

**Открытый региональный конкурс исследовательских и
проектных работ школьников
«Высший пилотаж - Пенза» 2022**

**«Концепт работа для исследования опасных и
труднодоступных мест суши»**

Автор: Чертова Алиса Дмитриевна,
8 «Е» класс,
муниципальное бюджетное
общеобразовательное учреждение
«Лицей современных
технологий управления № 2» г.Пензы.

Научный руководитель: Степанов Александр Андреевич,
педагог дополнительного образования,
муниципальное бюджетное общеобразовательное
учреждение «Лицей современных
технологий управления № 2» г.Пензы.

Пенза
2022 год

✉ 440008, г. Пенза, ул. Бакунина, 115

☎- телефон /841-2/ 54-20-44; e-mail: school02@guoedu.ru

[Http://www.lstu2.ru](http://www.lstu2.ru)

Оглавление

Введение.....	2
1. Способы исследования труднодоступных мест Земли.....	3
1.1. Дистанционные способы получения данных.....	3
1.2. Наземные роботы – исследователи.....	6
2. Концепция проекта наземного робота-исследователя труднодоступных мест Земли.	10
2.1. Конструктивные особенности и визуализация робота.....	10
2.2. Оборудование робота и программа исследований.....	12
Список использованных источников.....	14
Приложение.....	16

Введение

В условиях современности робототехника является одной из перспективных отраслей науки в мире. Роботы используются во многих сферах жизни человека: в промышленности, в медицине, в исследовании космоса, при проведении спасательных операций. Особый интерес представляет использование роботов при исследовании труднодоступных участков местности или мест опасных для человека. При этом под «труднодоступными» понимаются места, куда в силу климатических или природных условий (суровый климат, сложный рельеф, густая растительность) ограничен доступ человека, где отсутствует или затруднено транспортное сообщение. В свою очередь, опасные для человека места, например, представляют угрозу химического или биологического заражения организма. При этом изучение такой местности имеет значение для научной деятельности человека в области экологии – для контроля уровня загрязнения окружающей среды, изучения растительного и животного мира, картографии – для составления карт и планов местности, археологии – при поиске объектов древнего мира, геологоразведки – для изучения недр и выявления залежей полезных ископаемых и так далее.

В рамках данной работы рассматриваются достижения робототехники в области исследования материковой части Земли. Для исследования поверхности суши большое значение имеют такие характеристики робота, как мобильностью, высокая проходимость и значительная маневренность.

Гипотеза: применение робота для исследования труднодоступных мест на суше является наиболее перспективным, информативным и экономически целесообразным.

Исходя из всего вышесказанного, целью данного проекта является создание концепта робота для исследования труднодоступных мест материковой части Земли.

Указанная цель определяет круг взаимосвязанных задач, решение которых составляет концептуальную базу настоящей работы. К числу основных из них относятся:

- изучить литературу по теме исследования;
- проанализировать достижения робототехники в сфере исследования труднодоступных мест суши;
- создать концепцию робота-исследователя труднодоступных мест материковой части Земли с визуализацией.

Объект исследования: применение робототехники для исследования труднодоступных мест материковой части Земли.

Предмет исследования: робот для исследования труднодоступных мест на суше.

Методы, применяемые при создании проекта, построены на изучении, анализе и синтезе литературных данных, оценке степени актуальности темы, постановке цели и задачи проекта по изучению достижений робототехники в сфере исследования труднодоступных мест суши, использовании метода компьютерного 3D моделирования для визуализации разработанного концепта робота-исследователя.

В ходе работы над проектом изучены работы отечественных ученых по робототехнике, экологии, геодезии. Использованные автором аналитические методики информативны и современны.

1. Способы исследования труднодоступных мест Земли.

1.1. Дистанционные способы получения данных.

Дистанционные данные – наиболее универсальная форма регистрации изображения, несущая географическую информацию об исследуемых объектах, которая обеспечивает возможность интерполяции и экстраполяции наземных данных [1].

Исследование труднодоступных мест Земли в дистанционном формате может осуществляться с помощью комического мониторинга или проведением наземных точечных и маршрутных исследований работами, связанными с запуском беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Дистанционное зондирование Земли (Космический мониторинг) — это регулярное получение информации о состоянии земной поверхности с космических аппаратов. Регулярное дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) помогает отслеживать природные процессы, стихийные бедствия, а также изменения, вызванные деятельностью человека и животных [2].

Классификация дистанционных методов зондирования Земли основана на типе источника сигнала для исследования объекта – активном (см. рисунок 1 в приложении) или пассивном (см. рисунок 2 в приложении). Инструменты активного ДЗЗ сами способны излучать сигнал или имеют собственный источник света. В пассивном ДЗЗ используется отраженный солнечный свет. Излучение также имеет разные длины волн и бывает коротковолновым (видимый, ближний и средний инфракрасный диапазон) и длинноволновым (микроволны) [3].

Активные датчики ДЗЗ направляют сигнал и анализируют результат – интенсивность полученного сигнала. В большинстве приборов ДЗЗ используются микроволны, поскольку на них относительно не влияют погодные условия. Технологии ДЗЗ включают различные приборы, в зависимости от того, что они передают (свет или волны) и что они измеряют (например, расстояние, высоту, атмосферные явления и т.д.). Преимуществами применения активных датчиков ДЗЗ являются обширная зона применения и практически полное отсутствие ограничений условий работы: они функционируют в любое время суток, так как не зависят от солнечного света и атмосферных рассеиваний.

Пассивные датчики ДЗЗ не имеют собственного источника энергии поэтому зависят от солнечного света, который отражается от объекта исследования. Соответственно, их использование возможно только при достаточном количестве солнечных лучей. Приборы пассивного ДЗЗ – это различные радиометры (определяют силу исходящего от объекта излучения в определенных диапазонах спектра) или спектрометры (различают и анализируют спектральные диапазоны).

Интерес также представляет микроволновое ДЗЗ. Микроволны могут проникать практически через все атмосферные явления, за исключением сильных дождей, поэтому такое ДЗЗ осуществляется независимо от погодных условий. Благодаря данному методу ДЗЗ, можно получить данные о температуре и влажности исследуемого объекта и, например, определить: влажность почвы, концентрацию озона в атмосфере, обнаружить разливы нефти и устранить загрязнение водных ресурсов.

Результатом космического мониторинга являются спутниковые снимки, обработанные и представленные в виде растровых изображений Земли и файлов с геопространственными данными о каждом снимке. Обработка снимков ДЗЗ осуществляется в процессе геопространственного анализа. Предварительно проводится коррекция изображения (геометрическая, радиометрическая, атмосферная), а также

географическая привязка объекта исследования к карте Земли. В ходе тематической обработки снимки классифицируют по характерным признакам (вегетация, населенные пункты и т.д.) [4].

Спутники ДЗЗ облетают Землю с определенным интервалом, поэтому, чтобы получать данные в около реальном времени необходима большая спутниковая сеть с постоянным обновлением аппаратов (срок службы которых в среднем 5-7 лет).

