

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Филиал Федерального Государственного автономного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»  
Факультет «Машиностроительный»  
Кафедра «Автомобилестроение»

ПРОЕКТ ПРОВЕРЕН  
Рецензент, \_\_\_\_\_  
(должность)

\_\_\_\_\_ (подпись) (И.О.Ф.)  
2018 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой, к.т.н.,  
доцент

\_\_\_\_\_ B.B. Краснокутский  
(подпись) (И.О.Ф.)  
2018 г.

Седельный тягач Урал-NEXT 6×4 с установкой силового агрегата ЯМЗ-653

\_\_\_\_\_ (наименование темы проекта)

ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННЫЙ ПРОЕКТ  
ЮУрГУ–23.05.01.2018.294.ВКП

Консультант, к.э.н.  
Экономическая часть

\_\_\_\_\_ H.C. Комарова  
2018 г.

Руководитель, ведущий инженер  
АО ГРЦ КБ им. ак. В.П. Макеева

\_\_\_\_\_ M.I. Абрамов  
2018 г.

Консультант, к.т.н., доцент  
Безопасность жизнедеятельности

\_\_\_\_\_ B.B. Краснокутский  
2018 г.

Автор  
студент группы МиМс-656

\_\_\_\_\_ Я.В. Рулеев  
2018 г.

Нормоконтролер, ведущий инженер  
АО ГРЦ КБ им. ак. В.П. Макеева

\_\_\_\_\_ M.I. Абрамов  
2018 г.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА .....	8
1.1 Назначение и общетехнические характеристики разрабатываемого автомобиля.....	8
1.2 Характеристики применяемых двигателей .....	11
1.3 Анализ элементов подвески двигателя.....	18
Вывод по разделу один.....	22
2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	23
2.1 Тягово-динамический расчет автомобиля.....	23
2.1.1 Исходные данные для расчета .....	23
2.1.2 Определение мощности двигателя.....	24
2.1.3 Внешняя скоростная характеристика двигателя .....	26
2.1.4 Тягово-скоростная характеристика автомобиля.....	29
2.1.5 Динамическая характеристика автомобиля .....	31
2.1.6 Ускорение, время и путь разгона автомобиля .....	32
2.1.7 Мощностной баланс автомобиля .....	34
2.1.8 Углы подъема автомобиля .....	35
2.1.9 Расчет топливной экономичности.....	36
2.2 Конструирование подвески силового агрегата .....	49
2.2.1 Схема подвески силового агрегата .....	49
2.2.2 Расчет реакций и прогиба опор силового агрегата.....	51
2.2.3 Расчет изгибающего момента в плоскости ЗТКМ.....	52
2.2.4 Расчет дополнительной опоры коробки передач.....	53
Выводы по разделу два.....	56
3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ .....	57
3.1 Технологический процесс изготовления детали.....	58
3.2 Расчет режимов операции 005 токарная.....	61
3.3 Расчет режимов операции 010 токарная с переходом.....	63

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист	5
					23.05.01.2018.294 ПЗ	

3.4 Расчет режимов резания операции 015 токарная с переходом .....	64
3.4 Расчет режимов резания операции 020 резьбонарезная с переходом .....	64
Выводы по разделу три .....	65
<b>4 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ .....</b>	<b>66</b>
4.1 Определение потребности в основных материалах, численности рабочих по проекту, расчет заработной платы. Расчет себестоимости единицы и общих затрат проектируемой модели по проекту .....	66
4.2 Капитальные вложения .....	72
4.3 Планирование программы производства и реализации продукции .....	74
4.4 Определение потребности в инвестициях, выбор источника финансирования .....	74
4.6 Планирование финансовых результатов по проекту .....	75
4.7 Оценка эффективности и окупаемости инвестиционного проекта .....	76
Выводы по разделу четыре .....	83
<b>5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНEDЕЯТЕЛЬНОСТИ .....</b>	<b>84</b>
5.1 Предъявляемые нормативные требования .....	84
5.1.1 Нормативные требования в отношении вредных выбросов .....	84
5.1.2 Нормативные требования в отношении шума .....	86
5.1.3 Нормативные требования в отношении вибрации .....	88
5.2 Расчет параметров вибрации силового агрегата.....	89
Выводы по разделу пять.....	93
<b>6 ГРАЖДАНСКАЯ ОБОРОНА .....</b>	<b>94</b>
Вывод по разделу шесть.....	95
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>96</b>
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....</b>	<b>97</b>

## **ВВЕДЕНИЕ**

Традиционно востребованными на рынке грузовой техники являются седельные тягачи различных модификаций и грузоподъемности. В настоящее время на автомобильном заводе «УРАЛ» разработан седельный тягач Урал-Next с колесной формулой 6x4, который был представлен на выставке Comtrans-2017. Данный автомобиль был представлен как седельный тягач, сертифицированный для передвижения по дорогам общего пользования. Автомобиль предназначен для движения в составе автопоезда полной массой до 44 тонн. При необходимости конструкция тягача позволяет использовать его при массе автопоезда до 50 тонн.

На всех автомобилях серии Урал-Next устанавливаются двигатели ЯМЗ-536 мощностью 330 л.с. Для обеспечения перспективного направления грузоподъемности на данную модификацию седельного тягача требуется установка более мощного двигателя. В ряде двигателей, выпускаемых Ярославским моторным заводом, таким является двигатель ЯМЗ-653 мощностью 422 л.с.

В связи с вышеизложенным, целью дипломного проекта является установка двигателя ЯМЗ-653 на седельный тягач Урал-Next с колесной формулой 6x4.

При этом необходимо выполнить следующие задачи:

- 1) компоновка двигателя в подкапотном пространстве;
- 2) разработка схемы крепления двигателя на шасси;
- 3) разработка деталей крепления подвески двигателя.

Следует отметить, что двигатель ЯМЗ-653 по европейской классификации содержания вредных веществ в выхлопе соответствует стандарту Евро-5. Это обеспечивает

Силовая установка работает в паре с 16-диапазонной коробкой передач от ZF.

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист	7
					23.05.01.2018.294 ПЗ	

# 1 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

## 1.1 Назначение и общетехнические характеристики разрабатываемого автомобиля

Седельный тягач Урал-NEXT (рис.1.1) с колесной формулой 6x4 предназначен как для местных, так и для дальних перевозок. Автомобиль предназначен для эксплуатации по дорогам I-IV категории при температуре окружающего воздуха от минус 45°C до плюс 40°C.



Рисунок 1.1 – Автопоезд Урал-NEXT

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2018.294 ПЗ	Лист
						8

На данной модификации седельного тягача применяется рядный четырехтактный дизельный двигатель серии ЯМЗ-536 экологического класса Евро-4. С переходом производства грузовых автомобилей к экологическим требованиям Евро-5 для данного двигателя дорабатывалась система топливоподачи. При этом мощность двигателя не менялась.

В данном проекте увеличена грузоподъемность автопоезда за счет увеличения полной массы полуприцепа с 27 до 35 тонн. В связи с этим необходимо увеличение силы тяги седельного тягача. Для решения этой задачи необходимо увеличить мощность двигателя. Так как в грузовых автомобилях Урал применяются только двигатели Ярославского моторного завода, который также входит в Группу ГАЗ, как и АЗ УРАЛ, то возможно применение двигателя серии ЯМЗ-650 с мощностью до 422 л.с.

Основные технические характеристики разрабатываемой модификации седельного тягача представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Основные технические характеристики автомобиля

Параметр	Значение
1	2
Масса снаряженного автомобиля, кг	9200
Масса груза, приходящаяся на седельно-сцепное, кг	15000
Полная масса автопоезда, кг	44000
Полная масса автомобиля, кг	24000
Распределение полной массы автомобиля, кг	
- на переднюю ось	6000
- на заднюю тележку	18000
Допустимая полная масса буксируемого прицепа, кг	35000
Максимальная скорость автопоезда, км/час	90

Продолжение таблицы 1.1

1	2
Двигатель:	
Модель – ЯМЗ-653	
Тип – дизельный с турбонаддувом	
Номинальная мощность, кВт / л.с.	310 / 422
Максимальный крутящий момент, Н·м / кгс·м	2000 / 204
Номинальная частота вращения коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>	1900
Кабина:	
Модель – Next	
Тип – капотная. 2-х – местная, со спальным местом, с автономным отопителем.	
Коробка передач:	
Модель – ZF 16S2220 ТО.	
Тип - механическая, 16-ступенчатая.	
Мосты:	
FAW с центральным редуктором и колесной передачей.	
Передаточное отношение	6,69
Колеса и шины:	
Колеса – дисковые 9,00 – 22,5 (крепление по ISO)	
Шины – 315/80 R22,5.	

## 1.2 Характеристики применяемых двигателей

Как указывалось ранее, на грузовых автомобилях Урал применяются двигатели производства ЯМЗ. Для седельного тягача Урал-NEXT возможно применение двигателей серии ЯМЗ-536 и ЯМЗ-653, обеспечивающих современные требования экологической безопасности Евро-5.

Двигатель серии **ЯМЗ-536** (рис. 1.2). Тип двигателя 6-цилиндровый дизельный двигатель, 4-тактный, с рядным расположением цилиндров, жидкостной системой охлаждения, турбонаддувом и охлаждением наддувочного воздуха в теплообменнике типа “воздух-воздух”, установленном на транспортном средстве (без системы EGR). Соответствует требованиям Технического регламента Таможенного союза (ТР ТС) 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств» в части удовлетворения требованиям двигателей экологическому классу 5, нормируемого Правилами ООН № 24-03 и № 49-05B2 (G) Евро-5.

Двигатели максимально унифицированы с аналогами стандарта Евро-4. Для обеспечения требований по экологии Евро-5 в систему выпуска отработавших газов транспортного средства устанавливается:

- система селективного каталитического восстановления (SCR), включающая в себя модуль дозирования совместно с баком для водного раствора мочевины (реагент AdBlue -  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  32% раствор);
- селективный каталитический нейтрализатор (глушитель-нейтрализатор).

На панели приборов транспортного средства устанавливаются в соответствии с требованиями Правил ООН № 49-05B2 (G):

- сигнализатор (индикатор сбоя);
- диагностический разъем EOBD II, по стандарту SAE J 1962-2, для обеспечения интерфейса с электронным контрольным устройством двигателя (ECU).

Топливоподающая система и система управления аккумуляторного типа, с высокой энергией впрыска и электронным управлением фирмы “Bosch”.

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист	23.05.2018.294 ПЗ	11
------	------	----------	---------	------	------	-------------------	----



Рисунок 1.2 – Двигатель ЯМЗ-536

Функции электронного блока управления (ЭБУ):

- осуществляет управление двигателем;
- взаимодействует с электронными устройствами транспортного средства по каналу CAN (SAE J 1939);
- сохраняет информацию об ошибках во встроенной памяти;
- выполняет функции бортовой диагностики в соответствии с требованиями Правил ООН №49-05 G, согласно стандартам ISO 15031 и SAE J 1939;
- выполняет функцию ограничения скорости в соответствии с Правилами ООН №89;
- выполняет функцию ограничения крутящего момента согласно требованиям Правил ООН №49-05 G;
- сигнализирует водителю о возникновении аварийных ситуаций посредством ламп на панели приборов ТС (диагностики двигателя, лампа ИС, аварийного давления масла, и т.д.);

						Лист
Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата		23.05.01.2018.294 ПЗ
						12

- выполняет функцию аварийной защиты двигателя;
- выполняет совместную работу с системами стабилизации курсовой устойчивости, экстренного торможения, адаптивного круиз-контроля (Правила ООН № 13 прил. 21, № 131) и дублирования управления от дополнительного органа с пульта оператора.

Основные технические характеристики двигателя представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Технические характеристики двигателя ЯМЗ-536

Диаметр и ход поршня, мм	105 x 128
Рабочий объем двигателя, л	6,65
Номинальная мощность, брутто, кВт (л.с.)	242,6 (330)
Полезная мощность (Правила ООН № 85), кВт (л.с.)	241 (328)
Номинальная частота вращения, мин <sup>-1</sup>	2300
Максимальный крутящий момент, брутто, Н·м (кгс·м)	1275 (130)
Частота вращения при максимальном крутящем моменте, мин <sup>-1</sup>	1300-1600
Минимальный удельный расход топлива, г/(кВт·ч) (г/(л.с.·ч))	195 (143)
Ресурс до капитального ремонта, тыс. км пробега ТС	1000
Габаритные размеры, мм ДхШхВ	1298 / 759 / 972
Масса двигателя, кг	640

Внешне-скоростная характеристика (ВСХ) двигателя представлена на рисунке 1.3.

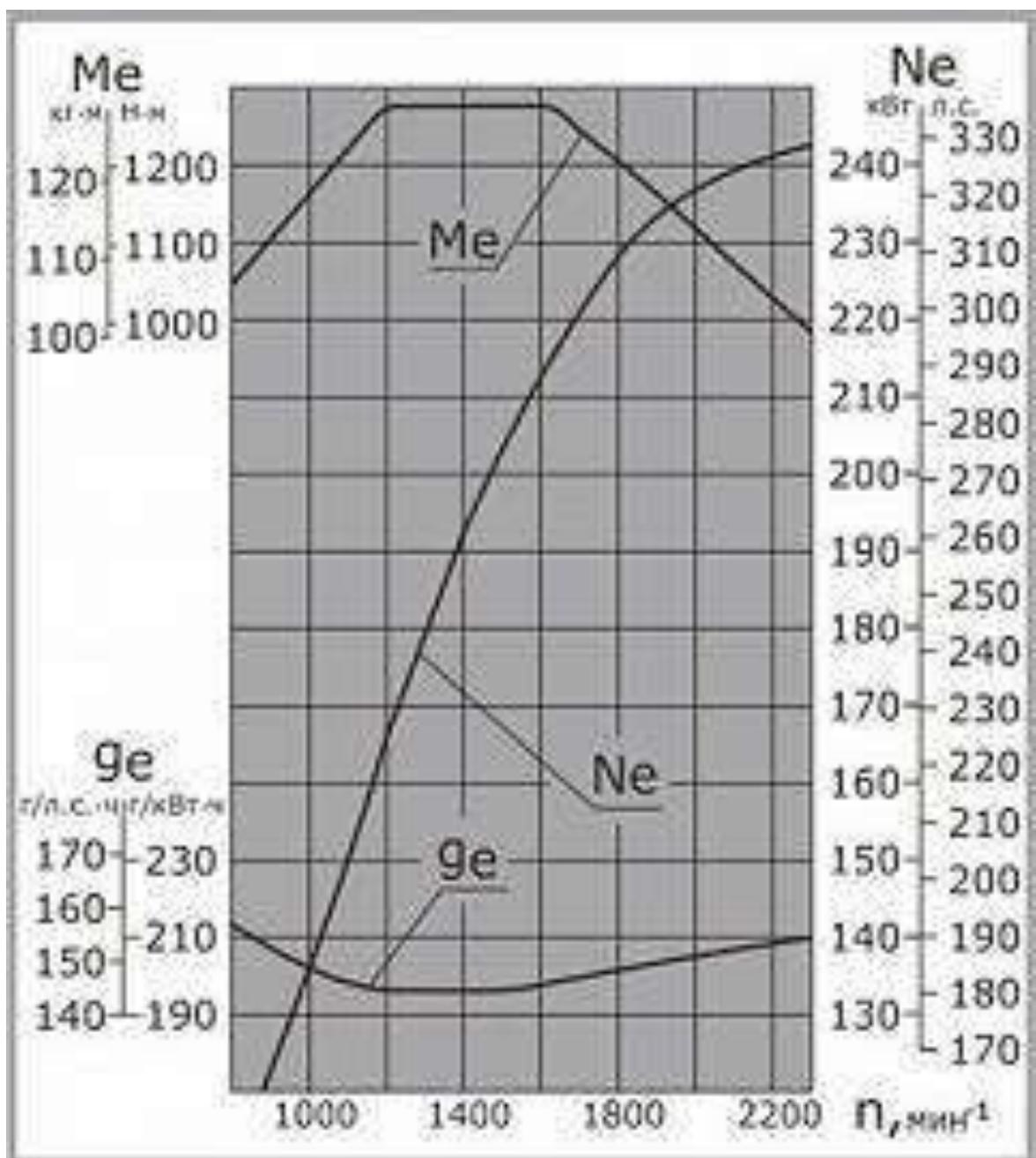


Рисунок 1.3 – ВСХ двигателя ЯМЗ-536

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2018.294 ПЗ

Лист  
14

Двигатель серии ЯМЗ-653 (рис. 1.4). Тип двигателя 6-цилиндровый дизельный двигатель, 4-тактный, с рядным расположением цилиндров, жидкостной системой охлаждения, турбонаддувом и охлаждением наддувочного воздуха в теплообменнике типа “воздух-воздух”, установленном на транспортном средстве (без системы EGR). Соответствует требованиям Технического регламента Таможенного союза (ТР ТС) 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств» в части удовлетворения требованиям двигателей экологическому классу 5, нормируемого Правилами ООН № 24-03 и № 49-05 (Евро-5).

Конструктивно двигатель большего объема. И для достижения экологического уровня Евро-5 применена система SCR, установленная на транспортном средстве, и PM-САТ каталитический нейтрализатор.



Рисунок 1.4 – Двигатель ЯМЗ-653

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист	15
					23.05.01.2018.294 ПЗ	

Основные технические характеристики двигателя представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Технические характеристики двигателя ЯМЗ-653

Диаметр и ход поршня, мм	123 x 156
Рабочий объем двигателя, л	11,12
Номинальная мощность, брутто, кВт (л.с.)	310 (422)
Полезная мощность (Правила ООН № 85), кВт (л.с.)	308 (419)
Номинальная частота вращения, мин <sup>-1</sup>	1900
Максимальный крутящий момент, брутто, Н·м (кгс·м)	2000 (203,8)
Частота вращения при максимальном крутящем моменте, мин <sup>-1</sup>	1100...1300
Минимальный удельный расход топлива, г/(кВт·ч) (г/(л.с.·ч))	190 (140)
Ресурс до капитального ремонта, тыс. км пробега ТС	1000
Габаритные размеры, мм ДхШхВ	1286 / 955 / 1136
Масса двигателя, кг	970

ВСХ двигателя представлена на рисунке 1.5.

Сравнивая характеристики двигателей ЯМЗ-536 и ЯМЗ-653 видно, что мощность 653-го двигателя на примерно на 30% больше, чем у 536-го, а максимальный крутящий момент – более чем на 50%. Это дает возможность повысить тягу автомобиля, что обеспечит заданную скорость автопоезда с требуемой полной массой.

