

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра Проектирование и эксплуатация автомобилей

(наименование)

23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Автомобили и автомобильный сервис

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Разработка трехколесного мотовездехода для эксплуатации в
условиях бездорожья

Обучающийся

Д.О. Пронин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент А.В. Бобровский

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

Аннотация

В рамках выпускной квалификационной работы предложен проект универсальной платформы внедорожного мотовездехода, на базе которой может быть разработан трайк с двигателем внутреннего сгорания или с электрической силовой установкой.

В ходе исследования произведен анализ потребности в разработке трехколесного вездехода для мониторинга особо охраняемых природных территорий, проведен сравнительный анализ представленных на данный момент конструкций трайков и трициклов с упором на технические характеристики и преимущества.

На основании выявленных требований к конструкции мотовездехода подобраны компоненты, предложено компоновочное решение. Приведен расчет себестоимости прототипа трицикла.

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки в размере 42 страниц, содержащей 7 таблиц, 24 рисунка и графической части, содержащей 6 листов.

Содержание

Введение.....	7
1 Состояние вопроса	8
1.1 Актуальность разработки малого внедорожного транспорта	8
1.2 Классификация мотовездеходов.....	15
2 Разработка внедорожного мотовездехода	19
2.1 Анализ аналогичных конструкций.....	19
2.2 Определение геометрии мотовездехода	26
2.3 Расчет себестоимости изготовления	36
Заключение	42
Список используемой литературы и используемых источников.....	43

Введение

Настоящая ситуация порождает потребность в том, чтобы пересмотреть подходы к мониторингу ООПТ (особо охраняемых природных территорий). Одним из доступных методов решения данной проблемы может стать замена бензиновой спецтехники на технику с электрической силовой установкой.

Учитывая проблемы, связанные со сложностями перехода к использованию электрической техники, можно выдвинуть гипотезу о необходимости разработки такой универсальной платформы вездеходного квадроцикла или трицикла, которая позволила бы модульно переоборудовать ТС из бензинового в электрическое или наоборот. Это обеспечит постепенный переход от мототехники с ДВС к технике с электрической силовой установкой.

Целью данной работы является разработка внедорожного трицикла, в связи с чем был определен ряд задач:

- охарактеризовать актуальность разработки малого внедорожного транспорта;
- привести существующую классификацию мотовездеходов;
- проанализировать аналогичные конструкции;
- определить геометрию мотовездехода;
- произвести расчет себестоимости трицикла.

В рамках данной выпускной квалификационной работы были проанализированы некоторые наиболее популярные модели трайков и предложена конструкция трицикла, отвечающая потребностям рынка. Разработанный мотовездеход можно использовать для мониторинга особо охраняемых природных территорий: лесничеств, парков, заповедных зон.

1 Состояние вопроса

1.1 Актуальность разработки малого внедорожного транспорта

На территории РФ располагаются особо охраняемые природные территории (ООПТ) – специальные территории, выделенные под такие цели, как сохранение дикой природы и биоразнообразия, а также для научных исследований, сохранения конкретных природных или культурных объектов, для устойчивого использования ресурсов, для туризма и образования. Во всем мире насчитывается более 100000 таких территорий, которые в совокупности покрывают около 12,5% поверхности суши. Более 5000 морских охраняемых территорий занимают ~1,2% площади Мирового океана. В литературе [10] описаны примеры различных типов заповедников и заповедных зон.

На данный момент мониторинг особо охраняемых природных территорий приходится осуществлять с использованием специальной бензиновой техники – чаще всего с помощью трициклов и квадроциклов с двигателем внутреннего сгорания (ДВС).

Подобная техника обладает хорошей геометрической проходимостью, достаточной скоростью и грузоподъемностью для выполнения целей, связанных с мониторингом парков и заповедников. Проблема, однако, заключается в том, что бензиновые транспортные средства вносят значительный фактор акустического беспокойства для животного мира природоохранных зон.

Как отмечается в некоторых источниках [2], для определения рисков в таком случае необходима информация о доле популяции, подвергшейся воздействию, в течение какого времени и в ходе какой деятельности это происходило. Антропогенный шум является основным глобальным загрязнителем, и исследования показывают, что шум действительно может влиять на животных, обитающих в охраняемых зонах и заповедниках.

Было обнаружено, что воздействие антропогенного шума одинаково применимо к большинству видов. Следовательно, антропогенный шум следует рассматривать как серьезную форму изменения и загрязнения окружающей среды.

Кроме того, несмотря на то, что промышленность привела к значительным достижениям в области технологий и транспорта, она также поспособствовала ухудшению окружающей среды. Трициклы и квадроциклы с ДВС, с помощью которых осуществляется мониторинг заповедных зон, неизбежно меняют свойства воздуха за счет выброса вредных веществ, таких как CO₂. Появляется потребность в поиске решений, позволяющих смягчить негативное воздействие автомобильной промышленности на экологию.

Таким образом, настоящая ситуация порождает потребность в том, чтобы пересмотреть подходы к мониторингу ООПТ.

Как известно, автомобильная промышленность играет важную роль как в мировой экономике, так и в мире исследований и разработок (НИОКР). Благодаря постоянному развитию технологий транспортные средства теперь оснащены функциями, которые отдают приоритет безопасности как пассажиров, так и пешеходов [1]. С другой стороны, в городских районах наблюдается резкий рост выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, таких как диоксид серы (SO₂), оксиды азота (NOX), оксид углерода (CO) и твердые частицы (PM) [2]. Транспортная отрасль оказывает наибольшее общее воздействие на окружающую среду, на ее долю приходится более 25% мирового потребления энергии и выбросов парниковых газов. На автомобильный транспорт приходится более 70% выбросов сектора.

Одним из доступных методов решения данной проблемы может стать замена бензиновой спецтехники на технику с электрической силовой установкой.

Чтобы найти ответы на проблемы зависимости от нефти и сокращения выбросов, в глобальных масштабах была предложена концепция

«устойчивого транспорта». Научно-исследовательский институт электроэнергетики утверждает, что даже в отличие от более эффективных обычных транспортных средств, широкое использование электромобилей значительно сократит выбросы парниковых газов. Кроме того, с помощью электромобилей снижается шум и вибрация [3].

Тем не менее, несмотря на многочисленные преимущества электромобилей, их рыночная доля в общем объеме продаж по-прежнему невелика: на долю электромобилей приходится лишь 14% всех легковых автомобилей, приобретаемых в мире. Электромобили менее привлекательны для типичного покупателя из-за ограниченного запаса хода, длительных периодов зарядки и высоких первоначальных цен [4]. Ограниченная доступность зарядной инфраструктуры является еще одним серьезным препятствием на пути широкого внедрения электромобилей.

Для решения этих сложных проблем необходимы высококачественные услуги, особенно для того, чтобы электромобили могли захватить рынок, и государства прделывают решающую работу по созданию индустрии электромобилей [17]. Недавние исследования были сосредоточены на различных вопросах оказания услуг, которые считаются важными для стимулирования роста индустрии электромобилей. Например, необходимо стимулирование рынка электромобилей с помощью государственных программ стимулирования, а также развитие инфраструктуры зарядных станций для удовлетворения потребностей потребителей при минимизации социальных издержек [18],[19].

Однако массовый рост использования электромобилей породил ряд трудностей, проблем, неопределенностей и опасений, включая высокую стоимость инфраструктуры, цены на электромобили, нехватку зарядных станций и ограниченный ассортимент. Аккумуляторы – их цена и вопрос утилизации – по-прежнему остаются наиболее серьезной проблемой.

Цена электромобилей зачастую выше, чем у их бензиновых аналогов, что делает их менее доступными для потребителей. Более того, нехватка

зарядных станций является серьезной проблемой, которую необходимо решать, особенно в регионах с низкой плотностью населения. Кроме того, ограниченный запас хода электромобилей или беспокойство по поводу запаса хода является серьезным препятствием для их широкого внедрения.

