использованием систем технического зрения. Несмотря на значительные успехи в этой области, системы технического зрения и планирования движения на данный момент не обладают достаточной надежностью, и практическое применение такого подхода ограничено большими рисками потери аппарата в условиях сложной местности.

Исследованию малых ветротурбин различных типов (в частности, с горизонтальной осью, с вертикальной осью типа Дарье или типа Савониуса) посвящено большое количество работ (например, [1-2]). Анализируются возможности повышения эффективности турбин (с точки зрения отбора мощности) за счет оптимизации формы и конфигурации лопастей, установки дополнительного оборудования (например, дефлекторов), активного управления установочным углом лопастей и т.д. В работе [3] приведен обзор различных стратегий управления ветротурбинами для обеспечения эффективности зарядки аккумуляторов различных типов.

Достаточно обширная литература (например, [4-5]) посвящена построению моделей, описывающих аккумуляторы (как правило, литий-ионные) для электромобилей, идентификации параметров этих моделей и управлению процессами зарядки/разрядки.

В некоторых работах обсуждаются возможности создания роботов, приводимых в движение за счет энергии ветра. В частности, в [7] рассматривается межпланетный робот, движущийся под действием ветра. Возможность использования ветротурбин различных типов для подзарядки аккумуляторов электромобилей обсуждается в ряде работ (например, [8-10]). Ветротурбины используются для отбора некоторой части энергии воздушного потока, набегающего на движущийся автомобиль. Следует отметить, что в литературе отсутствуют комплексные математические модели, описывающие процесс зарядки/разрядки аккумулятора с помощью малой ветроэнергетической установки и учитывающие влияние процессов в аккумуляторе/блоке управления зарядкой на поведение ветротурбины.

Современное развитие искусственного интеллекта позволяет создавать достаточно точные модели классификации для конкретных данных, например, отличать человека от автомобиля. Но данные модели обычно непереносимы ([11-12]) на другие вариации этих же данных. Например, классификаторы, обученные на объектах в России, как правило, не будут давать адекватные ответы при распознавании объектов в другой стране. Для повышения точности классификации при переходе на новые аналогичные данные модель нужно дообучить. Мы исходим из того, что такой подход не во всех случаях годится. Поэтому в рамках предложенного проекта ставится задача разработки методов, минимизирующих необходимость использования дополнительных данных при переносе модели. Отметим, что помимо цветных изображений, возможно, будут рассмотрены и гиперспектральные/многоспектральные и облачные данные.

В виртуальном мире модель можно обучить на большом объеме данных. При этом важной задачей становится перенос модели обученной в синтезированном пространстве в реальное ([13]). Следует отметить, что современный подход обычно в значительной мере опирается на большое количество датчиков. Можно поставить задачу уменьшения их количества, например, за счет более активного использования информации, поступающей с камер.

Литература:

1. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.06.025

2. https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122841

3. https://doi.org/10.1016/j.taml.2021.100249

4. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113615

5. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.1319

6. https://doi.org/10.1016/j.est.2021.102252

7. https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2022.12.030

8. Gupta A., Kumar N. Energy regeneration in electric vehicles with wind turbine and modified alternator // Materials Today: Proceedings. 2021. V. 47, Pt. 11. P. 3380-3386.

9. Ripley P.W. Wind Turbine for Electric Car. US Patent No. 10 358 038. 2019.

10. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.341

11 https://www.science.org/doi/10.1126/scirobotics.adc8892

12 https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590005621000059

13 https://arxiv.org/abs/2304.08235

1. **План работ на весь срок выполнения проекта** *(не более 6000 знаков с пробелами)*