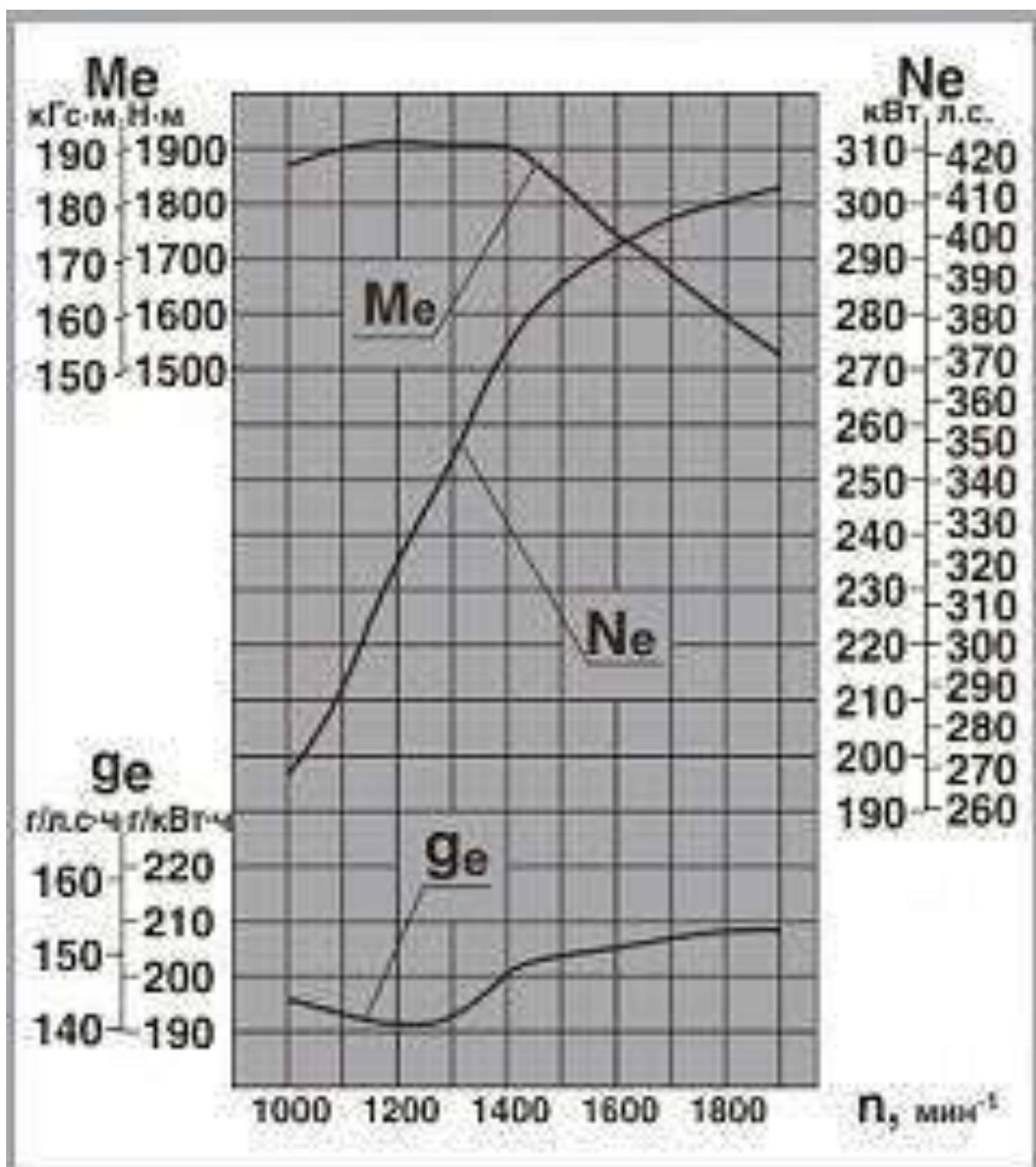


Рисунок 1.5 – ВСХ двигателя ЯМЗ-653

### 1.3 Анализ элементов подвески двигателя

Силовой агрегат автомобиля в составе двигателя и коробки передач крепится на раме грузового автомобиля с помощью кронштейнов, выполненных на картерах двигателя и маховика. Оба картера жестко соединены между собой. Опоры изготавливают упругими, снабжая их резиновыми подушками, а иногда и пружинами. Упругие опоры уменьшают вибрации двигателя, возникающие вследствие неравномерности крутящего момента и недостаточной уравновешенности вращающихся масс, а также смягчают удары, передаваемые от рамы на двигатель при движении автомобиля.

Несмотря на хорошую уравновешенность современных автомобильных двигателей, во время их работы все же возникает вибрация, которая не должна передаваться на раму. Поэтому крепление (подвеска) двигателя должно быть таким, чтобы уменьшить передачу вибрации на раму автомобиля и предотвратить появление напряжений в блоке цилиндров при перекосах рамы вследствие движения автомобиля по неровной дороге.

Рассмотрим варианты закрепления двигателя на эластичных опорах (рис.1.6).

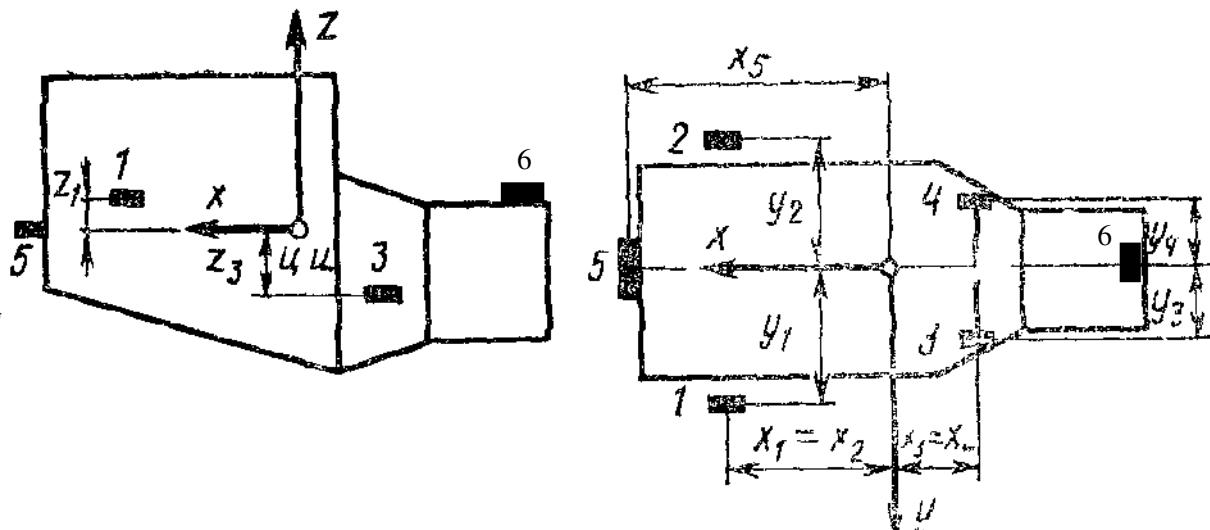


Рисунок 1.6 – Точки крепления двигателя на раме автомобиля

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

23.05.01.2018.294 ПЗ

Лист

18

Для устойчивой работы двигателя крутильные колебания воспринимаются задними опорами 3-4 и передними 1-2 или 5. Вертикальные и продольно-угловые колебания также воспринимаются теми же опорами и, дополнительно, опорой 6, которая устанавливается по необходимости в задней части коробки передач.

Таким образом, различают две принципиальные схемы установки силового агрегата:

- «прямоугольник» схема закрепления 1-2-3-4;
- «ромб» схема закрепления 3-4-5-6.

Для силовых агрегатов с длинной коробкой передач может встречаться комбинированная схема закрепления 1-2-3-4-6 для компенсации момента инерции коробки передач при вертикальных колебаниях. Такая схема применяется и для двигателя ЯМЗ-653.

Для установки двигателя используются серийные элементы подвески. В центральной части силового агрегата в зоне центра тяжести (точки 3-4) используется основная силовая опора (рис. 1.7), на которую приходится основной вес силового агрегата.



Рисунок 1.7 – Центральная опора

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист
				23.05.01.2018.294 ПЗ	19

В передней части двигателя (точки 1-2) устанавливаются более податливые опоры (рис. 1.8, 1.9).



Рисунок 1.8 – Передняя опора



Рисунок 1.9 – Передняя опора (вариант)

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2018.294 ПЗ	Лист 20
------	------	----------	---------	------	----------------------	------------

При необходимости дополнительно в задней части коробки передач (точка 6) устанавливаются резиновые подушки (амортизаторы), на которые в статическом положении силового агрегата нет реакции от веса двигателя (рис. 1.10).



Рисунок 1.10 – Подушка опоры коробки передач

Конструктивной задачей является разработка переходных кронштейнов от упругих элементов к лонжеронам рамы, например, как на Урал-4320 (рис. 1.11).

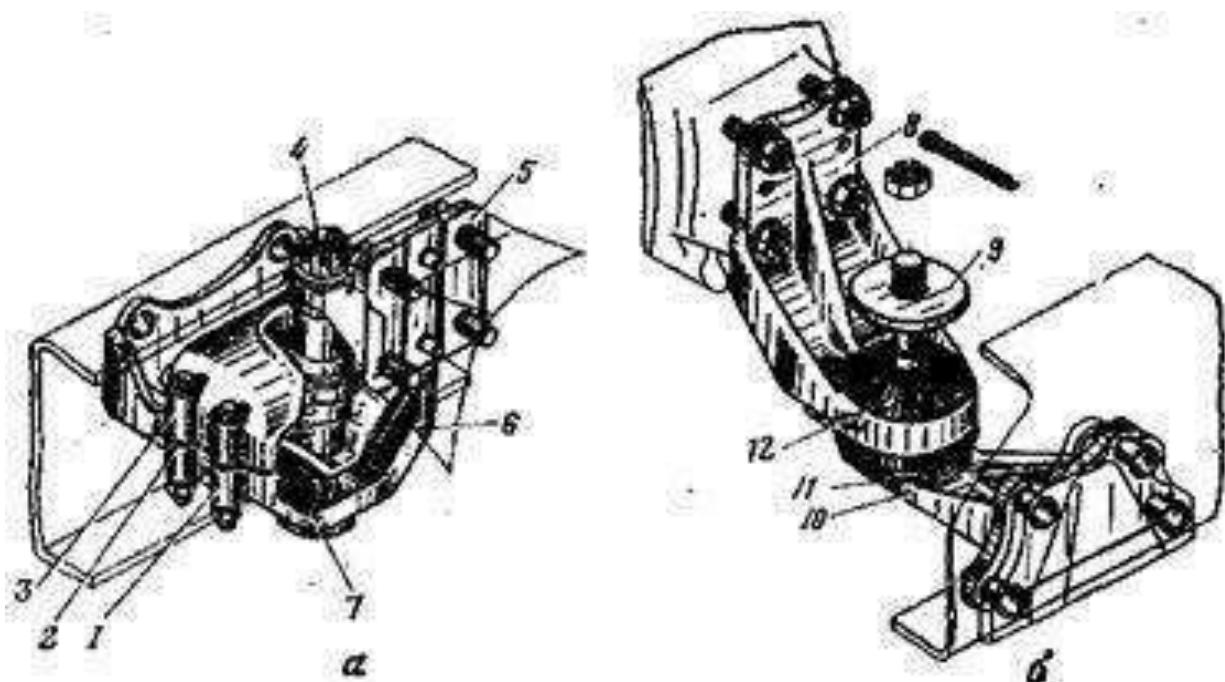


Рисунок 1.11 – Крепление двигателя автомобиля Урал-4320:

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист
				23.05.01.2018.294 ПЗ	21

а – задняя опора двигателя ;б – передняя опора двигателя; 1 – нижний кронштейн задней опоры; 2 – регулировочная прокладка; 3 – крышка; 4 – стяжной болт; 5 – верхний кронштейн задней опоры; 6 – башмак задней опоры; 7 – подушка задней опоры; 8 – верхний кронштейн передней опоры; 9 – верхняя опорная шайба; 10 – нижний кронштейн передней опоры; 11 – нижняя опорная шайба, 12 – подушка

### **Вывод по разделу один**

На основании анализа технических характеристик двигателей ЯМЗ, для проектируемого автомобиля необходимо использовать двигатель ЯМЗ-653, обладающий достаточной мощностью, и соответствующий требуемому экологическому классу Евро-5.

Для установки двигателя целесообразно использовать стандартные элементы подвески двигателя. При этом требуется разработка переходных кронштейнов к раме автомобиля.

						Лист 23.05.01.2018.294 ПЗ
Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата		22

## 2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1 Тягово-динамический расчет автомобиля

#### 2.1.1 Исходные данные для расчета

В таблице 2.1 представлены исходные данные для тягово-динамического расчёта автомобиля.

Таблица 2.1 – Исходные данные

Параметр	Значение
$m_a$ – полная масса автопоезда, кг	44000
$m_\varphi$ – масса приходящаяся на ведущие колёса, кг	18000
$V_{a\ max}$ – максимальная скорость автомобиля, м/с (км/ч)	22,2 (80)
$r_k$ – радиус качения колеса, м	0,5
$p$ – количество полных зубчатых зацеплений в потоке мощности	6
$l$ – количество карданных шарниров в потоке мощности	4
$C_x$ – коэффициент аэродинамического сопротивления	0,7
$\rho$ – плотность воздуха, кг/м <sup>3</sup>	1,202
$B_a$ – ширина автомобиля, м	2,55
$H_a$ – высота автомобиля, м	3,2
$K_L$ – коэффициент заполнения лобового сечения	0,9
$f$ – минимальный коэффициент сопротивления качению	0,017
$\varphi$ – максимальный коэффициент сцепления шин с дорогой	0,7
$N_{e\ max}$ – максимальная мощность двигателя, кВт	310
$M_{e\ max}$ – максимальный крутящий момент двигателя, Н·м	2000
$n_{e\ min}$ – минимальная частота вращения двигателя, об/мин	1000
$n_{e\ max}$ – максимальная частота вращения двигателя, об/мин	1900
$i_0$ – передаточное число главной передачи	4,45

В таблице 2.2 представлены передаточные числа коробки передач.

Таблица 2.2 – Передаточные числа коробки передач

Передача	Передаточное число
Коробка передач ZF 16S2220	
первая	13,80
вторая	9,49
третья	6,53
четвёртая	4,57
пятая	3,02
шестая	2,08
седьмая	1,43
восьмая	1,00

### 2.1.2 Определение мощности двигателя

Необходимую мощность двигателя при максимальной скорости движения автомобиля определим по формуле

$$N_{eV_{a \max}} = \frac{\psi \cdot m_a \cdot g \cdot V_{a \max} + 0,5 \cdot \rho C_x \cdot F_a \cdot V_{a \max}^3}{\eta_{tp}}, \quad (2.1)$$

где  $C_x$  – коэффициент аэродинамического сопротивления;

$\rho$  – плотность воздуха;

$F_a$  – площадь лобового сечения автомобиля;

$V_{a \max}$  – максимальная скорость автомобиля;

$\psi$  – минимальный коэффициент сопротивления движению ( $\psi = f$ );

$m_a$  – полная масса автомобиля;

$g$  – ускорение свободного падения;

$\eta_{tp}$  – КПД трансмиссии.

$$F_a = B \cdot H \cdot K_a, \quad (2.2)$$

где  $B$  – ширина колеи автомобиля;

						Lист
						23.05.01.2018.294 ПЗ
Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата		24

$H$  – высота автомобиля;

$K_a$  – коэффициент заполнения лобового сечения.

$$F_a = 3,2 \cdot 2,55 \cdot 0,9 = 7,34 \text{ м}^2.$$

КПД трансмиссии определяем по формуле

$$\eta_{\text{тр}} = 0,98^p \cdot 0,996^l, \quad (2.3)$$

где  $p$  – число цилиндрических и конических пар в потоке мощности;

$l$  – число карданных шарниров.

$$\eta_{\text{тр}} = 0,98^6 \cdot 0,996^4 = 0,87.$$

Отсюда получим:

$$Ne_{V_{a\max}} = \frac{0,0024 \cdot 44000 \cdot 9,8 \cdot 22,2 + 0,5 \cdot 1,202 \cdot 0,9 \cdot 7,34 \cdot 22,2^3}{0,87} = 267,5 \text{ кВт.}$$

Мощность брутто определим по формуле

$$Ne_{V_{a\max}} (\text{брутто}) = \frac{Ne_{V_{a\max}}}{\eta_{обc}}, \quad (2.4)$$

где  $\eta_{обc}$  – КПД обслуживающих систем двигателя.

$$Ne_{V_{a\max}} (\text{брутто}) = \frac{267,5}{0,94} = 284,6 \text{ кВт.}$$

Удельную мощность определим по формуле

$$Ne_{y\partial} = \frac{Ne_{V_{a\max}}}{m_a}, \quad (2.5)$$

$$Ne_{y\partial} = \frac{Ne_{V_{a\max}}}{m_a} = \frac{284,6}{44,0} = 6,5 \text{ кВт/тонну.}$$

Исходя из номенклатуры выпускаемых двигателей ЯМЗ для проектируемого автомобиля допускается применять двигатель ЯМЗ-653, который соответствует экологическим нормам Евро-5.  $N_{e\max} = 310 \text{ кВт.}$

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист
					23.05.2018.294 ПЗ 25

### 2.1.3 Внешняя скоростная характеристика двигателя

Влияние двигателя на динамику автомобиля определяется его скоростной характеристикой, представляющей собой изменение эффективной мощности и эффективного момента двигателя в зависимости от скорости вращения коленчатого вала при полной или частичной подаче топлива.

Внешняя скоростная характеристика – это зависимость эффективной мощности и эффективного момента двигателя от числа оборотов коленчатого вала при полной подаче топлива в установившемся режиме работы двигателя. Эту характеристику определяют экспериментально на тормозном стенде. В случае отсутствия экспериментальных данных используют эмпирические зависимости, позволяющие по известным координатам одной точки воспроизвести всю кривую мощности.

Наибольшее распространение получила следующая формула:

$$N_e = N_{e_{\max}} \cdot \left( A_1 \cdot \frac{n_e}{n_{e_{\max}}} + A_2 \cdot \frac{n_e^2}{n_{e_{\max}}^2} - \frac{n_e^3}{n_{e_{\max}}^3} \right), \quad (2.6)$$

где  $A_1, A_2$  – эмпирические коэффициенты;

$N_{e_{\max}}, n_{e_{\max}}$  – максимальная эффективная мощность и соответствующее ей значение частоты вращения коленчатого вала двигателя;

$N_e, n_e$  – текущие значения эффективной мощности и частоты вращения коленчатого вала.

Для построения кривой эффективного момента применяют следующую формулу:

$$M_e = \frac{30 \cdot N_e \cdot 10^3}{\pi \cdot n_e}, \quad (2.7)$$

где  $M_e$  – текущее значение эффективного момента,

$N_e$  – текущее значение эффективной мощности,

$n_e$  – текущее значение эффективной частоты вращения.

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2018.294 ПЗ	Лист 26
------	------	----------	---------	------	----------------------	------------

Основные параметры внешней скоростной характеристики применяемого двигателя приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Значения параметров внешней скоростной характеристики

Обороты, $n_e$ , об/мин	Мощность, $N_e$ , кВт	Момент, $M_e$ , Н·м
1000	193	1870
1100	216	2000
1200	236	2000
1300	255	2000
1400	271	1970
1500	280	1880
1600	284	1800
1700	287	1720
1800	290	1640
1900	291	1560

Внешняя скоростная характеристика двигателя проектируемого автомобиля приведена на рисунке 2.1.

