

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой, профессор
_____ Ю.В. Рождественский
« ____ » _____ 2017 г.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ ВЫСОКОЙ ПРОХОДИМОСТИ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

ЮУрГУ–23.03.03.2017.144.00 ПЗ ВКР

Руководитель ВКР,
доцент
_____ И.Г. Леванов
« ____ » _____ 2017 г.

Автор ВКР,
студент группы П-416
_____ Н.А. Табарин
« ____ » _____ 2017 г.

Нормоконтролер,
доцент
_____ А.А. Дойкин
« ____ » _____ 2017 г.

Челябинск 2017

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
профессионального образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(национальный исследовательский университет)
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Факультет
Кафедра Автомобильный транспорт
Направление подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий кафедрой

_____ Ю.В. Рождественский

“ ___ “ _____ 2017 г.

З А Д А Н И Е

на выпускную квалификационную работу студента

Табарин Никита Андреевич

Группа П-416

1. Тема работы (проекта) Проектирование легкового автомобиля высокой проходимости_

(название)

утверждена приказом по университету от _____ 2017 г. № _____

2. Срок сдачи студентом законченной работы _____

3. Исходные данные к работе (проекту)

1. Тема работы (проекта) _____

(название)

утверждена приказом по университету от _____ 2017 г. № _____

2. Срок сдачи студентом законченной работы _____

3. Исходные данные к работе (проекту)

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

АННОТАЦИЯ

Табарин Н.А., Проектирование легкового автомобиля высокой проходимости.
 – Челябинск: ЮУрГУ, АТ; 2017, 57с., 21 иллюстрация. Библиографический список – 6 наим., 7 слайдов презентации.

В данной работе выполнено проектирование легкового автомобиля повышенной проходимости. Нарботки по данной работе используются при разработке нового кроссового автомобиля для участия в соревнованиях. В проекте сформулированы нормативные требования, предъявляемые к спортивным автомобилям и используемым в их конструкции материалам и оборудованию. Выполнен тяговый расчет автомобиля. Спроектирована несущая система автомобиля.

					<i>23.03.03.2017.144.00.00 ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Табарин</i>				<i>Проектирование легкового автомобиля высокой проходимости</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	<i>Леванов.</i>					7	61	
<i>Реценз.</i>						<i>ЮУрГУ Кафедра АВТ</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Дойкин</i>							
<i>Утверд.</i>	<i>Рождественский</i>							

4.6 Проектирование несущей системы автомобиля	43
5 ОЖИДАЕМЫЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ	48
5.1 Затраты на производство автомобиля	48
5.2 Аренда ватомобиля	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	51
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	52
ПРИЛОЖЕНИЕ	53

					<i>23.03.03.2017.144.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		6

1 НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

1.1 Назначение Автомобиля

Проектируемый легковой автомобиль предназначен для использования в автоспорте, в таких видах как автокросс, ралли, ралли-рейд. Так же для активного отдыха и развлечения. Возможно применение в спец службах, патрулирование и разведка территории. Багги обладает высокой проходимостью и как правило эксплуатируется на пересеченной местности и легком бездорожье. Автомобиль обладает высокими динамическими показателями. Работоспособность автомобиля при любых погодных условиях и в разных климатических полосах.

1.2 Применение в спортивных дисциплинах

1.2.1 Автокросс

Автокросс – это групповая гонка по замкнутой кольцевой трассе произвольной конфигурации без покрытия либо с насыпным покрытием (грунт, песок, гравий и т.п.), закрытой для постороннего движения (рисунок 1). Не допускается пересечение ручьев и других естественных или искусственных водоемов, ям и канав.

Гоночное полотно должно быть очищено от камней, должно своевременно поливаться водой для предотвращения пылеобразования.

Длина трассы должна составлять не менее 800 метров (для юниоров не менее 500 метров) и не более 2000 метров. Ширина трассы 12-25 метров. Длина прямолинейных участков не должна превышать 200 метров.

					<i>23.03.03.2017.144.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		8



Рисунок 2 – Багги на дистанции ралли-рейд

					<i>23.03.03.2017.144.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>10</i>

2.3 Требования, предъявляемые к конструкции агрегата или системы

Требования к компоновке автомобиля к взаимному расположению узлов, обеспечивающие нормальное их функционирование, собираемость, обслуживание, демонтаж при ремонте и разборке автомобиля, а также требования, обеспечивающие соблюдение заданных уровней потребительских свойств.

Требования к составным частям автомобиля. Указывают эксплуатационные показатели и технические характеристики узлов и деталей составных частей автомобиля, обеспечивающие достижение заданных уровней потребительских свойств. При необходимости подчеркивают их конструктивные особенности, компоновочные решения, прочностные показатели, материалы изготовления, применяемые крепежные изделия и пр. Автомобиль должен иметь высокие динамические показатели, показатели торможения, проходимости и управления, а также должны быть достаточно надежными, чтобы успешно выступить в соревнованиях.

2.3.1 Колёсная база

Колёсная база автомобиля должна составлять как минимум 1500 мм. Измерения колёсной базы проводят от центра поверхности соприкосновения с землёй передних и задних шин при условии, что колёса направлены вперёд.

2.3.2 Колея

Ширина наименьшей колеи автомобиля должна составлять не менее 75% наибольшей колеи автомобиля.

					<i>23.03.03.2017.144.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		13

2.3.3 Визуальный доступ

Все детали, указанные в инспекционной форме, должны быть видимы без использования таких инструментов, как эндоскоп и зеркала. Визуальный доступ может достигаться за счёт извлечения панелей кузова или за счёт предоставления снимаемых панелей доступа.

2.3.4 Несущая система

Несущая система автомобиля должна иметь две закрепленные дуги, переднюю перегородку, а также боковые защитные конструкции.

					<i>23.03.03.2017.144.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		14

3 ОПИСАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ВЫБРАННОЙ КОНСТРУКЦИИ

3.1 Расположение ведущих колёс

3.1.1 Заднеприводная компоновка

Задний привод — конструкция трансмиссии автомобиля, когда крутящий момент, создаваемый двигателем, передаётся на заднюю ось автомобиля (рисунок 4).

Задний привод в сочетании с передним расположением двигателя часто называют «классической компоновкой», потому что такая конструкция автомобиля ранее была наиболее распространённой из-за более простой технической реализации.

На заднеприводном автомобиле повернутые передние колёса создают эффект торможения, а толкающие задние — избыточную силу, поэтому заднеприводные автомобили тяготеют к заносу (скольжению задней оси в повороте), что называется избыточной поворачиваемостью.

3.1.2 Переднеприводная компоновка.

Передний привод — конструкция трансмиссии автомобиля, при которой крутящий момент, создаваемый двигателем, передаётся на переднюю ось автомобиля. Переднеприводный автомобиль «под газом» стремится спрямить траекторию поворота, что называется недостаточной поворачиваемостью.

3.1.3 Полноприводная компоновка

Все колёса ведущие, двигатель может быть расположен как спереди, так и сзади, или по центру.

					<i>23.03.03.2017.144.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		15

применения реечного рулевого механизма с малым передаточным числом. Оптимальное распределение тормозных сил, относительная простота передней подвески, выгодное распределение масс по осям, малый передний свес.

3.4 Пространственная модель автомобиля

Эскиз легкового автомобиля высокой проходимости выполнен с использованием современных систем автоматизированного проектирования (САПР). Построение данной модели осуществлялось с помощью программы «SOLIDWORKS».