В ходе реализации проекта предполагается решить следующие задачи.2023. Выбор конструкции ровера (шасси, моторы, колеса, аккумулятор). Разработка макетного варианта системы сбора и анализа данных об окружающей обстановке с использованием технического зрения. Выбор и адаптация методов анализа изображений и методов обучения с подкреплением. Выбор системы датчиков для сбора и анализа данных, необходимых для управления роботом. Разработка методов обработки этих данных с целью идентификации окружающих объектов и определения их положения относительно ровера.Разработка предварительной схемотехники блока управления зарядкой аккумулятора. Изготовление соответствующего устройства и проведение предварительных испытаний. Создание математической модели этого блока. Выбор генератора для ветроэнергетической установки. Проведение экспериментов с целью идентификации параметров математической модели, описывающей генератор.Изготовление прототипов ветроэнергетических установок. Разработка сценария экспериментов в аэродинамической трубе с целью измерения аэродинамических характеристик ветротурбин. Проведение экспериментов, идентификация параметров математических моделей ветроэнергетических установок на основе полученных данных.2024.Проведение экспериментов в аэродинамической трубе по исследованию динамики ветроэнергетической установки, сопряженной с устройством зарядки аккумулятора, оснащенным блоком управления, разработанным на предыдущем этапе. Формирование математической модели связки «ветроэнергетическая установка + аккумулятор с блоком зарядки» и ее верификация на основе экспериментальных данных. Проведение сравнительного анализа эффективности ветроэнергетических установок различных типов с точки зрения зарядки аккумулятора. Исследование влияния вращающейся ветроэнергетической установки на динамику ровера (математическое моделирование и эксперимент). Согласование мощностных характеристик ветроэнергетической установки и двигателей ровера. Разработка автономного управления ровером с использованием различных методов (как традиционных, основанных на решении дифференциальных уравнений, так и нейросетевых, основанных на различных вычислительных методах). Доработка методов интеллектуального управления роботами (в частности, переноса моделей из виртуального мира в реальный). Анализ возможности минимизации обучающих выборок и использования синтезированных данных. Исследование методов построения трехмерной модели окружающей среды и распознавания зрительных образов. Разработка алгоритмов планирования движения ровера по неровной поверхности с использованием карты высот. Разработка навигационной системы, обеспечивающей позиционирование ровера в пространстве с учетом данных карты и информации, получаемой от системы анализа окружающей ситуации.2025.Реализация интеллектуальной системы управления роботом на бортовой вычислительной системе. Разработка сценария и регламента комплексных экспериментов с системой, включающей ровер, ветроэнергетическую установку и аккумулятор с блоком зарядки, и проведение этих экспериментов. Обработка полученных экспериментальных данных. Верификация математической модели и ее доработка на основе результатов экспериментов. Оценка точности позиционирования ровера. Модификация и корректировка подсистем и алгоритмов управления по результатам экспериментов. Будет разработана концепция научно-образовательных мероприятий, направленных на привлечение молодежи и студентов к решению задач космической робототехники. Будет подготовлена материальная база для проведения этих мероприятий, включая создание мобильных роботов, полигонов для работы с ними, а также разработку алгоритмов управления и программного обеспечения. В частности, с применением современных микроэлектронных комплектующих будет разработана и реализована аппаратная база для построения системы управления приводами роботов.В рамках проекта будут организованы и проведены следующие научно-образовательные мероприятия:1. Конкурс «Космическая робототехника – роверы» программы «Дежурный по планете» (программы, объединяющей технологические конкурсы и проекты для школьников в области космоса). Участники группы 1 являются координаторами всей программы и организаторами направления «Космическая робототехника» (www.spacecontest.ru).2. Профиль «Аэрокосмические системы» Национальной Технологической Олимпиады. Будут созданы прототипы полезной нагрузки для небольшого планетохода и решены задачи, связанные с программированием роботов, электроникой и 3D моделированием.По результатам выполнения проекта будет подготовлен обучающий курс по интеллектуальному управлению роботами (целевая аудитория – преподаватели и студенты университетов).

1. **Детальный план работ на 2023 год с описанием методов и подходов, планируемых к использованию, а также конкретных исполнителей, вовлеченных в выполнение тех или иных работ** *(не более 9000 знаков с пробелами)*

Для успешной реализации проекта уже на начальном этапе необходимо решить целый спектр задач, связанных как с построением математических моделей электромеханических систем и их аналитическим и численным исследованием, так и с разработкой эффективных систем управления и систем обработки информации, получаемой от датчиков (в том числе систем технического зрения). Кроме того, потребуется изготавливать лабораторные макеты и проводить различные эксперименты, связанные как с измерением электрических характеристик компонентов робота, так и с измерениями аэродинамических сил и моментов, действующих на элементы, взаимодействующие с ветром. Необходимо отметить, что исполнители, осуществляющие планирование, подготовку и проведение экспериментов, должны владеть компетенциями в сфере общей механики, прикладной аэродинамики, электротехники, микроэлектроники, теории управления и т.д.