Следует отметить и ряд других недостатков данного вида исследования:

- при работе на орбите не удастся получить съемки чаще чем раз в 6-12 часов;
- возникновение трудностей для модернизации систем, так новые образцы датчиков могут работать только при новых запусках аппаратов;
- в космосе трудно реализовать размещение некоторых средств ДЗЗ;
- недостаточная оперативность при выполнении заявок, объясняющееся строгой зависимостью выхода космических аппаратов на район съемки баллистическими параметрами рабочей орбиты;
- высокие затраты на создание и развертывание космических аппаратов.
- для обработки и анализа данных ДДЗ требуются очень высокая квалификация и большой практический опыт. Использование таких данных становится экономически неэффективным при единичных исследованиях небольших территорий. Программное обеспечение, которое применяется для обработки цифровых снимков, также имеет высокую стоимость [5];
- современные российские открытые данные ДЗЗ имеют ограниченное пространственное и спектральное разрешение и недостаточно развитую инфраструктуру распространения. Проблема обусловлена отсутствием открытого доступа к данным камер МСС спутников «Канопус-В». Кроме того, отсутствует и информационное взаимодействие Госкорпорации «Роскосмос» с другими ведомственными и региональными геоинформационными системами.

Более дешевая и оперативная альтернатива использованию спутниковых данных – использование БПЛА. Беспилотный летательный аппарат (сокращённо БПЛА или БЛА) — летательный аппарат, пилотируемый дистанционно, или выполняющий полёт автономно, без помощи пилота [6]. На рисунке 3 (см. Приложение) представлена схема управления БПЛА.

БПЛА классифицируются по разным схемам с использованием таких критериев, как высота и дальность полета, размер и вес грузоподъемности, времени работы без подзарядки или пополнения топлива и другим параметрам. Наиболее общая классификация дронов по способу полета выделяет беспилотники вертолетного и самолетного типа. Для исследования труднодоступных мест подходят БЛА с вертикальным взлётом, так как им не нужна подготовленная площадка для взлёта.

В зависимости от способа координации бывают автономные и дистанционно управляемые установки. В первые заносят программу автопилота, и они движутся строго по заданной траектории. Вторые летят согласно сигналам, подаваемым с пульта, компьютера или смартфона.

Применяя БПЛА можно осуществить следующие виды исследований труднодоступных мест:

- 1) видеосъемка в видимом диапазоне спектра;
- 2) спектральная съемка – одновременное получение фотографических

изображений объекта в различных участках (зонах) спектра электромагнитных волн. Снимки получают в видимом и инфракрасном диапазонах;

3) аэрофотосъёмка местности – включает различные процессы от фотографирования земной поверхности с летящего самолета до получения аэрофотоснимков, фотосхем или фотопланов снятой местности, позволяет получить представление о рельефе местности;

4) гиперспектральная съёмка – позволяет на дистанции производить в инфракрасном спектре съёмку больших площадей, содержащих биоиндикаторы, для проведения экологического мониторинга, осуществлять разделение скальных пород и почв, чистой и замутнённой воды, различных типов растительности, а также некоторых материалов искусственного происхождения. Гиперспектральные данные позволяют производить углублённый анализ свойств поверхностей, например, оценивать влажность и солёность почвы, биохимический состав растительности;

5) измерение радиационного фона;

6) магнитная съёмка – основана на измерении магнитного поля Земли, её применяют для поисков залежей полезных ископаемых, для составления различных карт и проведения структурных исследований.

Таким образом, применение БПЛА на труднодоступных территориях с суровыми климатическими и природными условиями позволяет обеспечить оперативное экологическое картографирование; проводить удалённый технический мониторинг инженерных сооружений; проводить экологический мониторинг, а также осуществлять сбор данных для наполнения геоинформационных систем информацией на разных уровнях и в разных целях [7].

Отметим, что использование БПЛА при исследовании труднодоступных мест имеет ряд недостатков, среди которых:

- зависимость от метеорологических условий. Качество собранных данных или сделанных изображений в ветреную погоду достаточно низкое, требует дополнительной обработки и анализа, так как управление БПЛА затрудняется. Туман, дым и дождь могут стать серьезными препятствиями при проведении съёмки в видимом спектре. Кроме того, нежелательно выполнять съёмку в солнечную погоду ввиду опасности излишнего нагрева внешних поверхностей;

- зависимость от скорости Интернета. На базовом уровне большинство БПЛА использует для позиционирования и других функций интерактивные сервисы, например, Google Maps. Использование БПЛА в труднодоступной местности с низкой интенсивностью покрытия приведет к снижению эффективности работы [8];

- для эффективного управления данными получаемыми с БПЛА необходимо обновлённое программное обеспечение, инструменты для обработки, хранения и анализа собранных данных. Это несет дополнительное увеличение расходов конечных пользователей БПЛА;

- основной помехой эффективного применения БПЛА являются птицы;

- повышенная аварийность БПЛА, которые не снабжены системой распознавания препятствий и ухода от столкновений. Кроме того, многие модели оснащены не вполне совершенными автопилотами [9];

- полет БПЛА неустойчив, на него влияют порывы ветра, турбулентность и другие возмущающие факторы. По причине недостаточной энергообеспеченности БПЛА настоящее время отсутствует техническая возможность применения лидара или, например,

пробоотборника для корректного отбора проб в приземном слое воздуха, выносимого за пределы турбулентной зоны при полёте или зависании аппарата;

- при наличии сложного рельефа, лесов с высокой растительностью и иных факторов, после приземления БПЛА в труднодоступной местности достаточный радио- и видеосигнал, обеспечивающий управление (заход БПЛА на посадку выполняется в режиме ручного управления), практически сразу будет утрачен, а при уменьшении высоты полёта БПЛА будет снижаться дальность радиосвязи, из-за необеспечения условий радиовидимости и влияния подстилающей поверхности [10].

Кроме того, если результаты обработки данных, полученные методом ДЗЗ или с помощью БПЛА, не подтверждены полевыми исследованиями, к ним надо относиться с большой осторожностью.

1.2. Наземные роботы – исследователи.

Условно роботов, пригодных для исследования труднодоступных мест материковой части Земли, можно классифицировать исходя из внешних признаков и способа передвижения.

Антропоморфные роботы – роботы, имеющие схожее с человеком строение и аналогичные особенности. Сегодня антропоморфная робототехника – одно из самых перспективных направлений исследований. Их итогом должен стать человекоподобный робот, обладающий многофункциональностью и универсальностью, то есть способный заменить людей во многих задачах. Представляется возможным обучение такого робота всему, что умеет человек. При работе в труднодоступных местах такие роботы смогут повторять движения оператора, сидящего в безопасном месте. Не надо будет отправлять человека в защитном костюме на ограниченное время, заниматься обучением. Робот приостанавливает свою деятельность только на время отдыха оператора. В теории управлять таким «аватаром» можно будет с очень большого расстояния.

Примером такого робота может служить андроид по имени FEDOR (Final Experimental Demonstration Object Research) – антропоморфный робот-спасатель, разработанный НПО «Андроидная техника» и Фондом перспективных исследований по заказу МЧС России, который осуществлял работы на МКС (см. рисунок 4 в Приложении). Сейчас инженеры предприятия работают над следующим поколением роботов серии FEDOR, которых приспособят работать в агрессивных условиях, опасных для человека, и научат выходить в открытый космос.