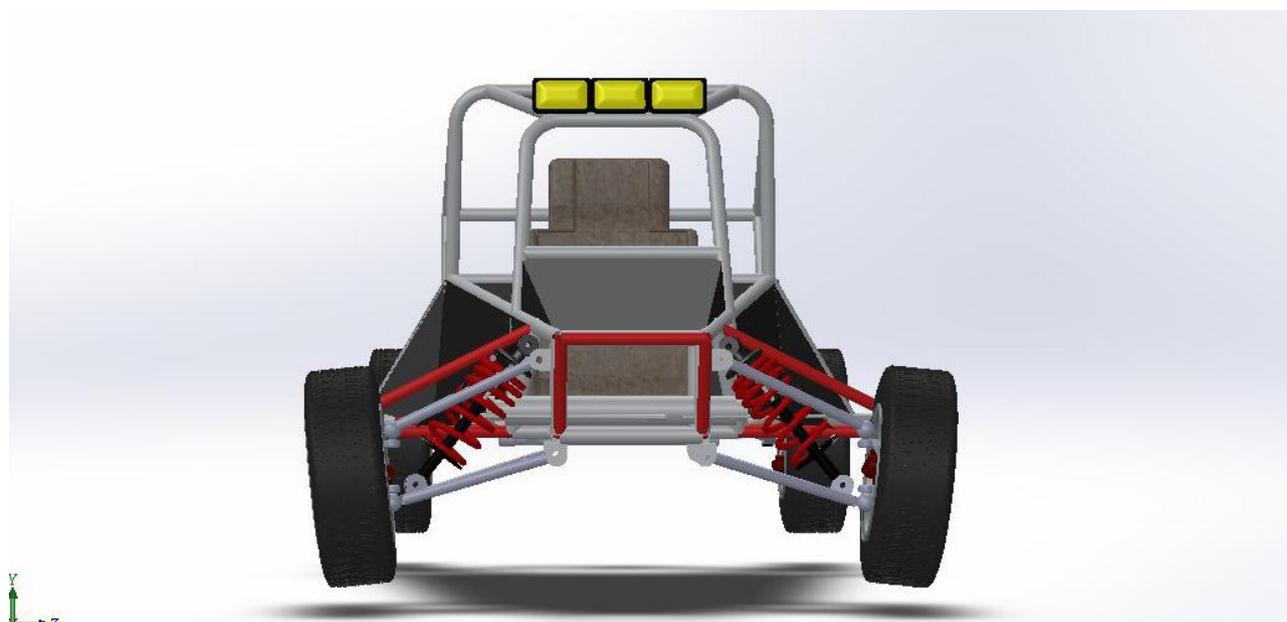


Рисунок 5– Пространственная модель автомобиля вид спереди

					<i>23.03.03.2017.144.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		18



Рисунок 6– Пространственная модель автомобиля общий вид



Рисунок 7– Пространственная модель автомобиля общий вид

Прототипом данного автомобиля является автомобиль, спроектированный студентами Марийского политехнического института. Багги МПИ отлично показал себя в соревнованиях по автокроссу.

Багги МПИ — это автомобили (рисунок 7), сконструированные из самых доступных и распространенных узлов и агрегатов. Рама представляет

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>23.03.03.2017.144.00.00 ПЗ</i>					Лист
										19

4 РАСЧЕТЫ АВТОМОБИЛЯ

4.1 Тягово-динамический расчет автомобиля

При расчете производим выбор и обоснование исходных данных.

Заданные исходные данные:

- Грузоподъемность автомобиля $G_r=1$ кН;
- Максимальная скорость автомобиля $V_{max}=36,1$ м/с;
- База, мм – 2300;
- Колея передних колес – 1500 мм;
- Колея задних колес – 1500 мм;
- Дорожный просвет – 250 мм;
- Мощность двигателя – 30 л.с;
- Масса– 400 кг;
- Шины: 175/80R14;
- Максимальная частота вращения колен вала двигателя - 6800об/мин;
- Трансмиссия механическая 4 ступени;
- Распределение массы по осям, % - 40/60;

Принята компоновка автомобиля 4x2. В связи с этим развесовка по осям будет 0,6 G_a на заднюю ось.

В проектируемом автомобиле принимаем бензиновый тип двигателя, так как он легче и более простой в ремонте, чем дизельный.

На рассчитываемом автомобиле применяем механическую трансмиссию. Простота конструкции, обслуживания и небольшие капиталовложения. Принимается $\eta=0,85$

					<i>23.03.03.2017.144.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		21

4.2 Тяговый расчет автомобиля

Определение полного веса автомобиля и подбор шин:

Полный вес автомобиля.

$$G_a = G_o + g_1 \quad (1.1)$$

где G_o – снаряженная масса автомобиля

g_1 – вес одного человека, принимаемый равным 750 Н ;

$$G_a = 3920 + 750 = 4670 \text{ Н}$$

Определение статистического радиуса колеса:

$$r_{ст} = 0,5d + \lambda z \cdot H, \quad (1.3)$$

где $d = 14$ – посадочный диаметр, дюймы (0,36 м);

$\lambda z = 0,85$ – коэффициент вертикальной деформации, зависящий от типа шин;

$H/B = 0,8$ –соотношение высоты профиля шины к ее ширине, %;

$B = 0,175$ – ширина профиля шины, м.;

H – высота профиля шины, м.;

$$r_{ст} = 0.5 \cdot 0.36 + 0.85 \cdot 0.14 = 0,29 \text{ м.}$$

На дорогах с твердым покрытием $r_{ст} \approx r_d \approx r_k = 0,29$ м;

где r_d – динамический радиус колеса

r_k – радиус качения колеса

					<i>23.03.03.2017.144.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		22

Определение коэффициента обтекаемости:

$$k = \frac{C_x \cdot \rho}{2}$$

Где C_x - коэффициент аэродинамического сопротивления;

ρ - плотность воздуха в нормальных условиях (760мм.рт. ст.);

$$k = \frac{0,35 \cdot 1,293}{2} = 0,226$$

Расчет лобовой площади автомобиля:

$$F = 0,8 \cdot B_r \cdot H, \text{ м}^2 \quad (1.4)$$

Где B_r - габаритная ширина автомобиля 1,68м;

H_r - габаритная высота автомобиля 1,64 м;

$$F = 0.8 \cdot 1.6 \cdot 1.29 = 1.65 \text{ м}^2.$$

Расчет коэффициента сопротивления качению при малой скорости

Коэффициент сопротивления качению.

$$f = f_0 \cdot (1 + 13 \cdot V^2 / 20000) \quad (1.5)$$

где f_0 - коэффициент сопротивления качению при движении со скоростью 36,1м/с. Для дорог с грунтовым покрытием принимают $f_0 = 0,02$

$$f = 0,02 \cdot (1 + 13 \cdot 625 / 20000) = 0,034$$

4.2.2. Определение внешней скоростной характеристики двигателя.

Определяем мощность Nv , необходимую, для преодоления сопротивления движению при максимальной скорости автомобиля

$$Nv = (Ga \cdot f \cdot V_{max} / 1000 + k \cdot F \cdot V_{max}^3 / 1000) / \eta \quad (1.6)$$

$$N_v = (4670 \cdot 0,034 \cdot 36,1/1000 + 0,226 \cdot 1,6 \cdot 47046/1000)/0,85 = 26,7 \text{ кВт.}$$

Максимальная мощность двигателя.

$$N_{max} = N_v / (a\lambda + b\lambda^2 - c\lambda^3), \quad (1.7)$$

где a, b, c - эмпирические коэффициенты,

Для бензиновых двигателей $\lambda = 1,1$; $a=1$, $b=1$, $c=1$.

$\lambda = \omega_{max} / \omega_N$ – отношение частот вращения коленчатого вала при максимальной скорости к частоте вращения коленчатого вала при максимальной мощности, принимаем $\lambda = 1,11$;

$$N_{max} = 26,7 / (1,1 + 1,21 - 1,331) = 27,3 \text{ кВт}$$

Текущее значение эффективной мощности двигателя.

$$N_e = N_{MAX} \left(a \left(\frac{n_e}{n_n} \right) + b \left(\frac{n_e}{n_n} \right)^2 - c \left(\frac{n_e}{n_n} \right)^3 \right) \quad (1.5)$$

Текущее значение крутящего момента двигателя находится

$$M_e = 1000(N_e / n_e) \quad (1.6)$$

Результаты вычислений формул (1.5) и (1.6) занесены в таблицу 1.1

					23.03.03.2017.144.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Таблица 1.1 - Параметры внешней скоростной характеристики двигателя.