Проблема с батареями. Производительность батарей по-прежнему остается серьезной проблемой. Аккумуляторы дорогостоящие, тяжелые и требуют частой зарядки, что делает их менее практичными для ежедневного использования. На данный момент активно разрабатывается более совершенная технология для решения этих проблем, включая увеличение запаса хода, снижение веса, снижение затрат и времени зарядки. Технологии, применяемые в аккумуляторах, в конечном итоге определяют успех или провал электромобилей на рынке [20].

Интеграция электромобилей в умные города. Ожидается, что электромобили будут играть жизненно важную роль в транспортных системах умных городов. Однако их интеграция требует совместных усилий правительства, заинтересованных сторон отрасли и граждан. Это включает в себя развитие зарядной инфраструктуры, продвижение возобновляемых источников энергии и поощрение использования общественного транспорта.

Учитывая перечисленные проблемы, можно выдвинуть гипотезу о необходимости разработки такой универсальной платформы вездеходного квадроцикла или трицикла, которая позволила бы модульно переоборудовать ТС из бензинового в электрическое или наоборот. Это обеспечит постепенный переход от мототехники с ДВС к технике с электрической силовой установкой.

Помимо этого, такой подход позволит переоборудовать существующий парк бензиновых мотовездеходов. За последние годы процесс ремоторизации уже был запущен предприятием «Автотор» для гражданских автомобилей и показал успешность переоснащения подержанных автотранспортных средств электрической силовой установкой [7].

Динамика продаж новой мототехники в РФ за 2023 и 2022 года продемонстрирована в таблице 1.

Таблица 1 – Динамика продаж мототехники

Месяц	2023 г.	2022 г.	Изм., %
Январь	278	269	3,3
Февраль	454	482	-5,8
Март	1264	1130	11,9
Апрель	4408	2881	53,0
Май	4436	2417	83,5
Июнь	4465	2382	87,4
Всего за полгода	15305	9561	60,1

Рассматривая ситуацию на рынке, можно увидеть, что с начала марта спрос на технику начал расти, в очередной раз подтверждая сезонный характер продаж этой техники. При этом с каждым месяцем рыночный рост только усиливался.

Самые продаваемые марки мототехники за полугодие 2023 и 2022 года [6] отражены в таблице 2.

Таблица 2 – Продажи по маркам

№	Марка	6 мес. 2023 г.	6 мес. 2022г.
1	REGULMOTO	2026	1046
2	BAJAJ	1668	1501
3	RACER	1604	51
4	MOTOLAND	1431	1114

Продолжение таблицы 2

№	Марка	6 мес. 2023 г.	6 мес. 2022г.
5	VOGE	746	141
6	KAYO	725	435
7	WANQIANG	594	352
8	MINSK	566	435
9	KTM	537	180
10	SHINERAY	523	194
	Всего:	15305	9561

Таким образом, можно сделать вывод, что спрос на мототехнику, включая трициклы и квадроциклы, растет. Данная спецтехника, однако, остается сезонным товаром [8].

Для определения потребности в приобретении разрабатываемого трицикла был проведен анализ запросов по словам в ключевых поисковых системах сети Интернет. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Запросы по словам

Запрос по словам на https://wordstat.yandex.ru/	Запросы за месяц всего	Запросы за месяц по Самарской области	Запросы за год всего	Запросы за год по Самарской области
трицикл купить	18359	286	1296	0
трицикл электрический	3425	70	467	0
купить трицикл бензиновый	1460	9	0	0
купить электрический трицикл	1750	12	0	0
трайк купить	1958	23	968	0
электрический трайк/электро трайк	364	13	0	0

Продолжение таблицы 3

Запрос по словам на https://wordstat.yandex.ru/	Запросы за месяц всего	Запросы за месяц по Самарской области	Запросы за год всего	Запросы за год по Самарской области
трайк бензиновый	66	3	0	0
купить трайк бензиновый	26	0	0	0
купить трайк электрический	89	1	0	0

Динамика по запросам «купить трицикл бензиновый», «трицикл бензиновый» за 2022 год представлена на рисунке 1.

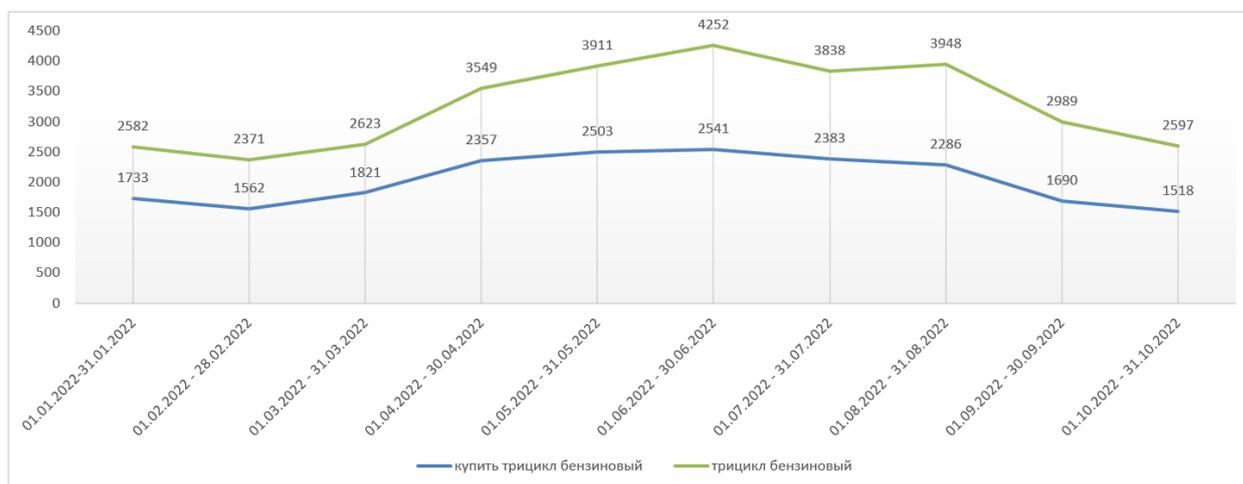


Рисунок 1 – График запросов за год, бензиновые трициклы

Динамика по запросам «трицикл купить», «трицикл электрический» за 2022 год представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – График запросов за год, электрические трициклы

Средние значения за год составляют 25988,4; 6553,8. Можно сделать вывод, что трайки и трициклы с электрической силовой установкой уступают в популярности бензиновым аналогам, однако спрос на них есть, и он достаточно стабилен в течение года.

Проведенный анализ запросов в поисковых системах показал наличие заинтересованности в приобретении трехколесного мотовездехода, т.е. трицикла или трайка [5].

1.2 Классификация мотовездеходов

Мотовездеходы подразделяются на два типа по обозначению производителя. Мотовездеходы типа I предназначены производителем для использования одним водителем без пассажира. Мотовездеходы типа II предназначены для использования водителем и пассажиром и оборудованы специальным местом для сидения позади водителя.

Мотовездеходы могут быть трех- или четырехколесной компоновки.

В классической трехколесной компоновке два ведущих колеса располагаются сзади, единственное переднее колесо обеспечивает управляемость и рулежку.

Также существуют так называемые «обратные трайки» – транспортные средства, у которых заднее ведущее колесо единственное, а спереди стоят два колеса, которые обеспечивают поворот.

Некоторые относят к трициклам также мотоциклы, которые имеют возможность установить мотоколяску, у данной конструкции ведущим является одно колесо.

К тому же, на трайке намного проще ездить неподготовленному байкеру, т. к. не требуются навыки умения держать равновесие тяжелой техники.