Антропоморфные роботы предназначены для работы в среде, приспособленной для человека (здания и сооружения, которые проектировались под параметры человека; кабины управления уже созданных машин). Они могут работать со всеми видами существующих инструментов и устройств, используя органы управления, приспособленные для людей. Недавние события на АЭС «Фукусима» показали необходимость в этих роботах для ликвидации последствий техногенных катастроф. Предполагается, что они способны заменить человека в опасных зонах, в том числе при ликвидации последствий техногенных аварий и стихийных бедствий. Роботы должны уметь передвигаться по неровной поверхности, подниматься по лестницам, пользоваться обычным и электрическим инструментом, управлять транспортными средствами [11].

Антропоморфные роботы требуют сложных систем балансировки, также сложности возникают при оснащении их элементами питания. Большую пользу приносят роботы, которые зачастую имеют причудливые формы, но созданы для выполнения конкретных

задач.

В настоящее время становятся популярными роботы, имитирующие движения представителей животного мира. Примером такого робота может служить робот-паук (см. рисунок 5 в Приложении), или гексапод, который способен преодолевать многочисленные препятствия на пересечённой местности и перемещаться в замкнутых пространствах [12]. К тому же такой тип передвижения робота оставляет меньше следов, в отличие от колёс и гусениц, что необходимо для археологических исследований. Роботы-пауки оснащаются ультразвуковыми сенсорами и датчиками, что позволяет им ориентироваться в пространстве и распознавать различные препятствия. С помощью камеры определяется текстура поверхности. В зависимости от неё принимается решение: можно ли двигаться сквозь объект, например, траву, или необходимо обойти препятствие, если это камень.

По образу собаки создан робот Spot от компании Boston Dynamics, который уже стал частью массовой культуры (см. рисунок 6 в Приложении). Робот одинаково быстро движется и вперед, и назад. Spot двигается приставным шагом, разворачивается на месте, приседает, ложится на землю, уверенно взбирается по склонам с уклоном до 30 градусов, поднимается по лестницам и встаёт после падений. Spot не боится дождя, строительной пыли и может работать при температуре от -20С до 45С. Робот укомплектован пятью стереокамерами, обеспечивающими 360-градусный обзор. При помощи камер и одометрии Spot поддерживает и обновляет модель, которая описывает позу робота и положение относительно других объектов [13]. Для управления роботом обычно используют встроенный модуль Wi-Fi. Лидар позволяет Spot уверенно ориентироваться на больших открытых пространствах и картографировать местность. У робота есть роборука, которая весит 8 кг и может поднять до 4 кг. Но у этого робота есть недостатки: он не может предсказывать траектории движущихся объектов, у него нет специальных навыков для контактов с людьми. Кроме того, его конструкция довольно опасна. Шарниры могут с легкостью прищемить пальцы. Тем не менее, робот хорошо показал себя в области мониторинга оборудования в опасных условиях, например, в море. Spot может приближаться к работающему оборудованию, с установленным на спину тепловизором он может обнаруживать проблемы, которые пропустят техники, например, перегрев трансформаторов.

Интерес представляет применение змеевидных роботов и роботов-червей, которые используются для исследования труднодоступных мест [14]. Таких роботов используют в различных сферах, где требуются сложные системы, обладающие, как локомоционными, так и манипуляционными возможностями и в промышленности. Например, их можно будет применять для поиска полезных ископаемых, а также использовать в спасательных операциях, чтобы искать выживших в завалах. Робот оснащается модулем ТВ-камеры или дополнительным оборудованием. Примером такого робота является змеевидный робот «ЗМЕЕЛОК-3М» (см. рисунок 7 в Приложении), разработанный ГНЦ РФ ЦНИИ РТК, оснащён курсовой видеокамерой, блоком осветителей и имеет функции прямолинейного движения, движения по кривой, боком, качением, внутри вертикального канала, может разворачиваться месте и преодолевать препятствий высотой до 80 мм [15].

Несмотря на конструктивные особенности и принципы движения антропоморфных и анималистичных машин, колёсные и гусеничные роботы наиболее широко используются для исследования труднодоступных мест нашей планеты. Это связано с тем, что способ перемещения на колесах и гусеничной платформе является самым оптимальным. Именно эти способы обеспечивают наибольшую устойчивость и проходимость. У колесных

платформ с проходимостью сложнее – колесо не может преодолеть препятствие выше, чем его радиус. Колесные схемы постоянно совершенствуются, используются мощные серводвигатели, разрабатываются независимые подвески, применяются покрышки с грунтозацепами [16].

Чаще всего в конфигурации колёсных роботов применяются простые, надежные, прочные механизмы, пригодные для передвижения по плоскости. Все эти роботы неголономные (используется два двигателя, но три степени свободы движения), то есть не могут мгновенно двигаться в сторону. Наиболее распространёнными роботами данного типа являются четырёхколёсные и гусеничные роботы. Создаются также роботы, имеющие другое число колёс - два или одно. Такого рода решения позволяют упростить конструкцию робота, а также придать роботу возможность работать в пространствах, где четырёхколёсная конструкция оказывается неработоспособна.

В состав систем передвижения существующих образцов колесных мобильных роботов, как правило, входят:

- автономные источники энергии (электрические, топливные);
- электродвигатели (реже двигатели внутреннего сгорания);
- механические трансмиссии (реже электромеханические);
- распределительные устройства;
- движитель со всеми ведущими колесами.

В этих системах крутящий момент от двигателей через редукторы передается одновременно на ряд колес движителя посредством наружных распределительных передач (ременных, цепных, зубчатых, роликовых).

Робот с дифференциальным приводом имеет два мотора, по одному на каждое колесо. Изменение направления движения достигается за счет разных скоростей (отсюда и название — дифференциальный). Для прямолинейного движения колеса должны вращаться с одинаковыми скоростями. Для того, чтобы робот развернулся на месте, необходимо установить скорости одинаковыми по модулю, но направленными противоположно. Другие комбинации скоростей приводят к движению по дуге. Такой тип роботов имеет два мотора — один для движения, другой для рулежки. Робот с таким приводом не может развернуться на месте. При постоянной скорости и угле поворота движется по дуге окружности. В четырехколесной схеме необходим задний дифференциал и переменная связь («Принцип Аккермана») на рулевые колеса.

Гусеничный привод очень похож на дифференциальный с той лишь разницей, что колеса соприкасаются с землей не в одной точке, а площадь контакта растянута по длине гусеницы. Это сразу уменьшает проскальзывание при прямолинейном движении, увеличивает сцепление и проходимость на мягком грунте. Мобильные гусеничные роботы имеют небольшое удельное давление на грунт, что дает им возможность передвигаться по болотистым местам и по снегу. Но, с другой стороны, гусеничный привод требует больших затрат энергии в поворотах для компенсации бокового сопротивления гусениц, что делает такой вариант более требовательным к мощности моторов и емкости аккумуляторов. Если сила трения будет слишком большой, гусеницы могут быть даже сорваны с колес, что часто происходит с дешевыми шасси.