Частота вращения коленчатого вала двигателя, n_e двигателя	Мощность N_e , кВт	Крутящий момент M_e , Нм
100	5,3	53,7
150	8,43	56
200	11,5	57,7
250	14,6	58,6
300	17,6	58,8
350	20,4	58,3
400	22,8	57,18
450	24,8	55,2
500	26,3	52,6
550	27,1	49,3
600	27,2	45,3
650	26,4	40,7
700	24,7	35,3

По данным таблицы 1.1 построен график (см. приложение рисунок П.1)

4.2.3 Определение передаточного числа главной передачи

$$U_0 = r_k \cdot n_{max} / (u_k \cdot V_{max}) \quad (1.7)$$

$$U_0 = 0,29 \cdot 700 / 36.1 = 4,1$$

4.2.4 Определение передаточных чисел коробки передач

Передаточное число первой передачи.

$$u_1 = G_a \cdot \psi_{max} r \cdot k / (M_{max} u_0 \cdot \eta) \quad (1.8)$$

где ψ_{max} - коэффициент максимального сопротивления дороги;

M_{max} - максимальный крутящий момент двигателя.

$$u_0 = 4670 \cdot 0,35 \cdot 0,29 / 59,6 \cdot 4,1 \cdot 0,85 = 2,9$$

Проверка сцепления ведущих колёс с дорогой.

$$P_{t max} \leq P_{\varphi} \quad (1.9)$$

Или

$$M_{max} u_1 \cdot u_0 \cdot \eta / r_k \leq G_{\varphi} \varphi,$$

Где $P_{t max}$ - максимальная тяговая сила на ведущих колёсах автомобиля;

G_{φ} - сцепной вес автомобиля.

$$G_{\varphi} = G_2 \cdot m_2 \quad (1.10)$$

где m_2 - коэффициент динамического перераспределения веса автомобиля на заднюю ось при тяговом режиме. Принимаем $m_2 = 1,3$.

$$G_2 = 0,6 \cdot G_a \quad (1.11)$$

					23.03.03.2017.144.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

$$G_2 = 0,6 \cdot 4670 = 2802 \text{ Н}$$

$$G_\varphi = 2802 \cdot 1,3 = 3643 \text{ Н}$$

$$P_{m \max} = 59,6 \cdot 2,9 \cdot 4,1 \cdot 0,85 / 0,29 = 2077 \text{ Н}$$

$$P_\varphi = 3643 \cdot 0,4 = 64174,4 \text{ Н}$$

2077 ≤ 1457 Н - условие на отсутствие буксования выполняется при

$$\varphi = 0,4.$$

Выбор передаточных чисел коробки передач.

$$u_m = \sqrt[n-1]{u_1^{n-m}} \quad (1.12)$$

где m - порядковый номер рассчитываемой передачи;

n - число ступеней коробки передач, не считая ускоряющую передачу.

$$u_1 = \sqrt[3]{2,9^3} = 2,9$$

$$u_2 = \sqrt[3]{2,9^2} = 2,03$$

$$u_3 = \sqrt[3]{2,9} = 1,4$$

$$u_4 = \sqrt[3]{1} = 1$$

					23.03.03.2017.144.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

Полученные передаточные числа коробки передач отличаются от прототипа, так как были рассчитаны для автомобиля меньшей массы и другими параметрами колес.

4.3 Определение тягово-скоростных качеств автомобиля

4.3.1 Тяговая диаграмма движения автомобиля

Уравнения движения автомобиля методом силового баланса:

$$P_m = P_\psi + P_w + P_j \quad (2.1)$$

$$P_m = M_e \cdot u_{\text{тр}} \eta / r_k, \quad (2.2)$$

Где: $u_{\text{тр}} = u_0 \cdot u_k$ - передаточное число трансмиссии автомобиля.

Скорость движения автомобиля

$$V = n_e r_k / u_{\text{тр}} \quad (2.3)$$

Сила сопротивления дороги

$$P_\psi = G_a \cdot \Psi, \quad (2.4)$$

где $\Psi = f+i$; i - величина уклона дороги ($i=0$);

Сила сопротивления воздуха

$$P_w = k \cdot F \cdot V^2 \quad (2.5)$$

					23.03.03.2017.144.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

Окончание таблицы 2.2 - Тяговый баланс автомобиля для второй передачи

Частота вращения коленчатого вала двигателя $n_e, 1/c$	Мощность $N_e, кВт$	Крутящий момент $M_e, Нм$	$P_{m2}, Н$	$V_2, м/с$	$P_{y2}, Н$	$P_{w2}, Н$
450	24,86	55,25	1347,44	15,72	108,41	92,18
500	26,33	52,67	1284,32	17,47	111,93	113,81
550	27,16	49,38	1204,13	19,22	115,82	137,71
600	27,23	45,39	1106,89	20,96	120,08	163,88
650	26,46	40,70	992,58	22,71	124,71	192,34
700	24,72	35,32	861,22	24,46	129,72	223,06

Таблица 2.3 - Тяговый баланс автомобиля для третьей передачи

Частота вращения коленчатого вала двигателя $n_e, 1/c$	Мощность $N_e, кВт$	Крутящий момент $M_e, Нм$	$P_{m3}, Н$	$V_3, м/с$	$P_{y3}, Н$	$P_{w3}, Н$
100	5,38	53,79	904,89	5,05	94,95	9,52
150	8,41	56,09	943,73	7,58	96,89	21,42
200	11,54	57,70	970,80	10,10	99,60	38,07
250	14,65	58,61	986,10	12,63	103,09	59,49
300	17,65	58,82	989,63	15,16	107,35	85,67
350	20,42	58,33	981,39	17,68	112,38	116,60
400	22,86	57,14	961,38	20,21	118,19	152,29
450	24,86	55,25	929,61	22,74	124,78	192,75
500	26,33	52,67	886,06	25,26	132,14	237,96
550	27,16	49,38	830,74	27,79	140,28	287,93
600	27,23	45,39	763,65	30,31	149,19	342,66
650	26,46	40,70	684,79	32,84	158,87	402,15
700	24,72	35,32	594,16	35,37	169,33	466,40

Таблица 2.4 - Тяговый баланс автомобиля для четвертой передачи

Частота вращения коленчатого вала двигателя $n_e, 1/c$	Мощность $N_e, кВт$	Крутящий момент $M_e, Нм$	$P_{m4}, Н$	$V_4, м/с$	$P_{y4}, Н$	$P_{w4}, Н$
100	5,38	53,79	646,35	7,07	96,44	18,66
150	8,41	56,09	674,09	10,61	100,23	41,98
200	11,54	57,70	693,43	14,15	105,55	74,62
250	14,65	58,61	704,36	17,68	112,38	116,60
300	17,65	58,82	706,88	21,22	120,74	167,90
350	20,42	58,33	701,00	24,76	130,61	228,54
400	22,86	57,14	686,70	28,29	142,00	298,50
450	24,86	55,25	664,00	31,83	154,91	377,79
500	26,33	52,67	632,90	35,37	169,33	466,40
550	27,16	49,38	593,38	38,90	185,28	564,35
600	27,23	45,39	545,46	42,44	202,74	671,62
650	26,46	40,70	489,13	45,98	221,73	788,22
700	24,72	35,32	424,40	49,51	242,23	914,15

По данным таблиц 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 построен график (см. приложение рисунок П.2)

4.3.2 Динамическая характеристика автомобиля

Динамический фактор автомобиля

$$D = (P_m - P_w) / G_a \quad (2.6)$$

Результаты вычислений (2.6) занесены в таблицу 2.6

Таблица 2.6 - Динамический фактор автомобиля для первой и второй передачи

Частота вращения коленчатого вала двигателя $n_e, 1/c$	Скорость $V_1, м/с$	Динамический фактор D_1	Скорость $V_2, м/с$	Динамический фактор D_2
100	2,44	0,401	3,49	0,280
150	3,66	0,418	5,24	0,291
200	4,88	0,429	6,99	0,297
250	6,10	0,434	8,73	0,300
300	7,32	0,435	10,48	0,298
350	8,54	0,429	12,23	0,293
400	9,76	0,419	13,98	0,283
450	10,98	0,403	15,72	0,269
500	12,20	0,381	17,47	0,251
550	13,41	0,354	19,22	0,228
600	14,63	0,322	20,96	0,202
650	15,85	0,284	22,71	0,171
700	17,07	0,240	24,46	0,137

Таблица 2.7 - Динамический фактор автомобиля для третьей и четвертой передачи

Частота вращения коленчатого вала двигателя $n_e, 1/c$	Скорость $V_3, м/с$	Динамический фактор D_3	Скорость $V_4, м/с$	Динамический фактор D_4
100	5,05	0,192	7,07	0,134
150	7,58	0,197	10,61	0,135
200	10,10	0,200	14,15	0,133
250	12,63	0,198	17,68	0,126
300	15,16	0,194	21,22	0,115
350	17,68	0,185	24,76	0,101
400	20,21	0,173	28,29	0,083
450	22,74	0,158	31,83	0,061
500	25,26	0,139	35,37	0,036

Окончание таблицы 2.8 - Динамический фактор по сцеплению

500	0,144	0,300	0,132	0,288
550	0,142	0,298	0,127	0,283
600	0,139	0,295	0,121	0,277
650	0,136	0,292	0,115	0,271
700	0,133	0,289	0,108	0,264