Приводят также такую классификацию, позволяющую определить разницу между трициклом и трайком:

- трайк – трехколесный мототранспорт, в котором одно колесо находится спереди и два сзади;
- класс трициклов может включать трайки, но, как правило, трициклами называют модели, где есть два передних колеса и одно заднее.

Преимущества трициклов на бездорожье (относительно квадроциклов):

- более простая конструкция по сравнению с четырехколесными;
- меньшая масса, за счет чего достигается лучшая динамика;
- отсутствие диагонального вывешивания, т. к. все три колеса всегда стоят на поверхности.

Недостатки:

- несовпадение колеи переднего колеса и задней оси,
- сложная реализация полного привода,
- неустойчивость, т. к. отсутствует четвертая опора.

Анализ рынка мототехники, в частности, мотовездеходов и трайков, позволяет выделить ряд моделей, различных по конструкции и некоторым другим особенностям.

На рисунке 3 показан двухместный трицикл, отличительная особенность которого заключается в том, что его корпус имеет возможность наклоняться

на 45 градусов в обе стороны, при этом задняя часть трайка, где находится двигатель, остается перпендикулярной дороге, а наклон обеспечивается гидравлической системой Dynamic Vehicle Control.



Рисунок 3 – Гибридный трицикл VentureOne

На вездеходы российской разработки от компании «Лебедев моторс» устанавливаются различные моторы и комплектующие в зависимости от желаний клиента. Трицикл оборудован светодиодной фарой, задним фонарем, а также поворотниками. Также на данном трицикле установлена коробка переключения передач (рисунок 4).



Рисунок 4 – Мотовездеход Атаман МАХ

Вездеход Скаут-2 на рисунке 5 имеет простую конструкцию, мотор и трансмиссию от компании Lifan. Транспортное средство разгоняется до 35 км/ч, чего вполне хватает для передвижения по лесу и грунтовым дорогам.



Рисунок 5 – Мотовездеход Скаут-2

Выводы по разделу

Была обоснована потребность в разработке мотовездеходов. В частности, такие транспортные средства широко применимы при осуществлении мониторинга особо охраняемых природных территорий, к которым относятся парки, заповедники и лесничества на территории РФ. Были приведены некоторые модели мотовездеходов с трехколесной компоновкой как наиболее конкурентные конструкции.

2 Разработка внедорожного мотовездехода

2.1 Анализ аналогичных конструкций

Проведем сравнительный анализ нескольких наиболее популярных моделей трайков на данный момент. Сравнение проводилось по таким параметрам, как тип двигателя, мощность двигателя, коробка передач, вес, объем бака, цена. Также были выявлены основные достоинства и недостатки трициклов.

Результаты сравнительного анализа представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Сравнение моделей трайков

Модель	Тип двигателя	Мощность двигателя	Коробка передач	Вес, кг	Объем бака/акб	Цена, руб., от:
Harley-Davidson Tri Glide Ultra	ДВС 1868 см ³	87 л.с.	шестиступенчатая	564	22,7 л	3800000
Зид «Бархан»	ДВС 200 см ³	16,3 л.с.	пятиступенчатая	330	15 л	190000
Doohan iTank EV3 Pro 3000W	ЭД	мотор-колесо 3000 Вт	двухступенчатая	160	2600 мАч (80-100км)	380000
Etoro Vespa Sport 2021	ЭД	мотор-колесо 1000 Вт	одна скорость	130	2000 мАч (30-40 км)	120000
Stels Desna 200	ДВС 196 см ³	13,9 л.с.	механическая	315	11 л	135000

Продолжение таблицы 4

Модель	Тип двигателя	Мощность двигателя	Коробка передач	Вес, кг	Объем бака/акб	Цена, руб., от:
TRIKE2B	ЭД	мотор-колесо 250 Вт	одна скорость	50	2240 мАч 50 км	26000 0
Can-am SPYDER F3	ДВС 1330 см ³	105 л.с.	полуавтоматическая	408	27 л	19190 00

Также были выявлены основные преимущества каждой модели:

- Harley-Davidson Tri Glide Ultra: качество, мощный двигатель, хорошая устойчивость;
- ЗиД «Бархан»: вездеход;
- Doohan iTank EV3 Pro 3000W: экологичность, быстрый разгон;
- Etoro Vespa Sport 2021: цена, возможность ограничения скорости;
- Stels Desna 200: откидной кузов, подвеска для бездорожья;
- TRIKE2B: надежно спроектирован;
- Can-am SPYDER F3: эффектный внешний вид, удобное круизное сиденье.

Представленный на рисунке 6 Harley-Davidson Tri Glide Ultra имеет, однако, и существенный недостаток. В частности, фирменные детали являются малодоступными и достаточно дорогостоящими.



Рисунок 6 – Трицикл Harley-Davidson Tri Glide Ultra

На рисунке 7 изображен вездеход ЗиД «Бархан», недостатком которого выступает плохая маневренность из-за больших габаритов [11].



Рисунок 7 – Вездеход ЗиД «Бархан»

Трайк Doohan iTank EV3 Pro 3000W (рисунок 8) отличается экологичностью на этапе использования, однако в случае выхода из строя стоимость нового аккумулятора будет сопоставляться с третьей себестоимости всего трицикла [10].



Рисунок 8 – Doohan iTank EV3 Pro 3000W

Несмотря на конкурентную цену, Etoro Vespa Sport 2021 (рисунок 9) отличается тем, что он практически неремонтопригоден в случае поломки двигателя или АКБ [9].



Рисунок 9 – Etoro Vespa Sport 2021

Недостатком Stels Desna 200, представленном на рисунке 10, является то, что металл быстро охватывает коррозия.



Рисунок 10 – Stels Desna 200

Небольшой трицикл TRIKE2B на данный момент можно обслуживать только на территории нескольких городов РФ, где представлены сервисные центры [16].

Наконец, на рисунке 11 изображен трайк Can-am SPYDER F3, недостатком которого можно назвать низкий клиренс (11,5 см), что делает его пригодным не для всех российских дорог [12].



Рисунок 11 – Can-am SPYDER F3

Наибольшей популярностью мототехника пользуется в Москве, Московской области, Санкт-Петербурге, Краснодарском крае и Свердловской области [14]. Для первых трех областей это объясняется хорошей платежеспособностью населения, а в Краснодарском крае мототехника часто используется в качестве прогулочного транспорта для туристов в связи с благоприятными климатическими условиями края [13].

Наиболее популярные модели среди новой мототехники в России приведены на рисунке 12.

№	Марка	2022 г.	2021 г.	Изм., %
1	BAJAJ	2340	2444	-4,3
2	REGULMOTO	1971	1060	85,9
3	MOTOLAND	1806	1856	-2,7
4	BMW	1050	2831	-62,9
5	AVANTIS	912	378	141,3
6	MINSK	775	397	95,2
7	KAYO	649	607	6,9
8	WANQIANG	611	169	261,5
9	HARLEY-DAVIDSON	602	1239	-51,4
10	VOGE	458	33	1287,9
	Всего по России	15493	18423	-15,9

Рисунок 12 – Популярные модели мототехники

Таким образом, на основе вышеперечисленных исследований, были выявлены следующие требования к конструкции мотовездехода [15]:

- водонепроницаемость: обеспечение возможности заходить на глубину брода до 800 мм, что позволит преодолевать в том числе болотистую местность. Сравнительно небольшое количество трициклов отличаются хорошей водонепроницаемостью, поэтому это может стать конкурентным преимуществом разрабатываемого трайка. Для обеспечения водонепроницаемости требуются компоненты с классом водонепроницаемости IP66 и выше;
- хорошая геометрическая проходимость: обеспечивается трехколесной компоновкой и малогабаритным шасси при общем весе конструкции не более 150 кг;
- наличие быстросъемной батареи: обеспечение возможности увеличения максимального расстояния, проезжаемого на одной зарядке, за счет быстрой замены разрядившегося аккумулятора на новый модуль.

