

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт «Политехнический»
Факультет «Автотракторный»
Кафедра «Автомобильный транспорт»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
_____ Ю.В. Рождественский
« ____ » _____ 2018 г.

Проект двухместного карта с двигателем мощностью 9,6 кВт
ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ-23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ ВКР

Руководитель проекта, доцент

_____ А.А. Дойкин
« ____ » _____ 2018 г.

Автор проекта

студент группы П-416

_____ М.Г. Жемерев
« ____ » _____ 2018 г.

Нормоконтролер, доцент

_____ А.А. Дойкин
« ____ » _____ 2018 г.

АННОТАЦИЯ

Жемерев М.Г. Проект двухместного карта с двигателем мощностью 9,6 кВт – Челябинск: ЮУрГУ, П–416; 2018, 60 с., 23 ил., 14 табл., библиограф. список – 12 наим., граф. материал – 8 слайдов на CD-диске

В выпускной квалификационной работе был проведен анализ существующих конструкций картов. В ходе анализа были выявлены их недостатки и с учетом их была предложена оригинальная конструкция двухместного карта.

Целью работы является повышение привлекательности картинга как вида досуга с помощью повышения безопасности и комфорта конструкции карта.

					<i>23.03.03.2018.124.00.00.ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Жемерев М.Г.</i>			Проект двухместного картинга с	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Дойкин А.А.</i>				<i>Д</i>	<i>4</i>	<i>60</i>
<i>Реценз.</i>						ЮУрГУ Кафедра ЛСТ		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Дойкин А.А.</i>						
<i>Утверд.</i>		<i>Рожественски</i>						

ОГЛАВЛЕНИЕ

1	АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР	14
1.1	История развития картинга.....	14
1.2	Компоновочные схемы картов	15
1.3	Порядок проектирования.....	16
1.4	Описание прототипа.....	22
1.5	Описание предлагаемой конструкции.....	23
2	РАСЧЕТ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ.....	26
2.1	Тяговый расчет карта	26
2.1.1	Определение полного веса	26
2.1.2	Определение внешней скоростной характеристики двигателя	27
2.1.3	Назначение передаточного числа главной передачи.....	28
2.2	Определение тягово–скоростных качеств.....	29
2.2.1	Тяговая диаграмма движения.....	29
2.2.2	Динамическая характеристика.....	31
2.2.3	Мощностная диаграмма движения	33
2.2.4	Ускорение при разгоне	35
2.2.5	Определение времени разгона	37
2.2.6	Определение пути разгона.....	39
2.3	Определение динамических качеств автомобиля при торможении.....	40
2.4	Расчет рулевого управления	42
3	РАСЧЕТ СИЛ И УСКОРЕНИЙ.....	44
3.1	Условия эксплуатации	44
3.2	Расчетные случаи.....	44
3.2.1	Ускорение на прямой	44
3.2.2	Торможение на прямой.....	45
3.2.3	Ускорение в повороте	45
3.3	Расчет сил действующих на конструкцию.....	45

									Лист
									10
Изм	Лист	№ докум.	Подпис	Дат	23.03.03.2018.124.00.				

3.3.1	Расчет при ускорении на прямой.....	45
3.3.2	Расчет при торможении	48
3.3.3	Расчет при ускорении в повороте.....	50
4	РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ.....	53
4.1	Расчетная схема	53
4.2	Результаты расчетов на прочность	57
5	ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ.....	59
6	ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ.....	62
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	65

					<i>23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>		11

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире население ведет мало активный образ жизни, все чаще проводя время за компьютерами и гаджетами, что плохо сказывается на их здоровье.

Для борьбы с этими явлениями существуют различные виды досуга и спорта. Одним из них является гонки на картингах. Картинг – вид спорта и развлечения, представляет собой гонки на картах – простейших гоночных автомобилях без кузова. Скорость карта (класс «Суперкарт») может достигать 260 км/ч [4]. Это увлекательный вид технического спорта, который дарит людям яркие ощущения, наполняет их жизнь адреналином, и учит взаимоуважению. Большая часть пилотов знаменитых гоночных серий прошли школу профессионального картинга.

Сегодня картодромы довольно распространенное явление в мире. Автоспорт довольно популярен, и имеет миллионы фанатов. Проводятся международные, межрегиональные и региональные соревнования. Плюсом автоспорта является наличие его практического применения в жизни, при вождении карта, развиваются навыки, которые помогают находить выход в экстремальной ситуации, сложившейся на автомобильной трассе.

Данный спорт также популярен среди молодежи. Он развивает у детей активность, реакцию, скорость и стратегичность мышления, прививает любовь к технике и открывает множества знаний.

Но, как и у любого спорта, у картинга есть и недостатки. Современные тенденции таковы, что люди больше тянутся к комфорту и безопасности, и не всегда готовы с легкостью влиться в новый экстремальный вид спорта или досуга. Картинг, как и большинство видов спорта связан с риском и дискомфортом. Поэтому в начале зачастую люди боятся братья за управление самостоятельно, и предпочитают, чтобы рядом находился опытный инструктор. Что приводит к необходимости наличия двухместных картов, которые имеют ряд недостатков. При первом взгляде у осторожных людей возникают сомнения

					23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
						12
<i>Изм</i>	<i>Лис</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>		

в безопасности и комфорте, так как обычные карты имеют низкую раму и не защищают тело человека от возможных опасностей. Также двухместные карты имеют достаточно стесненную конструкцию, что приводит к неудобству посадки двух пассажиров. Открытая рама, при эксплуатации карта на открытых картодромах, также вносит риск попадания на пилота и пассажира грязи и воды скопившейся после осадков на покрытии трека. Это конечно же отталкивает новых, ещё не привыкших к таким явлениям людей. Подобное явление, с учетом фактора неожиданности может на несколько секунд испугать пилота, что приведет к потере его концентрации, а это крайне опасно, ведь за эти секунды может произойти столкновение.

В связи с учетом вышесказанного можно обобщить проблемы, с которыми стоит бороться, это:

- низкий уровень комфорта для двух пассажиров;
- слабый уровень безопасности пассажиров;
- плохая защищённость от факторов внешней среды.

Целью работы является повышение привлекательности картинга как вида досуга с помощью повышения безопасности и комфорта конструкции карта.

Для достижения цели проекта были поставлены и решены следующие задачи:

- провести анализ конструкций картов и выбрать прототип;
- предложить конструкцию, позволяющую улучшить показатели безопасности и комфорта;
- рассчитать эксплуатационные свойства;
- провести расчет на прочность;
- оценить проект с экономической точки зрения.

					23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ	Лист
						13
Изм	Лис	№ докв.	Подпис	Дат		

1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

В курсовом проекте было принято решение о проектировке двухместного карта на больших колесах. Конструкция актуальна в качестве развлекательного транспорта или инструмента для обучения пилотирования картингами.

Карт — один из простейших типов гоночных автомобилей без кузова и подвески. Это транспортное средство, применяемое как в автоспорте, так и в качестве развлекательной техники, довольно широко распространено на территории РФ и имеет высокую популярность [3].

1.1 История развития картинга

Считается, что картинг придумали военные лётчики в США после Второй мировой войны. Они устраивали гонки по лётному полю на тележках для подвоза авиабомб. Но это хобби было распространено лишь в узких кругах, пока за дело не взялся Арт Инглс, бывший пилот, механик отделения фирмы «Кёртис крафт компани» в Глендейле, которая выпускала гоночные автомобили. Он в августе 1956 г. на автогонках в Помоне представил публике несложный карт. Машину называли тележкой (англ. cart).

В 1957 г. Билл Роулс, Даффи Ливингстон и Рой Десброу создают компанию Go-Kart Company, производящую карты. Дела компании шли настолько успешно, что удалось купить участок в 5 акров, на котором был построен первый картодром. Одновременно Инглс основывает компанию Ingels-Borelli.

В 1958 г. английский бизнесмен Микки Флин заказывает у Go-Kart пять картов. Уже в 1960 году в Великобритании насчитывается свыше 100 фирм, занимающихся производством картов и комплектующих. С февраля 1960 г. в Великобритании начинает издаваться журнал «Karting».

В СССР первый карт был построен в 1964 г. на Рижском авторемонтном заводе. Уже через год советские картингисты приняли участие в международных состязаниях [4].

					23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ	Лист
						14
Изм	Лис	№ докв.	Подпис	Дат		

1.2 Компоновочные схемы картов

Начиная с самого первого карта, построенного Артом Инглесом в 1956 г., идеологически ничего не изменилось — трубчатая рама и сегодня остается классикой жанра. Применяются бесшовные трубы диаметром от 28 до 34 мм, изготовленные из сталей. Материал рамы должен быть магнитным, то есть, дюралюминий, титан и карбон запрещены. Конструкции рамы могут существенно различаться — все зависит от назначения машины (спортивная или прокатная), возрастной категории водителей, установленного двигателя и количества опорных подшипников задней оси.

На раме расположены сиденье, рулевое управление и двигатель. В спортивных картах двигатель обычно располагается справа от водителя (таким образом, для езды на такой карте требуется теплоизоляционная накладка на рукаве комбинезона); в прокатных картах — сзади, так что можно ездить даже без защитной одежды, не рискуя обжечься.

Естественно, что рама спортивного карта легче и более гибкая, зачастую с элементами настройки жесткости, что в определенной степени компенсирует отсутствие подвески. Рамы прокатных картов, принимая во внимание «боевые» условия эксплуатации, строятся более жесткими и тяжелыми. Масса добирается в основном за счет элементов пассивной безопасности. На хобби-картах в большинстве случаев по периметру рамы устанавливается «обвязка» — своего рода развитый до абсолюта бампер. На машинах MS Kart ставят мощные боковые короба, защищающие двигатель, колёса и пилота от боковых ударов, и значительно больший, чем на спортивных картах, носовой короб «губа», поглощающий фронтальный удар. И в том, и в другом случае все это монтируются к раме через дополнительные усиливающие элементы и эластичные прокладки. Так что лишние килограммы совсем не лишние — это плата за безопасность. Обязательно наличие переднего и заднего отбойника и полика между педалями и сиденьем. Задняя ось цельная, неразрезная,

					23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
						15
<i>Изм</i>	<i>Лис</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>		

изготавливается из полой трубы диаметром от 30 до 50 мм обычно из того же металла, что и рама. К раме крепится на двух или трех опорных подшипниках через шпонку.

На оси устанавливается тормозной диск, чаще всего вентилируемый, а в районе одной из опор подшипника крепится тормозной суппорт. Естественно, при такой конструкции, тормоз действует на оба задних колеса. На спортивных картах, в зависимости от класса, могут устанавливаться и передние тормоза, а на картах с коробкой передач передние тормоза обязательны. Привод тормозов чаще всего гидравлический, хотя на хобби-картах встречается и механический. Тяга от педали тормоза к главному тормозному цилиндру дублированная, «ручника» нет по определению. Задние колёса крепятся при помощи ступиц, фиксирующихся на оси тангенциальным зажимом, а от проворота – блокирующей шпонкой. Такая конструкция позволяет относительно легко менять колею задних колес. Изготавливаются ступицы из легких алюминиевых сплавов.

Для достижения максимальной скорости спортивный карт можно настраивать. Возможны такие настройки: давление в шинах; передаточное число цепной передачи; развесовка карта (регулируется перемещением сиденья); сходжение рулевых колёс; передний клиренс; тормозной баланс (в картах с тормозами на все колёса); колея на обеих осях; настройка карбюратора; настройка сцепления; настройка расстояния от двигателя до резонатора (задаёт оптимальный режим сжатия топливной смеси); длина шатуна (степень сжатия) [5].

1.3 Порядок проектирования

В случае с созданием картинга, все начинается с проектирования будущей конструкции. Она может иметь самые различные формы и размеры, общий дизайн зависит только от воображения и пожеланий. Самодельный карт должен включать в себя и некоторые обязательные элементы, без которых реализация

					23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
						16
<i>Изм</i>	<i>Лис</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>		

проекта невозможна. К ним относится рулевая и тормозная система, шасси и двигатель. Все эти составляющие следует подробно изобразить на чертеже, только с ее помощью получится правильно собрать все детали. К процессу проектирования необходимо подходить творчески, а для вдохновения можно использовать наглядные примеры различных моделей. Также нелишней будет консультация опытного механика.

Габариты будущего картинга, должны полностью соответствовать росту и возрасту водителя. Например, для среднестатистического подростка достаточно будет ширины 0,76 м и длины в 1,3 м, в то время как для взрослого человека придется увеличить эти параметры до 1 м и 1,8 м соответственно. Продольное расстояние между осями должно находиться в пределах от 101 до 122 см (в том случае, если длина карта соответствует 132 см) [7].

Далее производится подбор и расчет основных узлов.

Конструкция рамы

Рама карта «несет» водителя и двигатель, соединяет между собой колеса карта, обеспечивает их соответствующее взаимное положение и в значительной мере определяет поведение карта на трассе, его управляемость. Поэтому при проектировании карта надо уделить достаточно внимания выбору рамы, определяя оптимальное решение с учетом условий изготовления и последующей эксплуатации. Единственным разумным решением будет изготовление рамы из стальных труб.

Довольно заманчиво сделать пространственную раму. Несомненно, пространственная рама эффектнее плоской и придает карту внушительный вид. Правильную и не слишком сложную пространственную раму можно спроектировать только в том случае, если мы можем добиться ее полной симметрии. Так как наш карт двухместный и двигатель расположен сзади, то это хорошее решение для нас.

Диаметр труб, которые будут использованы для лонжеронов рамы, зависит от их материала. Обычно для рам используются трубы из стали 30ХГСА

					23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лис</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>		17

(иногда ЗОХМА) с внешним диаметром 30 мм и толщиной стенки 1,5 мм. Применение материала с худшими характеристиками приведет к увеличению диаметра и толщины стенок труб.

Можно попытаться проанализировать прочность рамы и на основании этого рассчитать необходимые размеры труб. Проведение такого анализа потребует больших затрат, особенно если учесть сложность формы рамы.

При проектировании рамы надо определить углы наклона шкворней поворотных кулаков, т. е. определить положение втулок. К сожалению, теоретических методов выбора углов нет. Используют средние значения этих углов, полученные на основании анализа существующих, испытанных временем конструкций. Но всегда надо учитывать то, что рассчитанные углы окажутся неподходящими, даже если они были скопированы с отлично зарекомендовавшей себя конструкции. Поведение карта на повороте определяется не только углами, но и упругостью рамы, а также общими размерами карта, поэтому использование аналогичных углов на другом шасси может не дать положительного результата. Корректировку углов шкворней поворотных кулаков придется делать уже во время испытаний карта [6].

Силовая установка

Силовой установкой карта является карбюраторный бензиновый двигатель воздушного или водяного охлаждения; двухтактный на спортивных картах и четырёхтактный на прокатных. Двигатель можно перемещать вперёд-назад (чтобы обеспечить нужное натяжение цепи).

Удельная мощность спортивного карта может быть выше, чем у автомобиля. Карты начального уровня характеризуются мощностью 6 – 9 л.с. Спортивные карты обладают мощностью в 20 – 40 л.с., что при массе карта с водителем менее 200 кг даёт мощность в пределах 5 – 10 кг/л.с. [8].

На спортивных картах, как правило, устанавливают двухтактные двигатели. В последние годы СИК FIA достаточно активно продвигает четырёхтактные моторы и, тем не менее, они в основном остаются уделом хобби-картов.

					23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>		18

Ситуация, в общем, понятна: слишком чувствительна разница в литровой мощности. Зато четырехтактники значительно дешевле в обслуживании, да и ресурс двигателя — немаловажный фактор для прокатных картов. Практически на всех хобби-картах стоят двигатели Honda, реже встречаются Yamaha. Самые распространенные: Honda GX160 - 5.5 л.с., GX200 - 6.5 л.с. (15), GX270 - 9 л.с. На машины Pro-Kart устанавливают два GX200, соответственно получая отдачу в 13 л.с. Как правило, двигатель устанавливается справа и чуть сзади от сиденья водителя. На раму крепится через специальную опорную станину, имеющую винты для регулировки натяжения цепи. Коробки передач на хобби-картах нет, сцепление «автоматическое», центробежное. Крутящий момент с двигателя передается на ведущую звездочку через понижающий редуктор. Главная передача цепная.

Рулевой механизм

Рулевой механизм делится на 2 вида: с равной длиной рулевых тяг и с разной длиной тяг.

Рулевые тяги разной длины.

При создании картинга, возникает вопрос: Как лучше сделать рулевые тяги: одна короче другой или равной длины?

Первый вариант рулевого механизма, рычаги поворотных кулаков соединены между собой длинной рулевой тягой. С рулевой сошкой соединен один из них, с помощью короткой тяги.

Основное достоинство такой системы, это правильная кинематика поворота и простая регулировка, что очень важно для тех, кто решил построить картинг своими руками.