В качестве примера колесного робота можно рассмотреть шестиколёсного робота высокой проходимости Rook (см. рисунок 8 в Приложении) – результат разработки израильской оборонной компанией Elbit Systems и американского производителя

беспилотных наземных транспортных средств Roboteam. [17].

Также интерес представляет сделанный из пары двухколесных транспортных средств робот DuAxel NASA (см. рисунок 9 в Приложении), который предназначен для езды по краям кратеров и преодоления почти вертикальных утесов. Робот состоит из пары двухколесных вездеходов, каждый из которых называется Axel. Если впереди находится крутой спуск или другая преграда, он останавливается, опускает шасси до уровня земли, прежде чем расколется на две части. Когда задняя половина DuAxel будет надежно зафиксирована на месте, передняя его часть отстыковывается и откатывается на одной оси. Две половины робота соединяет трос, который разматывается, пока одна из частей опускается вниз для начала исследования, где будет использовать различные инструменты, позволяющие изучать внутренности кратеров.

Колёсные и гусеничные роботы-исследователи оснащаются разнообразным оборудованием. Это и всевозможные камеры фото- и видеофиксации (в видимом и инфракрасном спектре), лидар, газоанализаторы, дозиметр, магнитомер, буры и так далее. Количество и ассортимент оборудования ограничены лишь грузоподъемностью и ёмкостью аккумуляторов робота.

Разработано программное обеспечение для дистанционного управления роботами, которое обеспечивает высокую автономию и «осознание» роботами ситуации, а также высокий уровень контроля удаленно работающих роботов. Машинное обучение «развивает» способность роботов распознавать объекты и «помнить», как их использовать.

Одна из методик, разработанных учеными робототехнической группы Сергея Левина, доцента Университета Беркли, называется «Глубокий визуальный прогноз для планирования движения роботов», она должна помочь роботам накапливать собственный опыт без человеческого контроля. По сути это обучение робота методом проб и ошибок. Робот выполняет тысячи тренировочных упражнений, например, толкает разные объекты и фиксирует на камеры результат с разных углов, так он собирает собственную базу данных. Для их обработки используются предиктивные модели, впоследствии робот оказывается способным толкать объекты, на взаимодействие с которыми он не был запрограммирован ранее. Еще одна методика, которую разработали в лаборатории, позволяет обучить робота через повторение действий за человеком [19].

По сравнению с методами изучения труднодоступных мест Земли с помощью космических аппаратов непосредственное изучение физических условий и исследования с помощью роботов, доставленных на местность, имеют бесспорное преимущество. Мобильные роботы, обладающие мобильностью, высокой проходимостью и значительной маневренностью, позволяют исследовать достаточно обширные территории. Передвижение мобильного робота и происходящие при этом явления зависят от его размеров, массовой плотности конструкции, свойств материалов, коэффициента трения, ускорения силы тяжести и других параметров.

Самоходные модели позволяют отработать конструкцию ходовой части, определить надежность ее работы на разнообразных грунтах, экспериментально снять технические характеристики и проверить их соответствие заданным. Ходовые испытания моделей роботов позволяют получить и некоторые рекомендации относительно тактики их использования на исследуемой территории [20].

Роботы выходят на массовый рынок не только по причине востребованности самой технологии, но и удешевления стоимости комплектующих. Способствует этому развитие технологий искусственного интеллекта, а также сетей связи пятого поколения.

2. Концепция проекта наземного робота-исследователя труднодоступных мест Земли.

2.1. Конструктивные особенности и визуализация робота.

Исследование труднодоступных мест Земли связано с достижением определённых целей, среди которых можно выделить: геологоразведку, картографию, археологические изыскания, исследования в области метеорологии, экологические исследования и так далее.

Создаваемый робот должен предназначаться для исследования труднодоступных мест в условиях пересеченной местности, а также мест, опасных для человека, на суше и решать задачи, которые ставит исследователь, а именно:

- проводить фото- и видеосъёмку местности в видимой и инфракрасной области спектра;
- проводить геофизические работы методами магниторазведки, радиоволнового сканирования почвы, УЗ-сканирования почвы;
- анализировать климатические особенности и природные условия местности, в том числе осуществлять забор проб воздуха для химического анализа, доставку и замену метеорологических датчиков;
- осуществлять доставку и замену фотоловушек;
- осуществлять организацию подкормки диких животных;
- выполнять иные задачи, поставленные оператором.

Требования к роботу: небольшие габаритные размеры, низкая стоимость конструкции, возможность массового производства.

Исходя из поставленных целей и задач сформирована концепция модульного робота:

- транспортная платформа с возможностью установки сменного рабочего модуля для выполнения операций;
- наличие изменяемого средства связи: радиоканал при работе в ограниченном радиусе действия или спутниковый канал при работе в удаленном режиме;
- гибридная силовая установка: электродвигатели в мостах, аккумулятор и источник энергии, что позволит использовать как традиционные бензиновые или дизельные источники энергии, так и топливные элементы, дополнительные аккумуляторы или иные перспективные источники энергии.

Модульность конструкции при некотором удорожании позволит упростить техническое обслуживание и ремонт робота и облегчить модернизацию при изменении текущих задач, что обеспечит длительный срок службы базовых модулей и экономию финансовых средств. Составные части робота возможно произвести в Российской Федерации.

Разработанный концепт является безэкипажным транспортным средством, предназначенным для исследования и ведения наблюдения на суше в труднодоступной местности, а также в местах, непригодных для нахождения человека. Чертежи робота в четырёх проекциях представлены в Приложении (рисунок 10).

Робот-исследователь конструируется на концепции колесного квадроцикла с электроприводом. Двигатели расположены в мостах, по одному на мост. За образец бралась силовая установка (двигатель и редуктор в сборе) от а/м Тесла модель S. Редуктор должен быть переработан для увеличения передаточного отношения. Колеса робота должны быть с грунтозацепами, увеличенного диаметра и низкого давления для проходимости и устойчивости. Все оборудование робота находится между колес в узком корпусе. Конструктивно базовая платформа представляет из себя симметричную трубчатую раму

длиной 2900 мм шириной 550 мм и высотой 100 мм. В центральной части на длине 600 мм расширение до 1200 мм. Колеса внедорожные низкого давления, диаметром 41 дюйм (1050 мм), шириной 450 мм AVTOROS S-AGRO. Подвески выполнены на А-образных рычагах (по 2 на каждое колесо), пружина и амортизатор. Обе оси управляемые независимо с помощью электроусилителей рулевого управления. Дорожный просвет около 400 мм. Колеса выдаются за бампера на 50 мм с каждой стороны. Габариты машины на колесах составят (ДхШхВ) 3000х850х1400 мм, что позволяет перевозить ее на прицепе к легковому автомобилю или в кузове а/м Газель или аналогичного малого грузовика. Со снятыми колесами 4 машины полностью займут стандартный 20фт контейнер в двух упаковках каждая:

- 1) рама с оборудованием и ступицами 3100 мм x 1100 мм x 1100 мм,
- 2) колеса в сборе 2000 мм x 1100 мм x 1100 мм.

Благодаря технологиям компьютерного 3D моделирования, в программе Fusion 360 была выполнена визуализация концепта (см. рисунки 11-13 в Приложении).