2.2 Определение геометрии мотовездехода

С учетом анализа конкурентов на рынке и потребностей потребителя для разрабатываемого трехколесного мотовездехода был подобран электромотор со следующими характеристиками:

- QS Motor 4 кВт,
- номинальный крутящий момент 32 Нм,
- максимальный крутящий момент 150 Нм,
- метод охлаждения: воздушное охлаждение,
- КПД: 93%,
- номинальная сила тока: 60 А,
- пиковая сила тока: 200 А,
- пиковая мощность: 13,5 кВт,
- номинальное напряжение: 72 В,
- скорость: 4800 об./мин,
- рабочая температура: 70-120 С, пиковая 150 С,
- класс водонепроницаемости: IP66.

На рисунке 13 представлен скрин с выбранным двигателем с сайта производителя.

SPECIFICATION

Motor Type:	PMSM Inner Rotor Motor
Brand:	QS Motor, QSMOTOR
Motor Design:	Single axle
Matched Tire:	17 inch so on
Magnet Height:	90mm, 5 pole pairs
Motor Gear ratio:	1:2.35
Rated Power:	4000W(Max continue 7500W)
Peak Power:	13.5kW
Rated Voltage:	72V
Speed:	4800RPM
With Flux Weakening(RPM):	7000RPM
Rated Torque:	32N.m.
Max Torque:	150N.m.
Cooling Method:	Air cooling
Max Efficiency:	93%
Rated Current:	60A
Max bus Current:	200A
Thermic Probe:	KTY83/122 (as default)
Working Temperature:	70-120°C , peak 150 °C
Hall Sensor:	Single Hall Set with waterproof connectors
Phase Wire:	20mm ² Cross Section (not include insulation layer)
Waterproof Grade:	IP66
Color:	Black
N.W./G.W.:	approx 14.5kgs/15.5kgs
Package Dimension:	34cm*34cm*33cm/piece



Рисунок 13 – Выбранный мотор

Для работы с выбранным двигателем был подобран контроллер со следующими характеристиками:

- номинальный ток: 200 А,
- пиковый ток: 600 А,
- максимальная мощность: 18000 Вт,
- вес: 2,44 кг,
- номинальное напряжение: 72 В,
- класс водонепроницаемости: IP67,
- КПД: $\geq 92\%$.

Внешний вид компонента показан на рисунке 14.



Рисунок 14 – Выбранный контроллер

Также была подобрана панель приборов со следующими характеристиками:

- размер: 185 мм x 90 мм x 80 мм,
- вес: 0,35 кг,
- рабочее напряжение: 48-120 В,
- есть датчик Холла.

Внешний вид компонента показан на рисунке 15.



Рисунок 15 – Выбранная приборная панель

Конструкция электрического трицикла будет создаваться на базе бензинового прототипа, который уже был создан и испытан в 2023 году. В связи с этим следует привести параметры разработки с ДВС.

Задняя часть:

- ось задняя для карта Dino диаметр 30 мм, длина 900 мм (шпоночный паз 8 мм);
- ступица тормозного диска стальная разрезная посадочный Φ 30;
- ступица тормозного диска D 30;
- тормозной диск;
- корпусный подшипник (чугунный корпус) внутренний Φ 30 мм;
- шина CARLISLE ACT 25X11-R12;
- MTZ крыло переднее MT3-82, серия 900 УК широкое;
- замок для цепи DID 428NZ FJ защелка;
- суппорт тормоза заднего TTR125 один поршень;
- цепь DID 428 NZ.

Передняя часть:

- амортизаторы (пара) задние 340 мм SDTW (регулируемые);
- сиденье водителя Delta;
- крыло переднее «Скаут» пластиковое;
- шина CARLISLE ACT 25X8-R12;
- подножки на мотоцикл GSB Cross Riding для мотокросса, эндуро (комплект, пара);
- ступица колеса ВАЗ 1111.

Внешний вид прототипа показан на рисунке 16.

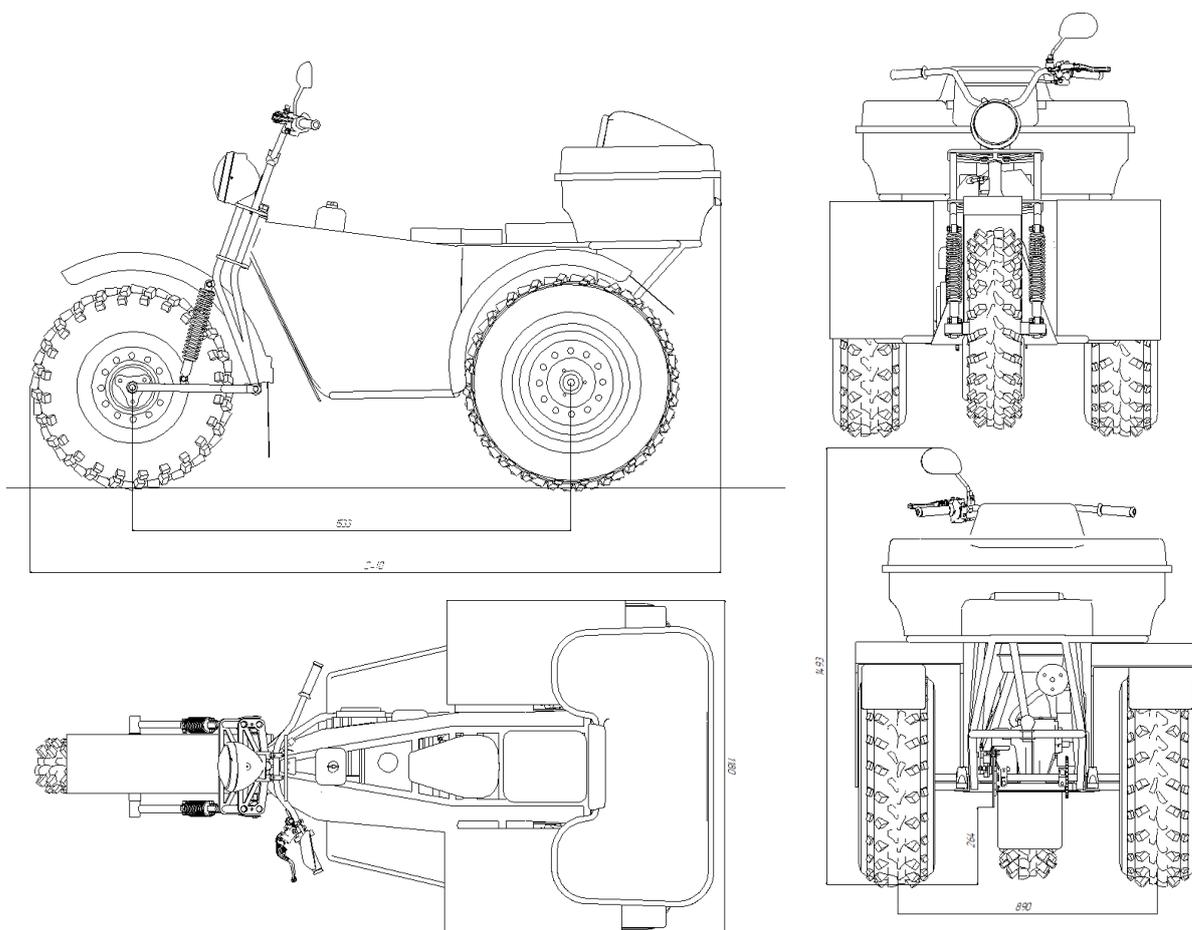


Рисунок 16 – Внешний вид прототипа

Электрический трицикл, изготавливаемый на базе прототипа бензинового трайка, будет иметь изменения, указанные в таблице 5.