В этом варианте, при любом угле поворота передних колес их взаимное положение не будет зависеть от поворота рулевого механизма. Поворот каждого колеса четко определен.

Рулевые тяги равной длины.

Система же с двумя короткими тягами, такими достоинствами не обладает.

					23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ	Лист
						19
Изм	Лис	№ докum.	Подпис	Дат		

Рулевая сошка соединяется с поворотными кулаками при помощи двух рулевых тяг. Движение обоих колес между собой не связано, то есть поворот каждого определяется поворотом рулевого колеса картинга. Кинематическая связь передних колес, которая была в первом варианте нарушена. Системы с длинной и короткой рулевой тягой позволяют добиться точной кинематики поворота. Но наибольшее распространение получил вариант с двумя рулевыми тягами, равной длины. Хотя и не понятно, почему. Чуть меньшая масса не является таким уж достоинством.

При проектировании картинг, следует учесть, что правильная кинематика рулевого механизма имеет очень важное значение.

В автомобилях, которые мы используем для повседневных перемещений, необходима установка передних колес, при которой их оси будут пересекаться в некоторой точке S , при этом автомобиль движется без скольжения.

Естественно это хорошо лишь до момента начала заноса. Поэтому если мы строим картинг для гонок, то нам необходимо чтобы внешнее колесо поворачивалось на больший угол, чем внутренне.

Разность углов поворотов обоих передних колес будет зависеть только от направления рычагов поворотных кулаков. То есть, если мы установим кулаки поворотных рычагов параллельно друг другу, то и оба колеса в любом положении будут параллельны. Если мы установим своими руками рычаги так, что их оси пересекутся сзади, то внутренне колесо будет поворачивать на больший угол.

С увеличением сходимости рычагов будет увеличиваться и разность углов поворота внешнего и внутреннего колеса. Если оси рычагов поворотных кулаков сходятся впереди, то внешнее колесо будет поворачиваться на больший угол.

При проектировании картинга, следует учесть, что все изменения в рулевом механизме картинга, следует рассматривать с учетом и других параметров: жесткость картинг рамы, вид картинг шин, основные размеры. Поэтому подбор правильной кинематики возможен скорее всего опытным путем.

					<i>23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						<i>20</i>
<i>Изм</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>		

Также следует уделить внимание подбору отношения длин рычага поворотного колеса и рулевой сошки. Если отношение мало, то управляемость карта будет недостаточной. При большом отношении ограничивается максимальный угол поворота передних колес. Оптимальным считается отношение длин в пределах 0,7-0,6. Отношение 0,5 очень мало, и даже на прямом участке могут возникнуть трудности с управлением. При возникновении трудностей с подбором рулевых тяг или с шаровыми шарнирами, то вполне допускается изготовление наконечников тяг своими руками с резинометаллическими втулками. У них есть недостатки, но главное достоинство, что их можно выполнить в условиях гаража. Один из наконечников выполняется вворачиваемым, для более точной регулировки применяется мелкая резьба.

Как мы рассматривали ранее, рычаг поворотного кулака, может быть приварен или выполнен монолитным, но это только в заводских условиях. Рычаги поворотных кулаков могут быть выполнены из стального листа или прутка. Помимо сварки, могут крепиться к кулаку при помощи болтов [9].

Тормозная система

Тормоза на картингах как правило дисковые [10]. Тормозной диск, чаще всего вентилируемый, а в районе одной из опор подшипника крепится тормозной суппорт. Естественно, при такой конструкции, тормоз действует на оба задних колеса. На спортивных картах, в зависимости от класса, могут устанавливаться и передние тормоза. Привод тормозов чаще всего гидравлический, хотя на хобби-картах встречается и механический. Тяга от педали тормоза к главному тормозному цилиндру дублированная, «ручника» нет по определению. На хобби-картах, как практически на всех бескоробочных картах, передние тормоза не устанавливают, но и задних хватает для очень активного торможения.

После завершения компоновки узлов и проектирования рамы, производим расчет массовых, тяговых, тормозных и других свойств картинга. На основе

					23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
						21
<i>Изм</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>		

этих свойств производится расчет рамы на прочность.

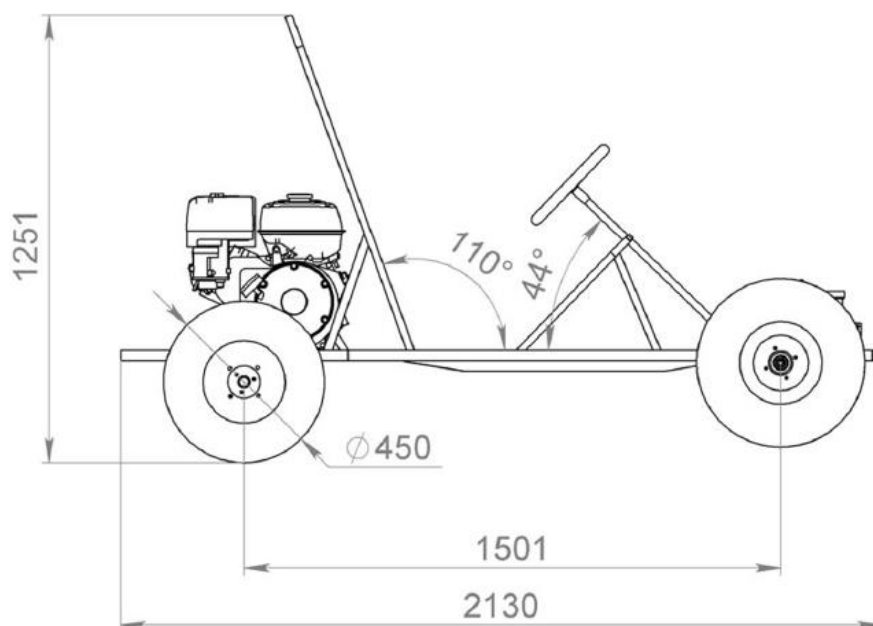
При расчете тяговых свойств проектируемого карта была использована методика, приведенная в [11].

1.4 Описание прототипа

В качестве прототипа был выбран карт оригинальной конструкции, проект которого представлен в [12]. Это одноместный картинг со следующими характеристиками:

- Мощность 13 л.с.;
- Максимальная скорость 85 км/ч;
- Масса пустого 60 кг;
- Максимальная грузоподъемность 160 кг;
- Радиус разворота 2,5 м;
- Максимальный уклон подъема 30°.

Схема прототипа с основными размерами представлена на рисунке 1.



Изм	Лис	№ докum.	Подпис	Дат

23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ

Лист

22

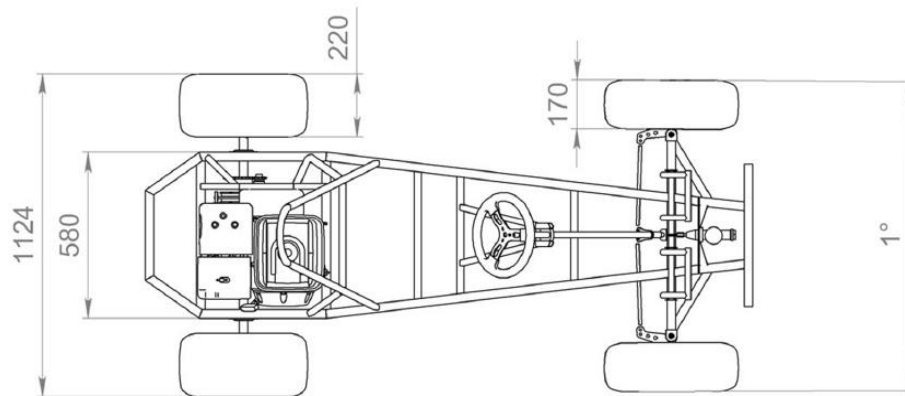


Рисунок 1 – Прототип

В качестве модернизации решено было изменить количество мест в карте, в связи с чем разработать новую раму повысив ее безопасность, также изменить рулевое управление и применить более распространённые колеса. В связи со значительным увеличением веса было решено отказаться от редуктора с автоматическим сцеплением в пользу вариатора, для обеспечения лучшей динамики. Сиденья было решено заменить на спортивные с ремнями для повышения безопасности. Посадочное место обшить листами ДВП, для защиты от факторов внешней среды.

1.5 Описание предлагаемой конструкции

Проектирование конструкции проводилось в системе автоматизированного проектирования SolidWorks. SolidWorks — программный комплекс САПР для автоматизации работ промышленного предприятия на этапах конструкторской и технологической подготовки производства. Данный программный комплекс обеспечивает разработку изделий любой степени сложности и назначения. С использованием этого программного продукта было произведено построение модели с учетом всех идей по модернизации. Общий вид на модели приведен на рисунке 2.

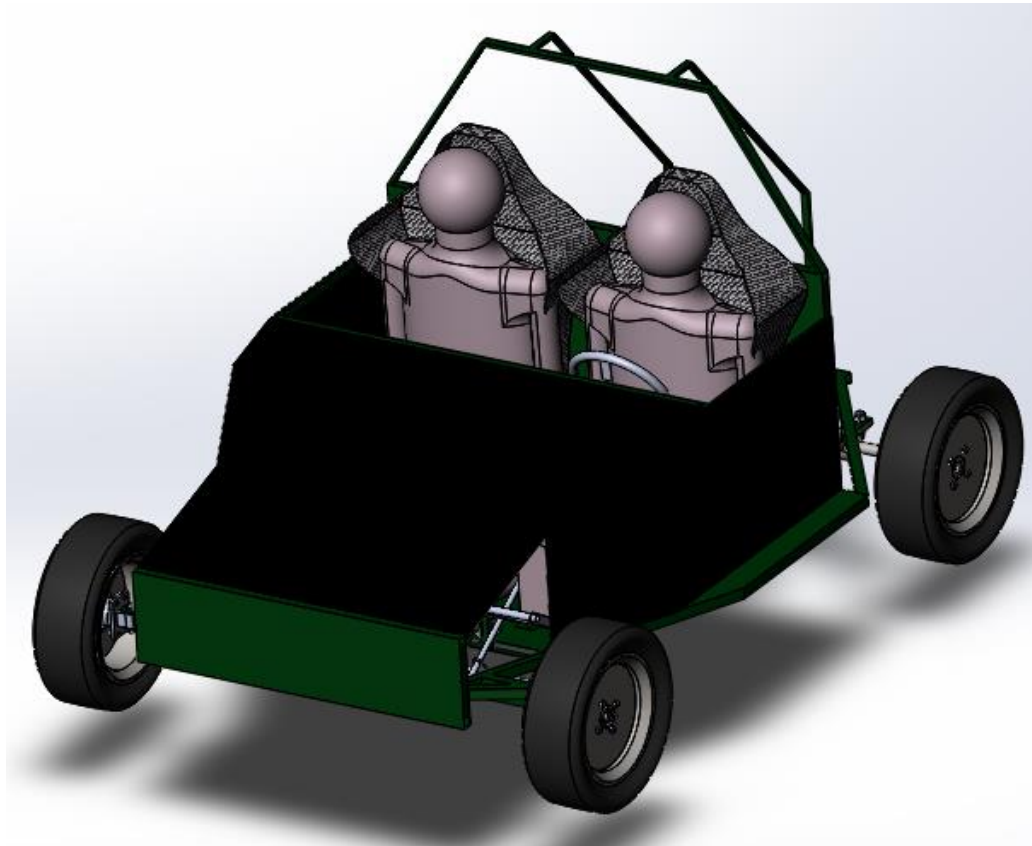


Рисунок 2 – Общий вид

Построенная модель позволила определить следующие массовые и геометрические параметры конструкции:

- Масса снаряженная, кг 370;
- Длина, мм 2260;
- Ширина, мм 1700;
- Высота, мм 1421;
- Колесная база, мм 1760;
- Радиус поворота $R=4,4$;
- Дорожный просвет, мм 100.

Для повышения чувства безопасности пассажиров, а также простоты эксплуатации было принято решение заменить колеса на автомобильные, формата R15 165/50.

Из конструкции прототипа решено было оставить двигатель:

- Двигатель – Lifan 188f;
- Максимальная мощность при 3600 об., л.с. (кВт) – 13 (9,6);

Изм	Лист	№ докум.	Подпис	Дат

23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ

Лист

24

– Макс крутящий момент, Н·м – 23;

– Вариатор «Сафари» n_{II} от 1/8 до 1/1.

Для компенсации повышенных нагрузок в связи с повышением массы, редуктор был заменен на вариатор «Сафари».

					23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ	Лист
						25
Изм	Лис	№ доквм.	Подпис	Дат		

2 РАСЧЕТ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ

2.1 Тяговый расчет карта

Выбираемые параметры:

Принята компоновка картинга 4X2. Поэтому на заднюю ось приходится $0,75G_a$ нагрузки. В проектируемом картинге применяем вариаторную трансмиссию. Принимается $\eta=0,85$.

За прототип принимаем картинг грузоподъемностью 170кг, и максимальной скоростью $V_{max}= 22,5$ м/с.

Радиус качения колеса $r_k=0,271$ м.

Принимаем коэффициент обтекаемости карта $k=0,2$ Н·с²/м⁴ и лобовую площадь карта $F= 1,6$ м².

Момент инерции колеса $J_k=0,52$ Н·м/с², момент инерции двигателя $J_m = 0,1$ Н·м/с².

2.1.1 Определение полного веса

Полный вес карта определяется по формуле (1):

$$G_a = G_o + G_z + (g_1 + g_2) \cdot n_n, \quad (1)$$

где n_n – число мест в карте, включая место водителя;

G_o – собственный вес карта, принимаем $G_o = 2000$ Н;

G_z – грузоподъемность карта;

g_1 – вес одного человека, принимаемый равным 750 Н;

g_2 – вес багажа, принимаемый равным 100 Н на человека.

Таким образом полный вес карта:

$$G_a = 2000 + (750 + 100) \cdot 2 = 3700 \text{ (Н)}.$$

					23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ	Лист
						26
Изм	Лис	№ доквм.	Подпис	Дат		

Согласно принятой компоновки 4х2 на заднюю ось приходится 70...75% нагрузки. Таким образом, в нашем случае вес, приходящийся на заднюю ось, составляет:

$$G_2 = 0,75 \cdot 3700 = 2775 \text{ (Н)}.$$

На рассчитываемом карте считается целесообразным применение бензинового двигателя. Поскольку бензиновый двигатель, не смотря на большой расход и токсичность, по сравнению с дизельным, имеет большую мощность с единицы объема. А также он дешевле в производстве и легче запускается.

2.1.2 Определение внешней скоростной характеристики двигателя

Из характеристик двигателя находим, что $N_{max} = 9,5$ (кВт).

Зная частоту вращения коленчатого вала n_N и задаваясь отношением n_e/n_N , можно найти текущее значение эффективной мощности двигателя N_e в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя n_e , по формуле (5):

$$N_e = N_{max}(a(n_e/n_N) + b(n_e/n_N)^2 - c(n_e/n_N)^3), \quad (5)$$

где $n_N = 377$ рад/с.

Текущие значения крутящего момента двигателя находится по выражению (6):

$$M_e = 1000 \cdot (N_e/n_e). \quad (6)$$

Результаты вычислений по выражениям (5) и (6) представлены в таблице 1.

					23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ	Лист
						27
Изм	Лис	№ докum.	Подпис	Дат		

Таблица 1 – Параметры внешней скоростной характеристики двигателя

Параметры двигателя	Частота вращения коленчатого вала двигателя, n_e рад/с								
	73	115	157	199	241	283	325	366	418
Мощность, кВт	3,1	5,1	7,2	9,2	10,9	12,6	13,4	13,9	13,6
Крутящий момент, Н·м	21,4	22,4	22,9	23	22,7	21,9	20,7	18,9	16,2

На рисунке 3 представлена внешняя скоростная характеристика двигателя, построенная на основе полученных результатов.