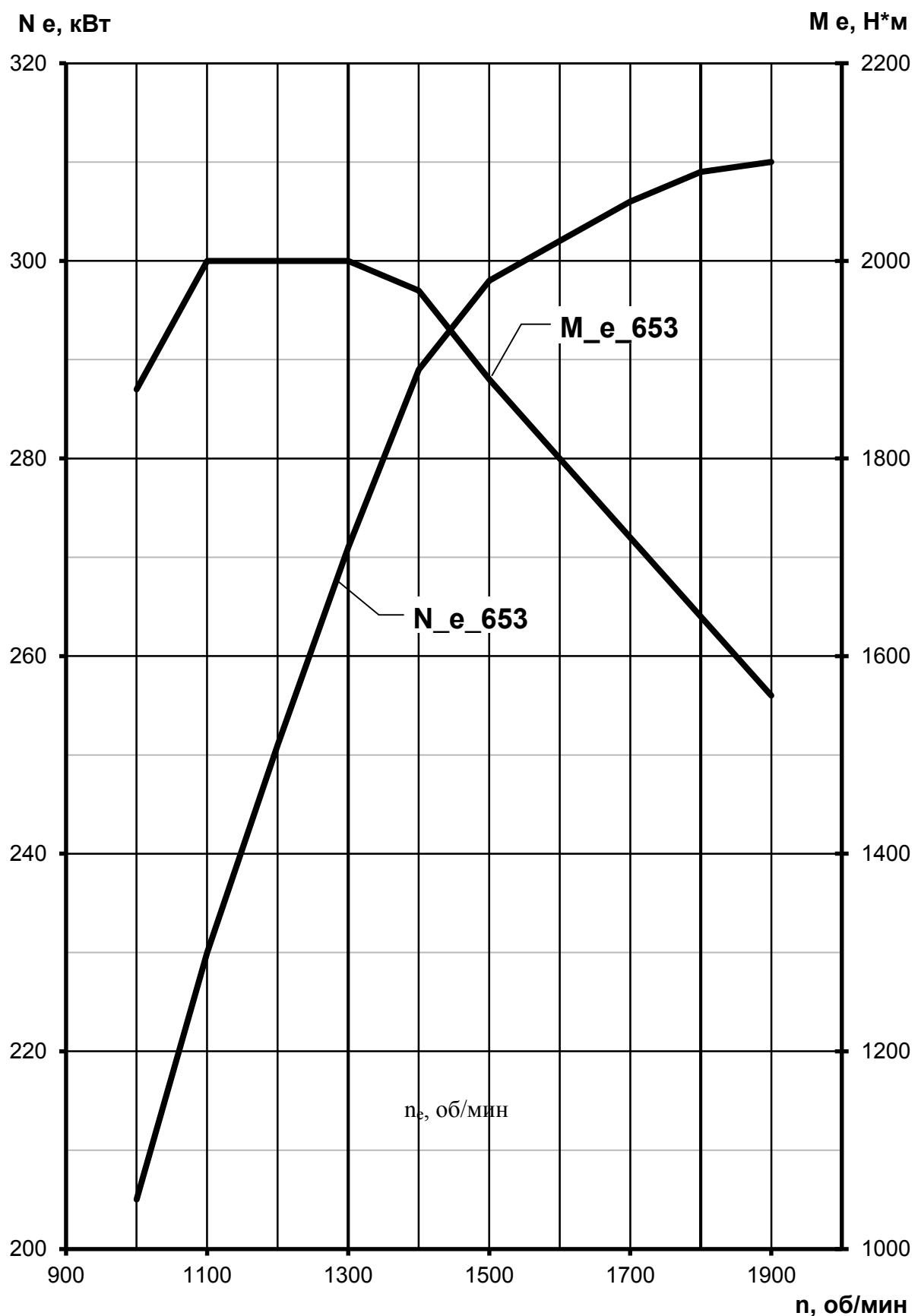


Рисунок 2.1 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист
				23.05.01.2018.294 ПЗ	28

## 2.1.4 Тягово-скоростная характеристика автомобиля

Тягово-скоростная характеристика автомобиля представляет собой зависимость силы тяги на колёсах от скорости движения автомобиля при полной подаче топлива. Эту характеристику строят на основании уравнения тягового баланса автомобиля, который имеет следующий вид:

$$P_k = P_f + P_\alpha + P_w + P_j, \quad (2.8)$$

где  $P_f$  – сила сопротивления качению;

$P_\alpha$  – сила сопротивления подъёму;

$P_w$  – сила сопротивления воздуха;

$P_j$  – сила сопротивления ускорению автомобиля. Эта сила затрачивается на разгон автомобиля, на работу деталей трансмиссии, вращающихся деталей автомобиля.

$$P_f = m_a \cdot g \cdot f \cdot \cos \alpha, \quad (2.9)$$

где  $\alpha$  – угол подъёма автомобиля.

$$P_\alpha = m_a \cdot g \cdot \sin \alpha, \quad (2.10)$$

$$P_w = 0,5 \cdot C_x \cdot \rho \cdot F_a \cdot V_a^2, \quad (2.11)$$

где  $V_a$  – скорость автомобиля.

$$P_j = \left( m_a + \frac{J_e \cdot i_{mp}^2 \cdot \eta_{mp}}{r_o \cdot r_k} + \frac{J_{mp}}{r_o \cdot r_k} + \frac{J_k}{r_o \cdot r_k} + \frac{J_{kp}}{r_o \cdot r_k} \right) \cdot \frac{dV}{dt}, \quad (2.12)$$

где  $J_e$  – момент инерции вращающихся частей двигателя;

$i_{mp}$  – передаточное число трансмиссии;

$r_o$  – динамический радиус колеса;

$r_k$  – кинематический радиус колеса;

$J_{mp}$  – приведенный к колесу момент инерции трансмиссии;

$J_k$  – момент инерции ведущих колес;

						Лист
						29
Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	23.05.2018.294 ПЗ	

$J_{kp}$  – момент инерции ведомых колес;

$\frac{dV}{dt}$  – ускорение автомобиля.

Выражение в скобках, отнесенное к массе автомобиля, определяют как  $\delta_j$  – коэффициент вращающихся масс.

$$\delta_j = 1 + \frac{J_e \cdot i_{mp}^2 \cdot \eta_{mp}}{r_\delta \cdot r_\kappa \cdot m_a} + \frac{J_{mp}}{r_\delta \cdot r_\kappa \cdot m_a} + \frac{J_\kappa}{r_\delta \cdot r_\kappa \cdot m_a} + \frac{J_{kp}}{r_\delta \cdot r_\kappa \cdot m_a}, \quad (2.13)$$

Приближенно коэффициент вращающихся масс можно определить по формуле

$$\delta_j = 1,04 + 0,04 \cdot i_{kn}^2, \quad (2.14)$$

В результате выражение (2.12) можно преобразовать к виду

$$P_j = m_a \cdot \delta_j \cdot \frac{dV}{dt}. \quad (2.15)$$

$$P_\kappa = \frac{M_e \cdot i_{kn} \cdot i_o \cdot \eta_{mp}}{r_\delta}, \quad (2.16)$$

где  $i_\kappa$  – передаточное число коробки передач;

$i_o$  – передаточное число главной передачи.

Сила сопротивления качению для данного автомобиля зависит от типа и состояния дороги, а сила сопротивления подъёму – от её профиля. Поэтому эти два понятия иногда объединяют, вводя понятие об общем дорожном сопротивлении, сила которого определяется по формуле

$$P_\Psi = P_f + P_\alpha = m_a \cdot g \cdot (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha). \quad (2.17)$$

Тогда коэффициент сопротивления движению определим по формуле

$$\Psi = \frac{P_\Psi}{m_a \cdot g} = f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha. \quad (2.18)$$

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2018.294 ПЗ	Лист
						30

В полном виде уравнение движения автомобиля для прямолинейного движения, называется также тяговым балансом автомобиля, запишется в следующем виде:

$$\frac{M_e \cdot i_{kn} \cdot i_o \cdot \eta_{mp}}{r_o} = m_a \cdot g \cdot f \cdot \cos \alpha + m_a \cdot g \cdot \sin \alpha + 0,5 \cdot C_x \cdot \rho \cdot F \cdot V_a^2 + m_a \cdot \delta_j \cdot \frac{dV}{dt} \quad (2.19)$$

Это уравнение используется для проектирования новых автомобилей и при оценке его тягово-скоростных качеств. Тягово-скоростные качества характеризуются тягово-скоростными показателями:  $V_{a\max}$  – максимальная скорость,  $\alpha$  – преодолеваемый угол подъема,  $P_{kp}$  – сила тяги на крюке.

Уравнение тягового баланса можно представить в графической форме, как зависимость действующих сил от скорости автомобиля. Скорость автомобиля определяется по формуле

$$V_{a\max} = 0,105 \cdot \frac{r_o \cdot n_e}{i_{kn} \cdot i_0}. \quad (2.20)$$

### 2.1.5 Динамическая характеристика автомобиля

Тяговая характеристика недостаточно удобна для сравнительной оценки тяговых свойств автомобилей, обладающих различной массой, так как при одинаковых значениях силы тяги они будут иметь на одной и той же дороге различные максимальные скорости, различные ускорения, преодолевать неодинаковые предельные подъёмы и так далее. Для сравнения тягово-скоростных характеристик разных автомобилей удобно пользоваться безразмерным параметром. Таким параметром является динамический фактор.

Динамическим фактором автомобиля называют отношение разности силы тяги на колёсах и силы сопротивления воздуха к весу автомобиля, то есть:

$$D = \frac{P_k - P_w}{m_a \cdot g}, \quad (2.21)$$

где  $D$  – динамический фактор автомобиля.

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист
				23.05.01.2018.294 ПЗ	31

Графическое изображение зависимости динамического фактора от скорости движения автомобиля  $D = f(V_a)$  на различных передачах в коробке передач и полной нагрузке на автомобиль называется динамической характеристикой автомобиля.

### 2.1.6 Ускорение, время и путь разгона автомобиля

Показателями динамичности автомобиля при разгоне служат величины максимальных ускорений, а также значения пути и времени разгона в определённом интервале скоростей. Значения ускорения, времени и пути разгона получают как опытным путём (в процессе эксплуатации), так и аналитически. Методика расчёта показателей динамичности автомобиля при неустановившемся движении едина для всех его видов. Вначале из дифференциального уравнения движения находим ускорение, а затем, используя приёмы численного интегрирования, определяем величины времени и пути движения.

Ускорение автомобиля определяют при помощи выражения для динамического фактора автомобиля, движущегося без прицепа:

$$D = \psi + \frac{\delta_j}{g} \cdot \frac{dV_a}{dt}, \quad (2.22)$$

где  $j = \frac{dV_a}{dt}$  – ускорение автомобиля.

Тогда из выражения (2.22) получим:

$$j = \frac{(D - \psi) \cdot g}{\delta_j}. \quad (2.23)$$

Время и путь разгона ввиду отсутствия аналитической связи между ускорением и скоростью автомобиля определяют графоаналитически. Кривую ускорений разбивают на ряд отрезков и считают, что в каждом интервале скорости автомобиль разгоняется с постоянным ускорением, то есть:

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист
					23.05.01.2018.294 ПЗ

$$j_{cp} = 0,5 \cdot (j_i + j_{i+1}), \quad (2.24)$$

где  $j_i$  и  $j_{i+1}$  – ускорения соответственно в начале и конце выбранного интервала скорости;  
 $i$  – номер рассматриваемого интервала.

При изменении скорости, например, от  $V_i$  до  $V_{i+1}$  среднее ускорение можно рассчитать также как:

$$j_{cp} = \frac{(V_{i+1} - V_i)}{t_i}, \quad (2.25)$$

где  $t_i$  – время разгона автомобиля в интервале скоростей от  $V_i$  до  $V_{i+1}$ .

Тогда время разгона определим как

$$t_i = \frac{(V_{i+1} - V_i)}{j_{cp}}. \quad (2.26)$$

Тогда общее время разгона автомобиля можно определить как:

$$t = \sum_1^n t_i, \quad (2.27)$$

где  $t$  – время разгона автомобиля в интервале скоростей от  $V_{min}$  до  $V_{max}$ ;  
 $n$  – количество интервалов.

При расчёте пути разгона приближённо считают, что в каждом интервале изменения скорости автомобиль движется равномерно со средней скоростью  $V_{cp}$ , которая определяется по формуле

$$V_{cp} = 0,5 \cdot (V_i + V_{i+1}). \quad (2.28)$$

При этом допущении путь разгона в интервале скоростей от  $V_i$  до  $V_{i+1}$  можно определить как

						Лист
Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2018.294 ПЗ	33

$$S_i = V_{cp} \cdot t_i, \quad (2.29)$$

где  $S_i$  – путь, пройденный автомобилем за время  $t_i$ , м.

Общий путь разгона автомобиля за время  $t$  определяется по формуле

$$S = \sum_1^n S_i. \quad (2.30)$$

При разгоне с места отсчёт нужно вести от скорости, соответствующей минимально устойчивому числу оборотов коленчатого вала двигателя. По мере приближения скорости автомобиля к максимальной, ускорение приближается к нулю. Это означает, что время разгона автомобиля до максимальной скорости, определяемое пересечением кривой ускорения с осью абсцисс, теоретически бесконечно велико. Однако, разгон становится практически не ощутим при скорости автомобиля, равной  $0,9 \div 0,95 V_{max}$ . Поэтому время и путь разгона определяются обычно до скорости на 5...10 % меньше максимальной.

### 2.1.7 Мощностной баланс автомобиля

Для анализа динамичности автомобиля можно также сопоставить тяговую мощность с мощностью, которая необходима для преодоления сопротивлений движению. Связь между эффективной мощностью двигателя и мощностью, подводимой к ведущим колёсам можно установить при помощи зависимости

$$N_k = N_e \cdot \eta_{mp}, \quad (2.31)$$

где  $N_k$  – мощность, подводимая к ведущим колёсам автомобиля.

Для построения мощностной характеристики автомобиля необходимо также уравнение мощностного баланса автомобиля, которое в общем виде записывается как

						Лист
Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2018.294 ПЗ	34

$$N_{\kappa} = N_{\psi} + N_w + N_j, \quad (2.32)$$

где  $N_{\psi}$  – мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления движению;

$N_w$  – мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления воздуха;

$N_j$  – мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления разгону.

Зависимости для определения мощностей, входящих в мощностной баланс автомобиля, имеют вид:

$$N_{\psi} = \psi \cdot m_a \cdot g \cdot V_a; \quad (2.33)$$

$$N_w = 0,5 \cdot C_x \cdot \rho \cdot F \cdot V_a^3; \quad (2.34)$$

$$N_j = m_a \cdot \delta_j \cdot V_a \cdot dV_a / dt. \quad (2.35)$$

## 2.1.8 Углы подъема автомобиля

Максимальный угол подъёма по тяге определяется по формуле

$$\alpha_{\kappa} = \arcsin \frac{D_{\max} - f \sqrt{1 - D_{\max}^2 + f^2}}{1 + f^2}. \quad (2.36)$$

$$\alpha_{\kappa} = 27,5^\circ.$$

Максимальный угол подъёма по сцеплению определяется по формуле

$$\alpha_{\varphi} = \operatorname{arctg} \left( \frac{m_{\varphi}}{m_a} \cdot \varphi - f \right). \quad (2.37)$$

$$\alpha_{\varphi} = 15,0^\circ.$$

В качестве допускаемого принимается минимальное значение, полученное из выражений (2.36) и (2.37).

$$\alpha_{\text{don}} = \min(\alpha_{\kappa}; \alpha_{\varphi}). \quad (2.38)$$

Отсюда  $\alpha_{\text{доп}} = 15,0^\circ$ .

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист
				23.05.01.2018.294 ПЗ	35

## 2.1.9 Расчёт топливной экономичности

Топливная экономичность автомобиля характеризуется расходом топлива, отнесенным к пройденному пути. Расход топлива на единицу пробега автомобиля определяется выражением

$$Q_S = \frac{Q_t}{V_a} = \frac{q_e \cdot N_e}{V_a}, \quad (2.39)$$

где  $Q_S$  – расход топлива в единицу пробега, г/км;

$Q_t$  – расход топлива в единицу времени, г/ч;

$q_e$  – удельный расход топлива, г/кВт·ч.

Используя выражение мощностного баланса автомобиля (2.32), получаем при отсутствии буксования колес выражение для расхода топлива

$$Q_S = \frac{q_e \cdot \frac{N_\psi + N_w + N_j}{\eta_{mp}}}{V_a}. \quad (2.40)$$

Тогда, с учетом выражений (2.33), (2.34) и (2.35), уравнение расхода топлива, отнесеного к пройденному автомобилем пути, в общем случае движения примет вид

$$Q_S = \frac{q_e}{\eta_{mp}} \cdot (G_a \cdot \psi + 0,5 \cdot C_x \cdot \rho \cdot F \cdot V_a^2 + \delta_j \cdot \frac{dV}{dt} \cdot \frac{G_a}{g}). \quad (2.41)$$

Согласно выражению (2.41) топливная экономичность автомобиля зависит от его собственного веса, нагрузки, скоростных и дорожных условий движения, а также от того, насколько экономично при этом работают двигатель и трансмиссия.

Отсюда расход топлива (по массе) на 100 км определим как

$$Q_{SM} = Q_S \cdot S_{100}, \quad (2.42)$$

где  $Q_{SM}$  – расход топлива по массе, г/100км;

$S_{100}$  – пройденный путь,  $S_{100} = 100$ км.

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист
					23.05.2018.294 ПЗ

Расход топлива (по объему) на 100 км определяется по формуле

$$Q_{SV} = \frac{Q_{SM}}{\rho_{\text{диз}} \cdot 1000}, \quad (2.43)$$

где  $Q_{SV}$  – расход топлива по объему, л/100км;

$\rho_{\text{диз}}$  – плотность топлива, г/см<sup>3</sup>.

Расчетные значения характеристик тягово-динамического расчета, значения характеристик сопротивления, времени и пути разгона автомобиля, а также расхода топлива приведены в таблицах 2.4...2.6. Графики расчетных характеристик приведены на рисунках 2.2...2.7.