Таблица 5 – Итоговые параметры электрического мотовездехода

Параметр	Бензиновый прототип собственной разработки	Электрический мотовездеход
Габариты (ДхШхВ, мм)	2400 x 1180 x 1493	2015 x 1100 x 1120
Колесная база (мм)	1533	1350
Высота по сиденью (мм)	900	850

Продолжение таблицы 5

Параметр	Бензиновый прототип собственной разработки	Электрический мотовездеход
Дорожный просвет (мм)	264	270
Масса (кг)	130	~150
Тип колес	Универсальная, грязевая	Низкого давления 0,3-1,0 атм.
Размер колес (дюйм)	25x8x12/25x11x12	22x11x8

Для проектирования подвески и рулевой системы мототранспорта применяют проектировочную схему на рисунке 17, где указаны основные параметры, которые должны быть учтены при проектировании мототранспорта.

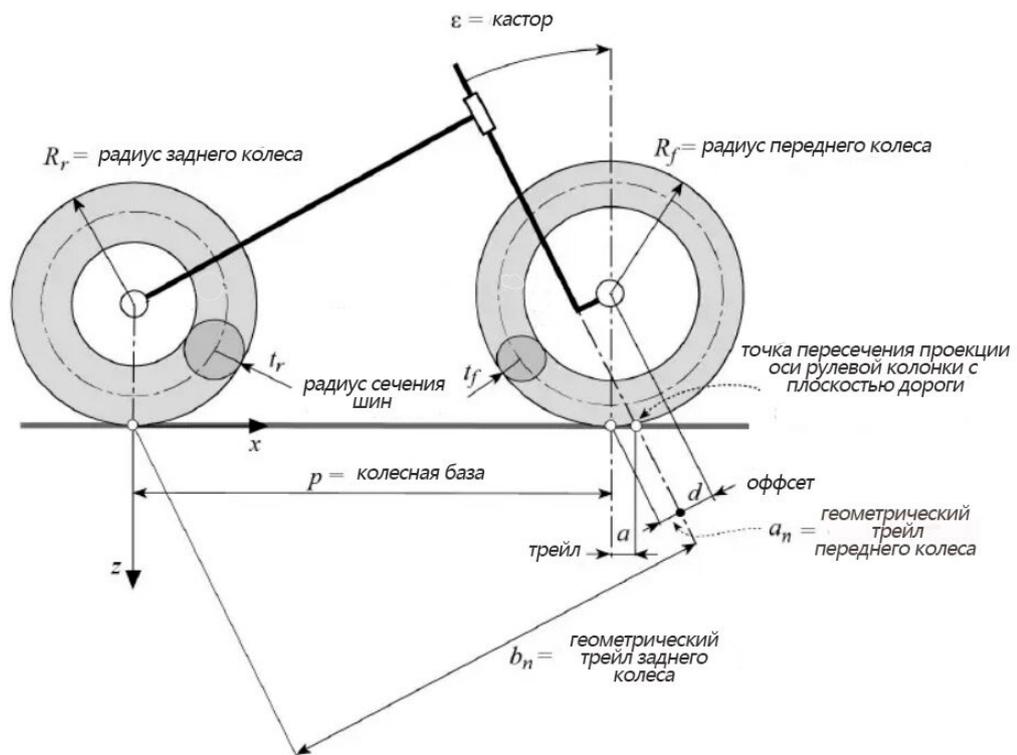


Рисунок 17 – Схема проектирования подвески и рулевого управления мотовездехода

На рисунке 18 показаны действительные параметры разработанного мотовездехода на базе проектировочной схемы, указанной на рисунке 1.

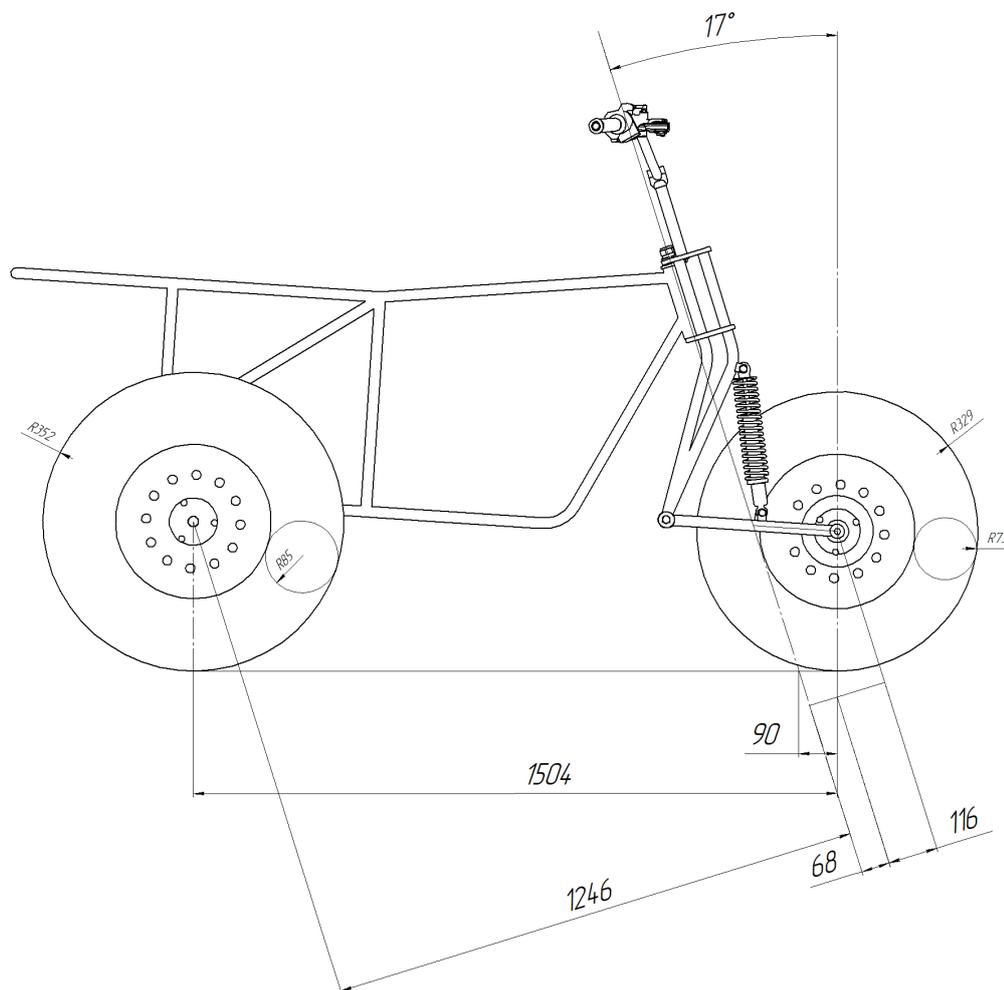


Рисунок 18 – Параметры мотовездехода на базе проектировочной схемы

На рисунке 19 показана рулевая система мотовездехода. Можно видеть, что качающийся маятник прикреплен к рулевой вилке, соединенной мощными траверсами. Рулевая система данного мотовездехода является надежной, так как проектировалась с увеличенным запасом прочности.

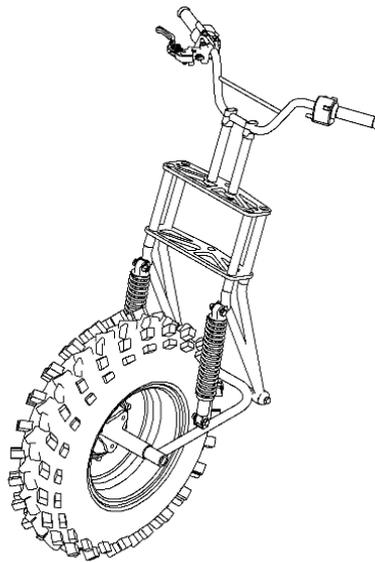


Рисунок 19 – Рулевая система мотовездехода

На рисунке 20 также показана рулевая система мотовездехода на виде спереди, а также показана проектировочная схема рулевого управления мотовездехода с основными параметрами, влияющими на управляемость и устойчивость мототранспорта.