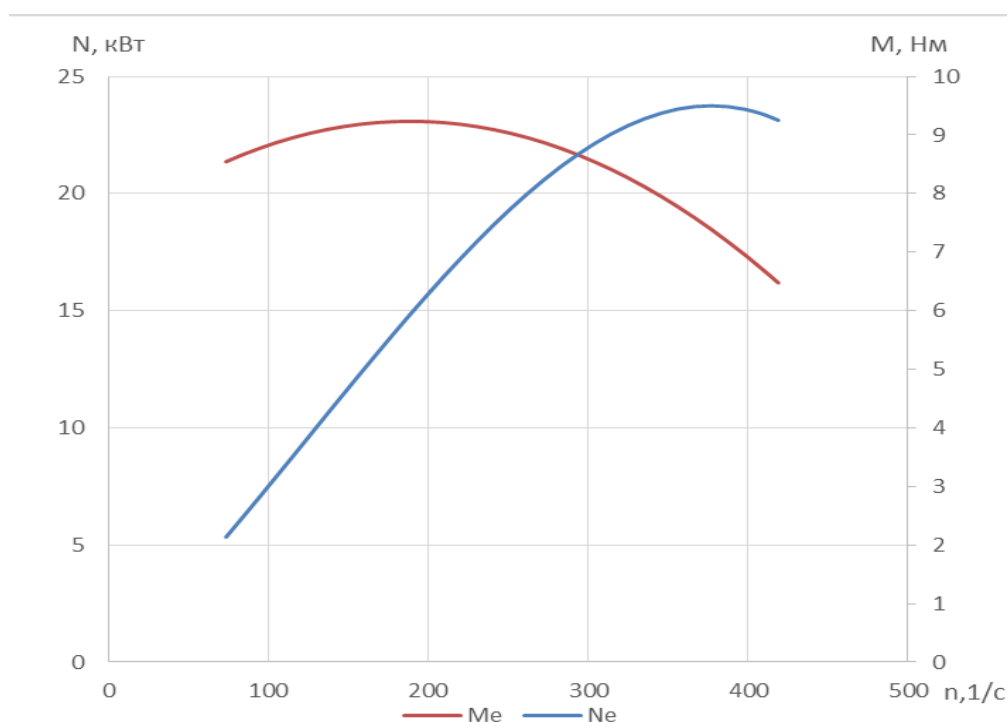


Рисунок 3 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

2.1.3 Назначение передаточного числа главной передачи

Так как в трансмиссии применяется вариатор, передаточные числа сильно разнятся, передаточное отношение главной передачи подобрать невозможно, поэтому передаточное отношение главной передачи U_0 определяется, исходя из конструктивных особенностей картинга и равняется $U_0=4$. Тип звездочек 08В-1, число зубьев $Z_1=12$, $Z_2=48$. Тип применяемой цепи: 8В-1.

Изм	Лис	№ докум.	Подпис	Дат
-----	-----	----------	--------	-----

23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ

Лист

28

2.2 Определение тягово–скоростных качеств

2.2.1 Тяговая диаграмма движения

Тяговая диаграмма движения карта является графическим решением уравнения движения карта методом силового баланса. Уравнение силового баланса (7) имеет вид:

$$P_m = P_{\psi} + P_w + P_j, \quad (7)$$

Для установившегося движения тяговая сила на ведущих колесах на каждой передаче находится по формуле (8):

$$P_m = M_e \cdot U_{mp} \cdot \eta / r_k, \quad (8)$$

где $U_{mp} = U_0 \cdot U_k$ – передаточное число трансмиссии карта.

Так как у вариаторной трансмиссии нет передач, вычислим 9 передаточных чисел исходя из конструктивных особенностей вариатора, вычисления представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Передаточные числа вариатора

Параметр	Частота вращения коленчатого вала двигателя, n_e рад/с								
	230	261	282	314	335	356	376	397	418
$U_{\text{вар}}$	8	6,3	5,3	3.69	2.61	1.54	1	1	1

Сила сопротивления дороги по формуле (9):

$$P_{\psi} = G_a \cdot \psi, \quad (9)$$

где $\psi = f + i$;

i – величина уклона дороги, $i=0$.

$\psi=f$.

Сила сопротивления воздуха определяется формулой (10):

$$P_w = k \cdot F \cdot V^2. \quad (10)$$

Применяем $k=0,2$; $F=1,6 \text{ м}^2$.

Результаты вычислений (13), (14), (15) и (16) представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Тяговый баланс

Параметр	Частота вращения коленчатого вала двигателя, <i>ne</i> рад/с								
	230	251	272	293	303	324	345	356	366
M_e	22,8	22,6	22,2	21,7	21,4	20,6	19,9	19,4	18,9
V	1,9	2,5	3,1	4,2	4,9	6,9	11,3	15,7	22,5
P_m	2294	1961	1627	1296	1134	818	518	375	235
P_ψ	74,2	74,3	74,5	74,8	75,1	76,3	80,1	85,8	103,7
P_w	1,22	1,94	3,19	5,55	7,57	15,56	40,66	78,67	162

На рисунке 4 представлена тяговая диаграмма движения карта.

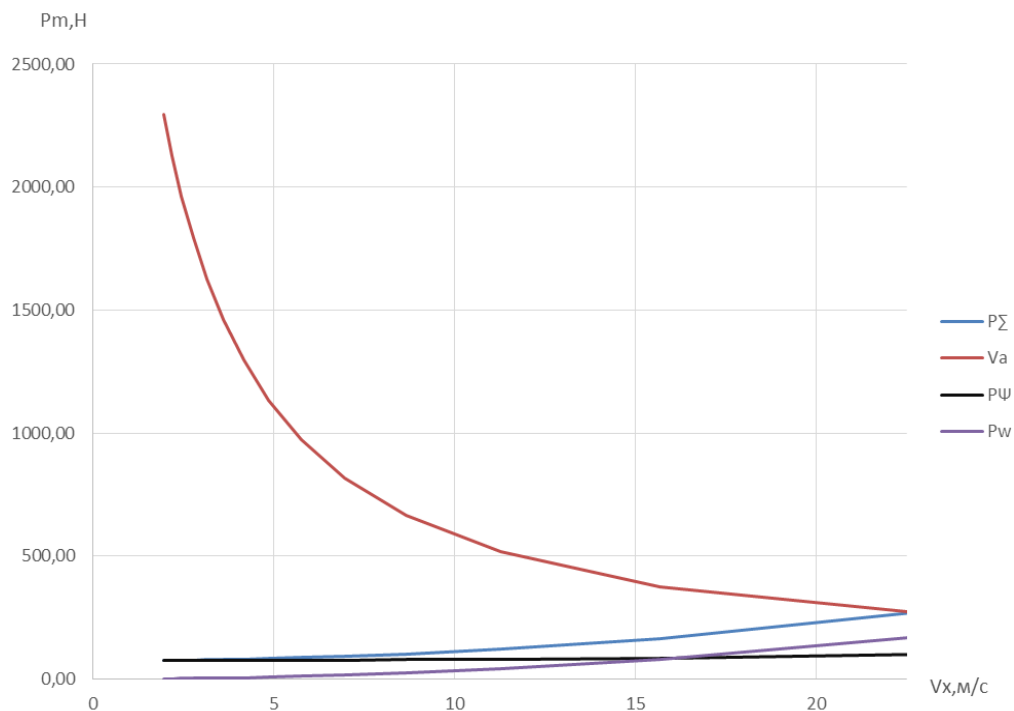


Рисунок 4 – Тяговый баланс

2.2.2 Динамическая характеристика

Определим динамический фактор карта, представляющий собой удельную остаточную силу тяги, по формуле (11):

$$D = (P_m - P_w) / G_a \quad (11)$$

Результаты вычислений (17) представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Динамический фактор карта

Параметр	Частота вращения коленчатого вала двигателя, <i>ne</i> рад/с								
	230	251	272	293	303	324	345	356	366
<i>V</i>	1,9	2,5	3,1	4,2	4,9	6,9	11,3	15,7	22,5
<i>D</i>	0,62	0,53	0,44	0,35	0,3	0,22	0,13	0,08	0,01

Также необходимо подсчитать динамический фактор по сцеплению по формуле (12):

$$D_{\varphi}=(G_2 \cdot m_2 \cdot \varphi \cdot P_w) / G_a, \quad (12)$$

где m_2 – коэффициент динамического перераспределения веса карта на заднюю ось при тяговом режиме ($m_2=1,2$).

Рассчитываем D_{φ} при $\varphi=0,4$ и $\varphi=0,8$.

Результаты вычислений (18) представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Динамический фактор по сцеплению

Параметр	Частота вращения коленчатого вала двигателя, n_e рад/с								
	230	251	272	293	303	324	345	356	366
$D_{\varphi}(0,4)$	0,3597	0,3595	0,3591	0,3585	0,358	0,3558	0,349	0,3387	0,3067
$D_{\varphi}(0,8)$	0,7197	0,7195	0,7191	0,7185	0,718	0,7158	0,709	0,6987	0,6667

По данным таблиц 4 и 5 построена динамическая характеристика, представленная на рисунке 5.

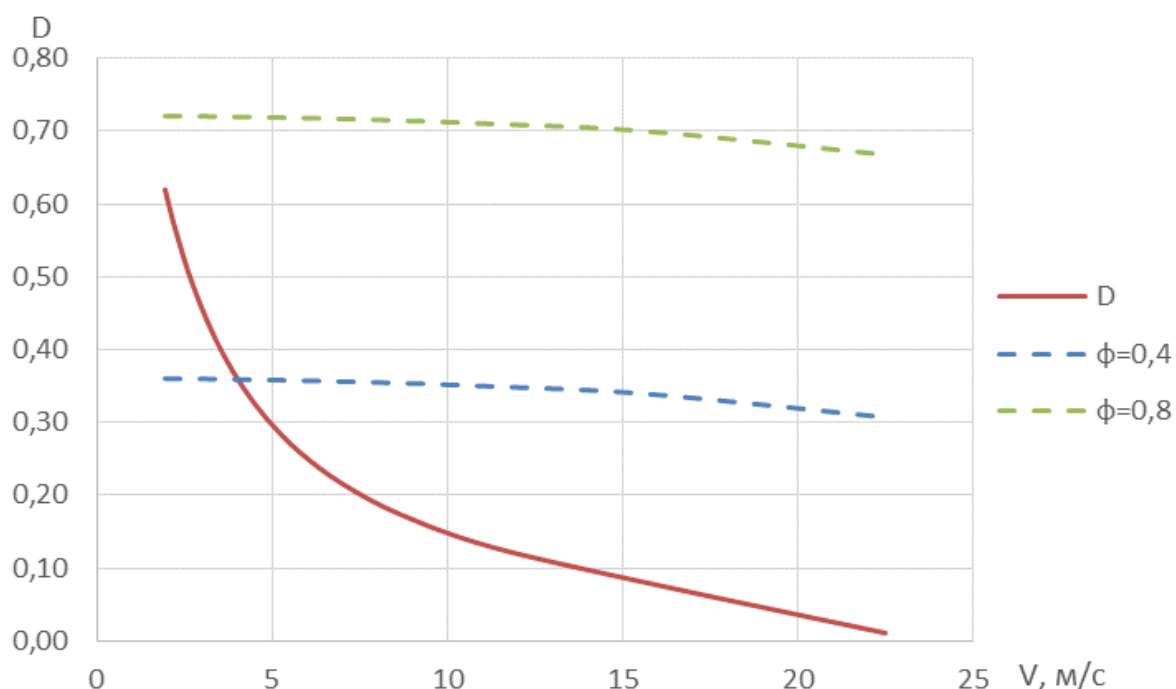


Рисунок 5 – Динамическая характеристика карта

$\psi \leq D \leq D_{\varphi}$ – условие безостановочного движения карта.

При $\varphi=0,4$; при полной подачи топлива, условие безостановочного движения карта не выполняется.

2.2.3 Мощностная диаграмма движения

Воспользуемся уравнением мощностного баланса (13), а также уравнениями (14), (15), (16) и (17):

$$N_m = N_e \cdot \eta = N_{\psi} + N_w + N_j, \quad (13)$$

$$N_{\psi} = P_{\psi} \cdot V / 1000, \quad (14)$$

$$N_w = P_w \cdot V / 1000, \quad (15)$$

$$N_j = P_j \cdot V / 1000, \quad (16)$$

$$N_j = N_e \cdot \eta - (N_{\psi} + N_w). \quad (17)$$

Результаты вычислений (13), (14), (15), (16) и (17) представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Мощностной баланс карта

Параметр	Частота вращения коленчатого вала двигателя, n_e рад/с								
	230	251	272	293	303	324	345	356	366
N_e	7,2	7,7	8,2	8,7	8,8	9,2	9,4	9,4	9,5
V	1,9	2,5	3,1	4,2	4,9	6,9	11,3	15,7	22,5
N_{ψ}	0,14	0,18	0,24	0,31	0,37	0,53	0,9	1,35	2,58
N_w	0	0	0,01	0,02	0,04	0,11	0,46	1,23	4,9
N_j	5,96	6,39	6,76	7,03	7,12	7,14	6,61	5,45	0,59
N_m	6,11	6,58	7	7,37	7,52	7,79	7,97	8,03	8,06

Мощностной баланс карта представлен на рисунке 6.

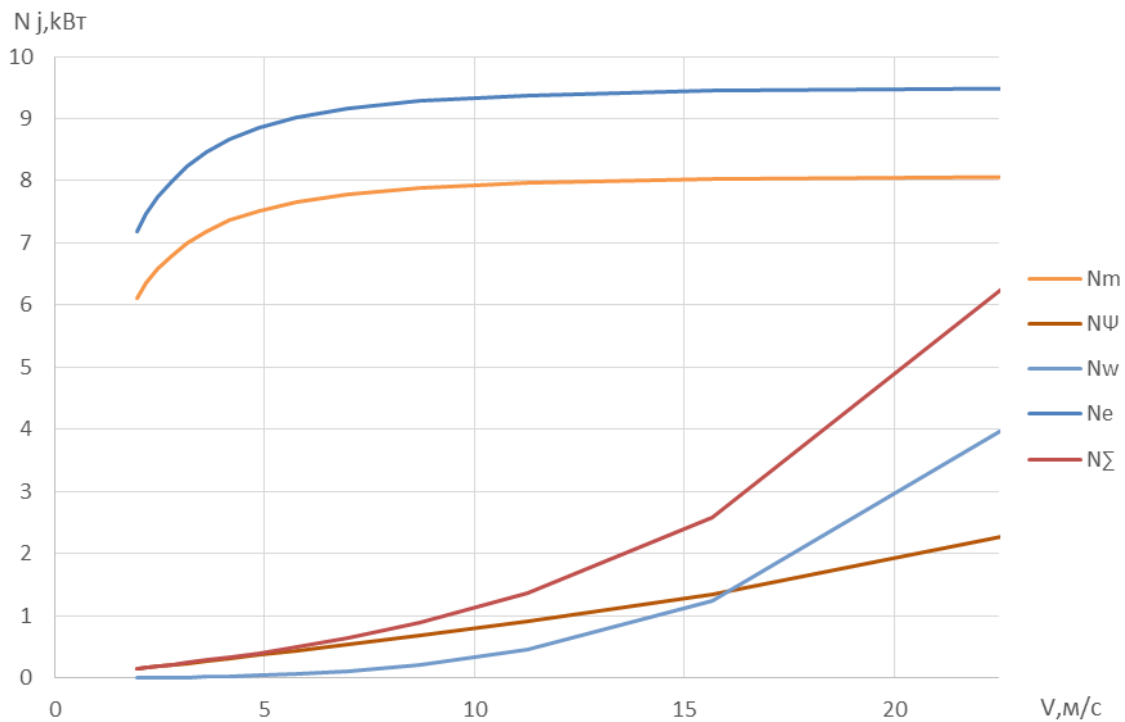


Рисунок 6 – Мощностной баланс карта

График запасов мощности $N_j = f(V)$ представлен на рисунке 7.