Таблица 2.9 Динамический фактор по сцеплению

Частота вращения коленчатого вала двигателя $n_e, 1/c$	Динамический фактор D3, $\varphi=0,2.$	Динамический фактор D3 $\varphi=0,4.$	Динамический фактор D4 $\varphi=0,2$	Динамический фактор D4 $\varphi=0,4$
100	0,154	0,310	0,152	0,308
150	0,151	0,307	0,147	0,303
200	0,148	0,304	0,140	0,296
250	0,143	0,299	0,131	0,287
300	0,138	0,294	0,120	0,276
350	0,131	0,287	0,107	0,263
400	0,123	0,279	0,092	0,248
450	0,115	0,271	0,075	0,231
500	0,105	0,261	0,056	0,212
550	0,094	0,250	0,035	0,191
600	0,083	0,239	0,012	0,168
650	0,070	0,226	-0,013	0,143
700	0,056	0,212	-0,040	0,116

По данным таблиц 2.8, 2.9 построен график (см. приложение рисунок П.4)

4.3.4 Мощностная диаграмма движения автомобиля

$$N_m = N_e \eta = N_\psi + N_\omega + N_j, \quad (2.13)$$

Где:

$$N_{\psi} = P_{\psi} V / 1000, \quad (2.14)$$

$$N_w = P_w V / 1000, \quad (2.15)$$

$$N_j = P_j V / 1000, \quad (2.16)$$

$$N_j = N_e \eta - (N_{\phi} + N_w), \quad (2.17)$$

Результаты вычислений (2.13), (2.14), (2.15) и (2.17) занесены в таблицу 2.10

Таблица 2.10 - Мощностной баланс автомобиля

Частота вращения коленчатого вала двигателя n_e	$N_{\psi 1}$ кВт	N_{w1} кВт	N_{j1} кВт	N_{m1} кВт	V_1 м/с	N_e кВт
100	0,229	0,005	4,34	4,57	2,44	5,38
150	0,345	0,018	6,79	7,15	3,66	8,41
200	0,463	0,043	9,30	9,81	4,88	11,54
250	0,583	0,085	11,79	12,46	6,10	14,65
300	0,707	0,146	14,15	15,00	7,32	17,65
350	0,835	0,232	16,29	17,35	8,54	20,42
400	0,968	0,346	18,11	19,43	9,76	22,86
450	1,105	0,493	19,54	21,13	10,98	24,86
500	1,249	0,676	20,46	22,38	12,20	26,33
550	1,399	0,900	20,78	23,08	13,41	27,16
600	1,557	1,169	20,42	23,15	14,63	27,23
650	1,723	1,486	19,28	22,49	15,85	26,46
700	1,897	1,856	17,26	21,01	17,07	24,72

Таблица 2.11 - Мощностной баланс автомобиля

Частота вращения коленчатого вала двигателя n_e	$N_{\psi 2}$ кВт	N_{w2} кВт	N_{j2} кВт	N_{m2} кВт	V_2 м/с
100	0,33	0,016	4,23	4,58	3,49
150	0,50	0,054	6,60	7,17	5,24
200	0,67	0,127	9,01	9,83	6,99
250	0,86	0,249	11,35	12,49	8,73
300	1,05	0,429	13,52	15,04	10,48
350	1,25	0,682	15,42	17,40	12,23
400	1,47	1,018	16,94	19,48	13,98
450	1,70	1,449	17,98	21,19	15,72
500	1,96	1,988	18,44	22,44	17,47
550	2,23	2,646	18,21	23,14	19,22
600	2,52	3,436	17,20	23,20	20,96
650	2,83	4,368	15,29	22,54	22,71
700	3,17	5,456	12,38	21,06	24,46

Таблица 2.12 - Мощностной баланс автомобиля

Частота вращения коленчатого вала двигателя n_e	$N_{\psi 3}$ кВт	N_{w3} кВт	N_{j3} кВт	N_{m3} кВт	V_3 м/с
100	0,480	0,048	4,044	4,572	5,05
150	0,734	0,162	6,255	7,152	7,58
200	1,006	0,385	8,418	9,809	10,10
250	1,302	0,751	10,402	12,455	12,63
300	1,627	1,298	12,074	15,000	15,16
350	1,987	2,062	13,305	17,354	17,68

$$J_{k1} = 2 \cdot 1,4 = 2,8$$

$$J_{k2} = 1,1 \cdot 2 \cdot 1,4 = 3,08$$

$$\delta_{p1} = 1 + 0,008 \cdot 2,9 + 0,04 = 1,06$$

$$\delta_{p2} = 1 + 0,008 \cdot 2,03 + 0,04 = 1,056$$

$$\delta_{p3} = 1 + 0,008 \cdot 1,4 + 0,04 = 1,051$$

$$\delta_{p4} = 1 + 0,008 \cdot 1 + 0,04 = 1,048$$

Результаты вычислений (2.18) занесены в таблицу 2.14

Таблица 2.14 Ускорение при разгоне автомобиля

Частота вращения коленчатого вала двигателя не	V1, м/с	j1, м/с ²	1/j1, с ² /м	V2, м/с	J2, м/с ²	1/j2, с ² /м
100	2,44	3,60	0,28	3,49	2,51	0,40
150	3,66	3,76	0,27	5,24	2,61	0,38
200	4,88	3,86	0,26	6,99	2,67	0,37
250	6,10	3,91	0,26	8,73	2,70	0,37
300	7,32	3,92	0,26	10,48	2,68	0,37
350	8,54	3,87	0,26	12,23	2,63	0,38
400	9,76	3,77	0,27	13,98	2,54	0,39
450	10,98	3,62	0,28	15,72	2,41	0,42

Окончание таблицы 2.14 - Ускорение при разгоне автомобиля

Частота вращения коленчатого вала двигателя n_e	V_1 , м/с	j_1 , м/с ²	$1/j_1$, с ² /м	V_2 , м/с	J_2 , м/с ²	$1/j_2$, с ² /м
500	12,20	3,42	0,29	17,47	2,24	0,45
550	13,41	3,17	0,32	19,22	2,03	0,49
600	14,63	2,87	0,35	20,96	1,78	0,56
650	15,85	2,52	0,40	22,71	1,50	0,67
700	17,07	2,12	0,47	24,46	1,17	0,85

Таблица 2.15 - Ускорение при разгоне автомобиля

Частота вращения коленчатого вала двигателя n_e	V_3 , м/с	J_3 , м/с ²	$1/j_3$, с ² /м	V_4 , м/с	J_4 , м/с ²	$1/j_4$, с ² /м
100	5,05	1,69	0,59	7,07	1,15	0,87
150	7,58	1,74	0,58	10,61	1,16	0,86
200	10,10	1,76	0,57	14,15	1,14	0,88
250	12,63	1,75	0,57	17,68	1,07	0,93
300	15,16	1,70	0,59	21,22	0,98	1,02
350	17,68	1,62	0,62	24,76	0,84	1,19
400	20,21	1,51	0,66	28,29	0,67	1,48
450	22,74	1,37	0,73	31,83	0,47	2,13
500	25,26	1,19	0,84	35,37	0,23	4,34
550	27,79	0,98	1,02	38,90	0	0
600	30,31	0,74	1,36	42,44	0	0
650	32,84	0,46	2,17	45,98	0	0
700	35,37	0,15	6,56	49,51	0	0

По данным таблицы 2.15 построены графики (см. приложение рисунки П.7 и П.8)

4.3.6 Определение времени разгона автомобиля

$$t = \int_{V_1}^{V_2} 1/j \cdot d \cdot V, \quad (2.25)$$

$$t = 1/j \cdot (V_2 - V_1) \quad (2.26)$$

где V_1, V_2 – начальная и конечная скорость разгона

Результаты вычислений (2.26) занесены в таблицу 2.16

Таблица. 2.16 - Время разгона автомобиля

Интервалы скоростей	0,,2,5	2,5,,5	5,,7,5	7,5,,10	10,,12,5
Суммарная площадь, с	0,5	1,5	2	3,5	4,5
Суммарное время разгона, с	0,5	2	4	7,5	12
Интервалы скоростей	12,5,,15	15,,17,5	17,5,,20	20,,22,5	22,5,,25
Суммарная площадь, с	5	9	11	25	70
Суммарное время разгона, с	17	26	37	62	132

По данным таблицы 2.16 построен график (см. приложение рисунок П 9)