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист	37
					23.05.01.2018.294 ПЗ	

Таблица 2.4 – Значения характеристик тягово-динамического расчета

V <sub>a</sub> , км/ч	P <sub>k</sub> , Н	N <sub>k</sub> , кВт	P <sub>w</sub> , Н	D	J, м/с <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6
1-я передача в КП					
3,2	192517,9	170,71	2,43	0,446	2,034
3,5	205901,5	200,84	2,94	0,477	2,181
3,8	205901,5	219,10	3,50	0,477	2,181
4,1	205901,5	237,35	4,11	0,477	2,181
4,5	202813,0	251,78	4,76	0,470	2,147
4,8	193547,4	257,44	5,47	0,448	2,046
5,1	185311,4	262,91	6,22	0,429	1,955
5,4	177075,3	266,93	7,02	0,410	1,865
5,7	168839,2	269,49	7,87	0,391	1,774
6,1	160603,2	270,58	8,77	0,372	1,684
2-я передача в КП					
4,6	132390,9	170,71	5,14	0,307	1,852
5,1	141594,6	200,84	6,22	0,328	1,988
5,6	141594,6	219,10	7,40	0,328	1,988
6,0	141594,6	237,35	8,68	0,328	1,988
6,5	139470,7	251,78	10,07	0,323	1,956
7,0	133098,9	257,44	11,56	0,308	1,862
7,4	127435,1	262,91	13,15	0,295	1,778
7,9	121771,4	266,93	14,85	0,282	1,694
8,4	116107,6	269,49	16,64	0,269	1,610
8,8	110443,8	270,58	18,54	0,256	1,526

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5	6
3-я передача в КП					
6,7	91097,2	170,71	10,85	0,211	1,484
7,4	97430,2	200,84	13,13	0,226	1,596
8,1	97430,2	219,10	15,62	0,226	1,596
8,8	97430,2	237,35	18,34	0,226	1,596
9,4	95968,8	251,78	21,27	0,222	1,570
10,1	91584,4	257,44	24,41	0,212	1,492
10,8	87687,2	262,91	27,78	0,203	1,423
11,5	83790,0	266,93	31,36	0,194	1,354
12,1	79892,8	269,49	35,15	0,185	1,284
12,8	75995,6	270,58	39,17	0,176	1,215
4-я передача в КП					
9,6	63754,1	170,71	22,15	0,148	1,098
10,6	68186,2	200,84	26,80	0,158	1,184
11,6	68186,2	219,10	31,90	0,158	1,184
12,5	68186,2	237,35	37,44	0,158	1,184
13,5	67163,4	251,78	43,42	0,155	1,163
14,5	64095,1	257,44	49,84	0,148	1,103
15,4	61367,6	262,91	56,71	0,142	1,050
16,4	58640,2	266,93	64,02	0,136	0,996
17,4	55912,7	269,49	71,77	0,129	0,943
18,3	53185,3	270,58	79,97	0,123	0,889

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5	6
5-я передача в КП					
14,6	42130,7	170,71	50,73	0,097	0,714
16,0	45059,6	200,84	61,38	0,104	0,773
17,5	45059,6	219,10	73,05	0,104	0,773
19,0	45059,6	237,35	85,73	0,104	0,772
20,4	44383,7	251,78	99,42	0,103	0,757
21,9	42356,0	257,44	114,13	0,098	0,715
23,3	40553,6	262,91	129,86	0,094	0,677
24,8	38751,3	266,93	146,60	0,089	0,639
26,3	36948,9	269,49	164,35	0,085	0,601
27,7	35146,5	270,58	183,12	0,081	0,563
6-я передача в КП					
21,2	29017,2	170,71	106,94	0,067	0,451
23,3	31034,4	200,84	129,39	0,072	0,492
25,4	31034,4	219,10	153,99	0,072	0,491
27,5	31034,4	237,35	180,72	0,071	0,490
29,7	30568,9	251,78	209,59	0,070	0,478
31,8	29172,4	257,44	240,61	0,067	0,447
33,9	27931,0	262,91	273,76	0,064	0,419
36,0	26689,6	266,93	309,04	0,061	0,391
38,1	25448,2	269,49	346,47	0,058	0,363
40,2	24206,9	270,58	386,04	0,055	0,335

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5	6
7-я передача в КП					
30,8	19949,3	170,71	226,24	0,046	0,257
33,9	21336,2	200,84	273,76	0,049	0,284
37,0	21336,2	219,10	325,79	0,049	0,281
40,0	21336,2	237,35	382,35	0,049	0,278
43,1	21016,1	251,78	443,44	0,048	0,267
46,2	20056,0	257,44	509,05	0,045	0,243
49,3	19202,6	262,91	579,18	0,043	0,221
52,4	18349,1	266,93	653,85	0,041	0,199
55,5	17495,7	269,49	733,03	0,039	0,177
58,5	16642,2	270,58	816,74	0,037	0,154
8-я передача в КП					
44,1	13950,6	170,71	462,65	0,031	0,116
48,5	14920,4	200,84	559,80	0,033	0,132
52,9	14920,4	219,10	666,21	0,033	0,126
57,3	14920,4	237,35	781,87	0,033	0,120
61,7	14696,6	251,78	906,79	0,032	0,108
66,1	14025,2	257,44	1040,95	0,030	0,087
70,5	13428,4	262,91	1184,37	0,028	0,066
74,9	12831,5	266,93	1337,05	0,027	0,045
79,3	12234,7	269,49	1498,97	0,025	0,023
83,7	11637,9	270,58	1670,15	0,023	0,001

Таблица 2.5 – Значения характеристик сопротивления движению

V <sub>a</sub> , м/с	P <sub>f</sub> + P <sub>w</sub> , Н	N <sub>f</sub> +N <sub>w</sub> , кВт
0	4002,5	0,0
2	4025,2	8,1
4	4093,5	16,4
6	4207,4	25,2
8	4366,7	34,9
10	4571,6	45,7
12	4822,0	57,9
14	5118,0	71,7
16	5459,4	87,4
18	5846,4	105,2
20	6279,0	125,6
22	6757,0	148,7

Таблица 2.6 – Значения характеристик времени и пути разгона автомобиля

V <sub>a</sub> , м/с	t, с	S, м
0	0,00	0,00
1,2	0,46	0,53
1,6	1,02	1,43
1,7	3,03	3,92
2,3	3,65	5,36
2,4	5,77	9,61
3,4	6,55	12,24
3,5	8,90	19,49
4,8	9,96	24,60
5,3	12,75	37,91
7,3	14,42	50,04
7,6	17,96	75,85
10,6	20,71	105,02
11,1	25,81	160,22
15,4	31,47	247,37
15,9	41,32	402,47
22,0	84,38	1351,04
23,3	989,47	22394,48

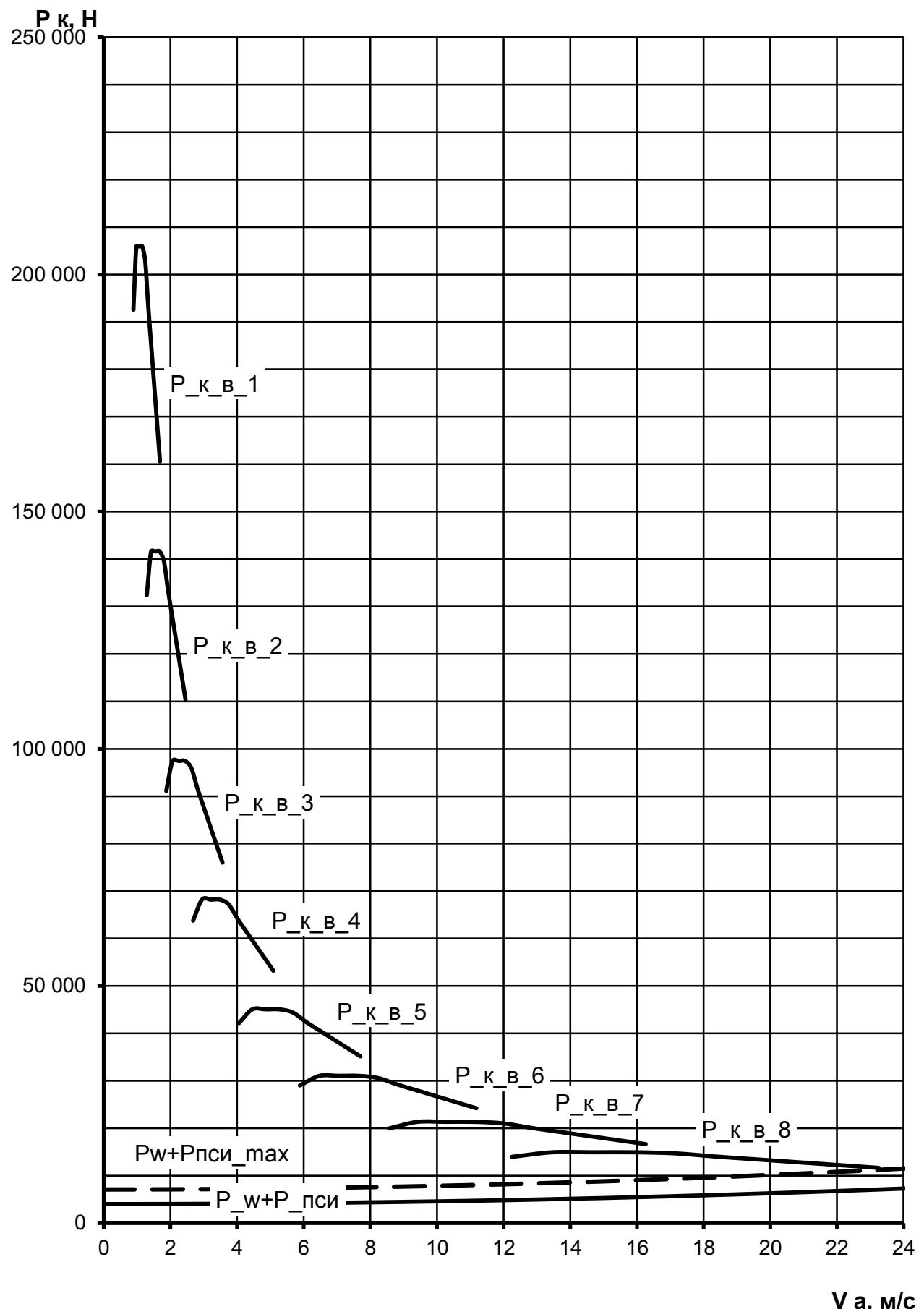


Рисунок 2.2 – Тягово-скоростная характеристика автомобиля

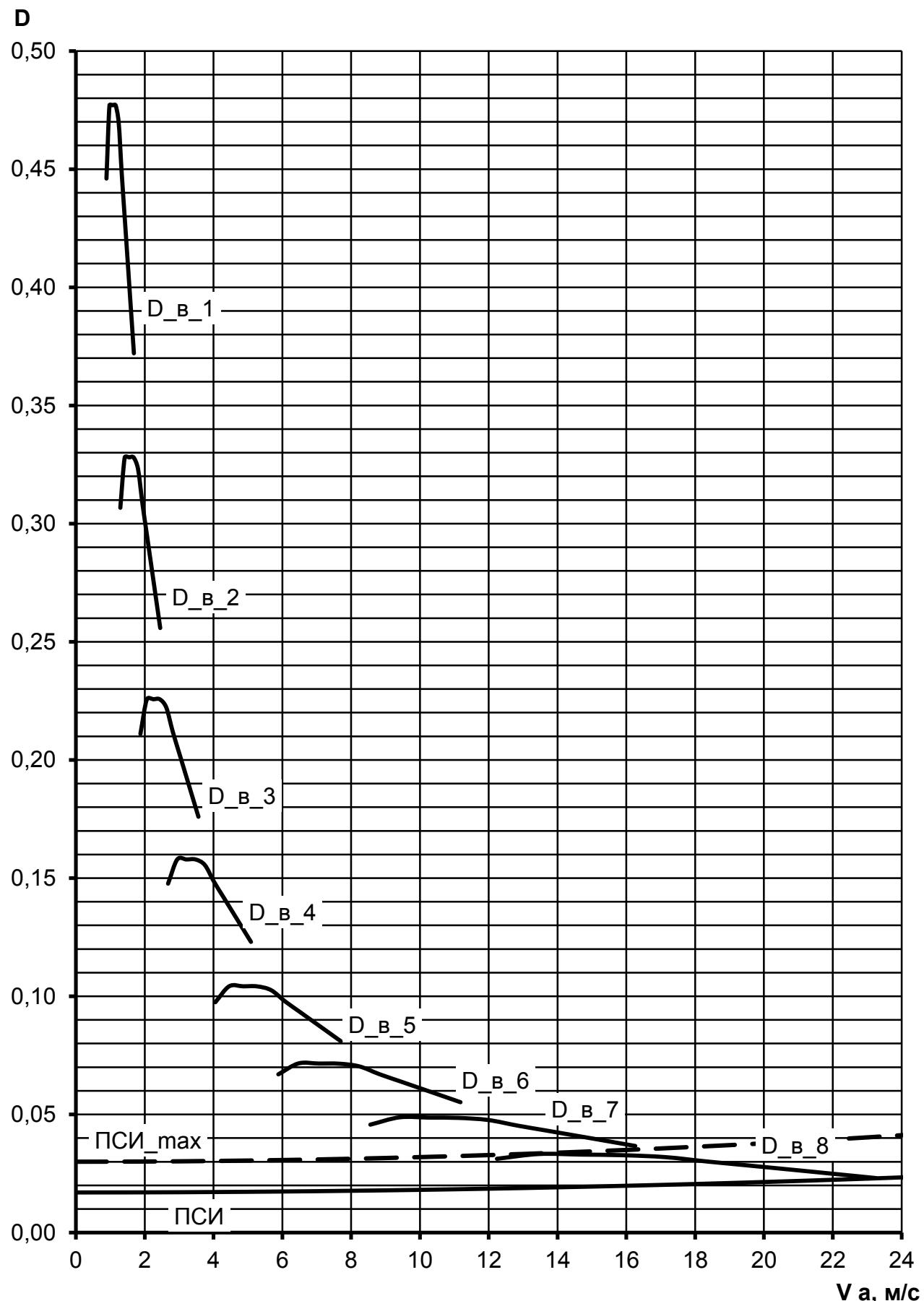


Рисунок 2.3 – Динамическая характеристика автомобиля

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист
				23.05.01.2018.294 ПЗ	44

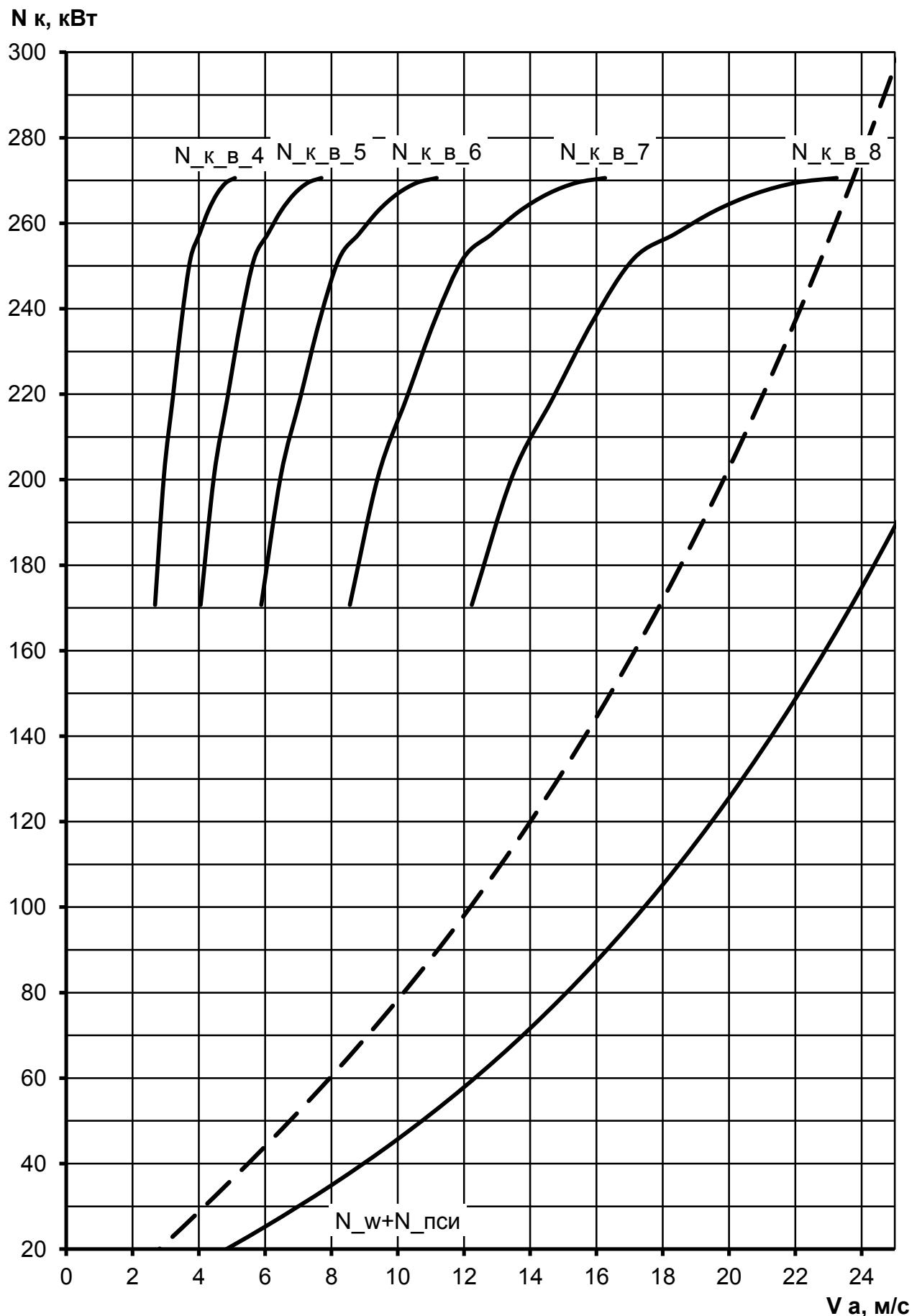


Рисунок 2.4 – Характеристика мощностного баланса автомобиля

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2018.294 ПЗ

Лист

45

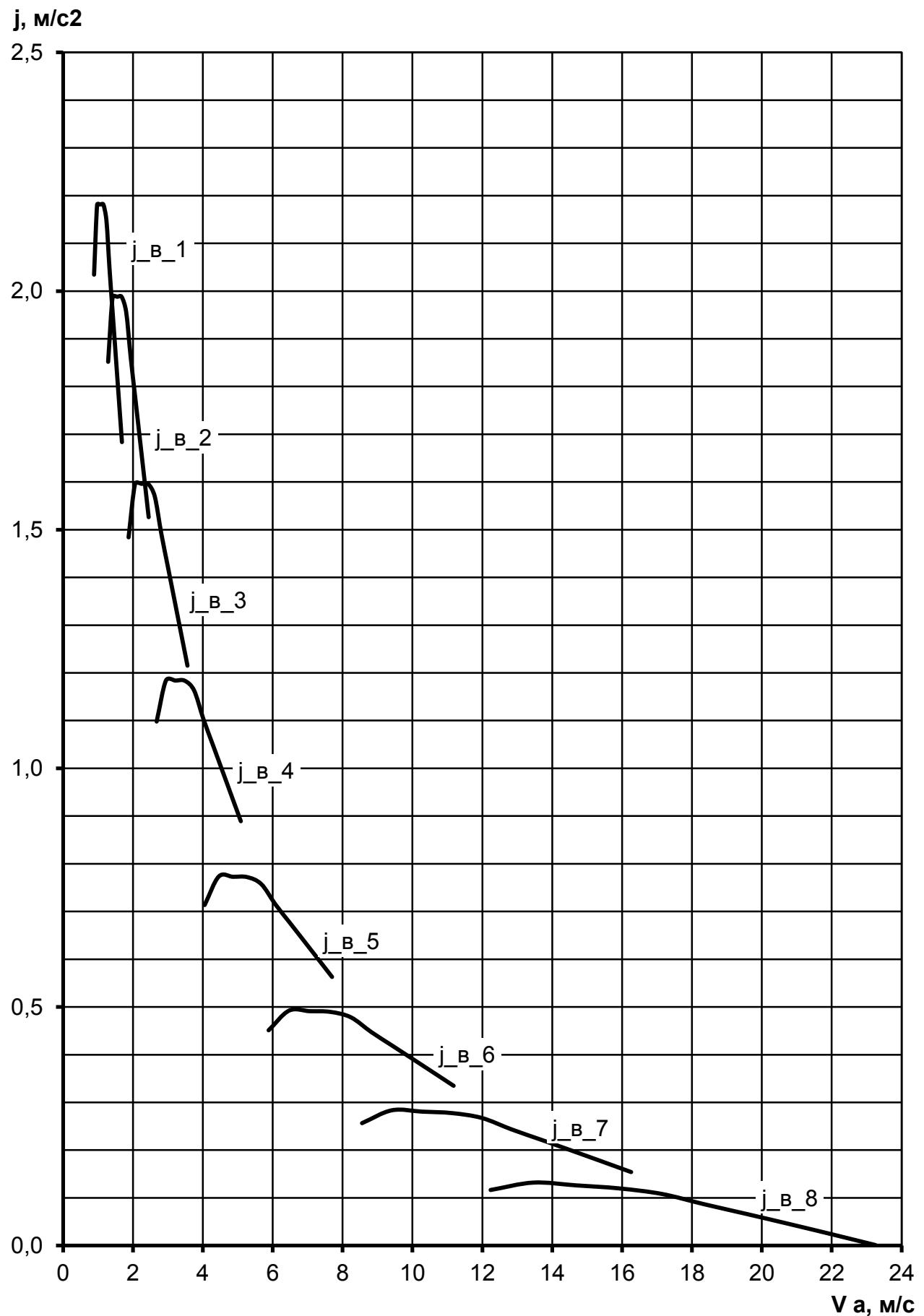


Рисунок 2.5 – Характеристика ускорения автомобиля

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист
					23.05.01.2018.294 ПЗ