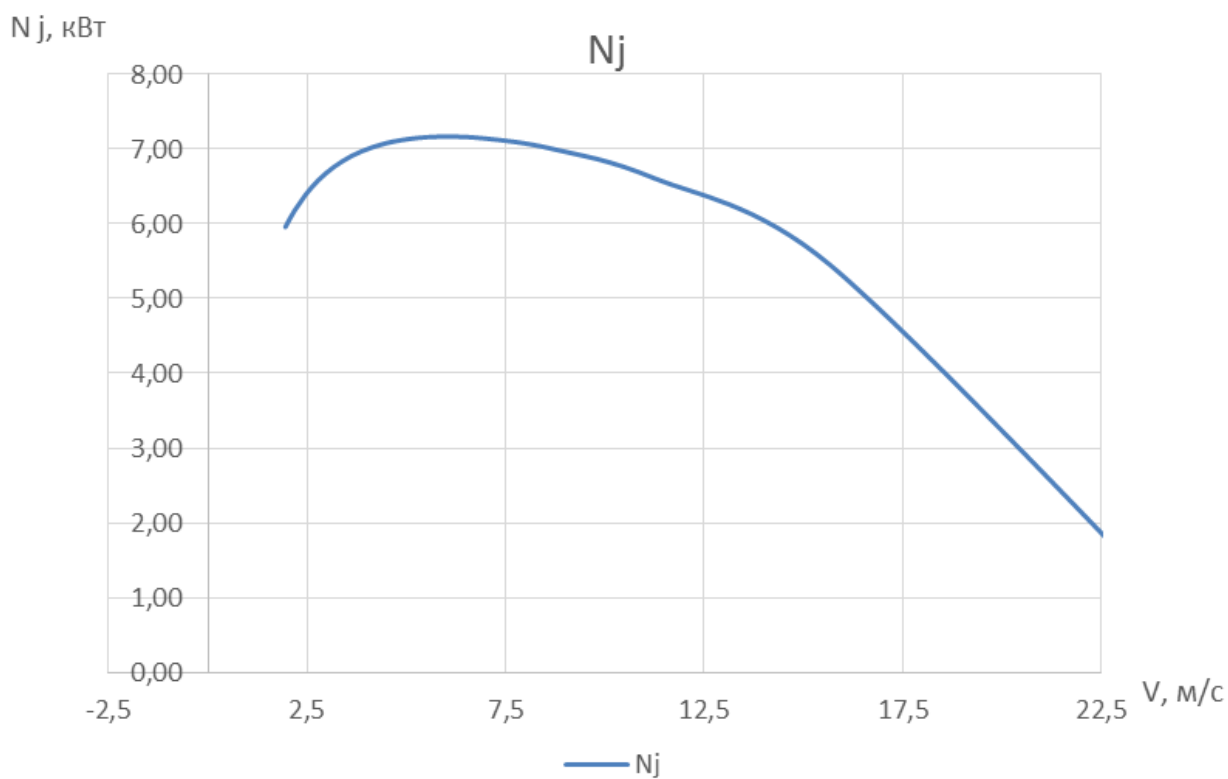


Рисунок 7 – График запасов мощности

Изм	Лис	№ докum.	Подпис	Дат

23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ

Лист

34

2.2.4 Ускорение при разгоне

Ускорение при разгоне рассчитывается для горизонтальной дороги с малым сопротивлением движению при условии максимального использования мощности и отсутствия буксования. График ускорения строится на основе имеющейся динамической характеристики карта по уравнению (18):

$$j=(D-\psi)\cdot g/\delta_p, \quad (18)$$

где δ_p – коэффициент учёта вращающихся масс карта, позволяющий учесть дополнительные сопротивления разгону, связанные с раскруткой вращающихся деталей, рассчитываемый по выражению (19):

$$\delta_p=1+\sigma_f U_k^2+\sigma_2, \quad (19)$$

где $\sigma_f=g\cdot J_m\cdot U_o^2\cdot\eta/(G_a\cdot r_k^2)$;

$$\sigma_2=g\cdot\Sigma J_k/(G_a\cdot r_k^2);$$

$$\Sigma J_k=J_{k1}+J_{k2};$$

$$J_{k1}=Z_1\cdot J_k;$$

$$J_{k2}=1,1\cdot Z_2\cdot J_k;$$

Z_1 – количество ведомых колёс;

Z_2 – количество ведущих колёс.

$$J_{k1}=2\cdot 0,52=1,04;$$

$$J_{k2}=1,1\cdot 2\cdot 0,52=1,144;$$

$$\Sigma J_k=1,04+1,144=2,184;$$

$$\sigma_f=9,82\cdot 0,1\cdot 4^2\cdot 0,85/(3700\cdot 0,271^2)=0,05;$$

$$\sigma_2=9,82\cdot 2,184/(3700\cdot 0,271^2)=0,079;$$

					23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ	Лист
						35
Изм	Лис	№ докum.	Подпис	Дат		

$$\delta_p = 1 + 0,05 \cdot 8^2 + 0,079 = 4,28.$$

Результаты вычислений (19) занесены в таблицу 7.

Таблица 7 – Коэффициент учета вращающихся масс

Параметр	Частота вращения коленчатого вала двигателя, n_e рад/с								
	230	251	272	293	303	324	345	356	366
δ_p	4,28	3,47	2,79	2,2	1,97	1,57	1,29	1,19	1,13

Результаты вычислений (18) занесены в таблицу 8.

Таблица 8 – Ускорение при разгоне карта

Параметр	Частота вращения коленчатого вала двигателя, n_e рад/с								
	230	251	272	293	303	324	345	356	366
P	230	251	272	293	303	324	345	356	366
V	1,9	2,5	3,1	4,2	4,9	6,9	11,3	15,7	22,5
J	1,38	1,44	1,48	1,46	1,39	1,25	0,83	0,49	0,16
$1/J$	0,73	0,69	0,68	0,68	0,72	0,8	1,2	2,03	6,25

График ускорения представлен на рисунке 8.

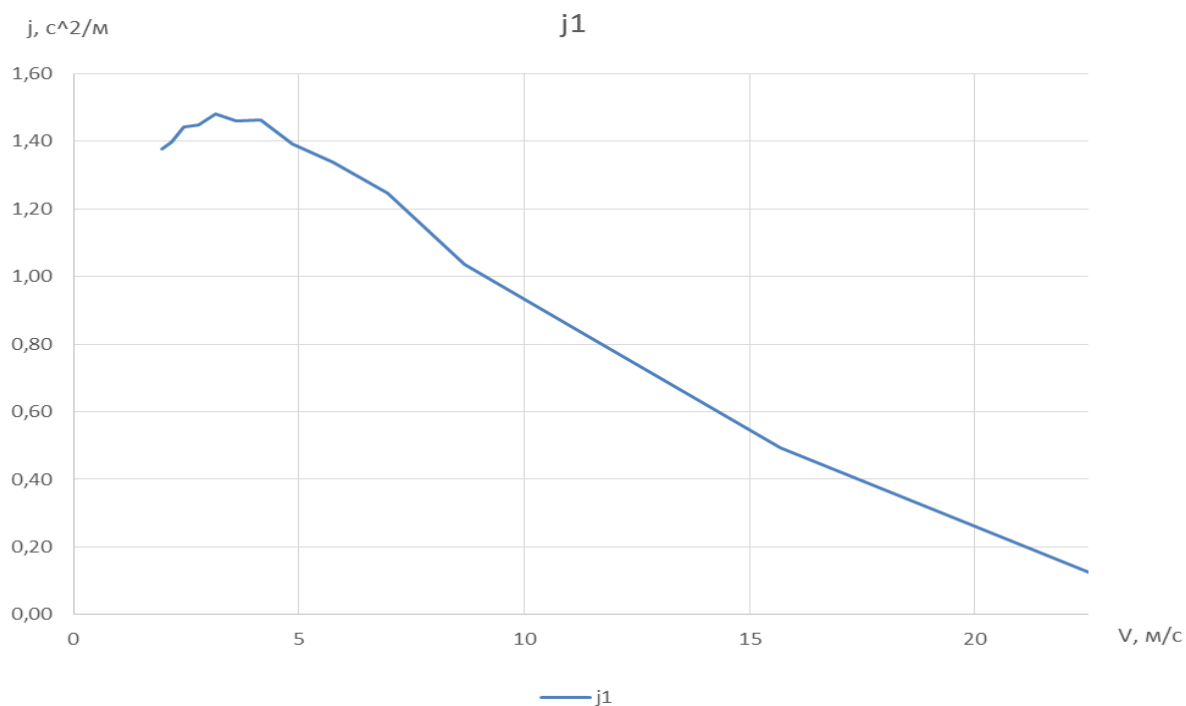


Рисунок 8 – График ускорений карта

Изм	Лис	№ докум.	Подпис	Дат

23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ

Лист

36

График величин, обратных ускорению представлен на рисунке 9.

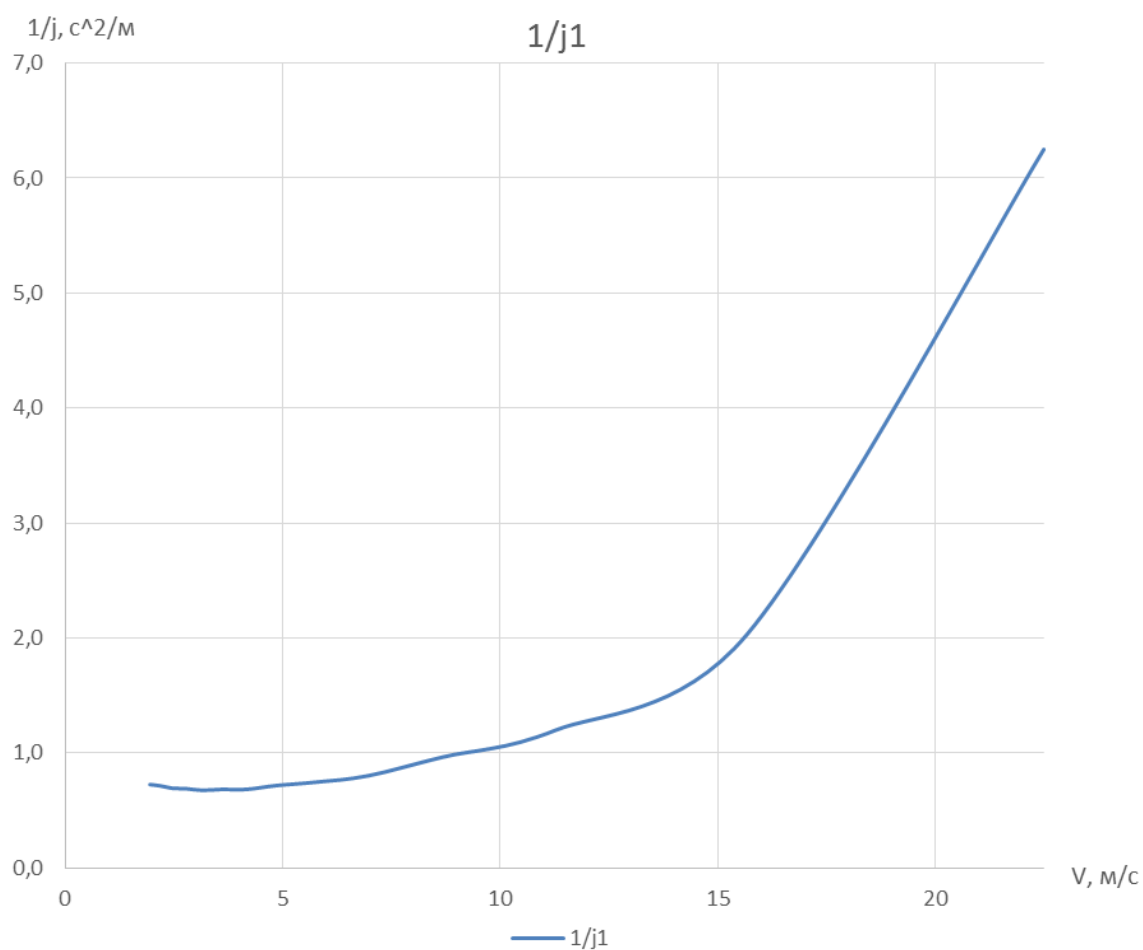


Рисунок 9 – График величин, обратных ускорения

2.2.5 Определение времени разгона

Время разгона подсчитывается по уравнению (20):

$$t = \int_{V_1}^{V_2} 1/j \cdot dV, \quad (20)$$

где V_1, V_2 – начальная и конечная скорость разгона.

Правая часть уравнения (30) представляет собой площадь под кривой $1/j$ в пределах скоростей V_1, V_2 .

Зависимость времени разгона от скорости строим по результатам подсчета площадей отдельных участков под кривой $1/j$ и их суммирования. Площадь каждого участка определяется как площадь трапеции по формуле (21):

$$t = 1/j_{cp} \cdot (V_2 - V_1). \quad (21)$$

Результаты вычислений (31) представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Время разгона карта

Параметры	Интервалы скоростей					Суммарное время
	0-1,9	2-4,8	4,8-8,68	8,6-15,7	15,7-22,5	
Время разгона	0	1,96	4,79	9,9	27	43,85

Полученное время соответствует минимальному времени разгона в рассчитываемом интервале скоростей.

Зависимость времени разгона от скорости движения карта представлена на рисунке 10.

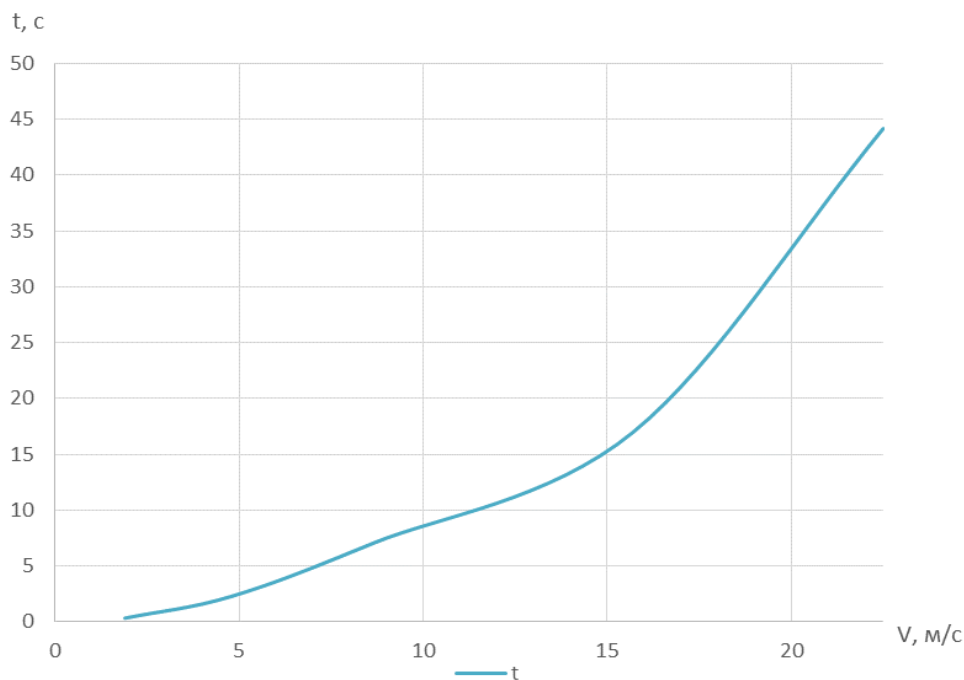


Рисунок 10 – Время разгона

Изм	Лис	№ докум.	Подпис	Дат
-----	-----	----------	--------	-----

23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ

Лист

38

2.2.6 Определение пути разгона

Путь разгона подсчитывается по уравнению (22):

$$S = \int_{t_1}^{t_2} V \cdot dt, \quad (22)$$

где t_1, t_2 – время начала и окончания разгона.

Правая часть уравнения (32) соответствует площади между кривой зависимости времени от скорости разгона и осью ординат в пределах времени $t_1 \dots t_2$ (рисунок 9). Зависимость пути разгона от скорости строим по результатам подсчета площадей отдельных участков, ограниченных вертикальной осью и кривой времени. Площадь каждого участка так же определяется как площадь трапеции по формуле (23):

$$S = V_{cp} \cdot (t_2 - t_1), \quad (23)$$

Результаты вычислений (23) представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Путь разгона карта

Параметры	Интервалы скоростей					Суммарный путь, м
	0-1,9	2-4,8	4,8-8,68	8,6-15,7	15,7-22,5	
Путь разгона, м	1,05	6,57	32,24	120,78	331,84	492,47

По данным таблицы 10 на график зависимости времени от скорости наносим график зависимости пути разгона от скорости движения карта. Графики времени и пути разгона представлены на рисунке 11.

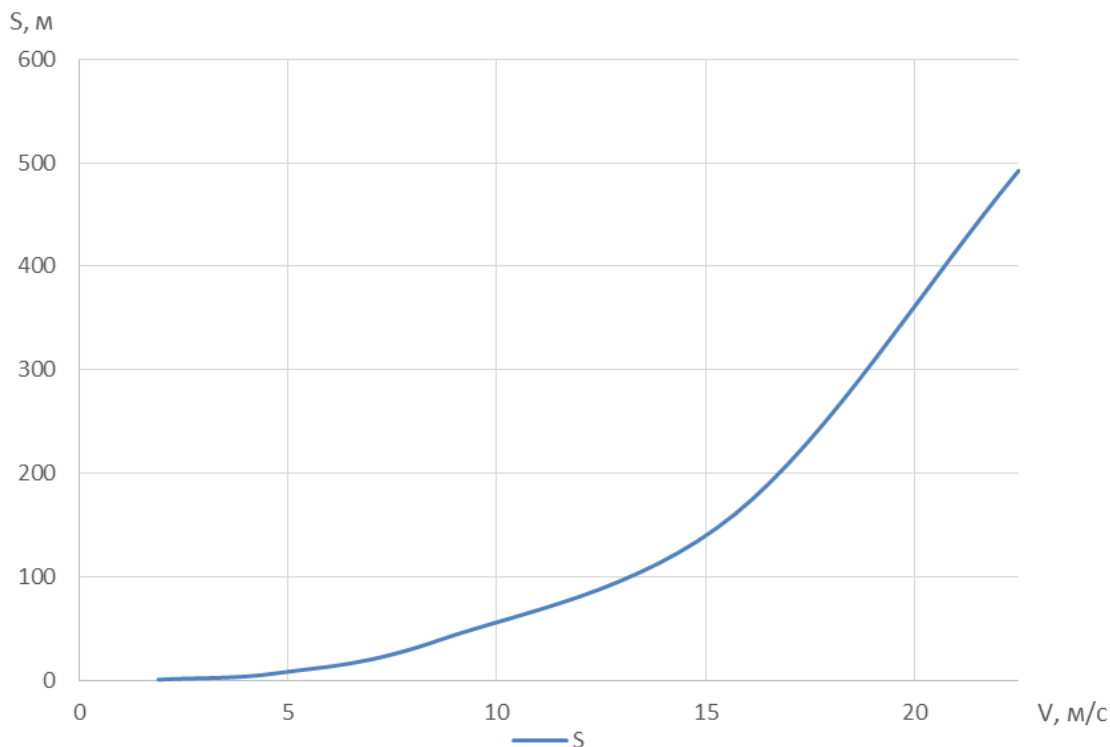


Рисунок 11 – Путь разгона

2.3 Определение динамических качеств автомобиля при торможении

Максимальное замедление находится из выражения (27):

$$\dot{j}_{\text{тор}} = g \cdot \varphi. \quad (27)$$

Время торможения до остановки находится при интегрировании уравнения замедления автомобиля, по формуле (28):

$$t_{\text{тор}} = V_n / g \cdot \varphi, \quad (28)$$

где V_n – скорость автомобиля в момент начала торможения.