4.3.7 Определение пути разгона автомобиля

$$S = \int_{t_1}^{t_2} V dt \quad (2.27)$$

Удельный эффективный расход топлива

$$g_e = g_N \cdot K_{И} \cdot K_{об} , \quad (3.3)$$

где $K_{И}$ - коэффициент, учитывающий изменение, в зависимости от степени использования мощности;

$K_{об}$ - коэффициент, учитывающий изменение в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя n_e

g_N - удельный расход топлива при $N_{e \max}$.

$$g_N = 0,3 \text{ кг/кВт}\cdot\text{ч}$$

Результаты вычислений (3.1) (3.2) (3.3) занесены в таблицу 3.1

Таблица 3.1 Топливоно-экономическая характеристика автомобиля

Параметры	Частота вращения коленчатого вала двигателя $n_e, 1/c$						
	100	200	300	400	500	600	700
n_e/n_N	0,4	0,48	0,55	0,63	0,7	0,78	0,85
$K_{об}$	1	0,98	0,97	0,96	0,95	0,97	0,98
$V_5, \text{ м/с}$	10	11,88	13,75	15,63	17,5	19,38	21,25
$И \ 0,02$	0,48	0,49	0,51	0,53	0,57	0,62	0,68
$И \ 0,03$	0,68	0,68	0,69	0,71	0,75	0,8	0,86
$K_{И} \ 0,02$	0,75	0,74	0,72	0,7	0,6	0,5	0,55
$K_{И} \ 0,03$	0,55	0,55	0,6	0,6	0,7	0,73	0,75
$g_e, \text{ кг/кВт}\cdot\text{ч}$ 0,02	0,17	0,16	0,15	0,15	0,13	0,11	0,12
$g_e, \text{ кг/кВт}\cdot\text{ч}$ 0,03	0,12	0,12	0,13	0,13	0,15	0,16	0,16
$q_n, \text{ л/100км}$ 0,02	2,234	2,1,5	2,43	2,4,26	2,569	2,647	3,21
$q_n, \text{ л/100км}$ 0,03	3,74	3,8	4,28	4,44	5,39	6,05	6,63

По данным таблицы 3.1 построен график (см. приложение рисунок П.10)

4.5 Определение динамических качеств автомобиля при торможении

Максимальное замедление

$$j_{\text{тор}} = g\varphi. \quad (4.1)$$

Время торможения до остановки

$$t_{\text{тор}} = V_n / g\varphi, \quad (4.2)$$

где V_n - скорость автомобиля в момент начала торможения, м/с.

Путь торможения до остановки

$$s_{\text{тор}} = V_n^2 / 2 g\varphi \quad (4.3)$$

Результаты вычислений (4.1) (4.2) (4.3) занесены в таблицу 4.1

Таблица 4.1 Тормозные свойства автомобиля

Параметры	Начальная скорость торможения, м/с							
	4,00	7,00	10,00	13,00	16,00	19,00	22,00	25,00
$j_{\text{тор}}$ (0,4)	3,92	3,92	3,92	3,92	3,92	3,92	3,92	3,92
$j_{\text{Тор}}$ (0,6)	5,88	5,88	5,88	5,88	5,88	5,88	5,88	5,88

Окончание таблицы 4.1 Тормозные свойства автомобиля

Параметры	Начальная скорость торможения, м/с							
	4,00	7,00	10,00	13,00	16,00	19,00	22,00	25,00
$t_{\text{тор}} (0,4)$	1,02	1,79	2,55	3,32	4,08	4,85	5,61	6,38
$t_{\text{тор}} (0,6)$	0,68	1,19	1,70	2,21	2,72	3,23	3,74	4,25
$S_{\text{тор}} (0,4)$	2,04	6,25	12,76	21,56	32,65	46,05	61,73	79,72
$S_{\text{тор}} (0,6)$	1,36	4,17	8,50	14,37	21,77	30,70	41,16	53,15

По данным таблицы 4.1 построен график (см. приложение рисунок П. 11)

4.6 Анализ несущей системы автомобиля

4.6.1 Рама автомобиля

Рама - это сварной трубчатый каркас. При его изготовлении использовались трубы из доступных конструкционных сталей: на основной каркас, дуги безопасности и основные несущие элементы подвесок балки - трубы размером 42x2,5, на боковую защиту – 35x2,2. Сборку рамы начинают с нижнего каркаса. В передней части к его коротким продольным трубам привариваются кронштейны нижних рычагов передней подвески, а к поперечной балке с противоположной стороны - кронштейны рычагов задней подвески и ушки передней шоры силового агрегата. От геометрической точности сборки всех элементов нижнего каркаса зависит работа узлов ходовой части, поэтому сварку ведут на стапеле из стальных швеллеров. Затем к каркасу привариваются две П-образные дуги безопасности. Соединенные на верхнем и среднем уровнях продольными трубами, а на нижнем поперечными,

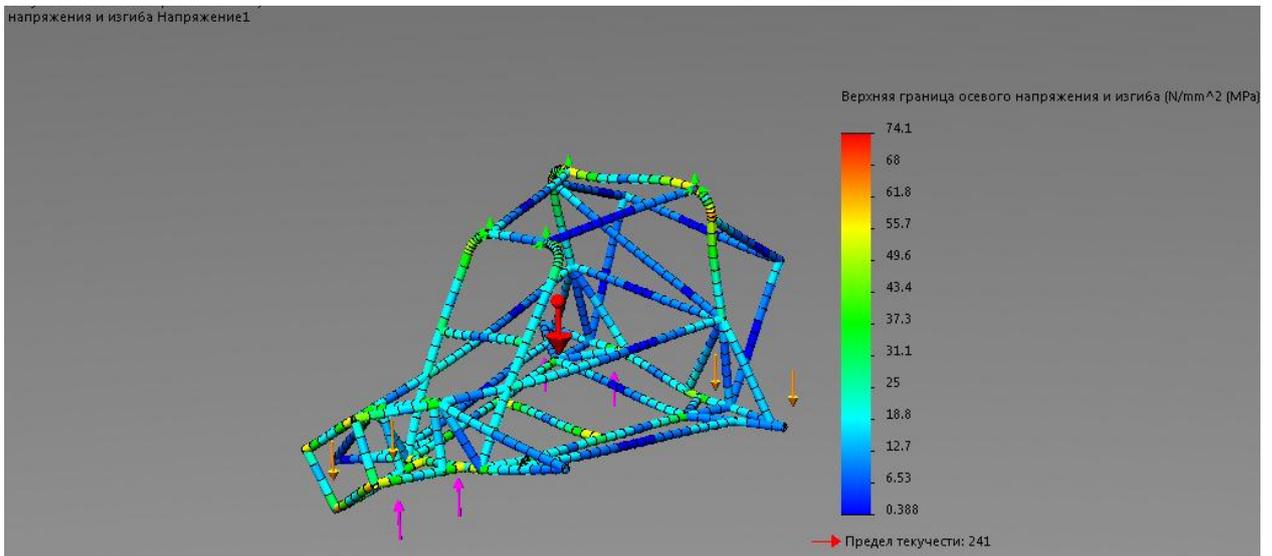


Рисунок 11 - Эпюра изгибающего момента

5.2 Аренда автомобиля

Планируется услуга предоставления автомобиля в аренду. Маршруты и места катания выбирает сам клиент. В стоимость аренды входит необходимая экипировка, обслуживание автомобиля и инструктаж по технике безопасности.

Список услуг:

Аренда багги на сутки - 8000р.

Свыше двух суток – 4000 за сутки.

Аренда багги на неделю – 30000.

Доставка и возврат автомобиля в пределах города – 2000р.

Доставка и возврат по Челябинской области 2000+30р./км.

Данные по ценовой политики были выбраны основываясь на ценах конкурентов. Для выхода на рынок была выбрана стратегия низких цен.

									Лист
									50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2017.144.00.00 ПЗ				

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы был спроектирован легковой автомобиль высокой проходимости. Произведены расчеты эксплуатационных свойств автомобиля. С помощью системы автоматизированного проектирования была построена пространственная модель автомобиля. Проанализирована и выбрана оптимальная компоновка автомобиля. Замена устаревших агрегатов на современные и легко доступные. Выполнен расчет рамы автомобиля. Продуманы технико-экономические показатели и просчитана экономическая эффективность проекта.