В центральной части корпуса (см. рисунок 11 в Приложении) размещается управляющая электроника, базовый аккумулятор емкостью 16 кВт/ч (за основу взяты 3 аккумуляторные ячейки а/м Tesla модель S, емкостью 5,3 кВт/ч каждая), преобразователь энергии и модуль автопилота. В верхней части корпуса крепится сменный модуль связи. На верхней плоскости корпуса размещается подъемная телескопическая мачта с камерой кругового обзора.

Модуль связи может быть:

- спутниковым, в том числе с автоматически наводящейся приемопередающей антенной. За образец взята передвижная станция «Invisat Mobile» от ведущей российской компании Invisat (см. рисунок 14 в Приложении).
- Wi-Fi со всенаправленной штыревой антенной большой мощности
- иное радиооборудование передачи данных, признанное целесообразным для экспедиции.

При работе большого числа роботов в одном месте, они могут образовывать сеть, в которой 1 или 2 робота имеют спутниковый комплект, остальные же подключаются к ним через более дешевые Wi-Fi модули.

В передней части корпуса (см. рисунок 12 в Приложении) на раме размещается сменный рабочий модуль. Его габариты: длина 900-1000мм, ширина 550мм, высота 400-650мм. При необходимости может монтироваться манипулятор или иное оборудование. На переднем бампере размещаются: стереокамеры машинного зрения, лидар, кнопка экстренной остановки.

В задней части (см. рисунок 13 в Приложении) размещается энергетический модуль. Это может быть на выбор: генератор и топливо, аккумулятор большой емкости, топливный элемент, иной перспективный источник энергии.

Энергетический модуль может быть быстро заменен в зависимости от конкретных целей. На верхней панели энергетического модуля размещается солнечная батарея. Может быть раскладной, с помощью сервопривода, для увеличения автономности машины в исследовательском режиме или если машина служит базовой станцией связи для дронов, других машин или для иных нужд. В заднем бампере размещается набор датчиков аналогичный переднему. Для машины нет разницы ехать вперед или назад.

По размеру, крепежным элементам и коммуникациям, энергетический модуль

аналогичен рабочему модулю и может быть установлен вместо него для обеспечения каких-либо повышенных требований к мощности. Например, если использовать робота как базовую станцию связи и зарядки для большого числа БПЛА.

2.2. Оборудование робота и программа исследований.

Управление роботом объединено в единую роботизированную систему, которая состоит из функциональных компонентов:

- центр управления – рабочие места операторов дистанционного управления и диспетчера автономных единиц техники;
- серверное оборудование и программное обеспечение автономного управления;
- оборудование высокоточной навигации, включающее в себя станцию дифференциальной поправки и навигационные приемники, входящие в комплект бортового оборудования;
- беспроводная система передачи данных и система внешнего видеонаблюдения за основными зонами на маршруте и возможными местами нахождения роботов (с применением БПЛА);
- комплекты бортового оборудования, обеспечивающие автономное и дистанционное управление, и высокоточное определение местоположения;
- оборудование рабочих модулей.
- оборудование энергетических модулей.

Для выполнения поставленных задач робот комплектуется рабочими модулями и бортовым оборудованием.

Бортовое оборудование робота включает в себя:

- программно-аппаратный комплекс автономного и дистанционного управления, в котором заложена логика управления роботом и оборудование для воздействия на основные узлы управления роботом (рулевое управление, тормозная система, управление двигателем, управление освещением, световой и звуковой сигнализацией);
- оборудование высокоточной навигации, позволяющее определять не только координаты, но и ориентацию робота в пространстве;
- систему предотвращения столкновений, включающую в себя камеры и лидары, обеспечивающие обзор 360 градусов;
- оборудование видеонаблюдения, позволяющее удаленно контролировать и управлять роботом, включает в себя: стереокамеры на переднем и заднем бамперах с достаточно большой (около 500 мм) стереобазой, стереокамеру кругового обзора на телескопической мачте высотой 2-2.5 метра для осмотра окрестностей;
- систему аварийной остановки и сигнализации;
- оборудование беспроводной передачи данных.

В зависимости от целей и проводимых исследований, робот дополнительно комплектуется исследовательскими модулями, которые позволяют выполнять различные транспортные и исследовательские задачи.

Виды исследовательских модулей:

- визуальный: предназначен для фото- и видеофиксации, наблюдения, поиска жертв катастроф в условиях неблагоприятных или опасных для человека. Состоит из камеры высокого разрешения в блоке с тепловизором на подвижном манипуляторе и базы для 2-3 летающих БПЛА ближнего радиуса действия с местом для посадки с автоматической зарядной станцией для батарей дронов;

- геологический: предназначен для магниторазведки грунтов, радиоволнового сканирования грунтов, ультразвукового исследования грунтов. Содержит магнитометр, георадар, ультразвуковой сонар и компьютер первичной обработки с искусственным интеллектом. Проводит исследования в заданных точках. В случае обнаружения в результатах интересующих исследователя спектров проводит углубленное изучение в районе. Передаёт информацию на сервер в режиме онлайн или несколько раз в сутки, в зависимости от возможностей способа связи;

- эко-модуль: используется для отбора проб атмосферного и почвенного воздуха. Представляет из себя портативный газоанализатор на выдвижной телескопической мачте, для возможности отбора проб атмосферного воздуха на различной высоте и бура с насосом для отбора проб почвенного воздуха и компьютер первичной обработки с искусственным интеллектом, который передаёт информацию на сервер в режиме онлайн или несколько раз в сутки, в зависимости от возможностей способа связи;

- расстановочный: представляет из себя манипулятор и грузовую емкость с оборудованием. Предназначен для установки малогабаритного автоматического оборудования различного назначения и последующей его замены для ремонта и обслуживания. Возможно, для зарядки аккумуляторов оборудования в случае неблагоприятных условий. В качестве оборудования рассматриваются: метеостанции, фотоловушки, сейсмические датчики, станции связи для них для объединения в сеть,

- зоо-модуль: используется для автоматического наполнения кормушек для животных. Кормушка делается на базе прицепа, в модуле устанавливается автоматическое сцепное устройство и манипулятор. Робот в автоматическом режиме заменяет пустую кормушку на полную. Пустой прицеп транспортируется на базу для обслуживания и наполнения;

- иные исследовательские или специализированные транспортные или рабочие модули, которые могут применяться для автоматизации труда человека в малонаселённых районах России.

Проведение исследований труднодоступных мест суши и мест, опасных для человека, с использованием робота предлагается проводить в следующей последовательности:

1. Создание базы исходных материалов (на данном этапе выбираются объекты исследования);
2. Анализ исследуемой территории (исследование имеющихся данных о местности);
3. Составление программы исследования (выбор контрольных точек взятия проб и замеров, мест расстановки оборудования);
4. Подготовка задания для робота (разрабатывается задание на проведение мониторинговых исследований, включающих объекты исследования, точки проведения замеров и расстановки оборудования, подбирается навесное оборудование и исследовательские модули робота).
5. Анализ территории исследования (анализируются данные, полученные в результате исследования, и выполняется заключение согласно задачам исследования).