Путь торможения до остановки можно найти при интегрировании уравнения времени торможения, по формуле (29):

$$S_{\text{тор}} = V_n^2 / 2 \cdot g \cdot \varphi. \quad (29)$$

Результаты вычислений (27), (28) и (29), для $\varphi_1=0,8$ и $\varphi_2=0,6$ представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Тормозные свойства автомобиля

Параметры	Начальная скорость торможения, м/с								
	1,9	2,5	3,1	4,2	4,9	6,9	11,3	15,7	22,5
$j_{\text{тор}}(\varphi 1)$	5,88	5,88	5,88	5,88	5,88	5,88	5,88	5,88	5,88
$j_{\text{тор}}(\varphi 2)$	7,84	7,84	7,84	7,84	7,84	7,84	7,84	7,84	7,84
$t_{\text{тор}}(\varphi 1)$	0,32	0,43	0,53	0,71	0,83	1,17	1,92	2,67	3,83
$t_{\text{тор}}(\varphi 2)$	0,24	0,32	0,4	0,54	0,63	0,88	1,44	2	2,87
$S_{\text{тор}}(\varphi 1)$	0,31	0,53	0,82	1,5	2,04	4,05	10,86	20,96	43,05
$S_{\text{тор}}(\varphi 2)$	0,23	0,4	0,61	1,13	1,53	3,04	8,14	15,72	32,29

Графики времени и пути торможения представлены на рисунке 13.

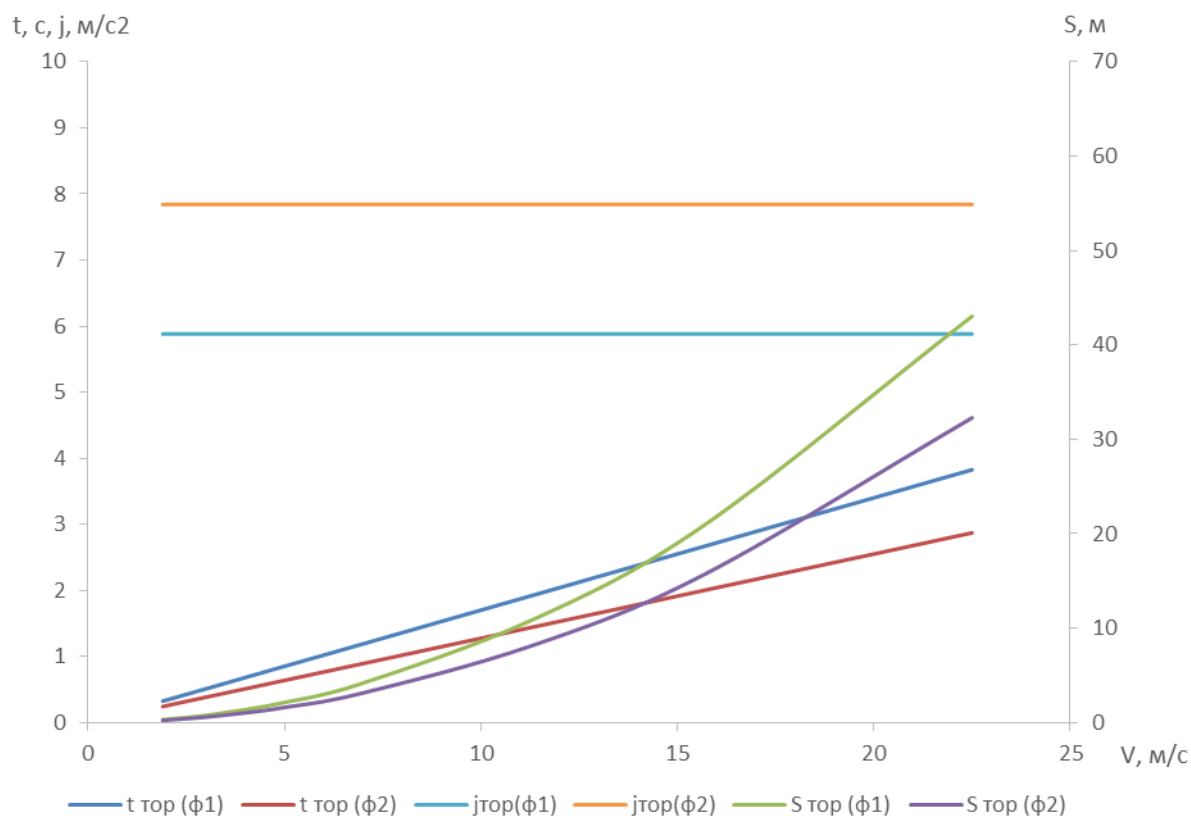


Рисунок 13 – Время и путь торможения при $\varphi_1=0,8$ и $\varphi_2=0,6$

Изм	Лист	№ докум.	Подпис	Дат
-----	------	----------	--------	-----

23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ

Лист

41

2.4 Расчет рулевого управления

Расчет рулевого управления произведем из геометрических показателей 3D модели. Для расчётов колёса принимаются абсолютно твёрдыми. Их мягкость может изменяться в зависимости от деформации до абсолютно твёрдого тела, поэтому для расчётов принимаем колёса твёрдыми. Геометрические показатели представлены на рисунке 14.

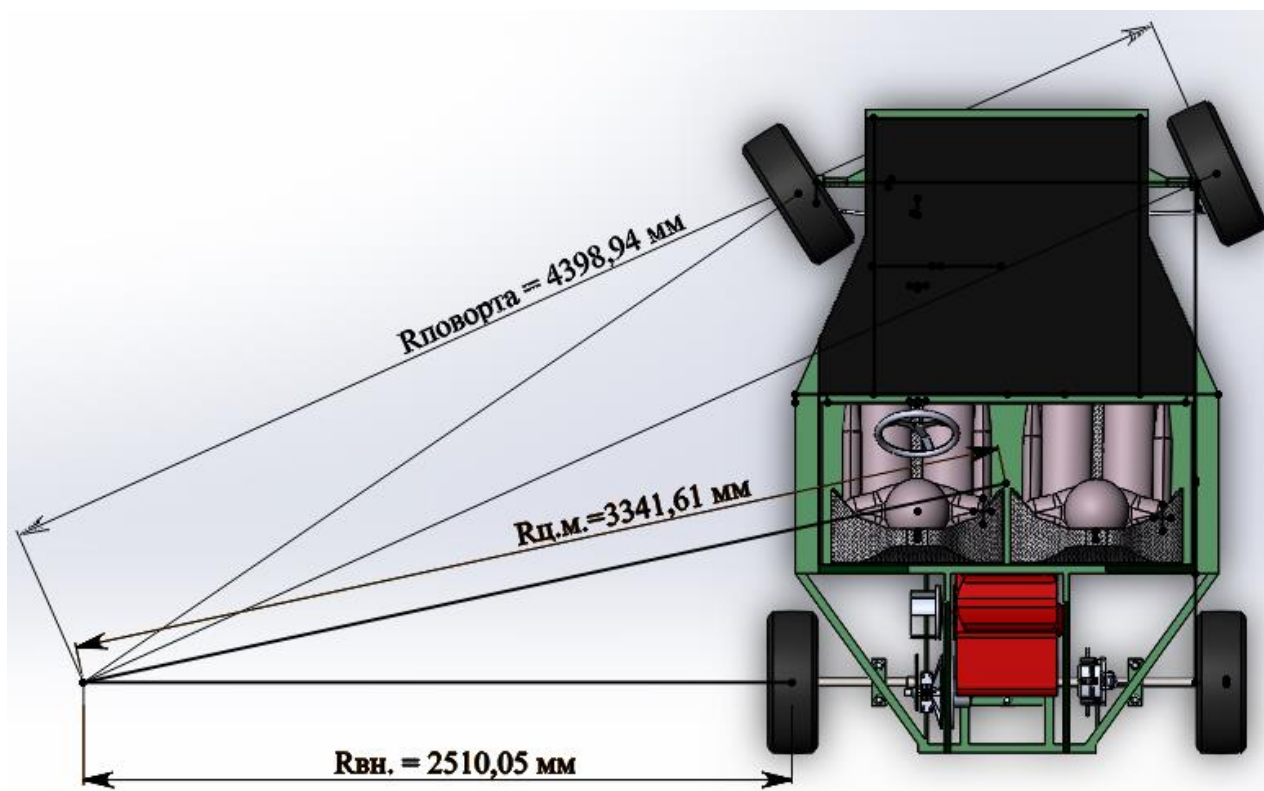


Рисунок 14 – Схема рулевого управления

Начнем с расчета максимальной скорости поворота по сцеплению из формулы (30)

$$V_n = \sqrt{\varphi g R}, \quad (30)$$

где R – минимальный радиус поворота, исходя из графического расчета рулевого управления, представленного на рисунке 16, равен 4,4 м,

					23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лис	№ докum.	Подпис	Дат		42

$$V_n = \sqrt{0,8 \cdot 9,8 \cdot 4,4} = 5,87 \text{ (м/с)}.$$

Исходя из этих показателей проведем расчет на критический радиус по опрокидыванию по формуле (31),

$$V_{кр.опр.} = \frac{2h_g \cdot V_n^2}{g \cdot B}, \quad (31)$$

где h_g – высота до центра масс, примем из данных графической модели $H=0,48$ м;

B – ширина колеи колес.

$$V_{кр.опр.} = \frac{2 \cdot 0,48 \cdot 5,81^2}{9,8 \cdot 1,519} = 2,18 \text{ м.}$$

Действительный радиус поворота больше критического радиуса по опрокидыванию, следовательно, опрокидывания произойти не может.

Произведем расчет по критическому углу опрокидывания по формуле (32):

$$\beta_{кр.опр.} = \arctg \frac{B}{2h_g}, \quad (32)$$

$$\beta_{кр.опр.} = \arctg \frac{1,519}{2 \cdot 0,48} = 57,7^\circ.$$

Из показателей можно сделать вывод, что карт является безопасным в управлении при использовании на треке.

					23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ	Лист
						43
Изм	Лис	№ доквм.	Подпис	Дат		

3 РАСЧЕТ СИЛ И УСКОРЕНИЙ

3.1 Условия эксплуатации

В проекте в качестве условий для эксплуатации картинга был выбран трек с ровным покрытием асфальта или бетона, без значительных неровностей, с плоским покрытием. Погодные условия преимущественно летние с сухим дорожным покрытием.

3.2 Расчетные случаи

В качестве расчетных случаев были выбраны 3 варианта расчета:

- 1) Торможение
- 2) Ускорение
- 3) Ускорение при повороте

Выбор обусловлен тем фактом, что в данных ситуациях происходит как продольное, так и поперечное перераспределение веса транспортного средства. В результате этих смещений наибольшая нагрузка приходится как на оси, так и на переднее внешнее колесо. В случае торможения при повороте высока вероятность бокового увода, что исключает его из критических случаев.

3.2.1 Ускорение на прямой

Исходя из расчетов приведенных в разделе X, максимальное ускорение картинга $a=1,48 \text{ м/с}^2$. В случае ускорения вперед на тело действуют определенные силы. В продольной плоскости действуют следующие силы: сила тяжести и сила реакции опоры. Сила тяжести действует от центра тяжести по направлению вниз и передает свою реакцию через колеса на поверхность дороги. Так как центр масс находится не по центру колесной базы, и при ускорении происходит перераспределение веса за счет сил инерции, то силы

					23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ	Лист
						44
Изм	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

на осях этих колес будут разные Поверхность в свою очередь действует на колеса с обратной силой. В горизонтальной плоскости на тело действует сила инерции, приложенная из центра масс направленная назад и ускоряющая сила на колесах направленная вперед.

3.2.2 Торможение на прямой

Исходя из расчетов максимальное замедление картинга $a_{\text{торм}}=7,84 \text{ м/с}^2$. В случае торможения в вертикальной плоскости силы идентичны силам при ускорении. В горизонтальной плоскости на тело действует сила инерции, исходящая из центра масс направленная вперед и тормозящая сила на колесах направленная назад.

3.2.3 Ускорение в повороте

По мимо силы ускорения на прямой в случае поворота вступает в действие и центробежная сила, максимального значения она достигает при движении по минимальному радиусу и на максимальной возможной по сцеплению скорости поворота. В этом случае в вертикальной плоскости будет действовать сила тяжести и сила реакции опоры на колесах. Но в отличии от ускорения на прямой, помимо перераспределения веса по осям, также будет возникать перераспределение веса между правыми и левыми колесами. Вес с колес внутреннего радиуса будет перераспределяться на колеса внешнего с коэффициентом $k=0,6$ [1]. В продольной плоскости будет действовать сила инерции, направленная из центра масс назад, центробежная сила, направленная из центра масс перпендикулярно кузову в сторону наружного радиуса и сила тяги от колес направленная вперед.

3.3 Расчет сил действующих на конструкцию

3.3.1 Расчет при ускорении на прямой

					23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
						45
<i>Изм</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>		

В первую очередь рассчитаем силы в продольной плоскости.

Силу тяжести рассчитаем по формуле (33),

$$F_m=mg, \quad (33)$$

где m – масса автомобиля;

g – ускорение свободного падения.

$$F_m=370 \cdot 9,8=3626 \text{ (Н)}.$$

Для определения перераспределение веса на оси при ускорении и торможении воспользуемся формулой (34) [2],

$$F_n=(a \cdot m \cdot H)/L, \quad (34)$$

где a – ускорение автомобиля;

H – высота центра тяжести;

L – длина базы автомобиля.

Рассчитаем перераспределенный вес, при ускорении:

$$F_{nl.}=(1,48 \cdot 370 \cdot 0,48)/1,759=149,4 \text{ (Н)}.$$

Статический вес на оси определяем из формулы (35):

$$F_c=G \cdot f, \quad (35)$$

где f – перераспределение массы по осям, примем 42/58 из расчетов графической модели,

Рассчитаем статический вес на задней оси,

					23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ	Лист
						46
Изм	Лис	№ докв.	Подпис	Дат		

$$F_{ol.c.}=3700 \cdot 0,58=2146 \text{ (Н)}.$$

Общий вес на нагружаемой оси определим из формулы (36),

$$F_o = F_{o.c.} \pm F_n, \quad (36)$$

$$F_{ol.} = 2146 + 149,4 = 2295,4 \text{ (Н)}.$$

Общий вес на колесе оси определим из формулы (37),

$$F_{к.о.} = F_o / 2. \quad (37)$$

Рассчитаем вес на колесе задней оси,

$$F_{к.о1.} = 2295,4 / 2 = 1147,7 \text{ (Н)}.$$

Рассчитаем статический вес на передней оси,

$$F_{o2.c.} = 3700 \cdot 0,42 = 1554 \text{ (Н)}.$$

Рассчитаем общий вес на передней оси,

$$F_{o.2} = 1554 - 149,9 = 1404,1 \text{ (Н)}.$$

Рассчитаем вес на колесе передней оси,

$$F_{к.о2.} = 1404,1 / 2 = 702,05 \text{ (Н)}.$$

По второму закону Ньютона сила реакции опоры на колеса будут равны силе, с которой колеса давят на опору.

					23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ	Лист
						47
Изм	Лис	№ доквм.	Подпис	Дат		

Далее произведем расчет сил в горизонтальной плоскости.

Силу инерции вычислим из формулы (38),

$$F_{ин}=ma, \quad (38)$$

$$F_{ин}=370 \cdot 1,48=547,6 \text{ (Н)}.$$

Сила тяги возникает только на оси ведущих колес и согласно тяговому расчету при максимальном ускорении равна $P_m=1627 \text{ (Н)}$.

Силу тяги на каждом колесе вычислим из формулы (37),

$$P_{m.к.}=1627/2=813,5 \text{ (Н)}.$$

Силовая схема при ускорении представлена на рисунке 15.