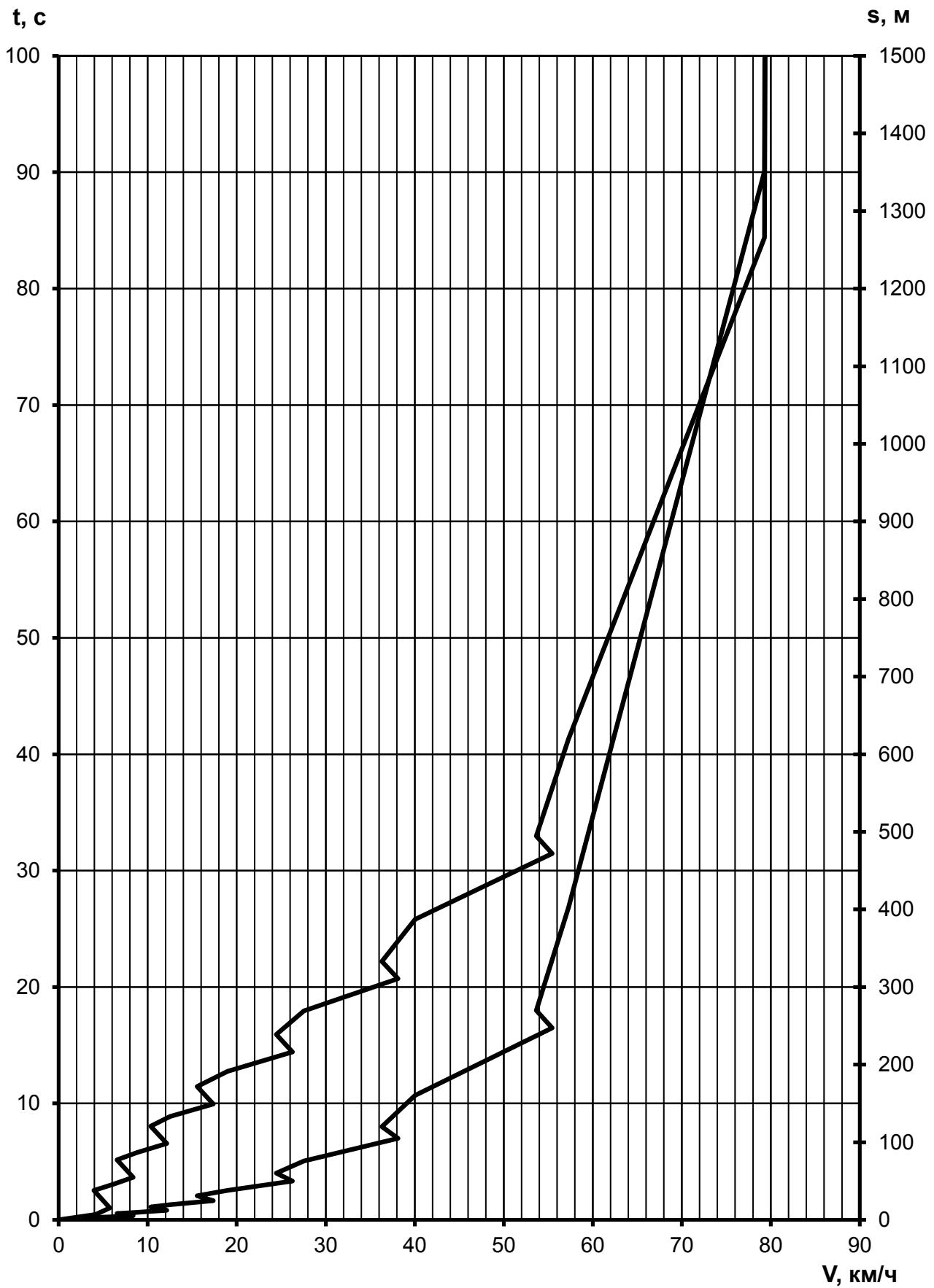


Рисунок 2.6 – Путь и время разгона автомобиля

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2018.294 ПЗ

Лист  
47

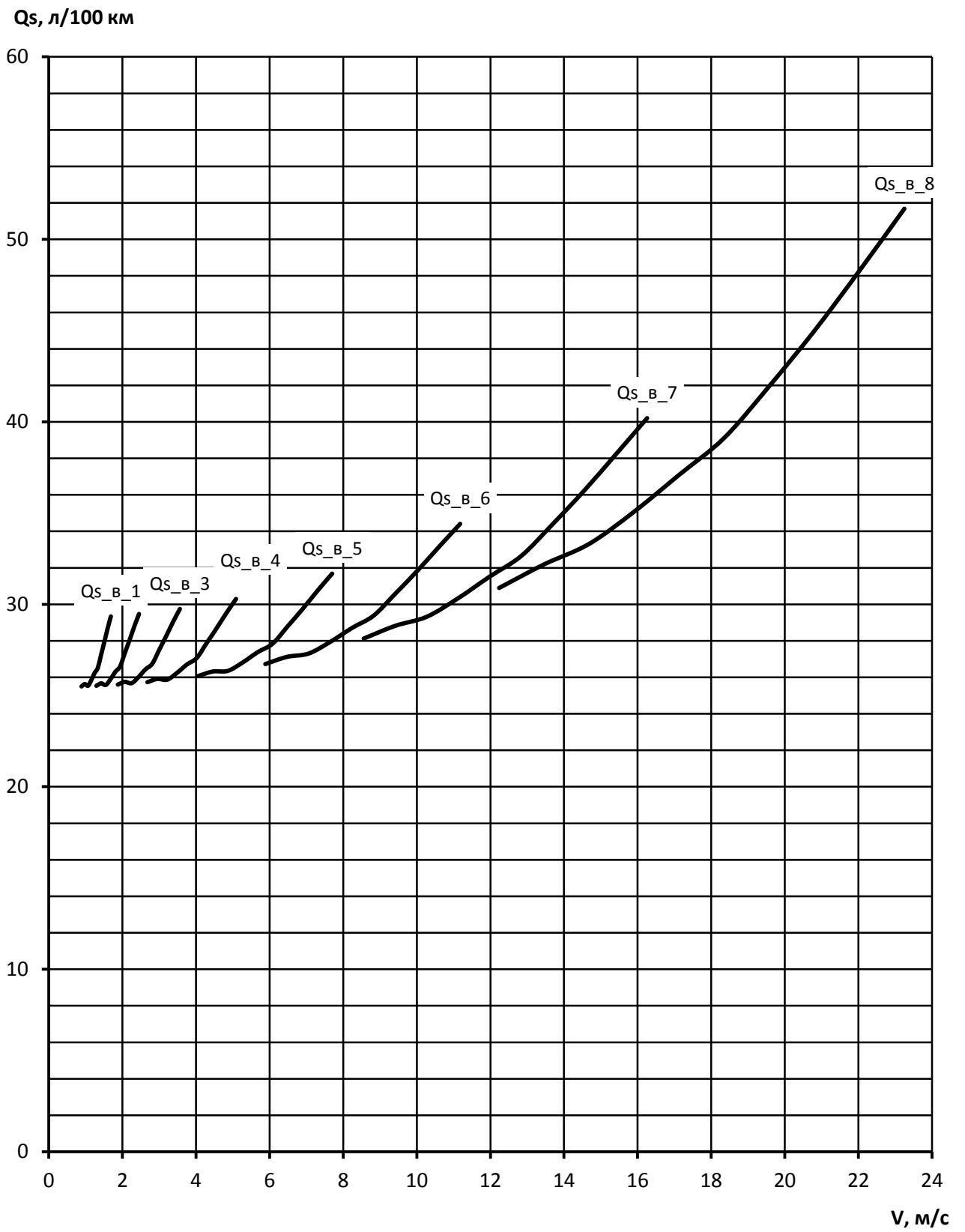


Рисунок 2.7 – Путевой расход топлива

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист
				23.05.01.2018.294 ПЗ	48

## 2.2 Конструирование подвески силового агрегата

### 2.2.1 Схема подвески силового агрегата

В состав силового агрегата входят двигатель ЯМЗ-653 с коробкой передач ZF 16S2220. Силовой агрегат имеет передние и задние основные опоры, а также дополнительную заднюю опору коробки передач. В качестве передних опор, были использованы опоры силового агрегата передние изд. 6501.1001027 производства ЯМЗ. Осевая жесткость в зоне линейных деформаций 312,5 Н/мм, в зоне нелинейных деформаций 1154 Н/мм (рис. 2.8). В качестве задних опор, были использованы опоры производства ПФ «АМТ». Осевая жесткость 945 Н/мм (линейная характеристика). Схема установки силового агрегата на подвеске приведена на рисунке 2.9.

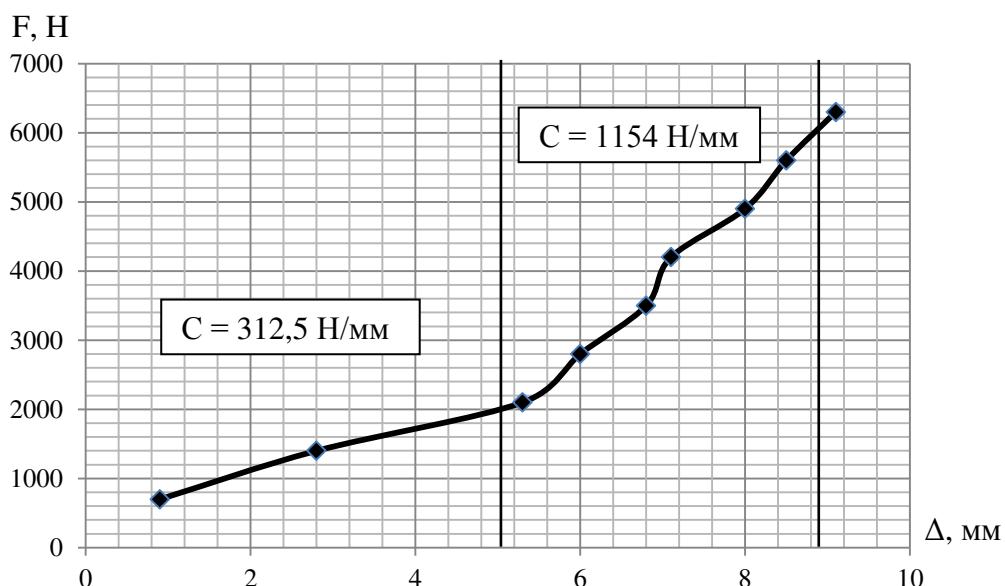


Рисунок 2.8 – Упругая характеристика передней опоры

При установке силового агрегата необходимо обеспечить заданный угол установки оси коленчатого вала 2 градуса относительно верхней полки лонжерона. Данный угол наклона силового агрегата необходим для установки карданной передачи трансмиссии в заданном допустимом диапазоне до 7 градусов.

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист	49
					23.05.01.2018.294 ПЗ	

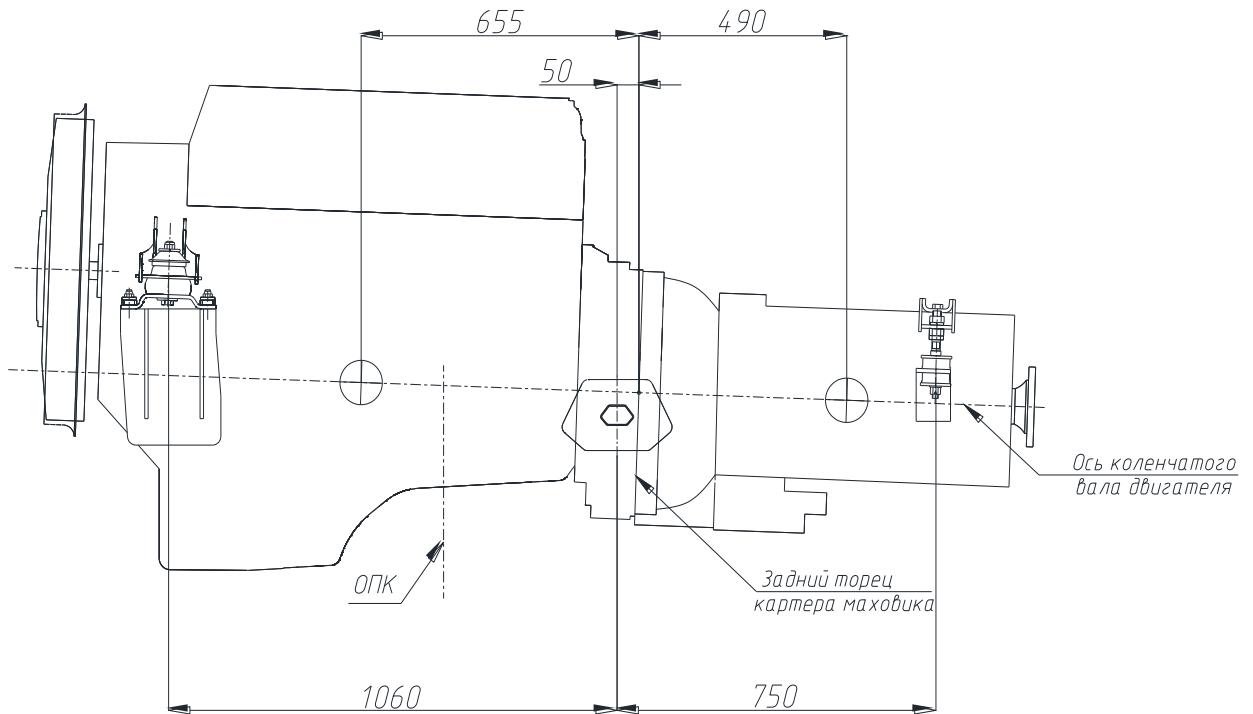


Рисунок 2.9 – Схема установки силового агрегата

Основной задачей при конструировании подвески силового агрегата является расчет реакций опор, а также изгибающего момента относительно поперечной оси, проходящей через пересечение плоскости заднего торца картера маховика (ЗТКМ) и оси коленчатого вала двигателя.

Для расчета реакций опор представим схему установки как двухопорную балку (рис. 2.10).

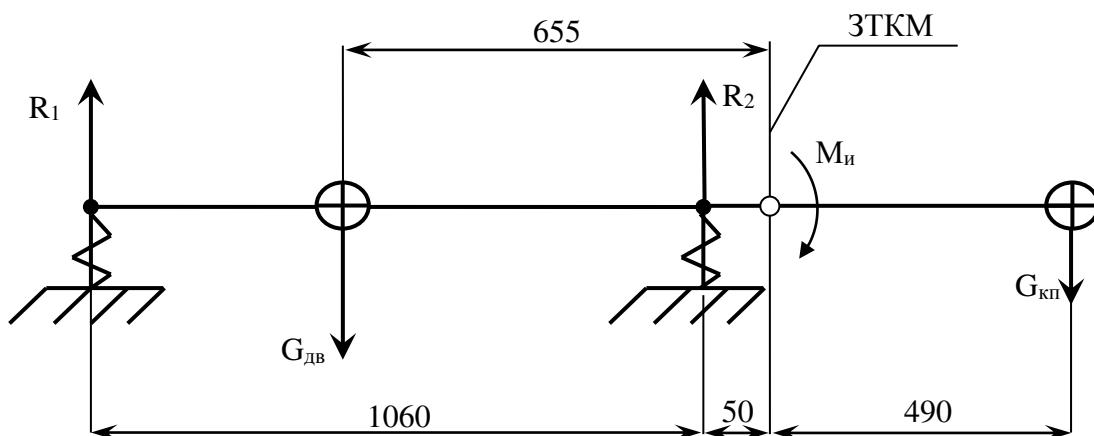


Рисунок 2.10 – Расчетная схема нагружения опор и ЗТКМ

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата

## 2.2.2 Расчет реакций и прогиба опор силового агрегата

Силовой агрегат подвержен действию сосредоточенных нагрузок: от веса двигателя  $G_{дв}$  и коробки передач  $G_{кпп}$  и от реакций в опорах силового агрегата (рис. 2.10). Расчет проводится для вертикальной статической перегрузки (1g). На основании статического расчета определяется статический прогиб подвески силового агрегата (без учета кратковременных ударных перегрузок) и отсутствие пробоя подвески.

В качестве исходных данных приняты: вес двигателя  $G_{дв} = 11280$  Н (1150 кгс); вес коробки передач  $G_{кпп} = 3920$  Н (400 кгс).

При расчете статической нагрузки реакция на задней опоре коробки передач не рассматривается, так как данная опора работает как поддерживающая при продольно-угловых колебаниях силового агрегата.

Для расчета реакций передней и задней опор двигателя составим систему уравнений статического равновесия:

$$\begin{aligned} R_1 + R_2 &= G_{дв} + G_{кпп}; \\ R_1 \cdot 1060 - G_{дв} \cdot 605 + G_{кпп} \cdot 580 &= 0, \end{aligned} \quad (2.44)$$

где  $R_1$  – реакция передних опор двигателя, Н;

$R_2$  – реакция задних опор двигателя, Н.

Отсюда  $R_1 = 4440$  Н,  $R_2 = 10760$  Н.

Статический прогиб подвески определяется по формуле:

$$\Delta_1 = R_1 / C_1; \Delta_2 = R_2 / C_2, \quad (2.45)$$

где  $C_1$  – жесткость передних опор двигателя, Н/мм;

$C_2$  – жесткость задних опор двигателя, Н/мм.

Отсюда  $\Delta_1 = 4440 / 2 \cdot 312,5 = 7$  мм;  $\Delta_2 = 10760 / 2 \cdot 945 = 6$  мм.

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист
					23.05.2018.294 ПЗ

С учетом нелинейности передней подвески (рис. 2.8) передние опоры также будут иметь статический прогиб  $\Delta_1 \approx 6$  мм.

Таким образом, передние и задние опоры имеют практически равный статический прогиб подвески. Это обеспечивает заданное положение угла наклона силового агрегата относительно верхней полки лонжерона.

### 2.2.3 Расчет изгибающего момента в плоскости ЗТКМ

Коробка передач силового агрегата является консольно закрепленной массой, которая вызывает изгибающий момент на стыке двигателя и коробки передач (плоскость ЗТКМ). При этом с одним и тем же двигателем могут применяться коробки передач разных производителей, разных габаритов и разных массово-инерционных показателей. Для обеспечения прочности резьбового соединения картера маховика производитель задает допустимую величину изгибающего момента в плоскости ЗТКМ. Если эта величина в результате статического расчета будет превышена, то при разработке конструкции подвески двигателя необходимо предусмотреть дополнительную заднюю опору коробки передач, которая выполняет функцию силового амортизатора (или компенсатора нагрузки) при продольно-угловых колебаниях силового агрегата.

Для двигателя ЯМЗ-536 допускаемая величина изгибающего момента в плоскости ЗТКМ составляет  $[M_i] = 700$  Н·м. Изгибающий момент в плоскости ЗТКМ определяется по формуле:

$$M_u = G_{kn} \cdot 490, \quad (2.46)$$

где  $M_i$  – расчетный изгибающий момент, Н·м.

Отсюда  $M_i = 3920 \cdot 0,490 = 1920$  Н·м. Расчетный изгибающий момент больше допустимого. Следовательно, применение дополнительной задней опоры коробки передач обосновано.

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист	52
					23.05.2018.294 ПЗ	

## 2.2.4 Расчет дополнительной опоры коробки передач

Для расчета изгибающего момента с дополнительной опорой расчетная схема силового агрегата дополняется реакцией дополнительной опоры. При этом рассматривается расчетный случай от действия максимальной инерционной вертикальной перегрузки  $3g$ . С учетом того, что статический случай нагружения составляет  $1g$ , то при инерционном случае нагружения в расчете учитывается только двукратная перегрузка  $2g$ . Расчетная схема нагружения силового агрегата представлена на рисунке 2.11.