									Лист
									51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2017.144.00.00 ПЗ				

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рождественский Ю.В., Волченко Г.Н. Эксплуатационные свойства автомобиля. Учебное пособие. ЮУрГУ, 2000.
2. Литвинов А.С., Фаробин Я.Е. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств. -М.: Машиностроение, 1989.
3. Краткий автомобильный справочник/А.Н.Понизовкин, Ю.М.Власко и др. – М.: Трансколсалтинг, НИИАТ, 1994-799 с.
4. Стандарт предприятия: курсовое и дипломное проектирование: Общие требования к оформлению. СТП ЮУрГУ 04-2001 Г.Г. Михайлов – Челябинск, ЮУрГУ, 2001-50 с.
5. Назаров М.М. Специальные кроссовые автомобили-багги. -М.: ДОСААФ, 1986
6. Классификация и технические требования к автомобилям участвующим в спортивных соревнованиях-2017

									Лист
									52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2017.144.00.00 ПЗ				

ПРИЛОЖЕНИЕ

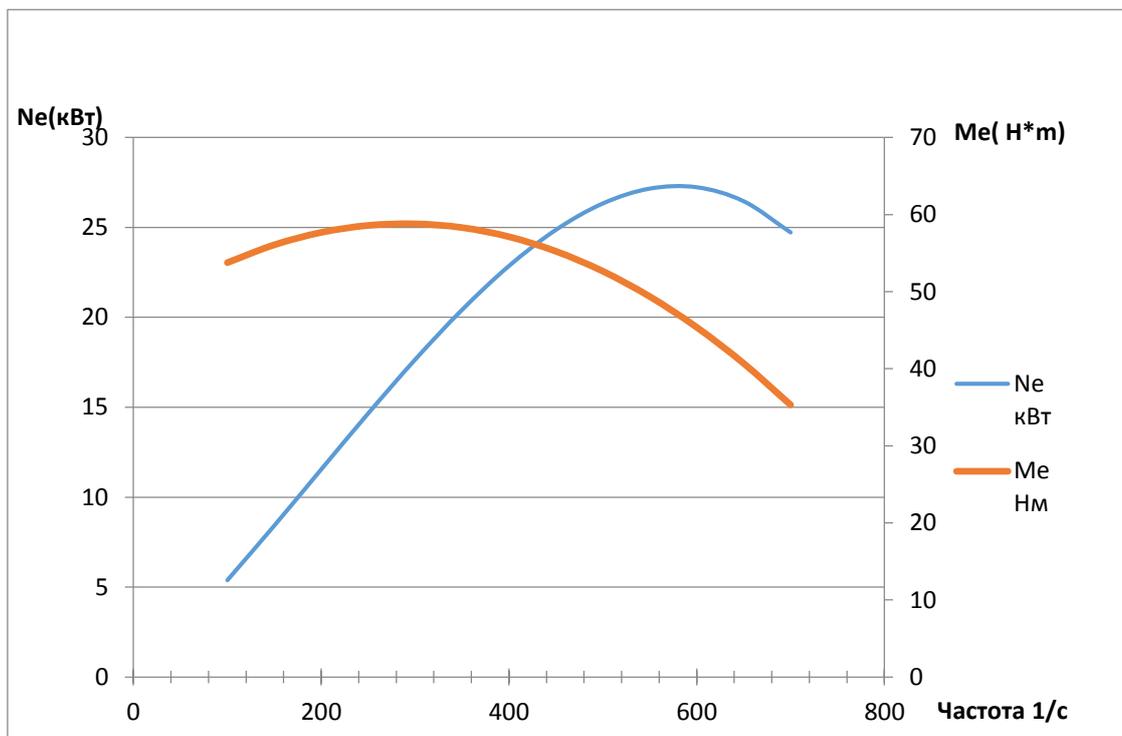


Рисунок П.1 - Внешняя скоростная характеристика двигателя

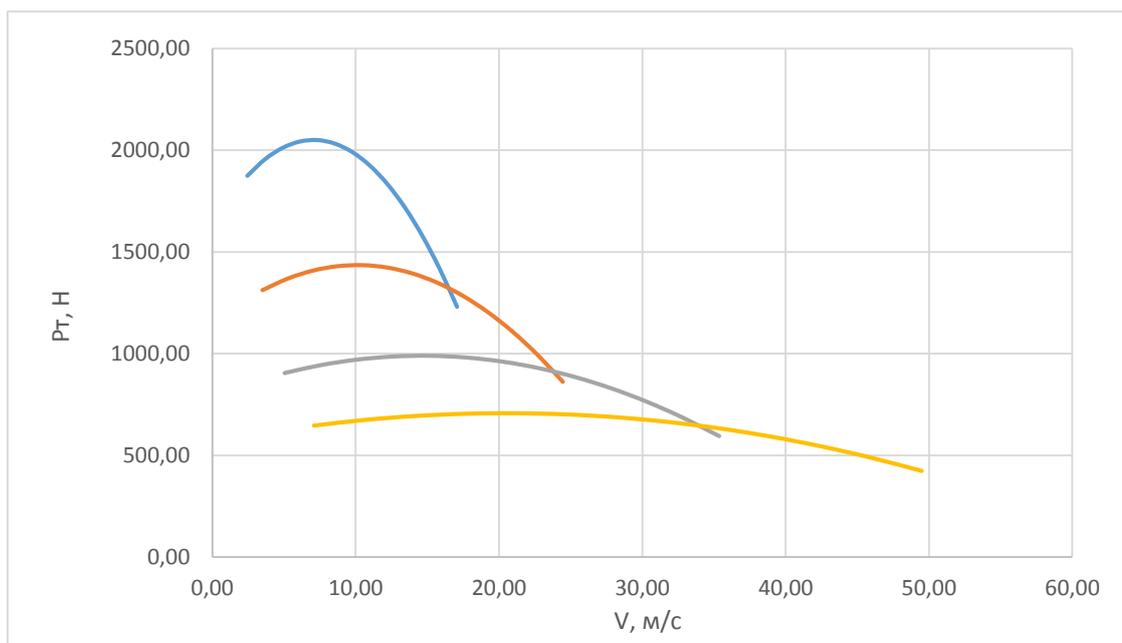


Рисунок П.2- Тяговый баланс

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.03.03.2017.144.00.00 ПЗ

Лист

53

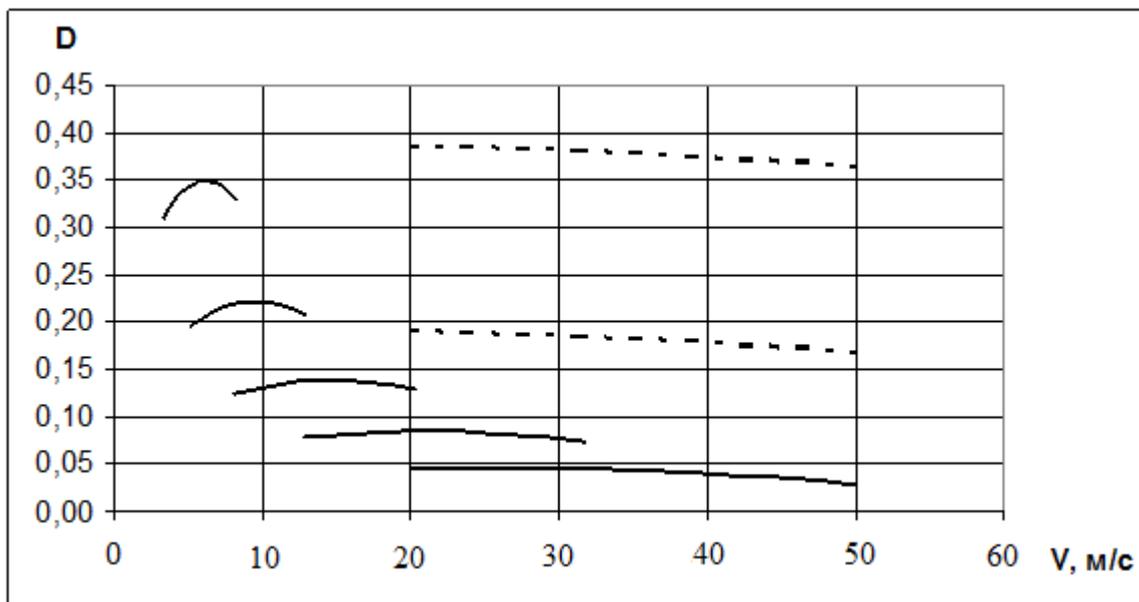


Рисунок П.3 – Динамическая характеристика автомобиля

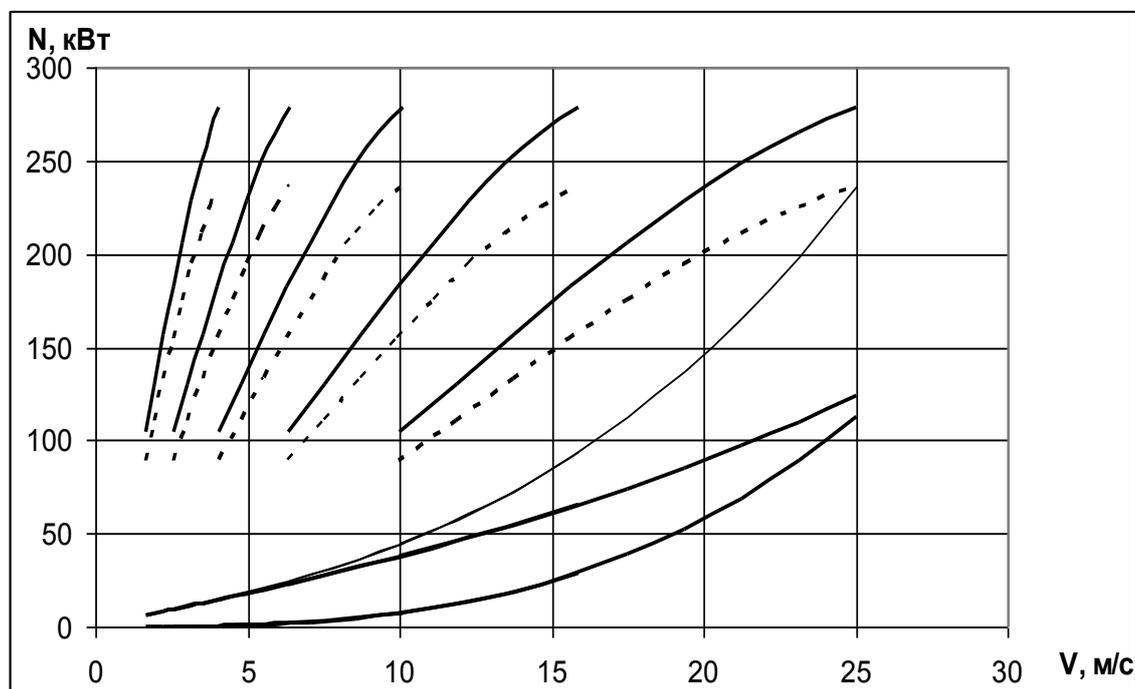


Рисунок П.4 – Мощностной баланс автомобиля

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.03.03.2017.144.00.00 ПЗ

Лист

54

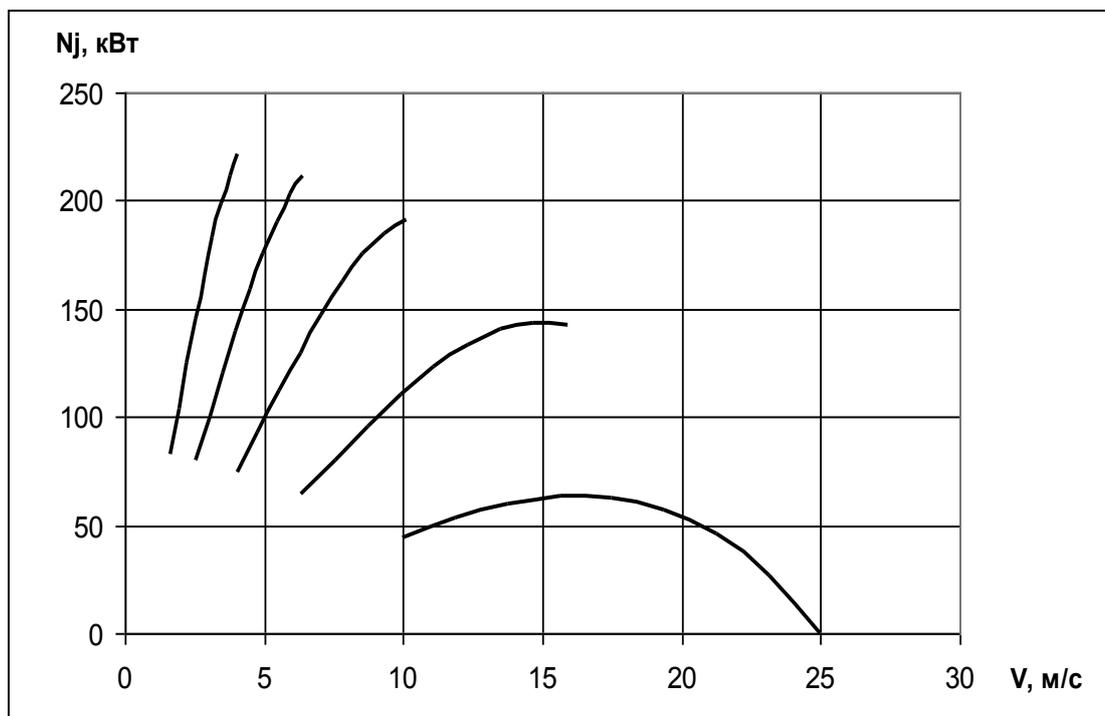