Таким образом, различные подзадачи, естественным образом выделяющиеся в рамках всего проекта, могут быть успешно решены только путем привлечения групп исследователей, обладающих весьма различными знаниями и навыками, что обуславливает междисциплинарность проекта.

В течение первого года предполагается сделать следующее.

Выбор конструкции ровера (шасси, моторы, колеса, аккумулятор) на основе анализа научной литературы и предшествующего опыта группы 1 (Буданов В.М., Климов К.В., Рогачев А.А.).

Создание математических моделей, описывающих кинематику и динамику ровера с учетом его конструктивных особенностей (Рогачев А.В., Фомина А.О., Бесчастнов И.В.).

Разработка предварительного варианта схемотехники блока управления зарядкой аккумулятора. Изготовление соответствующего устройства. Программирование низкого уровня робота (Буданов В.М., Капытов Д.В.).

Создание математической модели этого блока, разработка методики идентификации параметров модели по результатам экспериментов и разработка сценария соответствующих испытаний (Буданов В.М., Досаев М.З., Селюцкий Ю.Д., Голуб А.П.).

Проведение экспериментов в соответствии с разработанным сценарием и планом, измерение характеристик процесса зарядки, идентификация параметров модели (Голуб А.П., Гарбуз М.А., Зудов В.Б., Резанова А.С., Рогачев А.В.). Модификация математической модели (при необходимости) (Буданов В.М., Досаев М.З., Селюцкий Ю.Д.).

Выбор генератора для ветроэнергетической установки на основе предшествующего опыта. Разработка сценария экспериментов с целью идентификации параметров математической модели, описывающей функционирование генератора в различных условиях. (Буданов, Досаев, Селюцкий). Проведение соответствующих экспериментов и обработка полученных данных (Климов К.В., Досаев М.З., Селюцкий Ю.Д., Голуб А.П., Гарбуз М.А., Зудов В.Б.).

Выбор параметров ветротурбин для ветроэнергетических установок на основе опыта группы 2 и изготовление соответствующих прототипов. Разработка сценария экспериментов в аэродинамической трубе с целью измерения аэродинамических характеристик ветротурбин (Досаев, Селюцкий). Проведение экспериментов, идентификация параметров математических моделей ветроэнергетических установок на основе полученных данных, уточнение моделей (при необходимости) (Досаев М.З., Селюцкий Ю.Д., Голуб А.П., Гарбуз М.А., Резанова А.С.).

Выбор оборудования для сбора информации об окружающей среде (камера, датчики одометрии, инерциальные датчики, анемометры и т.д.), которые целесообразно устанавливать на ровер. Исследование методов устойчивого распознавания объектов на изображении. (Шокуров А.В., Горчаков В.А.). Анализ и разработка методов обучения, основанных на лидарном датчике. (Шокуров А.В., Каримов А.Х.). Ориентация в пространстве по визуальным датчикам. (Шокуров А.В., Файзов, Горчаков В.А., Каримов А.Х.). Аппаратная реализация разрабатываемых методов машинного зрения. (Шокуров А.В., Файзов А.Р.). Моделирование обратной связи на основе принципа «акцептора результата действия». (Кумсков М.И., Корнев А.А., Шокуров А.В.). Разработка методов обработки потоков информации, поступающих с установленных на ровере датчиков, на основе методов нечетких множеств. (Кумсков М.И., Шокуров А.В.)

В рамках исследования будут использоваться методы теории динамических систем, теории бифуркаций, теории устойчивости, теории управления, асимптотические методы и т.д. Аэродинамическое воздействие на ветротурбину будет описываться с помощью квазистатического подхода, эффективность которого в задачах аналогичного типа была подтверждена многими исследованиями (в том числе, проведенными участниками группы 2). Для численного описания аэродинамического воздействия на ветротурбину будут использоваться как экспериментальные данные, полученные в ходе испытаний, проводимых в рамках проекта, так и данные, известные из литературы.