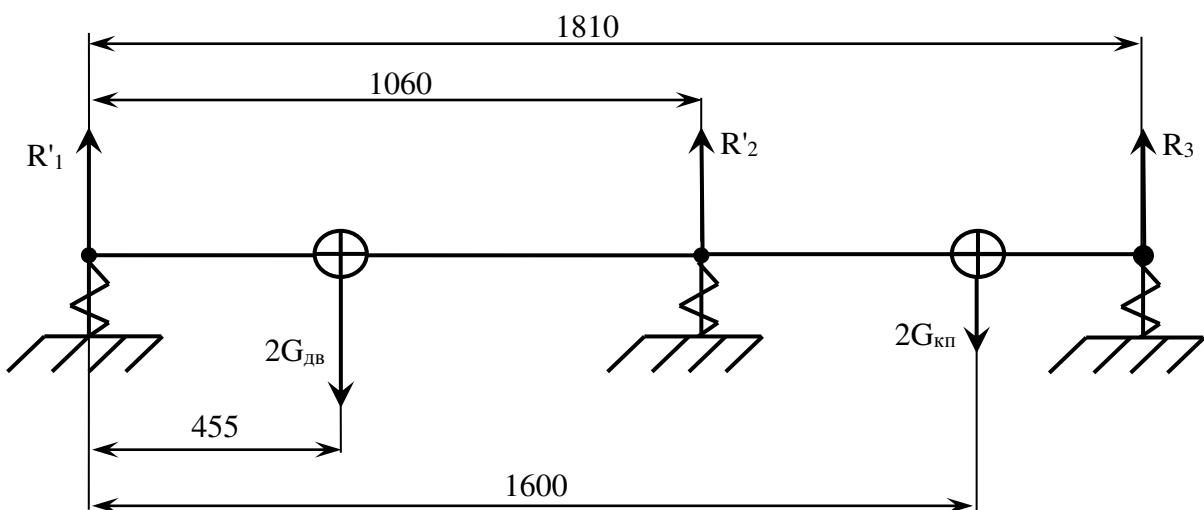


Рисунок 2.11 – Расчетная схема нагружения опор при максимальной перегрузке

Данная схема является статически неопределенной, так как балка становится трехопорной. Задача статической неопределенности решается через уравнение податливостей опор. При этом, в качестве исходных данных принимается инерционный вес двигателя и коробки передач, а также максимальные коэффициенты жесткости подвески:

$$2G_{\text{дв}} = 22560 \text{ Н} (2300 \text{ кгс}); 2G_{\text{kpp}} = 7850 \text{ Н} (800 \text{ кгс}).$$

$$C_1 = 2 \cdot 1154 = 2308 \text{ Н/мм}; C_2 = 2 \cdot 950 = 1900 \text{ Н/мм}; C_3 = 2 \cdot 2000 = 4000 \text{ Н/мм}.$$

Схема деформации опор представлена на рисунке 2.12.

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист
				23.05.2018.294 ПЗ	53

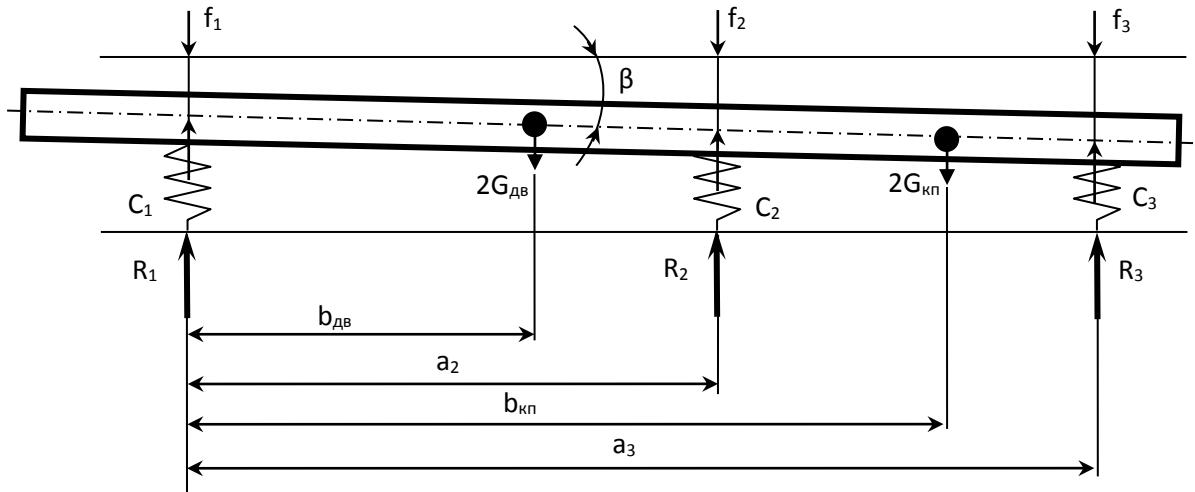


Рисунок 2.12 – Расчетная схема деформации опор

Для расчета реакций опор двигателя составим систему уравнений статического равновесия с учетом податливостей опор:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_1^n R_i = 2 \sum_1^n G_j; \\ \sum_1^n R_i \cdot a_i = 2 \sum_1^n G_j \cdot b_j, \end{array} \right. \quad (2.47)$$

где  $R_i$  – реакция  $i$ -й опоры, Н;

$a_i$  – расстояние между  $i$ -й и базовой опорой, м;

$b_j$  – расстояние между  $i$ -й опорой и центром тяжести  $j$ -й массы агрегата, м.

Поскольку силовой агрегат на опорах является статически неопределенной системой, то для раскрытия статической неопределенности необходимо использовать дополнительные уравнения: уравнение упругих сил подвески и уравнение связи между деформациями этих подвесок.

Уравнение упругих сил, учитывающие деформацию подвески и смещение начальной точки упругого элемента от базовой плоскости, имеет вид:

$$R_i = C_i \cdot f_i, \quad (2.48)$$

где  $C_i$  – приведенная жесткость  $i$ -й опоры, Н/м;

$f_i$  – деформация приведенной подвески под действием упругой силы, м.

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист
					23.05.2018.294 ПЗ

Приведенная жесткость подвески  $i$ -й опоры определяется с учетом правой и левой стороны опирания силового агрегата.

Уравнение связи между деформациями подвески имеет вид:

$$f_i = f_{\max} - \operatorname{tg}\beta \cdot a_i, \quad (2.49)$$

где  $\beta$  – угол продольного крена подпрессоренной массы, град.

Подставляя выражения (2.48) и (2.49) в исходную систему уравнений (2.47) получим:

$$\begin{cases} \sum_1^n C_i \cdot (f_{\max} - \operatorname{tg}\beta \cdot a_i) = 2 \sum_1^n G_j; \\ \sum_1^n C_i \cdot (f_{\max} - \operatorname{tg}\beta \cdot a_i) \cdot a_i = 2 \sum_1^n b_j \cdot G_j. \end{cases} \quad (2.50)$$

Далее, подставляя полученные значения  $\operatorname{tg}\beta$  и  $f_{\max}$  в выражение (2.50), определяем текущие деформации подвесок  $f_i$ , а также искомые реакции на каждой опоре  $R_i$ . Результаты расчета приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Результаты расчета реакций опор

Номер опоры	Деформация подвески, мм	Реакция в опоре, Н
1	6	12875
2	3	11908
3	1	5627

На основании полученных результатов расчета выполняется проверка изгибающего момента в плоскости ЗТКМ (п.2.2.3) с учетом компенсирующего момента от реакции дополнительной опоры коробки передач  $R_3$ . Расчет проводится по формуле:

$$M_u = 3G_{kn} \cdot 490 - R_3 \cdot 740. \quad (2.51)$$

Отсюда  $M_u = 11770 \cdot 0,490 - 5627 \cdot 0,740 = 1660 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист
				23.05.2018.294 ПЗ	55

При максимальной перегрузке 3g допускаемое значение изгибающего момента увеличивается в 3 раза:  $[M_{и max}] = 2100 \text{ Н/м}$ .

Отсюда расчетное значение изгибающего момента меньше допустимого. Коэффициент запаса  $n = 2100 / 1660 = 1,3$ .

## Выводы по разделу два

Приведенные конструктивные решения и расчеты показывают обоснованность выбранной кинематической схемы подвески двигателя. Разработанная конструкция подвески обеспечивает равный статический прогиб опор двигателя в статическом положении. Также расчет дополнительной опоры коробки передач показал, что обеспечивается допустимый изгибающий момент в плоскости ЗТКМ при максимальной перегрузке.

Проведенный тягово-динамический расчет автомобиля показывает эффективность его тягово-динамических характеристик в заданных дорожно-скоростных режимах.

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист	23.05.01.2018.294 ПЗ	56
------	------	----------	---------	------	------	----------------------	----

### **3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

Применение эффективной технологии предполагает оптимальные затраты труда, материалов, средств, времени при технологической подготовке производства, в процессе изготовления, эксплуатации и ремонта, включая подготовку изделия к функционированию, контроль его работоспособности, профилактическое обслуживание.

Единым критерием технологичности конструкции изделия является ее экономическая целесообразность при заданном качестве и принятых условиях производства. При таком подходе к оценке конструкции необходимо рассматривать весь комплекс требований к ней в целом, чтобы, например, незначительная экономия средств при изготовлении не приводила впоследствии к экономически невыгодному увеличению затрат на техническое обслуживание или ремонт.

Главными факторами, определяющими требования к технологичности, являются вид изделия, объем выпуска, тип производства.

Вид изделия определяет главные конструктивные и технологические признаки, обуславливающие основные требования к технологичности изделия.

Объем выпуска, и тип производства определяют степень технологического оснащения, механизации и автоматизации технологических процессов и специализацию всего производства.

Трудоемкость обработки деталей на металлорежущих станках составляет 35–55% общей трудоемкости изготовления машиностроительных изделий.

Технологичность конструкции детали, обрабатываемой резанием, зависит от рационального выбора заготовки, в том числе ее материала, технологичности формы детали, правильных назначения базовых поверхностей и простановки размеров, оптимально заданных точности и шероховатости поверхности.

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист	57
					23.05.01.2018.294 ПЗ	

### **3.1 Технологический процесс изготовления детали**

Рассмотрим технологический процесс изготовления болта крепления дополнительной опоры коробки передач, и рассчитаем режимы резания для четырех операций. Материал оси сталь 40Х ГОСТ 4543-71. Заготовка – прокат пруток Ø40 мм.

Технологический процесс изготовления данной детали состоит из следующих операций.

005 токарная (рис.3.1).

Оборудование: токарно-револьверный станок мод. 1А341Ц.

Точить цилиндрическую поверхность, выдерживая размеры: Ø37<sub>-0,2</sub> мм; на длине 190<sup>+1</sup> мм.

010 токарная с переходом (рис.3.2).

Оборудование: токарно-револьверный станок мод. 1А341Ц.

Точить цилиндрическую поверхность с двух сторон, выдерживая размеры: Ø26<sub>-0,16</sub> мм; на длине 22 мм.

015 сверлильная с переходом (рис.3.3).

Оборудование: токарно-револьверный станок мод. 1А341Ц.

Сверлить два отверстия на торцах Ø6,9<sup>+0,05</sup> мм. Глубина 8 мм.

020 резьбонарезная с переходом (рис.3.4).

Оборудование: токарно-револьверный станок мод. 1А341Ц.

Нарезать резьбу на двух отверстиях по торцам M8x0,5-6е. Глубина 8 мм.

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2018.294 ПЗ	Лист 58
------	------	----------	---------	------	----------------------	------------

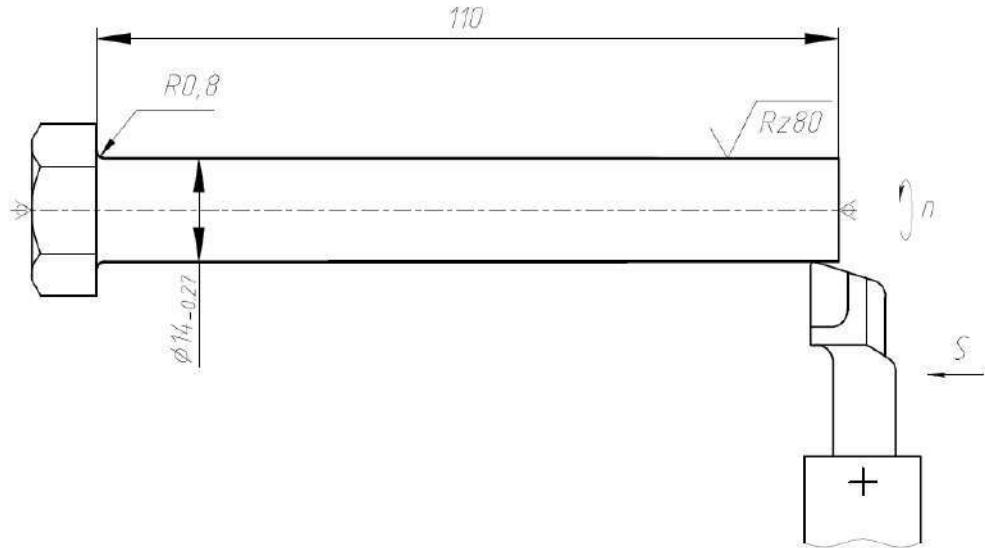


Рисунок 3.1 – Эскиз операции 005 токарная

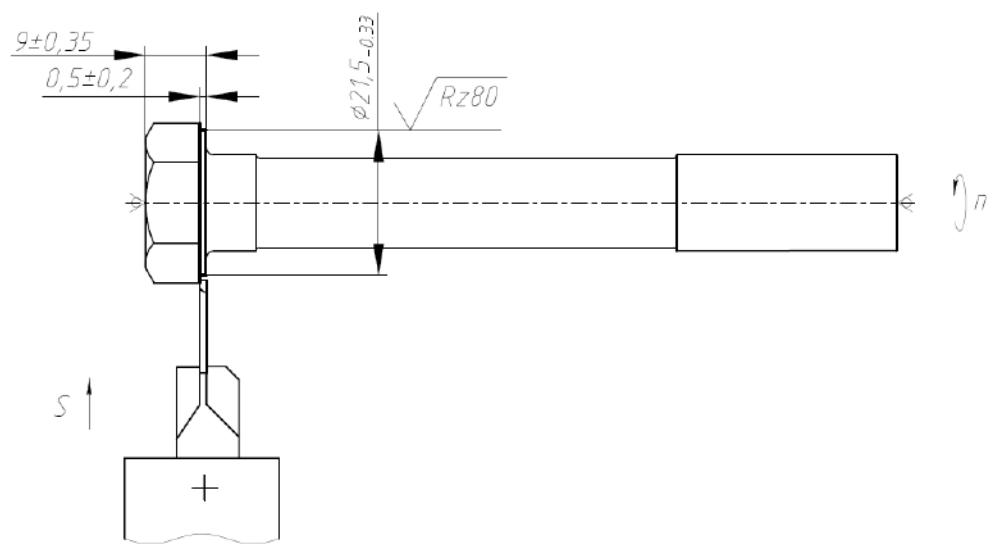


Рисунок 3.2 – Эскиз операции 010 токарная

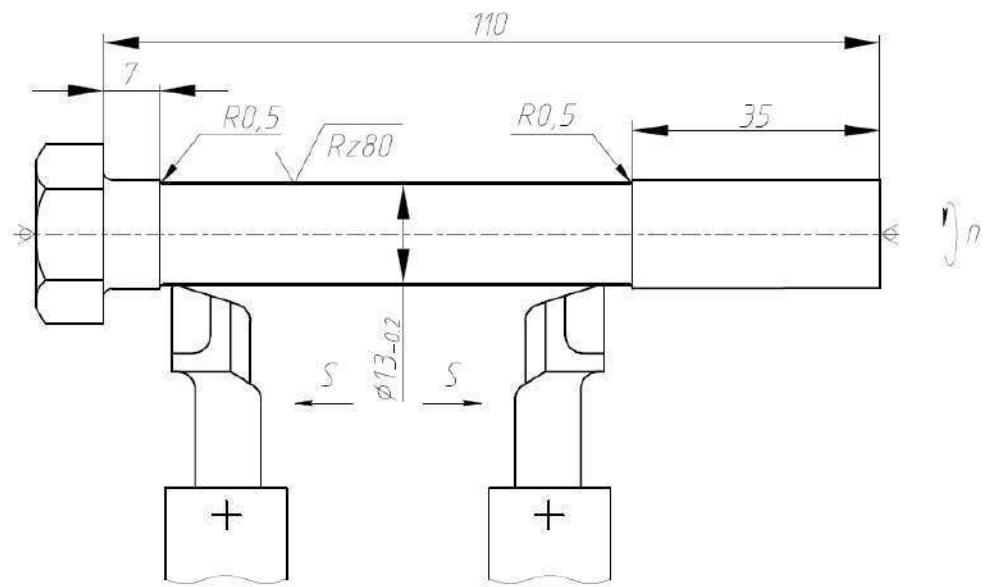


Рисунок 3.3 – Эскиз операции 015 токарная с переходом

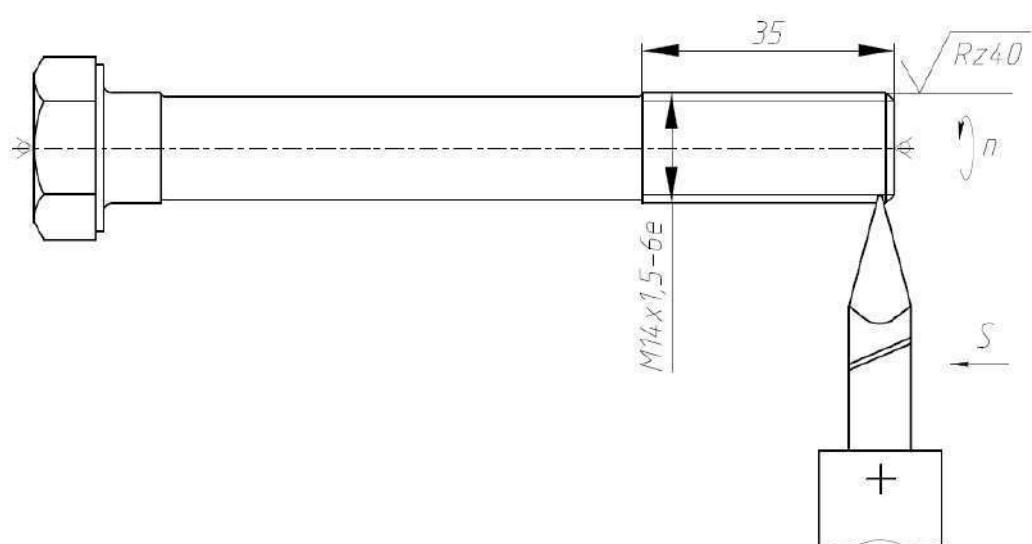


Рисунок 3.4 – Эскиз операции 020 резьбонарезная

### 3.2 Расчет режимов операции 005 токарная

Исходные данные: резец проходной прямой ГОСТ 18878 – 73 с пластинами из твердого сплава Т15К6. Глубина резания  $t = 0,5$  мм, подача  $S = 0,4$  мм/об.

Скорость резания расчетная определяется по формуле:

$$V_p = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \cdot K_v, \quad (3.1)$$

где  $C_v$  – постоянная резания для данной операции ( $C_v = 290$ );

$T$  – среднее значение стойкости инструмента, мин ( $T = 60$  мин);

$m$ ,  $x_v$  и  $y_v$  – показатели степени ( $m = 0,20$ ;  $x_v = 0,15$ ;  $y_v = 0,35$ );

$K_v$  – общий поправочный коэффициент.