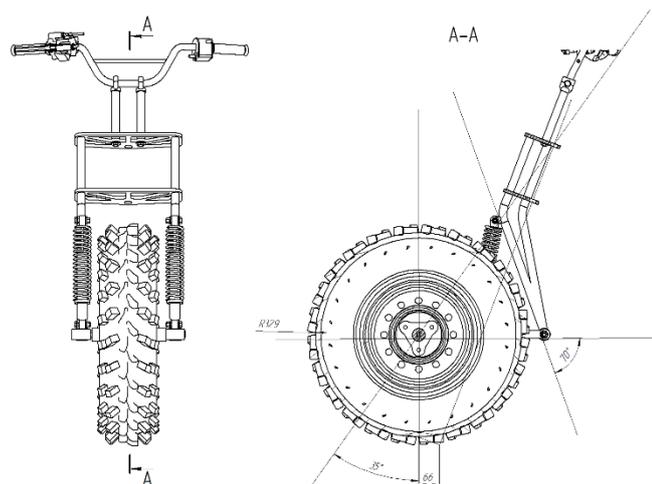


Рисунок 20 – Параметры рулевого управления мотовездехода

На виде сверху можно увидеть, что данный мотовездеход является двух-трех местным, а также имеет место для установки багажного отсека. Кроме того, для более комфортной езды по бездорожью установлены защищающие от камней и грязи крылья на каждое колесо (рисунок 21).

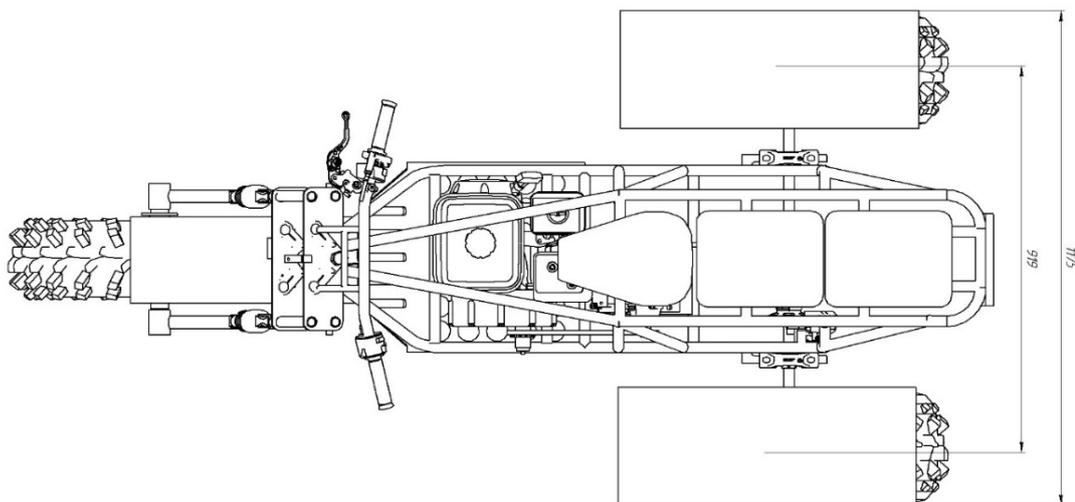


Рисунок 21 – Вид мотовездехода сверху

Для большей наглядности, разработанный мотовездеход показан на рисунке 22 в изометрии.

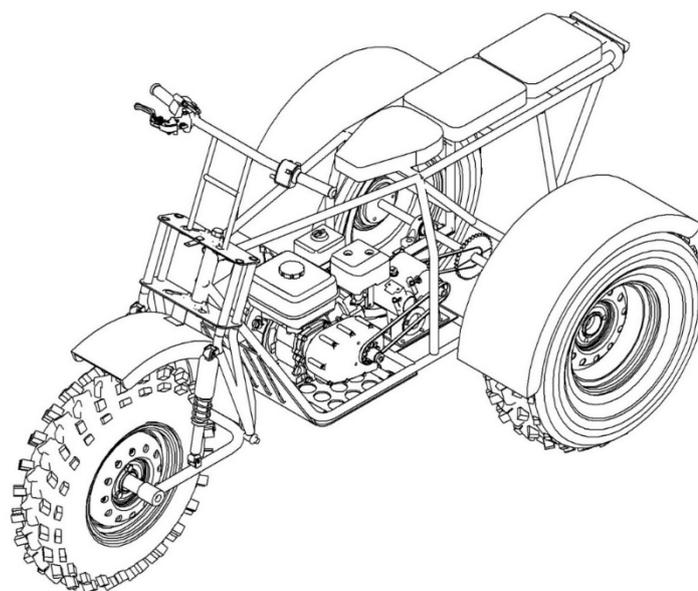


Рисунок 22 – Вид мотовездехода в изометрии

На виде сбоку, который показан на рисунке 23, можно увидеть увеличенный дорожный просвет и внедорожные шины, что подтверждает статус вездехода, а также достаточно высокую посадку водителя и пассажиров.

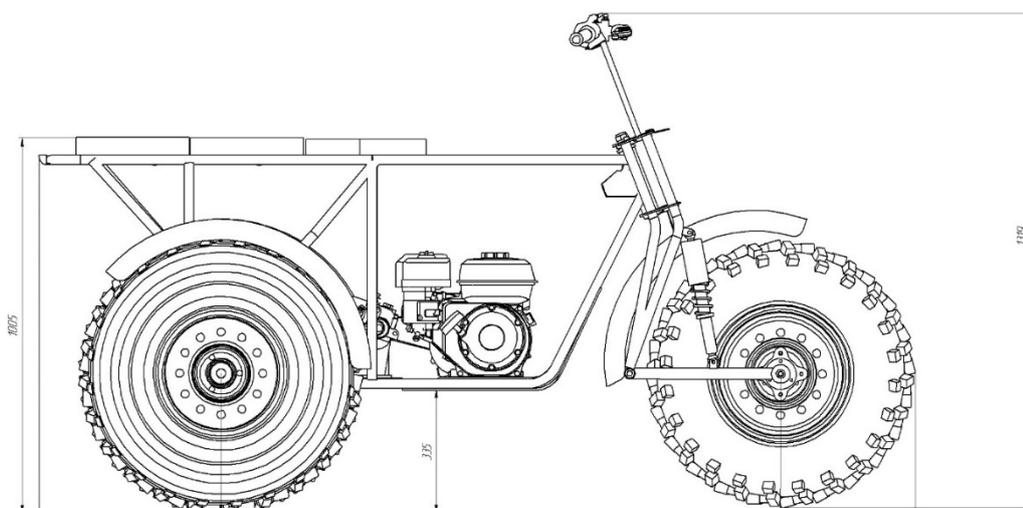


Рисунок 23 – Вид мотовездехода сбоку

Таким образом, проектированный прототип отвечает поставленным в начале процесса проектирования задачам.

2.3 Расчет себестоимости изготовления

Произведем расчет себестоимости материалов для прототипа мотовездехода с ДВС. Для этого занесем его компоненты с указанием их стоимости в таблицу 6.