1. **Возможное практическое применение результатов проекта** *(не более 3000 знаков с пробелами)*

Проект направлен на разработку роверов, способных передвигаться по пересеченной местности, оснащенных системой преобразования энергии ветра в электричество и системой технического зрения. Такие роботы, с одной стороны, могут выполнять разнообразные задачи на планетах, имеющих достаточно плотную атмосферу. С другой стороны, они могут быть полезными и в условиях Земли, в ситуациях, когда требуется выполнять исследовательские или сервисные задачи в удаленных местностях, в которых отсутствуют стационарные электрические сети (например, в условиях Арктики).

Эффективная конструкция шасси и разработанные алгоритмы управления позволят роботу уверенно перемещаться по сравнительно пересеченной местности. Способность анализировать окружающую местность (в частности, строить ее карту) и использовать полученную информацию при построении оптимального (в силу различных критериев, например, минимизации перепада высот) маршрута обеспечит рациональное расходование энергии аккумулятора и достаточно быстрое выполнение поставленных задач. Возможность использовать энергию ветра позволит роботу функционировать в течение достаточно продолжительного периода времени (возможно, делая более или менее длительные остановки для подзарядки).

Кроме того, результаты, полученные в ходе выполнения проекта, планируется использовать в рамках образовательных программ, направленных на привлечение молодежи к решению различных задач, связанных с исследованием космического пространства (в том числе, и с помощью современных робототехнических систем). Среди таких программ – организация соревнований для школьников, разработка специальных учебных курсов для студентов МГУ, а также курсов повышения квалификации для преподавателей.

1. **Сведения о научном оборудовании, имеющемся у исследовательских групп для выполнения проекта** *(не более 3000 знаков с пробелами)*

В НИИ механики МГУ имеется дозвуковая аэродинамическая труба А6, а также другие экспериментальные установки, которые позволяют провести все эксперименты, запланированные в рамках проекта.

В лабораториях НИИ механики МГУ имеются станки для обработки металла, установка лазерной резки, 3d-принтеры, приборы для отладки электронных компонент.

Коллектив располагает оборудованными рабочими местами, в том числе, компьютерной техникой, необходимой для проведения численного моделирования систем, исследуемых в проекте.

**V. Сведения о запрашиваемом финансировании и показателях эффективности**

1. Запрашиваемое финансирование проекта*.*

2023 - 6 000 000 р.

2024 - 6 000 000 р.

2025 - 6 000 000 р.

1. Вся сумма финансирования проекта на 2023 год будет направлена на выплату надбавок к заработной плате исполнителей проекта: **ДА**
2. Планируемые примерные суммы надбавок к заработной плате (с учетом социальных отчислений) каждого исполнителя проекта в 2023 году

Фомина А. О. 250 000 р.

Бесчастнов И. В. 250 000 р.

Буданов В. М. 400 000 р.

Капытов Д. В. 250 000 р.

Рогачев А. В. 250 000 р.

Климов К. В. 300 000 р.

Рогачев А. А. 300 000 р.

Досаев М. З. 500 000 р.

Голуб А. П. 250 000 р.

Гарбуз М. А. 250 000 р.

Селюцкий Ю. Д. 500 000 р.

Резанова А. С. 250 000 р.

Зудов В. Б. 250 000 р.

Файзов А. Р. 300 000 р.

Горчаков В. А. 300 000 р.

Корнев А. А. 350 000 р.

Кумсков М. И. 350 000 р.

Шокуров А. В. 400 000 р.

Каримов А. Х. 300 000 р.

1. Планируемое количество статей по результатам проекта в журналах из ядра РИНЦ, в число авторов которых входят представители как минимум двух исследовательских групп проекта*.*

2023 - 1

2024 - 4

2025 - 4

1. Планируемое количество информационных материалов, подготовленных в формате пресс-релизов по результатам реализации проекта*.*

2023 - 1

2024 - 2

2025 - 2

1. Иные показатели эффективности реализации проекта *(При наличии – сведения о планируемом количестве заявок на патенты, монографий, докладов на конференциях и др.)*

В ходе реализации проекта планируется подать 2 заявки на патент и сделать 15 докладов на конференциях.