В заключении важно подчеркнуть, что робота можно перенастраивать: сегодня он выполняет операцию одного профиля, а завтра его можно перепрограммировать и поставить на другой. В этом его отличие от простых автоматов, когда конкретный механизм используется для конкретной операции. В отличие от механизированного аппарата, робот может выполнять и две операции в час, и 100.

Список использованных источников

1. Коновалова Т.И. Геосистемное картографирование. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2010. – 186 с.
2. Космический мониторинг территории. URL: <https://innoter.com/services/dannye-dzz/regulyarnyy-kosmicheskiy-monitoring/> (дата обращения: 20.12.2021).
3. Дистанционное зондирование Земли: приборы и применение. URL: <https://eos.com/ru/blog/distanczionnoe-zondirovanie-zemli/> (дата обращения: 16.12.2021).
4. Дистанционное зондирование. URL: <https://avia.pro/blog/distanczionnoe-zondirovanie> (дата обращения: 10.12.2021).
5. Инженерная геодезия. Геодезические задачи и полевые работы: Учеб. пособие / Н.Н. Загрядская, Е.Б. Михаленко, Н.Д. Беляев и др. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 192 с.
6. Тайманова, Г. К. Беспилотные летательные аппараты для мониторинга нефтепроводов / Г. К. Тайманова, Р. Е. Пак. – Текст: электронный // International Scientific and Practical Conference World science. – 2018. – Т. 1. – № 1 (29). – С. 42-43. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32314927> (дата обращения: 20.12.2021). – Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.
7. С.В. Черкасов, А.М. Фархутдинов, Д.П. Рыкованов, А.А. Шаипов, Использование БПЛА для мониторинга эксплуатации геотермальных ресурсов на примере Ханкальского месторождения. URL: <https://www.geoscan.aero/ru/blog/ispolzovanie-bpla-dlya-monitoringa-ekspluatacii-geotermalnykh-resursov-na-primere-khankalskogo> (дата обращения: 16.12.2021).
8. Куличкова, Е. М. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА): проблемы и направления использования в сельском хозяйстве / Е. М. Куличкова. – Текст : электронный // Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК. Материалы V Международной научно-практической конференции. Под редакцией С. И. Ткачева. Саратов, 2021. – С. 140-145. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46120460> (дата обращения: 21.06.2021). – Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.
9. Мироненко А.Н., Дубенсков С.О., Радионов В.А. Применение беспилотных летательных аппаратов при топогеодезическом обеспечении войск. Опыт использования и перспективы развития // Доклады и статьи ежегодной научно-практической конференции «Перспективы развития и применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами», г. Коломна, 2016. – 274 с. URL: https://function.mil.ru/files/morf/Sbornik_dokladov_konferencii_bla.pdf (дата обращения: 21.12.2021).
10. Логинов, В. В. Беспилотные летательные аппараты: отдельные проблемы в использовании, предложения по применению при проведении химической разведки на местности / В. В. Логинов, А. В. Вишняков, А. О. Осипчук, Н. П. Мураев, Б. В. Буданов – Текст : электронный // Гражданская оборона на страже мира и безопасности. Материалы V Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны: в 4 ч. Москва, 2021. – С. 172-178. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45611908> (дата обращения: 21.06.2021). – Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.
11. Кулаков Б.Б., Кулаков Д.Б., Беляев В.В. Антропоморфные роботы как новая сфера применения гидроприводов. Инженерный журнал: наука и инновации, 2013, вып. 4. URL: <http://engjournal.ru/catalog/machin/hydro/682.html> (дата обращения: 21.12.2021).
12. Томский студент создал робота-паука для военной разведки: [сайт]. URL:

<https://sib.fm/news/2015/02/06/tomskij-student-sozdal-robotu-pauka-dlja-voennoj-razvedki>
(дата обращения: 20.12.2021).

13. Как это устроено: робот Spot от Boston Dynamics [сайт]. URL: <https://habr.com/ru/post/521878/> (дата обращения: 25.12.2021).

14. Никитина Т. Ученые разработали роботов-червей для исследования труднодоступных мест. URL: <https://mir24.tv/news/16473702/uchenye-razrabotali-robotov-chervei-dlya-issledovaniya-trudnodostupnyh-mest> (дата обращения: 25.12.2021).

15. [Электронный ресурс]: <https://rtc.ru/solution/zmeelok-3m/> (дата обращения: 25.12.2021).

16. История робототехники. Происхождение первых роботов [сайт]. URL: <https://radiosopster.ru/istoriya-robotov> (дата обращения: 15.12.2021).

17. Котов П. Представлен колёсный робот Rook для военных — он может доставлять припасы, вести разведку и эвакуировать раненых. URL: <https://3dnews.ru/1054127/predstavlen-voenniy-kolyosniy-robot-rook> (дата обращения: 02.01.2022).

18. Булавин В. Может исследовать самые труднопроходимые местности этот вездеход-трансформер DuAxel. URL: <https://robroy.ru/mozhet-issledovat-samyie-trudnoprohodimyie-mestnosti-etot-vezdexod.html> (дата обращения: 02.01.2022).

19. Чистов Н. Эволюция машин: чему человек учит роботов. URL: <https://www.rusnano.com/news/20191111-vc-evolyutsiya-mashin-chemu-chelovek-uchit-robotov/> (дата обращения: 02.01.2022).

20. Катус Г.П., Мамиконов Ю.Д., Мельниченко И.К., Ильинский В.М., Карягин О.И. Информационные роботы и манипуляторы - Москва: Энергия, 1968 - с.104. URL: <http://roboticslib.ru/books/item/f00/s00/z0000025/index.shtml> (дата обращения: 20.12.2021).

21. Кадуков А. В Австралии создали робота-паука для изучения пещер [сайт]. URL: <https://www.ferra.ru/news/techlife/v-avstralii-sozdali-robotu-pauka-dlya-izucheniya-pesher-03-11-2021.htm> (дата обращения: 20.12.2021).

22. Кучейко А.А. Мировой опыт обеспечения открытого доступа к данным ДЗЗ. Экономические и технологические аспекты// Дистанционное зондирование Земли из космоса в России. 2020. № 2. С. 50-64. URL: <https://www.roscosmos.ru/media/pdf/dzz/dzz-2020-02.pdf> (дата обращения: 02.01.2022).