Таблица 6 – Компоненты бензинового трайка

Наименование	Цена, руб.	Кол-во, шт.	Стоимость, руб.
Амортизаторы задние 340 мм	2600	1	2600
Вилка передняя «Альфа»	5000	1	5000
Двигатель бензиновый Zongshen GB 200 с редуктором в сборе	21665	1	21665
Диски 4 шт.	7000	1	7000
Заднее доп. сиденье	1160	1	1160
Задняя ось (2 колеса)	3000	1	3000
Задняя ось (3 колеса)	8534	1	8534
Замок для цепи DID 428NZ	209	4	836
Звезда ведущая (428-12) вал диаметр 20 мм	700	1	700
Звезда JTR1135.69	3933	1	3933
Звезда JTR1140.63	4013	1	4013
Комплект сидений дельта	2000	1	2000
Крепление руля	250	1	250
Крепление суппорта	350	1	350
Крыло заднее	1500	3	4500
Крыло переднее	1700	1	1700
Передняя ось «Атаман»	2500	1	2500
Подножки	1790	2	3580

Продолжение таблицы 6

Наименование	Цена, руб.	Кол-во, шт.	Стоимость, руб.
Подшипник	1771	2	3542
Подшипники стакана	350	1	350
Резина для квадроцикла Carlisle AT489 25x-12	10000	2	20000
Резина для квадроцикла Carlisle AT489 25x8-12	7000	2	14000
Ручка тормоза	1000	1	1000
Ручки руля	150	2	300
Сайлентблоки 2108	100	2	200
Стапель	7000	1	7000
Ступица колеса задняя (2 колеса)	500	1	500
Ступица колеса задняя (3 колеса)	500	2	1000
Суппорт тормозной	1700	1	1700
Тормозной диск	2981	2	5962
Траверса	700	2	1400
Труба 30x2 мм	160	1	160
Трубы 25x2 мм	130	10	1300
Цепь DID 428 NZ	47	180	8460
Всего:			140195

Как видно из таблицы, себестоимость компонентов составит 140195 рублей.

Для определения продажной цены трицикла необходимо учесть маржинальность. Расчет цены в таком случае будет осуществляться по формуле (1):

$$C_{п} = \frac{C_{пер}}{1 - M} \quad (1)$$

где $C_{п}$ – продажная цена, руб.;

$C_{пер}$ – переменные издержки на 1 трайк, руб.;

M – маржа.

Будем учитывать себестоимость, равную 140195 рублей, и маржу в размере 30%:

$$Ц_{п} = \frac{140195}{1 - 0,3}$$

$$Ц_{п} = 200279 \text{ рублей}$$

Таким образом, цена трайка, по которой предприятие сможет осуществлять его сбыт, составит 200279 рублей.

При постоянных затратах, равных 2622992 рубля, можно произвести расчет точки безубыточности, как показано далее на рисунке 24.

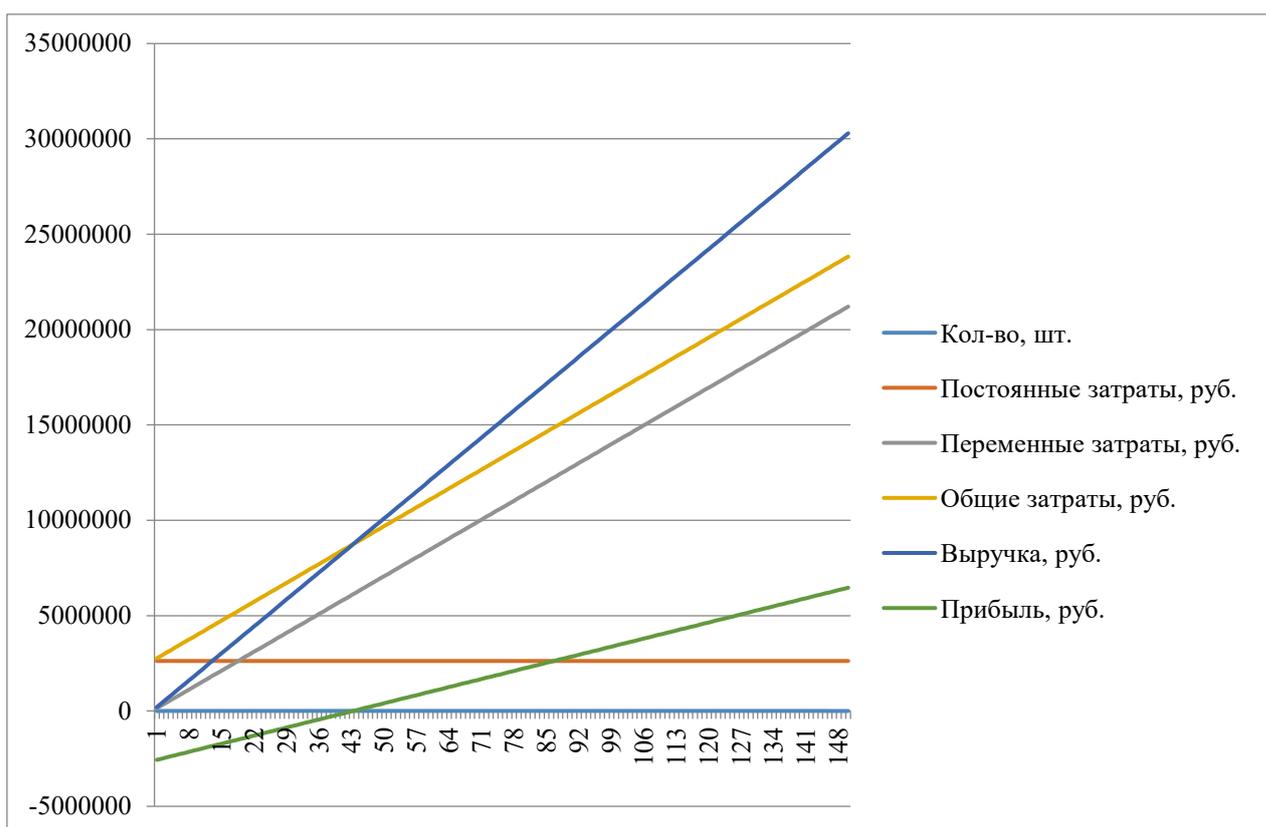


Рисунок 24 – Расчет точки безубыточности

Как видно из рисунка, предприятие по производству мотовездеходов выйдет на безубыточность после продажи 43 единиц трайков.

Данные для расчета представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Данные для расчета точки безубыточности

Кол-во, шт.	Постоянные затраты, руб.	Переменные затраты, руб.	Общие затраты, руб.	Выручка, руб.	Прибыль, руб.
1	2622992	141368	2764360	201954	-2562406
2	2622992	282736	2905728	403908	-2501820
3	2622992	424104	3047096	605862	-2441233
4	2622992	565472	3188464	807817	-2380647
5	2622992	706840	3329832	1009771	-2320061
6	2622992	848207	3471200	1211725	-2259475
7	2622992	989575	3612568	1413679	-2198888
8	2622992	1130943	3753935	1615633	-2138302
9	2622992	1272311	3895303	1817587	-2077716
10	2622992	1413679	4036671	2019542	-2017130
11	2622992	1555047	4178039	2221496	-1956543
12	2622992	1696415	4319407	2423450	-1895957
13	2622992	1837783	4460775	2625404	-1835371
14	2622992	1979151	4602143	2827358	-1774785
15	2622992	2120519	4743511	3029312	-1714198
16	2622992	2261887	4884879	3231266	-1653612
17	2622992	2403254	5026247	3433221	-1593026
18	2622992	2544622	5167614	3635175	-1532440
19	2622992	2685990	5308982	3837129	-1471853
20	2622992	2827358	5450350	4039083	-1411267
21	2622992	2968726	5591718	4241037	-1350681
22	2622992	3110094	5733086	4442991	-1290095
23	2622992	3251462	5874454	4644946	-1229508
24	2622992	3392830	6015822	4846900	-1168922
25	2622992	3534198	6157190	5048854	-1108336
26	2622992	3675566	6298558	5250808	-1047750
27	2622992	3816934	6439926	5452762	-987164