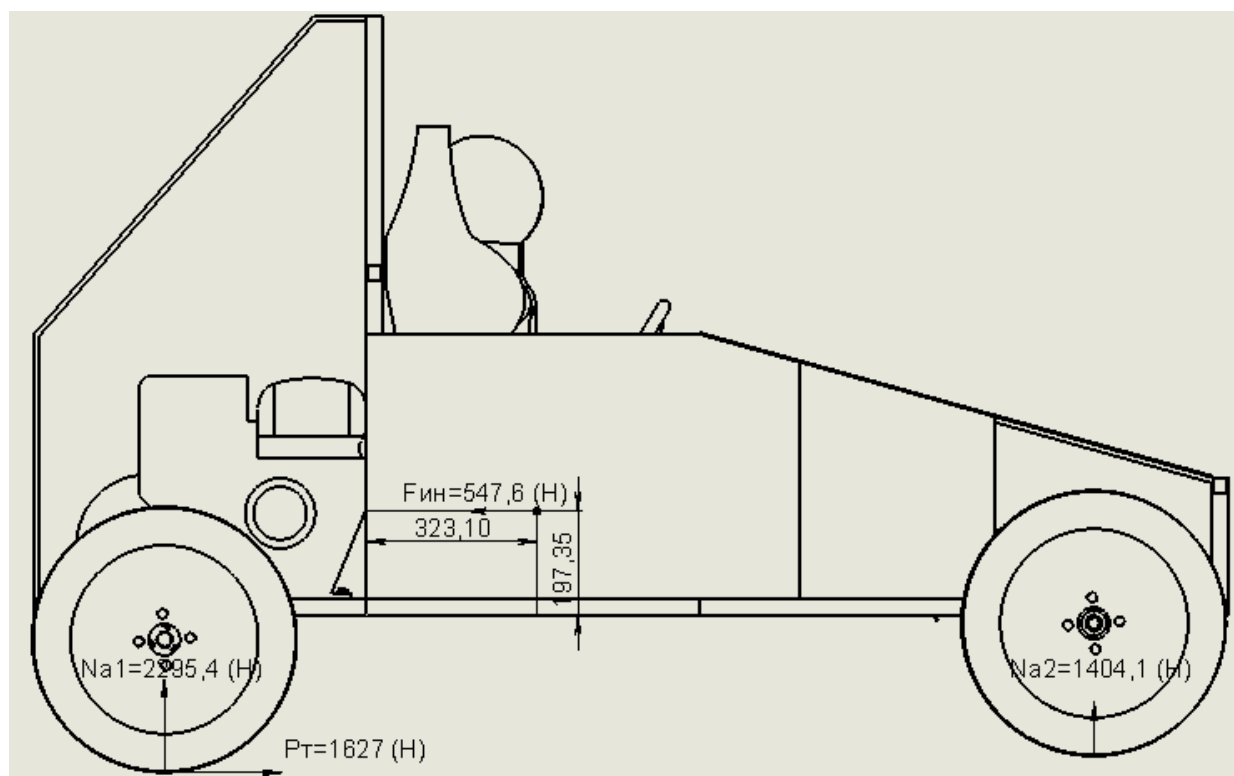


Рисунок 15 – Схема сил при ускорении

3.3.2 Расчет при торможении

Рассчитаем силы в вертикальной плоскости.

Сила тяжести останется прежней, а вес перераспределения измениться по величине ускорения $a_{\text{торм.}}=7,84 \text{ м/с}^2$ и направлению распределения, вес перейдет на переднюю ось.

Рассчитаем вес перераспределения,

$$F_{n2}=(7,84 \cdot 370 \cdot 0,48)/1,759=791,6 \text{ (Н)}.$$

Рассчитаем общий вес на задней оси,

$$F_{o1}=2146-791,6=1354,4 \text{ (Н)}.$$

Рассчитаем вес на колесе задней оси,

$$F_{к.о1.}=1354,4/2=677,4 \text{ (Н)}.$$

Рассчитаем общий вес на передней оси,

$$F_{o2}=1554+791,6=2345,6 \text{ (Н)}.$$

Рассчитаем вес на колесе передней оси,

$$F_{к.о2.}=2345,6/2=1172,8 \text{ (Н)}.$$

Далее рассчитаем силы в горизонтальной плоскости, сила инерции изменит направление и силу, а тормозная сила будет соответствовать максимальной по сцеплению.

$$F_{ин}=370 \cdot 7,84=2900,8 \text{ (Н)}.$$

Тормозную силу вычислим по формуле (39),

					23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ	Лист
						49
Изм	Лис	№ доквм.	Подпис	Дат		

$$F_{\text{торм}}=N \cdot \varphi, \quad (39)$$

где $N=F_m$ – сила реакции опоры или сила тяжести на колесе/оси.

Рассчитаем тормозную силу на задней оси,

$$F_{\text{торм.ол.}}=1354,4 \cdot 0,8=1083,52.$$

Силовая схема при торможении представлена на рисунке 16.

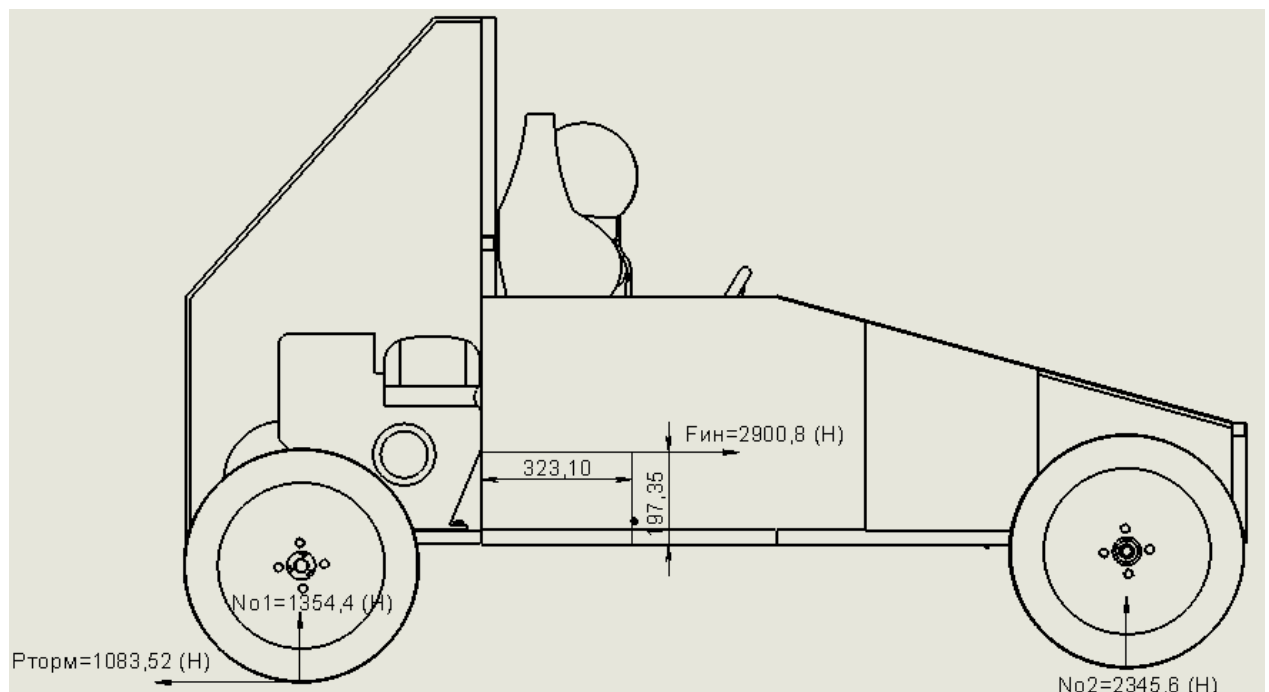


Рисунок 16 – Схема сил при торможении

3.3.3 Расчет при ускорении в повороте

Рассчитаем силы в продольной плоскости. Начнем с расчета центробежной силы, вычислим её по формуле (40),

$$F_y = \frac{mv_y^2}{R_{ц.м.}}, \quad (40)$$

$$F_u = \frac{370 \cdot 5,87^2}{3,34} = 3821 \text{ (Н)}.$$

Сила инерции и тяговая сила на колесах сохраняют свои значения, как и при обычном ускорении

В горизонтальной плоскости изменяться силы на колесах путем перераспределения веса по сторонам. Примем для схемы что картинг совершает поворот направо, что приводит к смещению веса на лево.

Рассчитаем перераспределения веса на колесах оси по формуле (41),

$$F_{i.k.o.} = F_o \cdot k, \quad (41)$$

где $k = 0,6$ для внешнего колеса и $0,4$ для внутреннего.

Рассчитаем силы для колес задней оси,

$$F_{л.к.о1.} = 2295,4 \cdot 0,6 = 1377,24 \text{ (Н)},$$

$$F_{н.к.о1.} = 2295,4 \cdot 0,4 = 918,16 \text{ (Н)}.$$

Рассчитаем силы для колес передней оси,

$$F_{л.к.о2.} = 1404,1 \cdot 0,6 = 842,46 \text{ (Н)},$$

$$F_{н.к.о2.} = 1404,1 \cdot 0,4 = 561,64 \text{ (Н)}.$$

Силовая схема при ускорении в повороте представлена на рисунке 17.

					23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ	Лист
						51
Изм	Лис	№ докum.	Подпис	Дат		

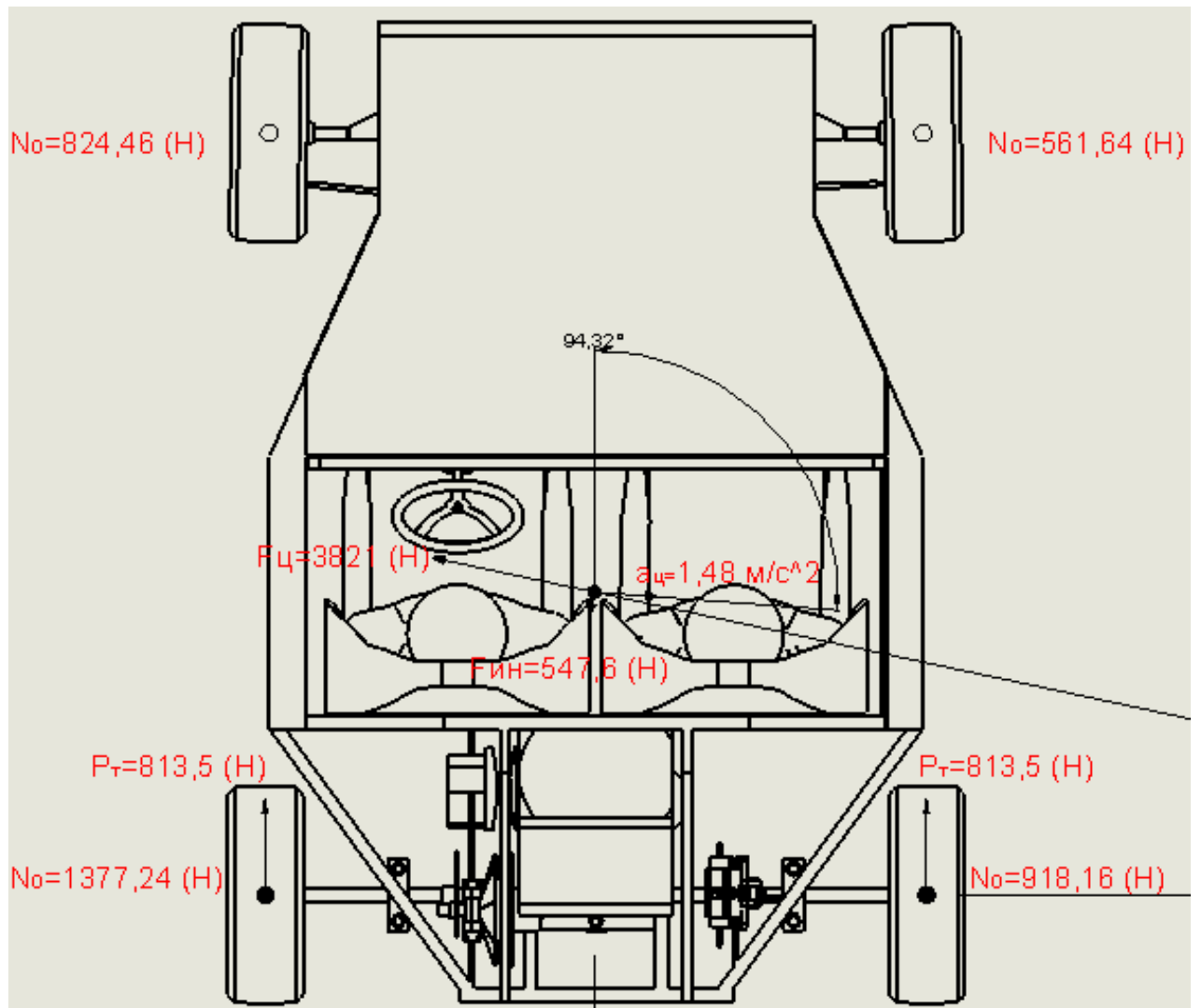


Рисунок 17 – Силовая схема реакций при ускорении в повороте

Изм	Лис	№ докum.	Подпис	Дат

23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ

Лист

52

4 РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ

4.1 Расчетная схема

Расчет на прочность будем производить в программном продукте ANSYS. ANSYS — универсальная программная система конечно-элементного (МКЭ) анализа, применяется в сфере автоматизированных инженерных расчётов (САПР, или CAE) и КЭ решения линейных и нелинейных, стационарных и нестационарных пространственных задач механики деформируемого твёрдого тела и механики, задач механики жидкости и газа, теплопередачи и теплообмена, электродинамики, акустики, а также механики связанных полей. Расчет произведем по трем расчетным случаям, представленными выше. Величины ускорений их направления и соответствующие им инерционные силы принимаем из расчетов.

В расчетных схемах закрепления строятся следующим образом: Спереди закрепление действует в местах крепления поворотных кулаков в вертикальной плоскости, так как передние колеса не имеют тормозных механизмов и свободны в горизонтальной плоскости. Закрепление сзади действует в местах крепления подшипников в вертикальной и горизонтальной плоскости, так как на задних колесах возникают как тормозные, так и тяговые силы. Массы тел, деталей и агрегатов заменяем на нормальные и инерциальные силы.

Расчетная схема ANSYS при ускорении, торможении и ускорении в повороте представлены на рисунках 18, 19, 20.