Общий поправочный коэффициент определяется по формуле:

$$K_V = K_{m_v} \cdot K_{n_v} \cdot K_{u_v}, \quad (3.2)$$

где  $K_{m_v}$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{n_v}$  – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки ( $K_{n_v} = 0,9$ );

$K_{u_v}$  – коэффициент, учитывающий материал инструмента ( $K_{u_v} = 1$ ).

Коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала определяется по формуле:

$$K_{m_v} = C_M \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^{n_v}, \quad (3.3)$$

где  $C_M$  – коэффициент, учитывающий группу стали ( $C_M = 1$ );

$\sigma_e$  – предел прочности материала детали, Н/мм<sup>2</sup> ( $\sigma_e = 370$  Н/мм<sup>2</sup>);

$n_v$  – показатель степени ( $n_v = 1$ ).

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2018.294 ПЗ

Лист

61

$$K_{m_V} = 1 \cdot \left( \frac{370}{750} \right)^1 = 0,49; K_V = 0,49 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,44.$$

$$V_p = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 0,44 = 85,6 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения расчетная определяется по формуле:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D_e}, \quad (3.4)$$

где  $D_e$  – диаметр вала до обработки, мм.

$$n_p = \frac{1000 \cdot 85,6}{3,14 \cdot 14} = 1947 \text{ об/мин.}$$

Уточним частоту вращения шпинделя по паспорту станка:  $n_\phi = 2000$  об/мин.

Уточним фактическую скорость резания по формуле:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D_e \cdot n_\phi}{1000}, \quad (3.5)$$

где  $n_\phi$  – фактическая частота вращения шпинделя, об/мин.

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 14 \cdot 2000}{1000} = 87,9 \text{ м/мин.}$$

Основное технологическое время определяется по формуле:

$$T_O = \frac{l_{P.X.} \cdot i}{n_\phi \cdot S}, \quad (3.6)$$

где  $T_O$  – основное технологическое время, мин;

$l_{P.X.}$  – длина рабочего хода, мм;

$S$  – подача за оборот, мм/об;

$i$  – число проходов, шт.

Длина рабочего хода определяется по формуле:

$$l_{P.X.} = l_{pes} + l_{ep} + l_n, \quad (3.7)$$

						Lист
Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2018.294 ПЗ	62

где  $l_{рез}$  – длина резания, мм ( $l_{рез} = 110$  мм);

$l_{вр}$  – длина врезания, мм ( $l_{вр} = 2\dots4$  мм);

$l_n$  – длина перебега, мм ( $l_n = 0\dots2$  мм).

$$l_{P.X.} = 110 + 2 + 0 = 112 \text{ мм}; T_O = \frac{112 \cdot 1}{2000 \cdot 0,4} = 0,14 \text{ мин.}$$

### 3.3 Расчет режимов операции 010 токарная с переходом

Исходные данные: резец фасонный прямой ГОСТ 18878 – 73 с пластинами из твердого сплава Т15К6. Глубина резания  $t = 0,5$  мм, подача  $S = 0,4$  мм/об.

Скорость резания расчетная определяется по формуле (3.1):

$$V_p = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 0,44 = 85,6 \text{ м / мин.}$$

Частота вращения расчетная определяется по формуле (3.4):

$$n_p = \frac{1000 \cdot 85,6}{3,14 \cdot 13} = 2097 \text{ об / мин.}$$

Уточним частоту вращения шпинделя по паспорту станка:  $n_\phi = 2100$  об/мин.

Уточним фактическую скорость резания по формуле (3.5):

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 13 \cdot 2100}{1000} = 85,7 \text{ м / мин.}$$

Основное технологическое время определяется по формуле (3.6).

$$\text{Отсюда } l_{P.X.} = 68 + 0 + 0 = 68 \text{ мм}; T_O = \frac{68 \cdot 1}{2100 \cdot 0,4} = 0,08 \text{ мин.}$$

Принимаем время перехода  $T_\pi = 0,4$  мин. Тогда суммарное время на операцию составит:  $T_o = 0,08 + 0,4 = 0,48$  мин.

						23.05.2018.294 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата			
							63

### 3.4 Расчет режимов резания операции 015 токарная с переходом

Исходные данные: резец фасонный прямой ГОСТ 18878 – 73 с пластинами из твердого сплава Т15К6. Глубина резания  $t = 1,4$  мм, подача  $S = 0,2$  мм/об.

Скорость резания расчетная определяется по формуле (3.1):

$$V_p = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 1,4^{0,15} \cdot 0,2^{0,35}} \cdot 0,44 = 8,2 \text{ м / мин.}$$

Частота вращения расчетная определяется по формуле (3.4):

$$n_p = \frac{1000 \cdot 8,2}{3,14 \cdot 21,5} = 121,3 \text{ об / мин.}$$

Уточним частоту вращения шпинделя по паспорту станка:  $n_\phi = 150$  об/мин.

Уточним фактическую скорость резания по формуле (3.5):

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 21,5 \cdot 150}{1000} = 10,1 \text{ м / мин.}$$

Основное технологическое время определяется по формуле (3.6).

$$\text{Отсюда } l_{P.X.} = 1,4 + 1 + 0 = 2,4 \text{ мм; } T_O = \frac{2,4 \cdot 1}{150 \cdot 0,2} = 0,08 \text{ мин.}$$

### 3.4 Расчет режимов резания операции 020 резьбонарезная с переходом

Исходные данные: резец фасонный прямой ГОСТ 18878 – 73 с пластинами из твердого сплава Т15К6. Глубина резания  $t = 1,4$  мм,  $S = 1,5$  мм/об.

Скорость резания расчетная определяется по формуле:

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^m \cdot S^{y_v}} \cdot K_v, \quad (3.8)$$

где  $C_v$  – коэффициент ( $C_v = 64,8$ );

$T$  – среднее значение стойкости инструмента, мин ( $T = 90$  мин);

$m$ ,  $y_v$  и  $q_v$  – показатели степени ( $m = 0,9$ ;  $y_v = 0,5$ ;  $q_v = 1,2$ );

$K_v$  – общий поправочный коэффициент.

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист	23.05.01.2018.294 ПЗ	64
------	------	----------	---------	------	------	----------------------	----

Общий поправочный коэффициент определяется по формуле:

$$K_V = K_{m_V} \cdot K_{u_V} \cdot K_{t_V}, \quad (3.9)$$

где  $K_{t_V}$  – коэффициент, учитывающий точность резьбы ( $K_{t_V} = 1$ );

$$K_{m_V} = 0,7; K_{u_V} = 1; K_V = 0,7.$$

$$V_p = \frac{64,8 \cdot 14^{1,2}}{90^{0,9} \cdot 1,5^{0,5}} \cdot 0,7 = 15,6 \text{ м / мин.}$$

Частоту вращения определим по формуле 3.4, где  $D_6 = D_M = 14$  мм:

$$n_p = \frac{1000 \cdot 15,6}{3,14 \cdot 14} = 354,9 \text{ об / мин.}$$

Уточним частоту вращения по паспорту станка:  $n_\phi = 400$  об/мин.

Уточним скорость резания по формуле 3.5:

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 14 \cdot 400}{1000} = 17,6 \text{ м / мин.}$$

Основное технологическое время определяется по формуле 3.6:

$$l_{P.X.} = 35 + 2 + 1 = 38 \text{ мм}; T_O = \frac{38 \cdot 1}{400 \cdot 1,5} = 0,06 \text{ мин.}$$

### Выводы по разделу три

На основании проведенных расчетов технологических операций определены основные режимы механической обработки детали.

						23.05.01.2018.294 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата			65

## **4 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

В экономической части произведен расчет экономической эффективности установки двигателя ЯМЗ-653 на седельный тягач Урал-Next с колесной формулой 6х4.

### **4.1 Определение потребности в основных материалах, численности рабочих по проекту, расчет заработной платы. Расчет себестоимости единицы и общих затрат проектируемой модели по проекту**

Себестоимость продукции (работ, услуг) – это стоимостная оценка затрат на производство и реализацию продукции (работ, услуг).

На основании полной себестоимости, нормы прибыли и НДС устанавливается цена реализации.

Себестоимость проектируемого автомобиля.

Цена базового автомобиля Урал-Next по договору поставки 2 800 000 руб.

Себестоимость исключаемых агрегатов и деталей представлена в таблице 4.1.

Перечень вновь вводимых агрегатов и деталей, включая стоимость базового автомобиля, представлен в таблице 4.2.

Таким образом, материальные затраты на единицу продукции составляют 3 200 968 руб. без НДС.

Производственный процесс обслуживается бригадой из 4 человек (табл. 4.3).

Затраты на оплату труда рассчитаны исходя из положения о составе затрат предприятия (таблица 4.4, 4.5).

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист	66
					23.05.2018.294 ПЗ	

Таблица 4.1 – Себестоимость исключаемых агрегатов и деталей

Наименование агрегата	Кол-во, шт.	Стоимость 1 шт., руб.
Двигатель ЯМЗ-536	1	706380
Кронштейн передний (комплект)	2	570
Кронштейн задний (комплект)	2	350

Таблица 4.2 – Основные материалы

Наименование агрегата	Кол-во, шт.	Стоимость за 1 шт., руб.	Сумма, руб.	в т.ч. НДС, руб.	Стоимость без НДС, руб.
Двигатель ЯМЗ-653	1	1 098 900	1 098 900	197 802	901 098
Кронштейн передний (комплект)	2	1 990	3 980	716	3 264
Кронштейн задний (комплект)	2	370	740	133	607
Урал-Next	1	2 800 000	2 800 000	504 000	2 296 000
Итого:			3 903 620	702 652	3 200 968

Таблица 4.3 – Рабочие, непосредственно занятые производством продукции

Наименование	Разряд	Кол-во, чел.	Часовая тарифная ставка, руб./час
Слесарь-сборщик	4	3	140
Сварщик	5	1	180

Таблица 4.4 – Расчет заработной платы производственных рабочих

Показатель	Ед. изм.	Сварщик	Слесарь-сборщик
1	2	3	4

Продолжение таблицы 4.4

1	2	3	4
1 Тариф на заработную плату	Руб. за час	180	140
2 Отработанное время	н/ч.(трудоемкость)	160	160
3 Заработка плата	Руб.	28 800	22 400
4 Премия 10%	Руб.	2 880	2 240
6 Район. надбавка 15%	Руб.	4 752	3 696
7 Основная заработка плата	Руб.	36 432	28 336
8 Отчисления ФСС 30% \	Руб.	10 930	8 501
9 Заработка плата без ФСС	Руб.	25 502	19 835

Таблица 4.5 – Численность производственных рабочих, заработка плата и отчисления ФСС по проекту

Наименование показателей	Ед. измерен.	1 год	2 год	3 год
1 Численность работающих по проекту, всего				
в том числе:	чел.	4	4	4
1.1 Производственные рабочие, непосредственно занятые производством продукции	чел.	4	4	4
2 Затраты на оплату труда производственных рабочих:	руб.	1 651 584	1 651 584	1 651 584
2.1 заработка плата	руб.	1 156 109	1 156 109	1 156 109
2.2 отчисления ФСС (30%)	руб.	495 475	495 475	495 475

На основании рассчитанных норм расхода материалов в таблице 4.5 представлена калькуляция на автомобиль.

Материальные затраты – это затраты на основные материалы (табл. 4.1).

Общепроизводственные расходы – это затраты на содержание, организацию и управление производствами (основным, вспомогательным, обслуживающим) (5% от заработной платы производственных рабочих). К ним относятся:

- стоимость материалов, запчастей, использованных для обслуживания и ремонта производственного оборудования;
- затраты на оплату труда сотрудников, занятых обслуживанием производства (мастеров, начальников цехов, технологов, рабочих, осуществляющих техническое обслуживание и ремонт технологического оборудования), с отчислениями на социальные нужды;
- амортизационные отчисления и затраты на ремонт основных средств и иного имущества, используемого в производстве;
- расходы на демонтаж оборудования, затраты на материалы, детали, покупные полуфабрикаты, используемые при наладке оборудования;
- расходы, связанные с эксплуатацией основных средств, непосредственно задействованных в производстве;
- амортизационные отчисления по нематериальным активам, используемым в производстве;
- стоимость недостач и потерь от простоев, порчи ценностей в производстве и на складах и т. п.

Общехозяйственные расходы - расходы, непосредственно не связанные с производственным процессом (20% от заработной платы производственных рабочих). К ним относятся:

- административно-управленческие расходы;
- содержание общехозяйственного персонала;
- амортизационные отчисления и расходы на ремонт основных средств управленческого и общехозяйственного назначения;

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист	69
					23.05.01.2018.294 ПЗ	

- арендная плата за помещения общехозяйственного назначения;
- расходы по оплате информационных, аудиторских, консультационных и т.п. услуг;
- другие аналогичные по назначению управленические расходы.

Затраты на оплату труда – это заработка плата рабочих (табл. 4.3).

Отчисления ФСС – это обязательные страховые взносы в Фонды социального страхования, составляют 30% от заработной платы (табл. 4.3).

Коммерческие расходы – это затраты, связанные с продажей продукции, товаров, работ, услуг (1% от производственной себестоимости).

К коммерческим расходам относятся издержки:

- на затаривание и упаковку;
- по доставке, погрузке и т.п.;
- на комиссионные сборы (отчисления), уплачиваемые посредническим организациям;
- по аренде и содержанию помещений для хранения и продажи продукции (товаров);
- на хранение товаров;
- по оплате труда продавцов;
- на рекламу;
- на представительские расходы;
- на иные аналогичные по назначению расходы.

Норма прибыли может определяться исходя из различных критериев, например, по относительному показателю – рентабельности продукции, либо исходя из соотношения спроса и предложения. Для упрощения расчетов норма прибыли установлена в размере 15% от полной себестоимости.

Общие затраты на производство и сбыт продукции за 3 года составят 40 814 077 рублей.

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист
					23.05.01.2018.294 ПЗ 70

Таблица 4.6 – Калькуляция на автомобиль

Статья	Сумма (руб.)
1 Сырье и материалы	3 200 968
2 Расходы на оплату труда	137 632
3 Отчисления ФСС	41 290
4 Общепроизводственные расходы	6 882
5 Общехозяйственные расходы	11 011
6 Производственная себестоимость	3 390 901
7 Коммерческие расходы	3 391
8 Полная себестоимость	3 383 281
9 Прибыль 30% от полной себестоимости	507 492
10 Цена	3 890 773
11 Налог на добавленную стоимость НДС	700 339
12 Цена реализации	4 591 112

Таблица 4.7 – Общие затраты на производство и сбыт продукции

Наименование показателей	1 год	2 год	3 год
1 Материальные затраты	38 411 621	38 411 621	38 411 621
3 Общехозяйственные затраты	82 579	82 579	82 579
4 Общепроизводственные затраты	132 127	132 127	132 127
5 Затраты на оплату труда	1 651 584	1 651 584	1 651 584
6 Отчисления ФСС	495 475	495 475	495 475
7 Коммерческие затраты	40 691	40 691	40 691
8 Всего затрат	40 814 077	40 814 077	40 814 077

Планируемый объем составляет 12 машин в год. В основе плана объема производства и реализации – портфель заказов исследуемого предприятия.

Суммарные затраты на весь объем выпуска представляют собой все статьи затрат, представленные в калькуляции на единицу продукции, умноженные на плановый объем производства в натуральном выражении.

## **4.2 Капитальные вложения**

Капитальные вложения – инвестиции в основной капитал (основные средства), в том числе затраты на новое строительство, реконструкцию и техническое перевооружение действующих предприятий, приобретение машин, оборудования, инструмента, инвентаря, проектно-изыскательские работы и другие затраты.

Производственный процесс осуществляется на действующих производственных мощностях. Также необходимо дополнительно приобрести необходимое оборудование.

Оборудование, которое необходимо докупить представлено в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Оборудование

Наименование	Кол-во	Цена с НДС, руб.
Основные средства (оборудование)	1	80 000
Итого:		80 000

Стоимость расходов по доставке и монтажу оборудования составляют 5% от стоимости оборудования.

Итого капитальные вложения составят 84 000 руб.

Таблица 4.9 – Капитальные вложения

Наименование показателей	Всего по проектно-сметной документации, тыс. руб.	Выполнено на момент начала работ, тыс. руб.	Подлежит выполнению до конца проекта, тыс. руб.
Капитальные вложения по утвержденному проекту, всего	84 000	0	84 000
в том числе:			
СМР, доставка	4 000	0	4 000
оборудование	80 000	0	80 000
прочие затраты	0	0	0

По приобретаемому оборудованию начисляется амортизация линейным способом.

Амортизация – это перенесение по частям стоимости основных средств и нематериальных активов по мере их физического или морального износа на стоимость производимой продукции (работ, услуг).

Активы, в отношении которых начисляется амортизация должны обладать стоимостью в пределах лимита, установленного в учетной политике организации, но не более 40 000 рублей за единицу.

Годовая сумма амортизационных отчислений определяется:

– при линейном способе - исходя из первоначальной стоимости или (текущей (восстановительной) стоимости (в случае проведения переоценки) объекта основных средств и нормы амортизации, исчисленной исходя из срока полезного использования этого объекта.

В течение отчетного года амортизационные отчисления по объектам основных средств начисляются ежемесячно независимо от применяемого способа начисления в размере 1/12 годовой суммы (амортизационные отчисления = Стоимость оборудования / Срок полезного использования по данной группе оборудования 15 лет).

Результаты расчетов сводятся в таблицу 4.10.

Таблица 4.10 – Амортизационные отчисления

Наименование показателей	Аморт. отчисл.	1 год	2 год	3 год
1 Основные фонды (оборудование), всего	0	80 000	0	0
в том числе:				
1.1 здания и сооружения	0	0	0	0
1.2 оборудование	16 000	5 333	5 333	5 333
1.3 начисленная амортизация	16 000	5 333	5 333	5 333
2 Остаточная стоимость основных фондов по проекту	64 000			

### **4.3 Планирование программы производства и реализации продукции**

Выручка от реализации продукции, производимой и реализуемой по договорам, определяется путем умножения планово-расчетной цена реализации единицы каждого вида продукции на объем продаж каждого вида продукции в натуральном выражении.

Программа производства и реализации продукции представлена в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Программа производства и реализации продукции

Наименование показателей	Ед. измер ен.	1 год	2 год	3 год
1 Объем производства в натуральном выражении	шт.	12	12	12
3 Объем реализации в натуральном выражении	шт.	12	12	12
3 Цена реализации за единицу продукции	руб.	4 591 112	4 591 112	4 591 112
4 Выручка от реализации продукции	руб.	55 093 346	55 093 346	55 093 346
4.1 в том числе НДС	руб.	9 916 802	9 916 802	9 916 802
4.2 Выручка без НДС	руб.	45 176 544	45 176 544	45 176 544

### **4.4 Определение потребности в инвестициях, выбор источника финансирования**

Инвестиционные затраты включают в себя вложения в основные материалы с учетом запаса на 1 квартал и капитальные затраты на приобретение оборудования.

Таблица 4.12 – Инвестиции

Статьи затрат	Всего по проекту	1 год
1 Капитальные вложения	84 000	84 000
2 Приобретение основных материалов	3 200 968	3 200 968
3 Итого – объем инвестиций	3 284 968	3 284 968

Источники финансирования проекта – собственные денежные средства, сформированные от амортизации основного капитала, отчислений из прибыли на инвестиционные нужды, денежные средства (расчетный счет).

#### 4.6 Планирование финансовых результатов по проекту

Финансовые результаты – это совместный результат от производственной и коммерческой деятельности предприятия в виде выручки от реализации, а также конечный результат финансовой деятельности в виде прибыли от продаж, прибыли до налогообложения и чистой прибыли (табл. 4.13).