Приложение



Рисунок 1 – Активное ДЗЗ



Рисунок 2 – Пассивное ДЗЗ

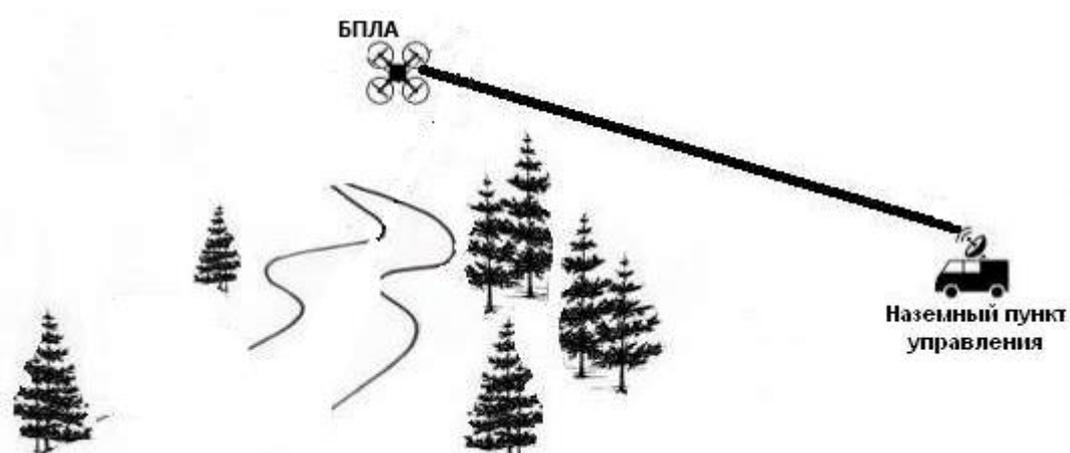


Рисунок 3 – Схема управления БПЛА



Рисунок 4 – Робот FEDOR (НПО «Андроидная техника» и Фонд перспективных исследований)



Рисунок 5 – Робот-паук (Университет Аделаиды, Австралия)

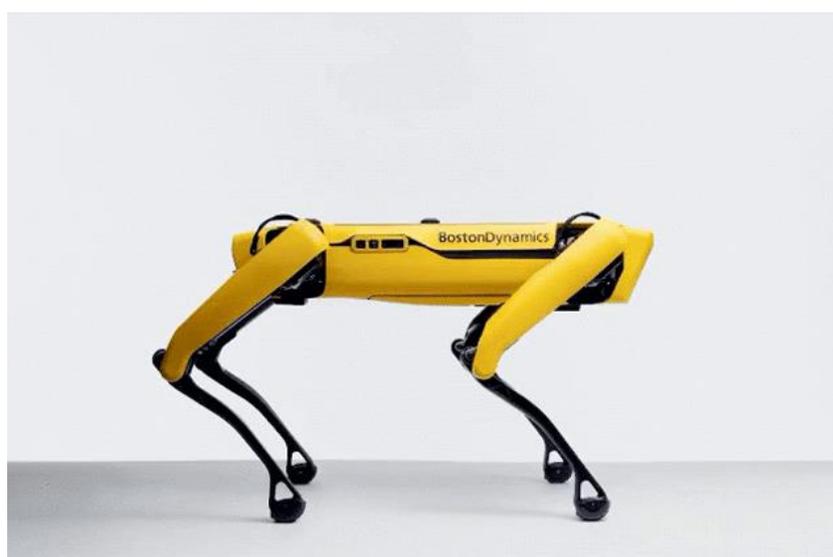


Рисунок 6 – Робот Spot (Boston Dynamics)



Рисунок 7 – Робот «ЗМЕЕЛОК-3М» (ГНЦ РФ ЦНИИ РТК)



Рисунок 8 – Робот Rook (Elbit Systems и Roboteam)

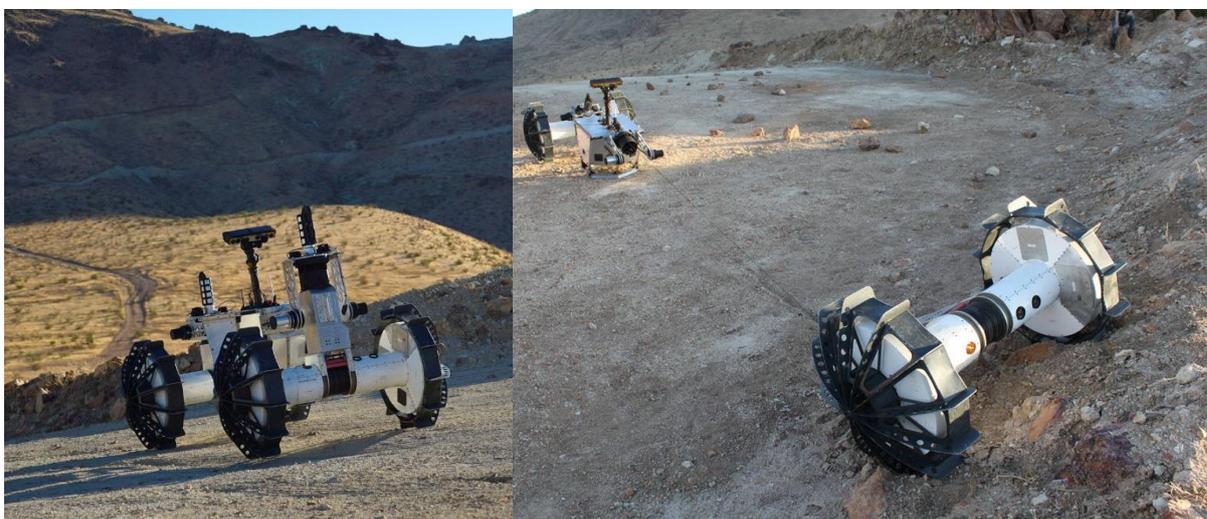


Рисунок 9 – DuAxel (Лаборатория реактивного движения (Jet Propulsion Laboratory) NASA)