Рисунок П.5 – Запас мощности автомобиля

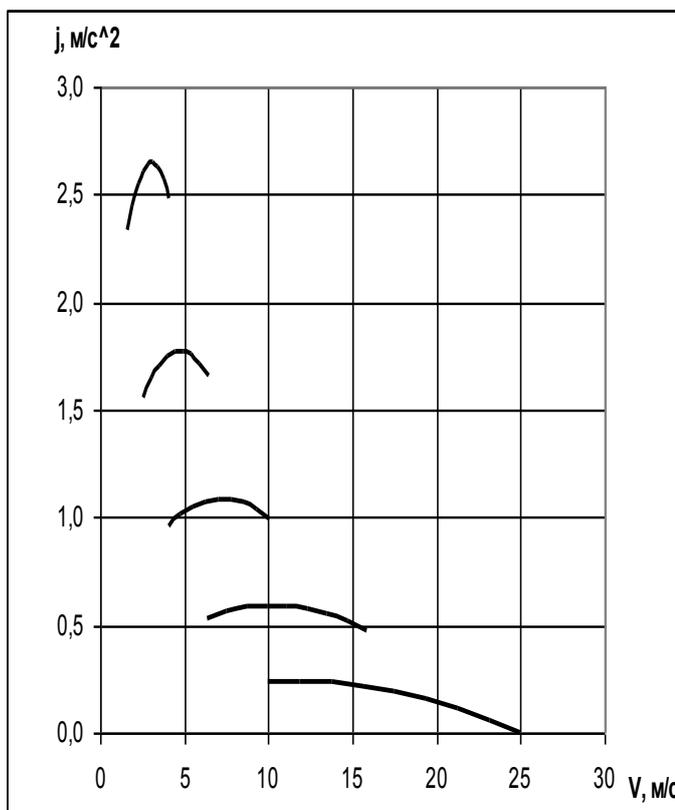


Рисунок П.6– График ускорений автомобиля

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.03.03.2017.144.00.00 ПЗ

Лист

55

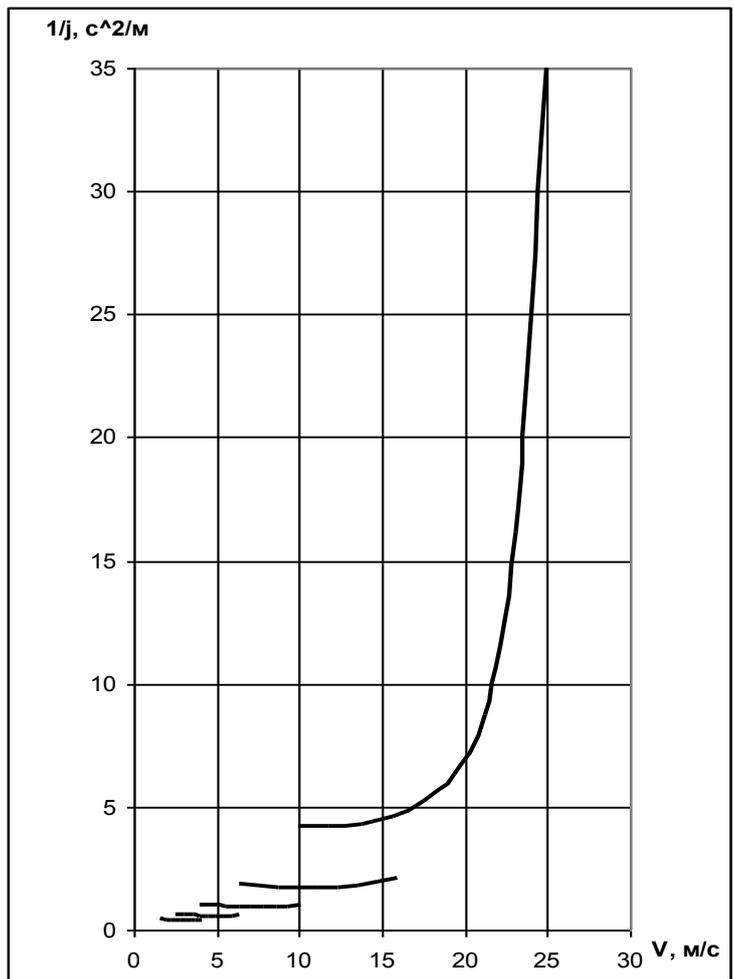


Рисунок П.7 – График величин, обратных ускорению

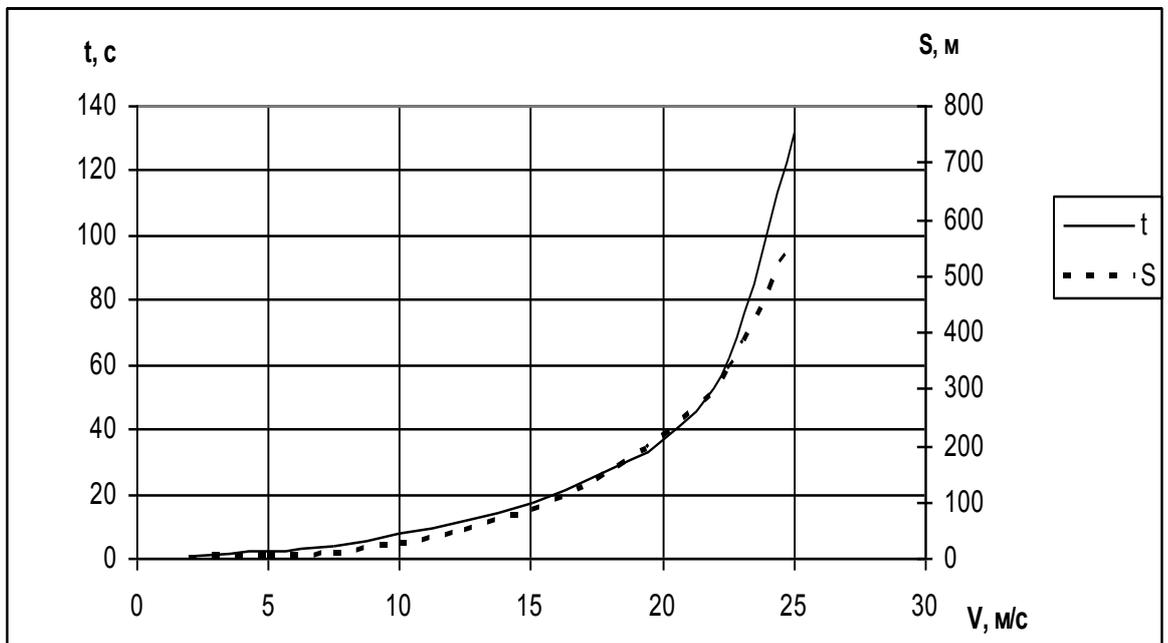


Рисунок П.8 – Время и путь разгона

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.03.03.2017.144.00.00 ПЗ

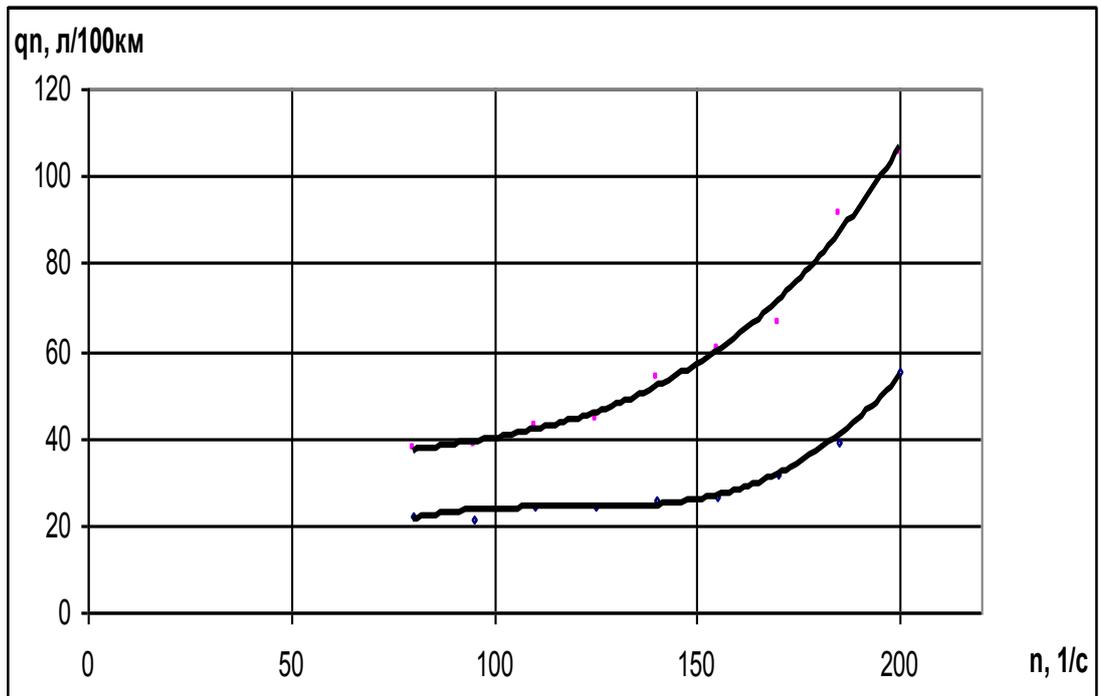


Рисунок П.9 – Топливно-экономическая характеристика автомобиля

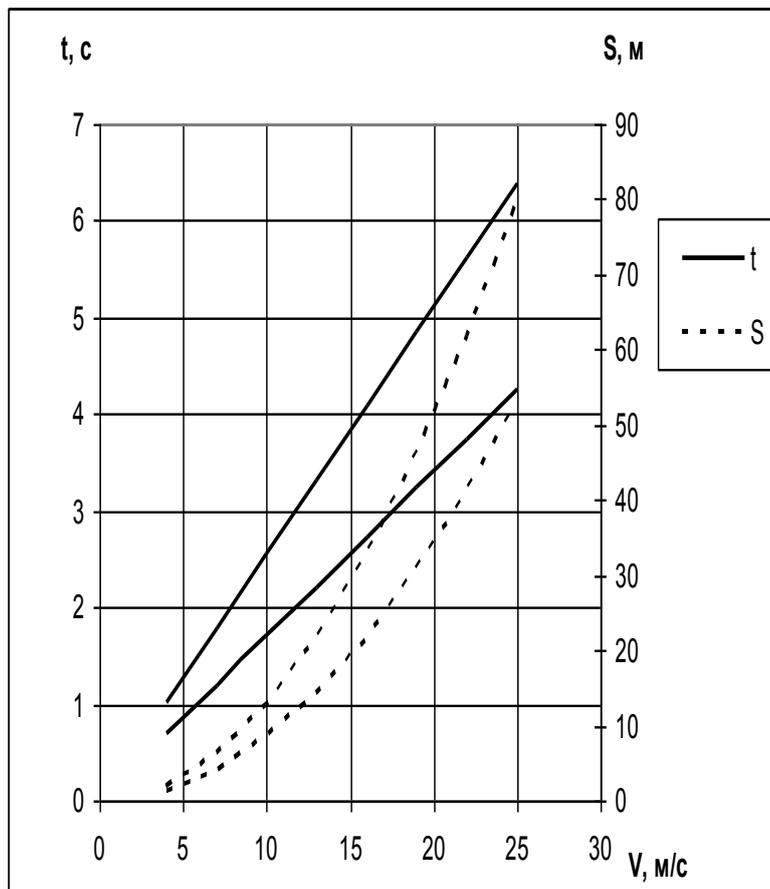


Рисунок П.10 - Время и путь торможения при $\phi_1=0,4$ и $\phi_2=0,6$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.03.03.2017.144.00.00 ПЗ

Лист

57