					<i>23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						53
<i>Изм</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>		

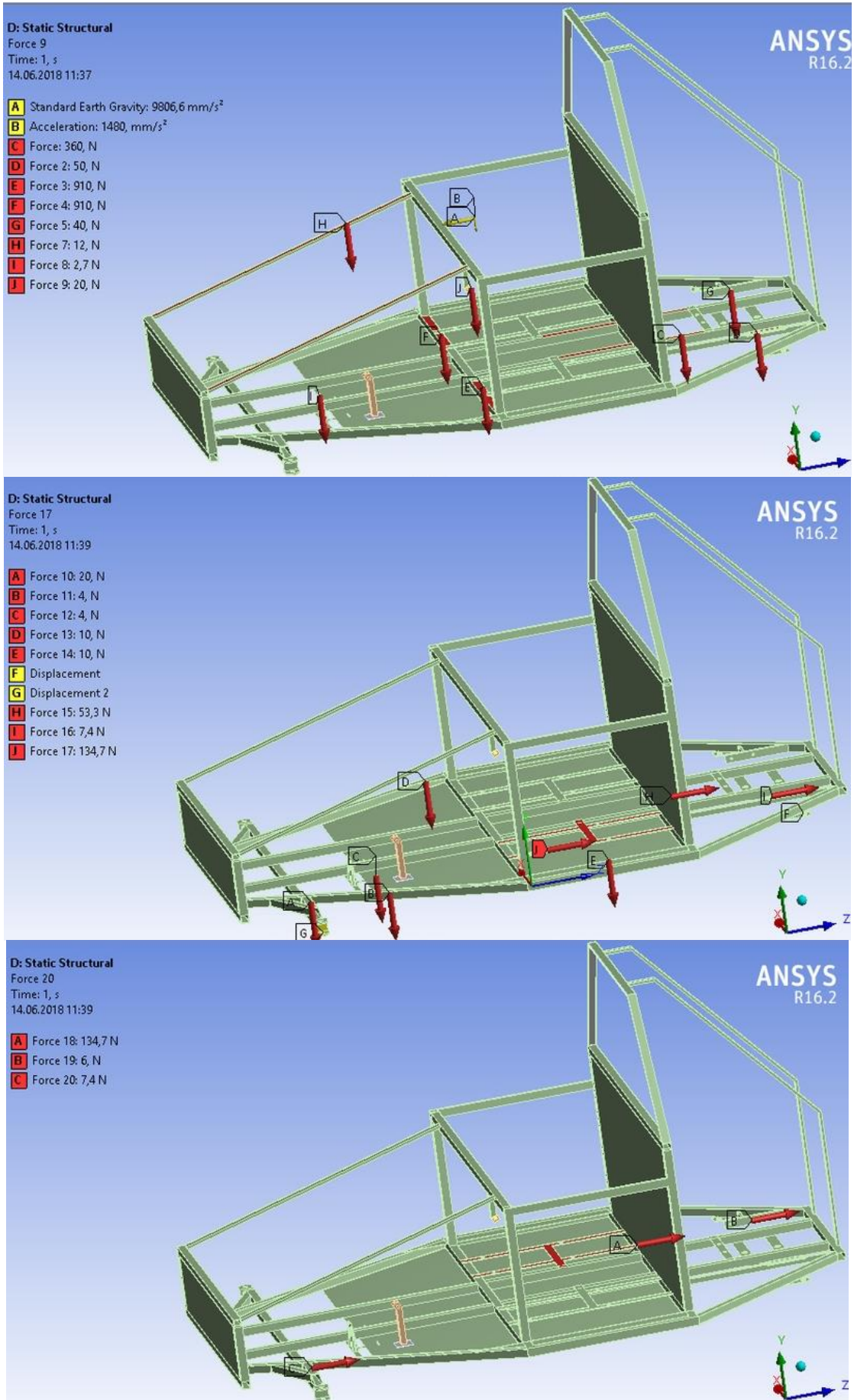


Рисунок 18 – Расчетная схема ANSYS при ускорении

Изм	Лис	№ докum.	Подпис	Дат

23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ

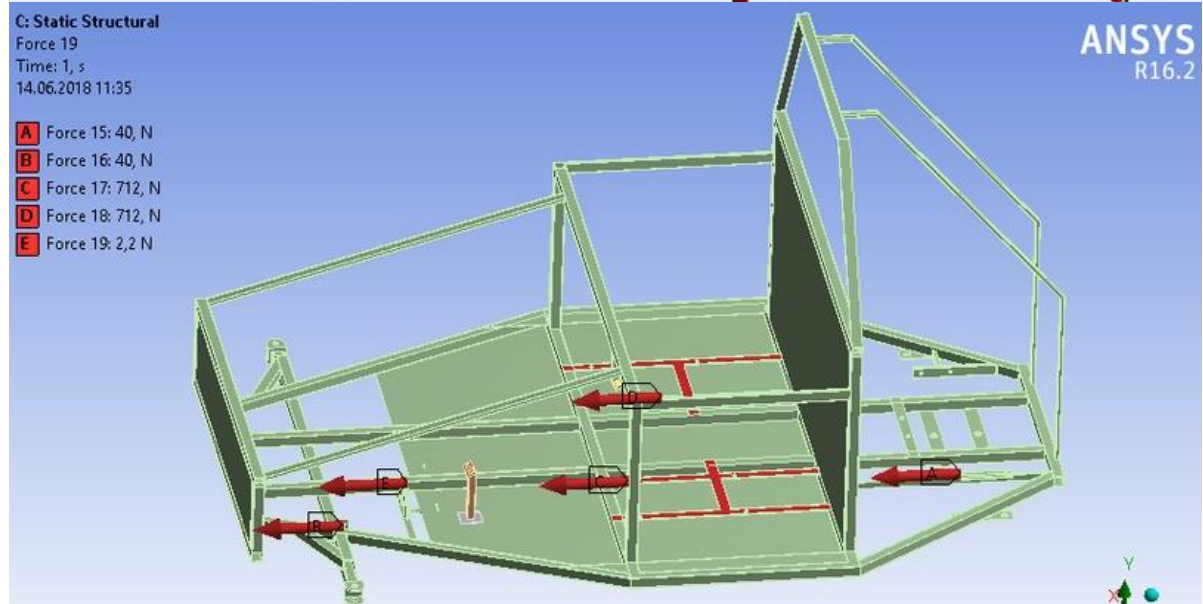
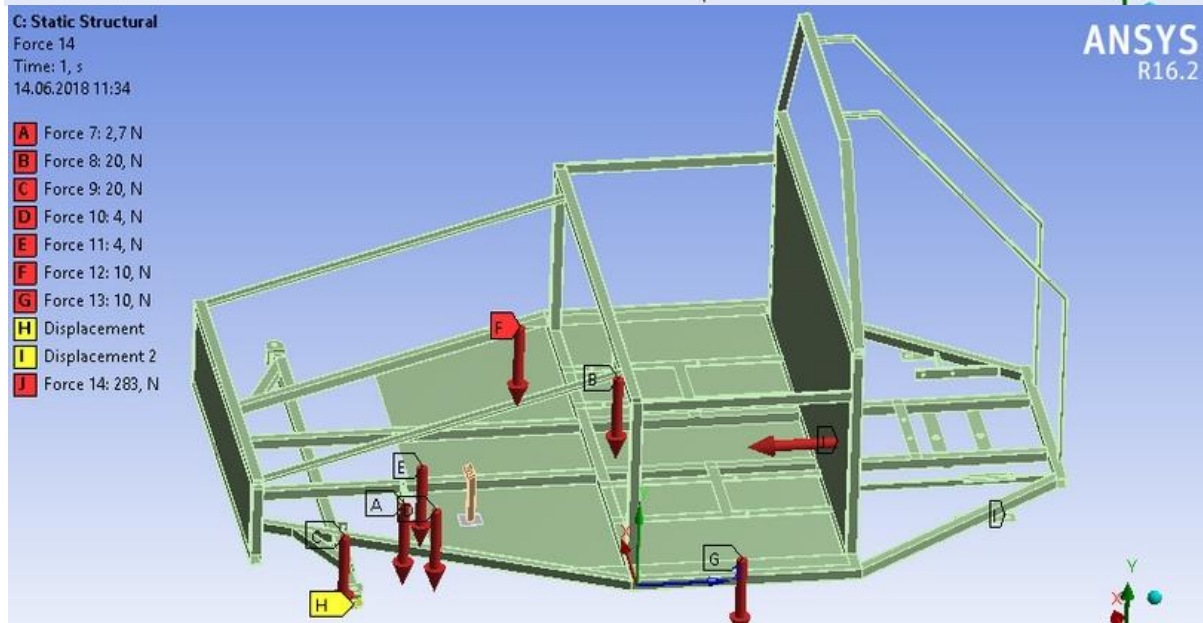
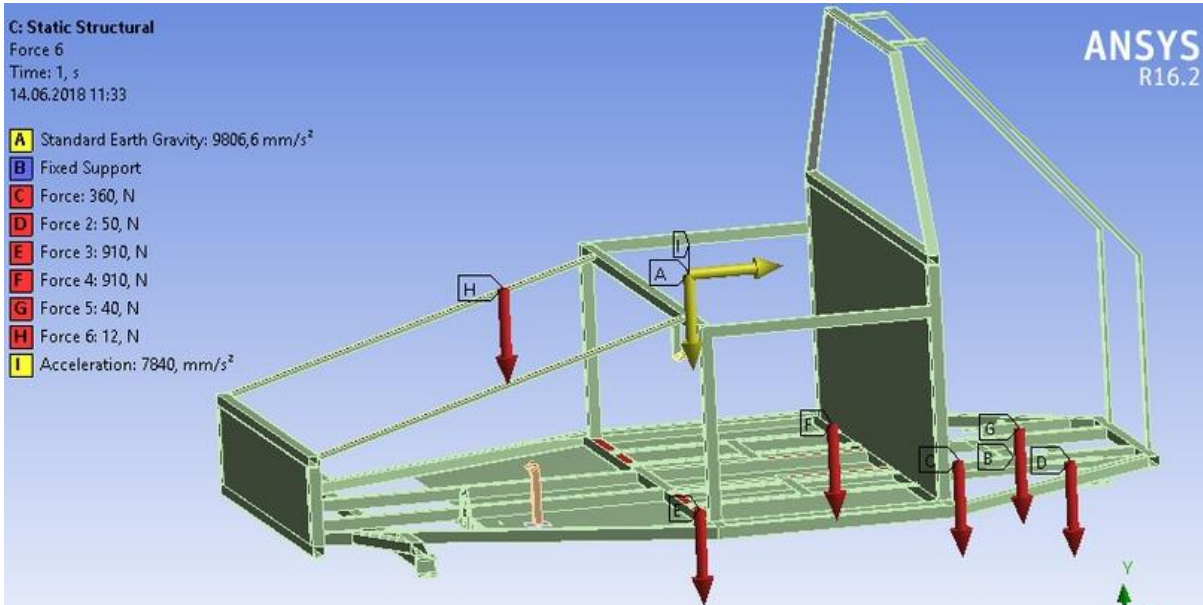


Рисунок 19 – Расчетная схема ANSYS при торможении

Изм	Лис	№ докum.	Подпис	Дат

23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ

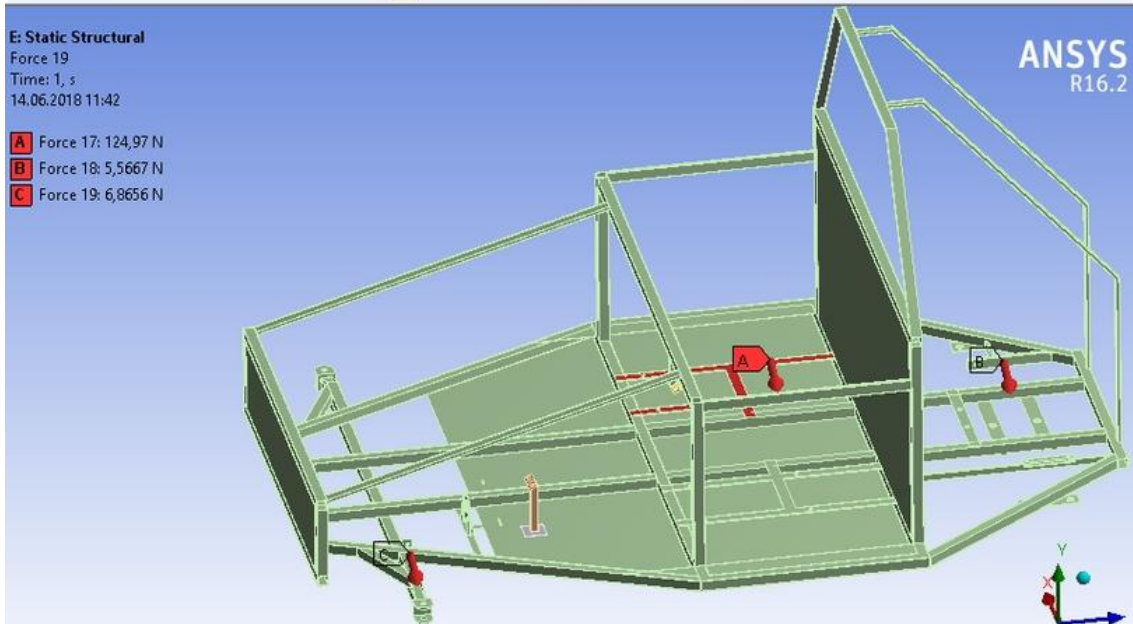
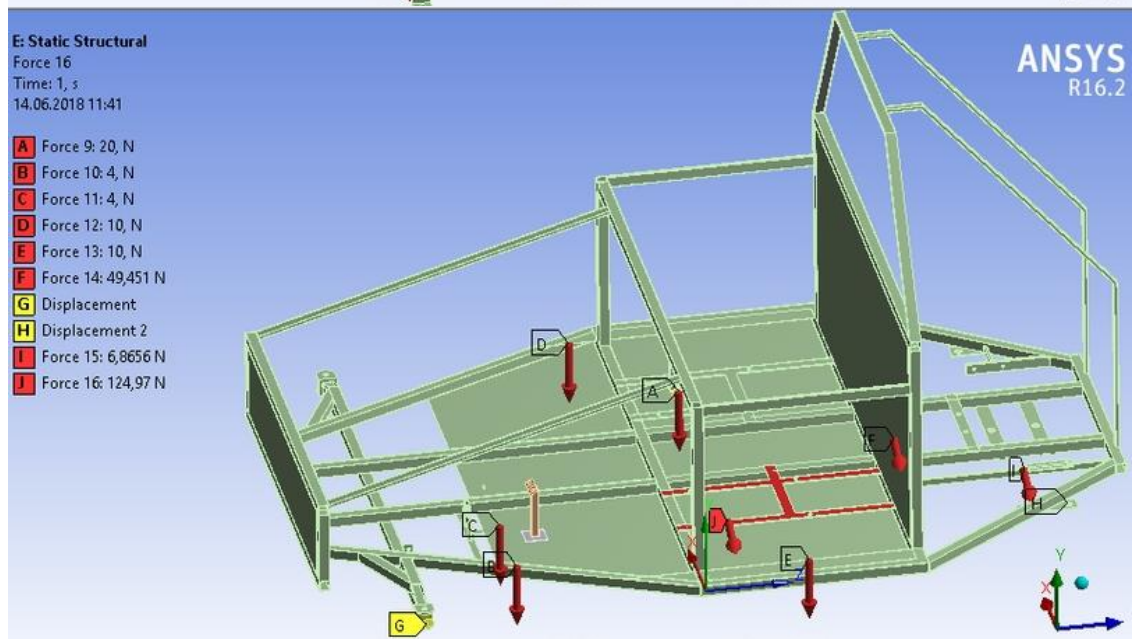
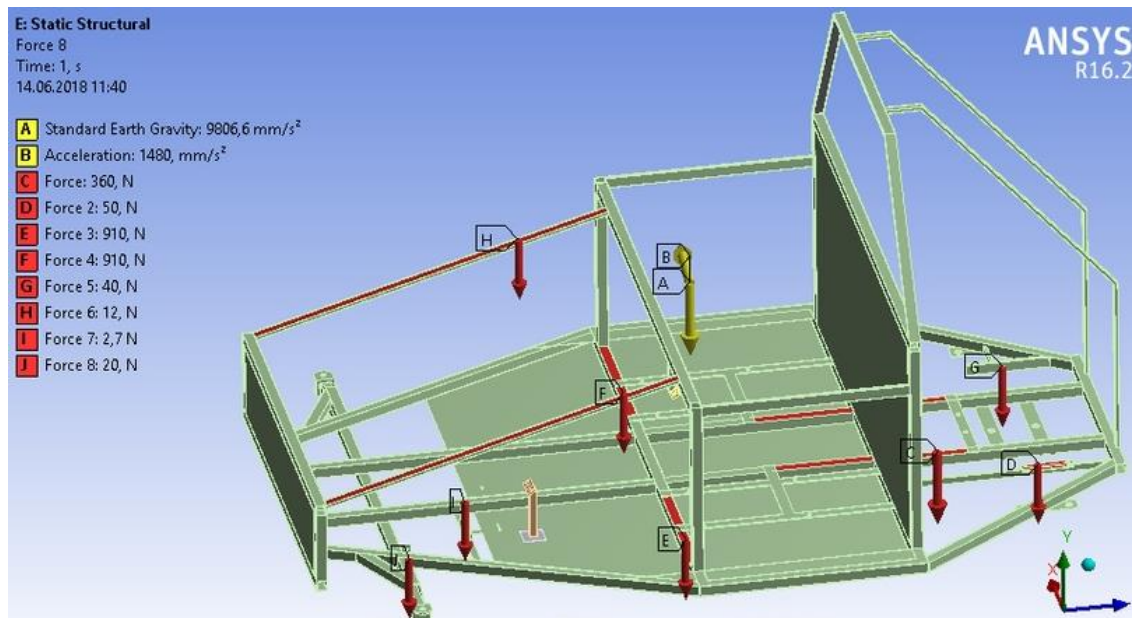


Рисунок 20 – Расчетная схема ANSYS при повороте с ускорением

Изм	Лис	№ докum.	Подпис	Дат

23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ

4.2 Результаты расчетов на прочность

Результаты расчетов на прочность представлены на рисунках 21, 22, 23.