Продолжение таблицы 7

Кол-во, шт.	Постоянные затраты, руб.	Переменные затраты, руб.	Общие затраты, руб.	Выручка, руб.	Прибыль, руб.
28	2622992	3958301	6581294	5654716	-926577
29	2622992	4099669	6722661	5856670	-865991
30	2622992	4241037	6864029	6058625	-805405
31	2622992	4382405	7005397	6260579	-744819
32	2622992	4523773	7146765	6462533	-684232
33	2622992	4665141	7288133	6664487	-623646
34	2622992	4806509	7429501	6866441	-563060
35	2622992	4947877	7570869	7068395	-502474
36	2622992	5089245	7712237	7270350	-441887
37	2622992	5230613	7853605	7472304	-381301
38	2622992	5371981	7994973	7674258	-320715
39	2622992	5513348	8136341	7876212	-260129
40	2622992	5654716	8277708	8078166	-199542
41	2622992	5796084	8419076	8280120	-138956
42	2622992	5937452	8560444	8482074	-78370
43	2622992	6078820	8701812	8684029	-17784
44	2622992	6220188	8843180	8885983	42803
45	2622992	6361556	8984548	9087937	103389

Общие затраты $C_{\text{пер}}$ рассчитывались по формуле (2):

$$C_{\text{общ}} = C_{\text{пер}} + C_{\text{пост}}, \quad (2)$$

где $C_{\text{пер}}$ – переменные издержки, руб.;

$C_{\text{пост}}$ – постоянные издержки, руб.

Выручка R рассчитывалась согласно формуле (3):

$$R = P \times Q, \quad (3)$$

где P – рыночная цена, руб.;

Q – количество, шт.

Прибыль N рассчитывалась исходя из посчитанных ранее значений по формуле (4):

$$N = R - C_{\text{общ}} \quad (4)$$

Таким образом была произведена калькуляция себестоимости разработанного трицикла и рассчитан период его окупаемости.

Выводы по разделу

Были проанализированы семь наиболее популярных моделей трайков и трициклов, включая Harley-Davidson Tri Glide Ultra, ЗиД «Бархан», Doohan iTank EV3 Pro 3000W, Etoro Vespa Sport, Stels Desna 200, TRIKE2B и Can-am SPYDER F3. Определены требования к конструкции разрабатываемого мотовездехода, предложен концепт, подобраны компоненты, описаны ключевые характеристики трайка. Произведена калькуляция себестоимости версии прототипа с двигателем внутреннего сгорания.

Заключение

Одним из доступных методов решения проблемы использования бензиновой спецтехники для мониторинга охраняемых природных зон может стать замена бензиновых транспортных средств на технику с электрической силовой установкой.

Разработка универсальной платформы вездеходного квадроцикла или трицикла, которая позволила бы модульно переоборудовать ТС из бензинового в электрическое или наоборот, обеспечит постепенный переход от мототехники с ДВС к технике с электротягой.

Целью данной работы являлась разработка внедорожного трицикла. Был решен ряд задач: охарактеризована актуальность разработки малого внедорожного транспорта, приведена существующая классификация мотовездеходов, проанализированы аналогичные конструкции, определена геометрия трицикла, произведен расчет его себестоимости.

В рамках данной выпускной квалификационной работы были проанализированы некоторые наиболее популярные модели трайков, и предложена конструкция трицикла, отвечающая потребностям рынка. Разработанный мотовездеход можно использовать для мониторинга особо охраняемых природных территорий: лесничеств, парков, заповедных зон.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Бойков, В.Г. Моделирование движения механической системы, состоящей из деформируемых упругих тел, путем интеграции двух пакетов: EULER и Fidesys / В.Г. Бойков, И.В. Гаганов, Ф.Р. Файзуллин [и др.] // Чебышевский сборник. – 2017. – Т. 18, № 3. – С. 131–153.
2. Боровков, А.И. Центр компетенций Национальной технологической инициативы «Новые производственные технологии» Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого / А.И. Боровков, О.И. Рождественский, Ю.А. Рябов [и др.] // Инновации. – 2019. – № 11 (253). – С. 73–88.
3. Валяжонков В.Д., Мясищев Д.Г. Особенности малой механизации лесозаготовок за рубежом // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2005.– С. 1–6.
4. Васин С.А., Талдыкина А.А. Влияние дизайн-визуализации на повышение качества продукции при разработке транспортного средства // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 10. – С. 46–48.
5. Горелов, В.А. Исследование движения автомобиля в программном комплексе автоматизированного моделирования динамики систем тел / В.А. Горелов, А.И. Комиссаров, Б.Б. Косицын // Журнал автомобильных инженеров. – 2016. – № 1 (96). – С. 18–23.
6. Зеер В.А., Жарков И.С., Сорокин А.А. Транспортное средство особо малого класса повышенной проходимости // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2011. – С. 146–150.
7. Костин П.И. Конструктивные особенности квадроциклов, применяемых на лесозаготовках // Вестник науки и образования. – 2021. – № 1 (104). – С. 20–22.

8. Костин П.И. Модели и классификация средств малой механизации, применяемых на рубках ухода // Вестник науки и образования. – 2021. – № 11 (114). – С. 35–37.

9. Костин П.И. Преимущества и недостатки применения мини-форвардера на базе квадроцикла в лесном хозяйстве и на лесозаготовках // Вестник науки и образования. – 2021. – № 1 (104). – С. 23–25.

10. Левенцов, В.А. Аспекты концепции «Индустрия 4.0» в части проектирования производственных процессов / В.А. Левенцов, А.Е. Радаев, Н.Н. Николаевский // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. – 2017. – Т. 10, № 1. – С. 19–31.

11. Перминов А.В., Савченкова В.А., Коршунов Н.А., Конюшенков М.Е. Перспективы применения мотовездеходов в лесном хозяйстве // Лесохозяйственная информация. – 2021. – № 3. – С. 59–69.

12. Филимонов К.В. Разработка узла подвески транспортного средства // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 16. – С. 1–8.

13. Чугунов, М.В. Анализ статической прочности и жесткости несущих элементов конструкции электромобиля BravoEgo // Науковедение. – 2016. – Т. 8, № 3. – 22 с.

14. Чугунов М.В., Полунина И.Н., Пьянзин А.М. Проектирование электромобиля-трайка на базе параметрических CAD/CAE-моделей // Инженерные технологии и системы. – 2020. – Т. 30, № 3. – С. 464–479.

15. Чутков К.А., Рогачев Д.И., Конторщиков С.В., Рязанцев Е.Н., Копытов Г.В. Методика определения технических характеристик электродвигателя опорно-ходового модуля и аккумуляторной батареи для повышения подвижности мотовездеходных транспортных средств. – 2022. – № 175 (01). – С. 1–9.

16. Borisov A., Cheremkina S., Ivanova E., Kirillina A., Alekseev A. Manufacturing process management at machine-building enterprises: Main differences of formation and development // Proceedings of the II international

conference on advances in materials, systems and technologies. 2021. No. 1. Pp. 1–7. 21.

17. Dolgov V. A., Nikishechkin P. A., Arkhangel'skii V. E., Umnov P. I., Podkidyshev A. A. Models for Managing Production Systems of Machine-Building Enterprises Based on the Development and Using of Their Digital Twins // International Conference “Modeling of Nonlinear Processes and Systems”. 2021. No. 248. Pp. 1–5. 22.

18. Emanakov I. V., Ovchinnikov S. A. Application of Standardization and Lean Production Methods for the Development of Management Systems at Machine-Building Enterprises // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference Strategy of Development of Regional Ecosystems “Education-Science-Industry”. 2021. No. 208. Pp. 123–129. 23.

19. Priimak E. V., Razina I. S. Machine-building organization production using quality management methods // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021. Pp. 1–4. 24.

20. Tipner L., Markova Y., Vasiliev N. Organizational Problems of Machine-Building Enterprises in the Context of Small-Scale Production // MATEC Web of Conferences. 2021. Pp. 1–6.