Рисунок 14 – передвижная станция «Invisat Mobile» от Invisat

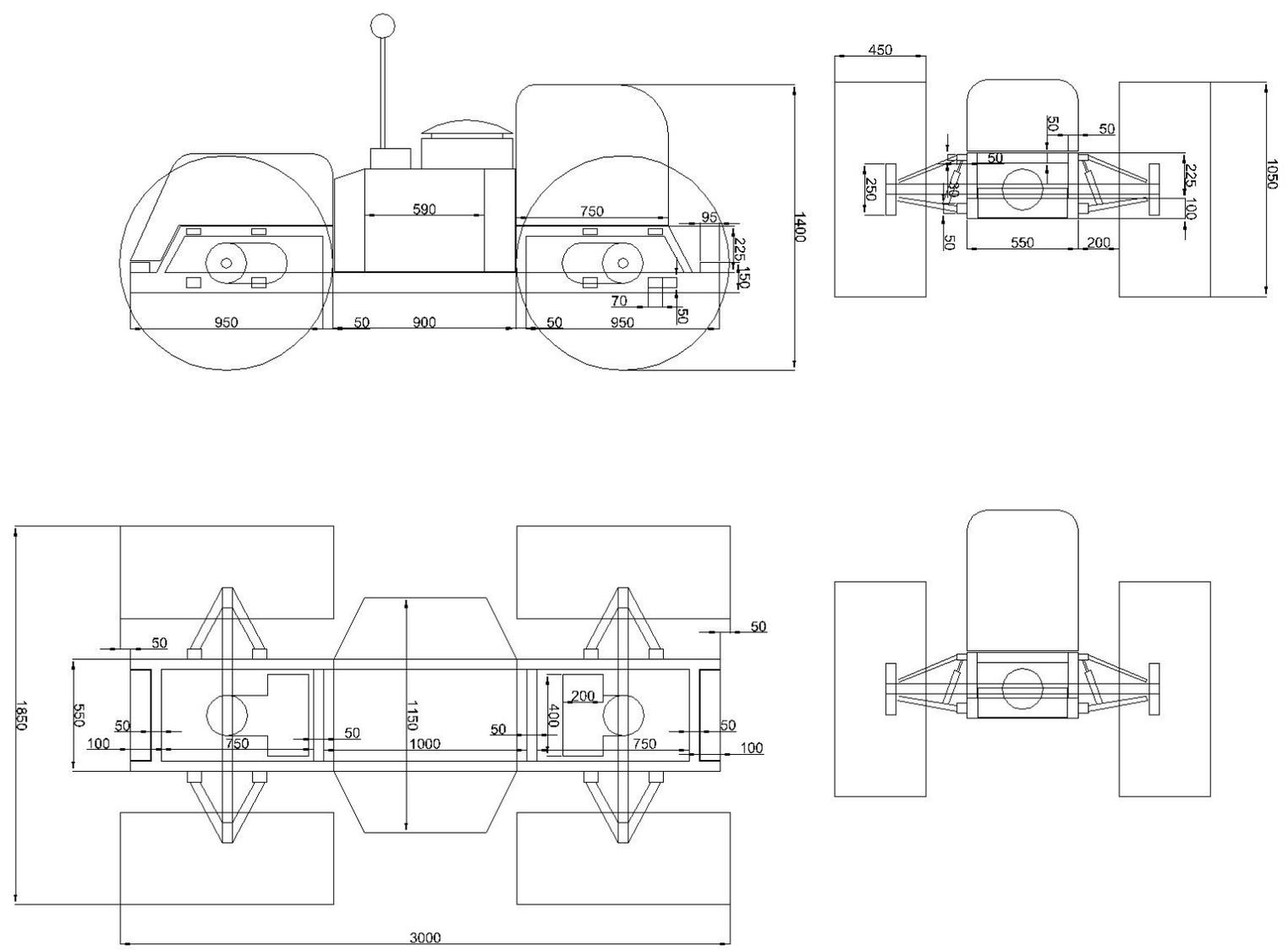


Рисунок 10 – Чертёж робота-исследователя в 4 проекциях

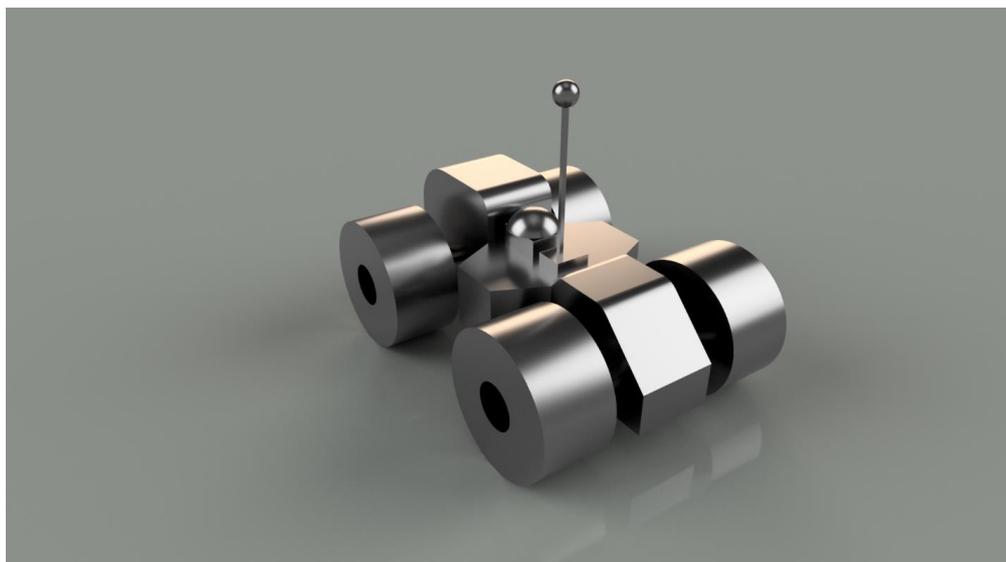


Рисунок 11 – Визуализация робота, вид сверху

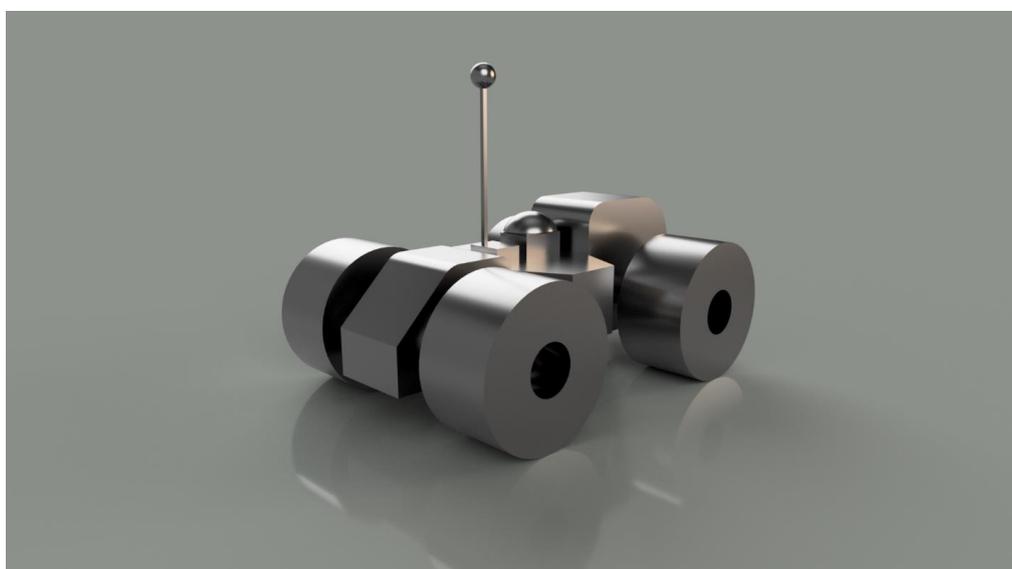


Рисунок 12 – Визуализация робота, вид спереди



Рисунок 13 – Визуализация робота, вид сзади

РЕЦЕНЗИЯ

на проектную работу

Чертовой Алисы Дмитриевны на тему: «Концепт робота для исследования опасных и труднодоступных мест суши».

(научный руководитель- Степанов Александр Андреевич, педагог дополнительного образования МБОУ ЛСТУ №2 г. Пензы)

Проектная работа Чертовой Алисы Дмитриевны посвящена актуальной, с точки зрения робототехники, проблеме – исследованию труднодоступных мест Земли.

Используя широкий спектр научной литературы, Алиса Дмитриевна, изучила современные достижения робототехники в области исследования опасных для человека и труднодоступных мест суши.

Проектная часть работы представляет собой полностью самостоятельную разработку автора и посвящена созданию концепта робота-исследователя.

Методы исследования, использованные автором при создании проектной работы, являются научными и общепризнанными. Результаты проектной работы представлены достаточно полно и наглядно. Для представления результатов работы используется 3D-визуализация.

Стиль изложения материалов проектной работы Чертовой А.Д. научный. Работа имеет законченный характер и соответствует требованиям, предъявляемым к работам данного вида.

Рецензент:
педагог дополнительного образования
МБОУ ЛСТУ №2 г. Пензы



Степанов А. А.