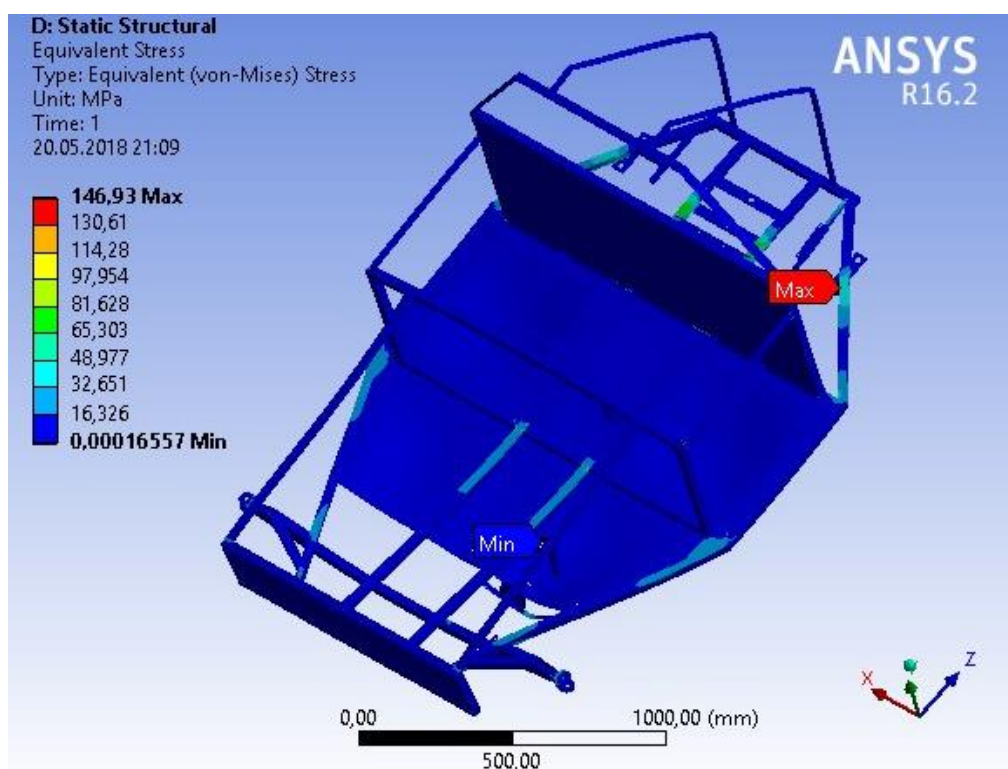


Рисунок 21 – Результаты расчетов напряжений при ускорении

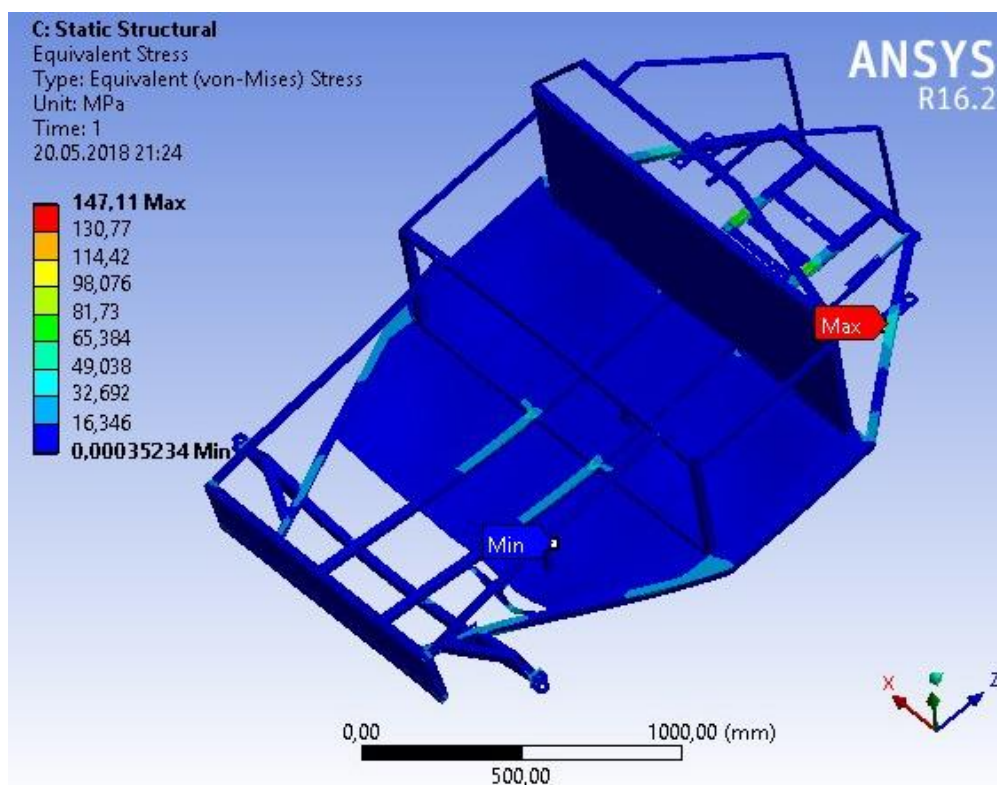


Рисунок 22 – Результаты расчетов напряжений при торможении

Изм	Лис	№ докum.	Подпис	Дат

23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ

Лист

57

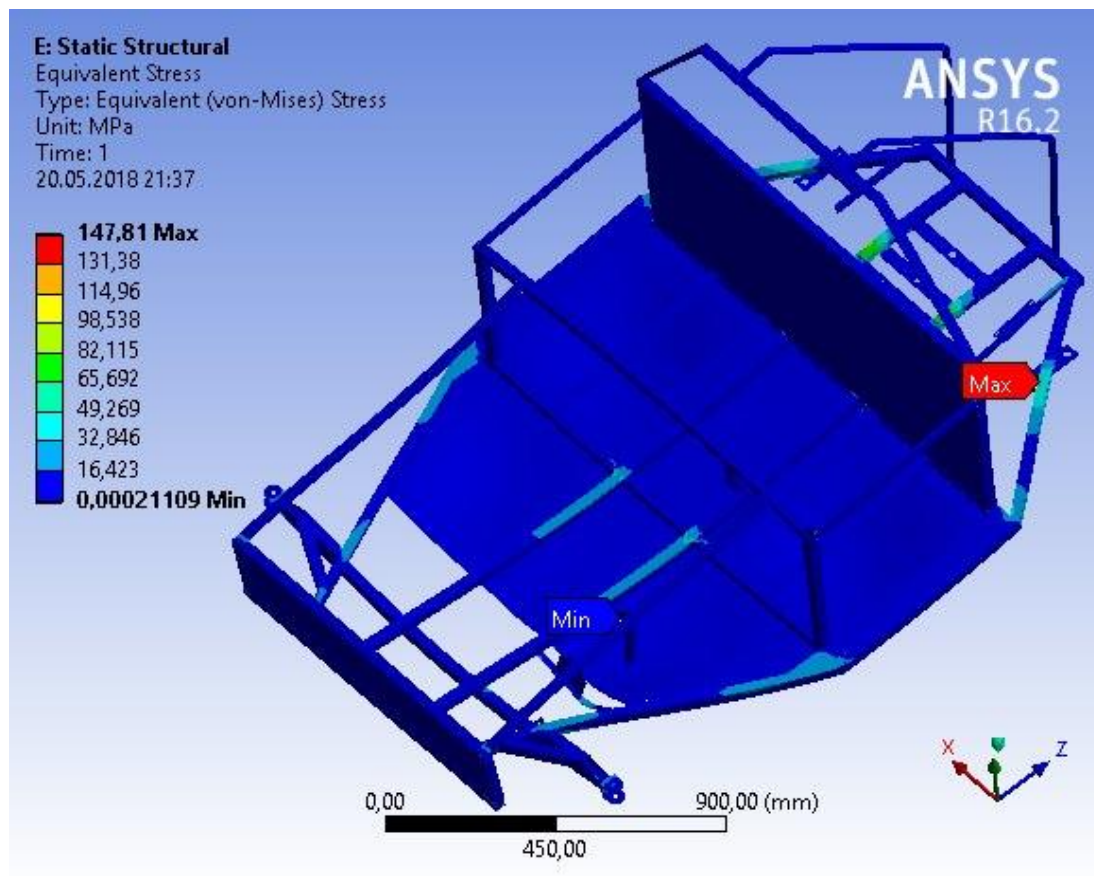


Рисунок 23 – Результаты расчетов напряжений при повороте с ускорением

В результате расчетов выяснилось, что максимальные эквивалентные напряжения возникают при условии поворота с ускорением и достигают значения 147,81 МПа, при допустимых для стали 245 МПа. При этом коэффициент запаса примерно равен 1,7. Полученный коэффициент запаса является допустимым и отвечает требованиям безопасности.

Изм	Лис	№ доквм.	Подпис	Дат

23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ

5 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

Для оценки экономической целесообразности постройки карта необходимо рассчитать ориентировочную себестоимость и вычислить срок времени, в течении которого прибыль от его эксплуатации превысит затраты на постройку.

Себестоимость – это сумма всех затрат, на изготовление товара. Включает в себя затраты на материалы, детали, агрегаты и производство.

Затраты на детали и агрегаты представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Затраты на детали и агрегаты

Наименование	Количество	Цена, руб
Вариатор «Сафари» в сборе	1	10000
Двигатель LIFAN 188FD	1	18000
Сидения	2	16000
Руль	1	1750
Втулка рулевой колонки	1	100
Ступица руля	1	320
Наконечники рулевых тяг	4	1200
Рулевая тяга	2	200
Ось ступицы колеса ВАЗ 2108	2	1900
Ступица колеса ВАЗ 2108	2	1000
Колесные диски	4	1200
Шины 165/50 R15	4	17680
Ступица заднего колеса	2	1560
Задняя ось	2	516
Звездочка ведущая Z=12	1	285
Звездочка ведомая Z=48	1	2090
Цепь 08В-1	1	525
Подшипник задней оси 30 мм	3	2100
Ступица тормозного диска	1	850
Диск тормозной	1	950
Супорт тормозной ВАЗ 2108	1	2200
Тормозные колодки ВАЗ 2108	1	500
Педали тромоз/газ	2	1700
Главный цилиндр сцепления ГАЗ 24	1	1000
Метизы	22	1300
Прочее	1	5000
Сумма		89926

Изм	Лис	№ докум.	Подпис	Дат

23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ

Лист

59

Материалами для изготовления выступают профильные трубы прямоугольного сечения. Также в качестве обшивки выступают стальные листы и листы из ДВП. Материалы представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Затраты на материалы

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена, руб
Труба профильная 30x30	м	24	1512
Труба профильная 30x10	м	12	440
Листовой металл 1 мм	м ²	3	1200
Листовой металл 2 мм	м ²	0,05	24
Листовой металл 3 мм	м ²	0,4	458
Лист ДВП	м ²	2	120
Сумма			3754

Затраты на производство примем по сварочным и токарным работам, так как не все люди обладают достаточной квалификацией для их выполнения. Ориентировочные цены были определены в по предварительной договоренности с фирмой ООО «Техносервис» и составляют около 20 тысяч рублей.

Общую себестоимость вычислим по формуле (42),

$$S = M + R + A, \quad (42)$$

где M – затраты на материалы;

R – затраты на работы;

A – Затраты на детали и агрегаты.

$$S = 3754 + 20000 + 89926 = 113680 \text{ (руб.)}$$

Карт планируется использоваться в картинговых центрах, в качестве обучающего транспортного средства или как самостоятельный в качестве развлекательного. Цена за аренду двухместного карта в нашем городе на 10

					23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ	Лист
						60
Изм	Лис	№ докum.	Подпис	Дат		

минут оставляет около 400 рублей.

Дополнительными текущими расходами будут являться затраты на бензин, которые составляют 25 рублей за один 10 минутный заезд. Примем, что в среднем в день проходит 3 сеанса на данном карте. Рассчитаем прибыль за месяц по формуле (43),

$$Q = D \cdot C \cdot (P - B), \quad (43)$$

где D – количество дней в месяце, примем в среднем 30 дней;

P – цена за один сеанс;

C – количество сеансов;

B – Затраты на бензин.

$$Q = 30 \cdot 2 \cdot (400 - 25) = 22500 \text{ (руб.)}.$$

Рассчитаем количество месяцев окупаемости картинга по формуле (44)

$$X = S / Q, \quad (44)$$

где S – себестоимость карта.

$$X = 113680 / 22500 = 5 \text{ (мес.)}.$$

Результаты расчета показали, что сроки окупаемости являются приемлемыми и построение карта является экономически оправданным.

					23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ	Лист
						61
Изм	Лис	№ докв.	Подпис	Дат		

6 ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

При эксплуатации карта во избежание травм, поломок или чрезвычайных происшествий необходимо соблюдать ряд правил.

Правила безопасности при ТО и ЕО:

- Производить своевременное обслуживание карта и поддерживать его в технически исправном состоянии;
- Необходимо с осторожностью обращаться с горючими жидкостями и избегать их проливания на горячие части двигателя;
- Перед днем заездов проверить работоспособность тормозной системы;
- Периодически контролировать состояние и натяжение ремня вариатора и цепи главной передачи;
- Запрещается заправлять карт бензином при включенном двигателе;
- Запрещается в морозную погоду прогревать холодный двигатель при помощи открытого огня, чтобы быстрее запустить карт;
- Запрещается запускать двигатель в закрытых не проветриваемых помещениях: как и у автомобиля, выхлопные газы карта опасны для здоровья и жизни.

Правила безопасности при хранении:

- Запрещается курить или зажигать другой открытый огонь там, где хранится карт, или тогда, когда вы заправляете бак, проверяете уровень топлива;
- Запрещается держать карт с заправленным баком в помещении, где есть источники тепла и (или) пламени (обогреватели, электросушилки, ит.п.);

Правила безопасности при эксплуатации:

- Перед каждым использованием карта убедитесь, что он находится в исправном состоянии и безопасен для управления. Всегда следуйте правилам и рекомендациям по управлению, приведенным в правилах катания;

					23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ	Лист
						62
Изм	Лис	№ докв.	Подпис	Дат		

- Запрещается эксплуатация карта в помещениях, не соответствующих мерам пожарной безопасности;
- В случае эксплуатации на открытых площадках необходимо наличие огнетушителя;
- Запрещается касаться раскаленных частей карта голыми частями тела, или материалами одежды, которые легко плавятся;
- Не допускается употребление алкоголя или наркотических средств перед и во время управлением или обслуживания карта;
- Начинайте торможение за некоторое время до остановки;
- Избегайте поездок на карте по мощным дорогам, включая проезжие части, тротуары, улицы и площадки для парковки автомашин;
- Перед началом эксплуатации необходимо пройти инструктаж по управлению картом;
- Необходимо соблюдать скоростной режим, исключая наезд на препятствия, людей и столкновения с препятствиями вплоть до остановки;
- Не поддаваться на провокации других граждан на участие в столкновениях и других действиях, могущих прямо или косвенно причинить вред имуществу и гражданам;
- Всегда снижайте скорость перед препятствиями, поворотами и спусками до минимальной, чтобы не допустить потерю управления;
- Избегайте резких маневров или повышения оборотов двигателя при проезде скользких или мокрых участков трассы;
- Обе ноги держите на педалях управления;
- Запрещается нажатие двух педалей одновременно;
- Движение без шлема запрещено;
- Пристегивайте ремни безопасности до начала движения;
- Отстегивать ремни безопасности разрешается после полной остановки и при заглушенном двигателе;
- Движение по трассе осуществляется только в одном направлении.

					23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лис</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>		63

Запрещено встречное движение;

– В случае поломки или аварии запрещено покидать карт. Дождитесь, когда к вам подойдет маршал по безопасности и выполняйте его команды;

– Не допускается управление картом в одежде, имеющей капюшон, шарф и прочее, что может помешать управлению или быть намотанным на вращающееся с большой скоростью колесо;

– Длинные волосы необходимо заправить под шлем или одежду;

– Соблюдайте осторожность при посадке в карт, избегайте резких движений во избежание ушибов.

					23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ	Лист
						64
Изм	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Энциклопедия по машиностроению – <http://mash-xxl.info/info/758047/>
2. Статья «Перераспределение нагрузки по сторонам автомобиля» – <https://www.topof.ru/help/перераспределение-нагрузки-авто>
3. Свободная энциклопедия Википедия статья «Картинг» – <https://ru.wikipedia.org/wiki/Картинг>
4. Свободная энциклопедия Википедия статья «Карт» – [https://ru.wikipedia.org/wiki/Карт_\(машина\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Карт_(машина))
5. Статья «Конструкция карта» – <http://cttmotor.edusite.ru/p31aa1.html>
6. Статья «Проектирование узлов и деталей» – <http://karting.nnov.ru/?p=133>
7. Статья «Как построить карт своими руками» – <https://auto.today/bok/4145-karting-svoimi-rukami.html>
8. Статья «Устройство карта» – <http://www.kartracing.ru/устройство-карта/>
9. Статья «Карт своим руками. Рулевое управление» – <http://kartingacademy.ru/karting-svoimi-rukami-rulevoy-mehanizm.html>
10. Статья «Устройство карта» – http://kart-off.ru/shkola/ustrojstvo_gonochnogo_avtomobilya_kart
11. Рождественский Ю.В., Волченко Г.Н. Эксплуатационные свойства автомобиля: Учебное пособие.–Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2000. –26 с.
12. PDF документ «Как собрать картинг? Подробное руководство к действию.» – <http://x-creators.ru/download/chertezhi-kartinga.pdf>

					23.03.03.2018.124.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>		65