Таблица 4.13 – Финансовые результаты

Наименование показателей	1 год	2 год	3 год
1	2	3	4
1 Общая выручка от реализации продукции	55 093 346	55 093 346	55 093 346
2 НДС от реализации выпускаемой продукции	9 916 802	9 916 802	9 916 802
3 Общая выручка от реализации продукции по проекту без НДС	45 176 544	45 176 544	45 176 544
4 Затраты на производство и сбыт продукции	40 814 077	40 814 077	40 814 077

## Продолжение таблицы 4.12

1	2	3	4
5 Амортизация	5 333	5 333	5 333
6 Прибыль по проекту	4 357 134	4 357 134	4 357 134
7 Погашение основного долга и выплата процентов за кредит	0	0	0
8 Прибыль до налогообложения	4 357 134	4 357 134	4 357 134
9 Налог на прибыль	871 427	871 427	871 427
10 Прибыль чистая	3 485 707	3 485 707	3 485 707
11 Платежи в бюджет	10 788 229	10 788 229	10 788 229

## 4.7 Оценка эффективности и окупаемости инвестиционного проекта

Оценка эффективности инвестиционного проекта основана на расчете денежных потоков по трем видам деятельности и показателей эффективности.

Денежные потоки предприятия по годам от операционной, финансовой и инвестиционной деятельности наглядно представлены в таблице 4.15.

Денежный поток состоит из притока (поступления денежных средств) и оттока (затраты, платежи). Сальдо денежного потока – это разность притока и оттока.

К притоку от операционной деятельности относится выручка от реализации услуг и начисленная амортизация по проекту. К оттоку по операционной деятельности относятся затраты на производство и сбыт продукции, налоги и платежи в бюджет.

К притоку от инвестиционной деятельности относится собственные денежные средства на реализацию проекта, к оттоку относятся инвестиционные вложения.

К притоку от финансовой деятельности относятся кредиты и займы. К оттоку по финансовой деятельности относятся выплаты основного долга и процентов по кредиту (в данном примере отсутствуют).

Общее сальдо по всем видам деятельности должно быть положительно на всех расчетных шагах – это является обязательным условием финансовой реализуемости проекта.

Общее сальдо является чистым доходом по проекту. Так как чистый доход прогнозируется на несколько периодов (в данном примере на 3 года) необходимо привести стоимость всех выплат и поступлений к начальному моменту времени, т.е. продисконтировать. Дисконтирование является базой для расчётов стоимости денег с учётом фактора времени. Дисконтирование осуществляется путём умножения чистого дохода на коэффициент дисконтирования. Коэффициент дисконтирования находится по формуле:

$$a_t = 1/(1+E)^t, \quad (4.1)$$

где  $t$  – номер шага расчета,  $E$  – ставка дисконтирования.

В российской практике ставка дисконтирования рассчитывается как сумма ставки рефинансирования (ключевая ставка), устанавливаемой Центробанком РФ и поправки на риск. Размер поправки на риск устанавливается в соответствии с методическими рекомендациями по оценке инвестиционных проектов ВК477.

Ориентировочные величины поправок на риск неполучения предусмотренных проектом доходов представлены в таблице 4.14.

Ставка рефинансирования учитывает макроэкономические риски, а поправка на риск выбирается разработчиками инвестиционного проекта в зависимости от типа проектов.

Если инвестиционные вложения необходимы для увеличения объема продаж на базе существующей техники и технологии, то поправка на риск может быть минимальной, при внедрении инноваций поправка на риск должна быть максимальной.

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист	77
					23.05.2018.294 ПЗ	

Таблица 4.14 – Ориентировочная величина поправок на риск неполучения предусмотренных проектом доходов

Величина риска	Пример цели проекта	Величина поправки на риск, %
Низкий	Вложения в развитие производства на базе освоенной техники	3 - 5
Средний	Увеличение объема продаж существующей продукции	8 - 10
Высокий	Производство и продвижение на рынок нового продукта	13 - 15
Очень высокий	Вложения в исследования и инновации	18 - 20

В данном проекте ставка дисконтирования равна 16%.

К основным показателям, используемым для оценки эффективности проекта используются:

- чистый дисконтированный доход;
- индексы доходности инвестиций;
- срок окупаемости.

Чистый дисконтированный доход (ЧДД) рассчитан по формуле:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^T (R_t - Z_t) \times a_t - \sum_{t=1}^T K_t \times a_t, \quad (4.2)$$

где  $R_t$  – поступления от реализации проекта, руб.;  $Z_t$  – текущие затраты на реализацию проекта, руб.;  $a_t$  – коэффициент дисконтирования;  $K_t$  – капитальные вложения в проект (инвестиции), руб.;  $t$  – номер временного интервала реализации проекта;  $T$  – срок реализации проекта (во временных интервалах).

Критерий эффективности инвестиционного проекта выражается следующим образом: ЧДД > 0. Положительное значение чистого дисконтированного дохода говорит о том, что проект эффективен и может приносить прибыль в установленном объеме. Отрицательная величина чистого дисконтированного дохода свидетельствует о неэффективности проекта (т.е. при заданной норме прибыли проект приносит убытки предприятию и/или его инвесторам).

Индекс доходности инвестиций (ИД) рассчитывается по формуле:

$$ИД = \frac{\sum_{t=1}^T (R_t - Z_t) \times \alpha_t}{\sum_{t=1}^T K_t \times \alpha_t} \quad (4.3)$$

Эффективным считается проект, индекс доходности которого выше единицы, т.е. сумма дисконтированных текущих доходов (поступлений) по проекту превышает величину дисконтированных капитальных вложений.

Срок окупаемости (Ток) рассчитывается по формуле:

$$T = \frac{K}{P_u + A} \leq T_{eo} \text{ или } T = \frac{K}{D_u} \leq T_{eo}, \quad (4.4)$$

где Т – срок окупаемости инвестиционного проекта, годы; Р<sub>ч</sub> – чистые поступления (чистая прибыль) в первый год реализации инвестиционного проекта при равномерном поступлении доходов за весь срок окупаемости, руб.; К – полная сумма расходов на реализацию инвестиционного проекта, включая затраты на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, руб.; Р<sub>i</sub> – чистые поступления (чистая прибыль) в i-м году, руб.; Т<sub>eo</sub> – экономически оправданный срок окупаемости инвестиций, определяется руководством фирмы субъективно, годы; А – амортизационные отчисления на полное восстановление в расчете на год реализации инвестиционного проекта при равномерном поступлении доходов за весь срок окупаемости, руб.; А<sub>i</sub> – амортизационные отчисления на полное восстановление в i-м году, руб.; Д<sub>ч</sub> = Р<sub>ч</sub> + А - чистый доход в первый год реализации инвестиционного проекта при равномерном поступлении доходов за весь срок окупаемости, руб.

							Лист
Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата		23.05.01.2018.294 ПЗ	79

Таблица 4.15 – План денежных поступлений и выплат

Наименование показателей	1 год	2 год	3 год
	1	2	3
<b>ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПО ПРОИЗВОДСТВУ И СБЫТУ ПРОДУКЦИИ (УСЛУГ)</b>			
1 Денежные поступления, всего	55 093 346	55 093 346	55 093 346
в том числе:			
1.1 Выручка	55 093 346	55 093 346	55 093 346
2 Денежные выплаты, всего	51 602 306	51 602 306	51 602 306
в том числе:			
2.1 Затраты по производству и сбыту продукции	40 814 077	40 814 077	40 814 077
2.2 Амортизация	5 333	5 333	5 333
2.3 Налоги и платежи в бюджет	10 788 229	10 788 229	10 788 229
3 Сальдо потока от деятельности по производству и сбыту продукции	3 496 374	3 496 374	3 496 374
<b>ИНВЕСТИЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ</b>			
4 Приток средств	3 284 968	0	0
в том числе:			
4.1 Собственные денежные средства	3 284 968	0	0
5 Отток средств	3 284 968	0	0
6 Сальдо потока от инвестиционной деятельности	0	0	0
<b>ФИНАНСОВАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ</b>			
7 Приток средств, всего	0	0	0
7.1 Кредиты, всего	0	0	0

Продолжение таблицы 4.15

1	2	3	4
8 Отток средств, всего	0	0	0
8.1 Погашение основного долга по коммерческому кредиту	0	0	0
8.2 Уплата процентов за предоставленные средства	0	0	0
9 Сальдо потока по финансовой деятельности (7-8)	0	0	0
10 Общее сальдо потока по всем видам деятельности	3 496 374	3 496 374	3 496 374
11 Чистый доход	3 496 374	6 992 747	10 489 121
12 Инвестиции	-3 284 968		
13 Ставка дисконтирования	0,16		
14 Коэффициенты дисконтирования	0,86	0,74	0,64
15 Приведенный эффект (11*14)	3 014 115	2 598 375	2 239 979
16 Сумма приведенных эффектов	7 852 469		
17 Чистый дисконтированный доход (ЧДД)	4 567 501		
18 Индекс доходности (ИД)	2,4		

Определение срока окупаемости:

В первый год окупается 3 014 115 руб.

Во второй год необходимо окупить 3 284 968 руб. - 3 014 115 руб.

= 270 853 руб.

Эта сумма окупится за = 270 853 руб./ 2 598 375 руб. = 0,1 года

Срок окупаемости 1 год 1 месяц.

Для оценки устойчивости проекта проведем анализ безубыточности. Исходные данные для расчета безубыточного объема продаж представлены в таблице 4.16.

Таблица 4.16 – Исходные данные для расчета точки безубыточности

Показатели	На единицу продукции, руб.	На весь объем выпуска, руб.
цена (без НДС)	3 890 773	46 689 276
переменные расходы на 1 изд.	3 383 281	40 599 371
постоянные расходы на 1 изд.	17 892	214 706
себестоимость одного изд.	3 401 173	40 814 077

Точка безубыточности = постоянные затраты на весь выпуск / (цена – переменные затраты на единицу продукции) =  $214\ 706 / (3890773 - 3383281) \approx 1$  шт.

Построим график точки безубыточности (рисунок 4.1).

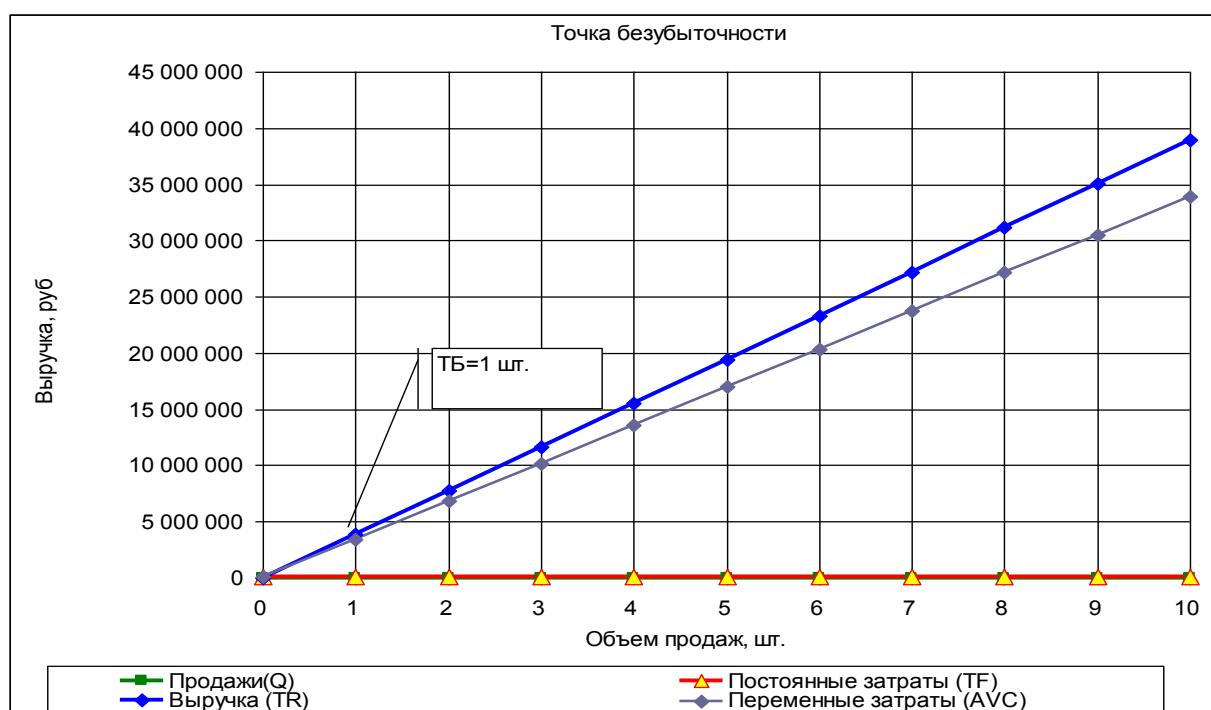


Рисунок 4.1 – График точки безубыточности

## **Выводы по разделу четыре**

Таким образом, сальдо по всем видам деятельности положительное на каждом шаге расчета, чистый дисконтированный доход положительный, индекс доходности превышает 1, срок окупаемости в пределах горизонта расчета, можно сделать вывод об эффективности и окупаемости инвестиционного проекта и рекомендовать его к реализации.

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2018.294 ПЗ	Лист
						83

## **5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

В данном дипломном проекте разрабатывается подвеска силового агрегата автомобиля «Урал» с колесной формулой 6x4. С точки зрения безопасности жизнедеятельности силовой агрегат является источником вредных выбросов в окружающую среду, а также источником повышенной вибрации и шума. По каждому из представленных направлений предусмотрены ограничения по уровню воздействий, изложенные в нормативных документах.

### **5.1 Предъявляемые нормативные требования**

#### **5.1.1 Нормативные требования в отношении вредных выбросов**

В области нормирования экологических показателей АТС и двигателей Россия применяет требования Женевского Соглашения 1958 года. Специальный технический регламент «О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации, вредных (загрязняющих) веществ» практически полностью базируется на Правилах ЕЭК ООН (Нормативы «Евро»).

Основные требования к выбросам вредных веществ грузовыми автомобилями «Урал» установлены в Правилах ЕЭК ООН №96 (дизели сельскохозяйственных и лесных тракторов, внедорожных транспортных средств). Указанные документы постоянно и весьма оперативно пересматриваются, дополняются, модернизируются в рамках рабочей группы по загрязнению воздуха и экономии энергии КВТ ЕЭК ООН (ГДЗЭ) и принимают статус международных стандартов. Другим, не менее важным направлением, является разработка т.н. глобальных технических предписаний (ГТП), которые в будущем придут на смену региональным и национальным стандартам (в том числе Правилам ЕЭК ООН и Директивам ЕС).

На настоящий момент в области экологии разработаны следующие ГТП:

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист	84
					23.05.01.2018.294 ПЗ	

- ГТП №2 – процедура испытаний мотоциклов по определению выбросов вредных веществ (ВВ), CO<sub>2</sub> и расхода топлива;
- ГТП № 4 – процедура испытаний по определению выбросов ВВ дизелей и газовых двигателей для грузовых автомобилей;
- ГТП № 5 – требования к бортовой диагностике грузовых автомобилей и двигателей.

В стадии подготовки находятся следующие ГТП:

- Требования в отношении внециклических выбросов двигателей грузовых автомобилей;
- Требования в отношении выбросов вредных веществ внедорожной техникой.

Правила ЕЭК ООН № 96-02. Правила № 96 с поправками серии 02 вступили в силу с 03.02. 2008 г. Основными отличиями от предшествующей, 01 серии поправок, являются ужесточение нормативных требований в отношении двигателей, работающих на переменных режимах.

На разрабатываемом автомобиле применяется двигатель ЯМЗ-653. Данный двигатель соответствует пятому экологическому классу (Евро-5). Для грузовых автомобилей и автобусов данные требования вступили в силу с 1 января 2018 года. Предельные значения выбросов приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Нормы вредных выбросов для двигателей Евро-5

Полезная мощность (P), кВт	Окись углерода (CO), г/кВт·ч	Сумма углеводородов и оксидов азота (HC+NOx), г/кВт·ч	Частицы (PT), г/кВт·ч
130-560	3,5	4,0	0,2

### **5.1.2 Нормативные требования в отношении шума**

В качестве одного из основных факторов негативного воздействия автомобиля на окружающую среду является шум. Всемирная организация здравоохранения признает шум как серьезную и широко распространенную опасность для здоровья людей, вызывающую не только ухудшение сна, но и оказывающую отрицательное воздействие на умственное здоровье, ухудшение способности к обучению детей, повышение кровяного давления, приводящее к сердечным проблемам.

Различают шум внешний, оказывающий воздействие на окружающих, так и шум внутренний, оказывающий воздействие на водителя и пассажиров. Значение показателей шума для транспортных средств нормируется ГОСТ и международными стандартами:

- 1) ГОСТ Р 52231-2004 «Внешний шум автомобилей в эксплуатации. Допустимые уровни и методы измерений». Разработан на основе ГОСТ Р 41.51-2004 (Правила ЕЭК ООН №51) «Единообразные предписания, касающиеся сертификации транспортных средств, имеющих не менее четырех колес, в связи с производимым ими шумом».
- 2) ГОСТ Р 51616-2000 «Автомобильные транспортные средства. Шум внутренний. Допустимые уровни и методы испытаний».

В качестве оценочного показателя устанавливается уровень звука в децибелах (дБА) по ГОСТ 17187-81.

Показателем внешнего шума при проверке технического состояния автомобиля считают уровень шума выпускной системы двигателя, измеренный по специальной методике ГОСТ Р 52231. При проверке технического состояния автомобиля допустимый уровень шума не должен превышать более чем на 5 дБА контрольного значения. Допустимый уровень шума выпускной системы автомобиля не должен превышать значений, приведенных в таблице 5.2.

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист	86
					23.05.01.2018.294 ПЗ	

Таблица 5.2 – Допустимые уровни шума выпускной системы двигателей автомобилей, находящихся в эксплуатации

Тип автомобиля	Уровень шума, дБА
Автомобили легковые категории М1 и грузопассажирские категории N1	96
Автобусы категории М2 и автомобили грузовые категории N2	98
Автобусы категории М3 и автомобили грузовые категории N3	100

Показатели внутреннего шума при проверке технического состояния автомобиля определяются по методике ГОСТ Р 51616. Допустимые уровни шума опытных образцов автомобилей приведены в таблице 5.3. Допускается увеличение уровней внутреннего шума полноприводных легковых и грузопассажирских автомобилей на 2 дБА. Уровни шума серийных автомобилей при испытаниях в объеме гарантийного пробега не должны превышать более чем на 1 дБА значений, приведенных в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Допустимые уровни внутреннего шума базовых моделей автомобилей

Автотранспортное средство (Автомобили для перевозки грузов)	Допустимый уровень звука, дБА
Категории N2, N3 кроме предназначенных для международных и междугородных перевозок	82
Категории N2, N3, для международных и междугородных перевозок	80
Полуприцепы, предназначенные для перевозки пассажиров	80

Таким образом, для грузового автомобиля «Урал» категории N<sub>3</sub> допустимые уровни шума составляют:

- внешний 100 дБА;
- внутренний 82 дБА.

### **5.1.3 Нормативные требования в отношении вибрации**

По природе происхождения вибрация относится к структурному шуму. Средой распространения структурного шума является твердое тело. Применительно к автомобилю это выглядит так. Работающий двигатель через элементы крепления передает вибрацию на раму и кабину, панели которой в зависимости от степени вибрации издают звук – структурный шум.

Воздействие вибрации на человека регламентируется системой стандартов безопасности труда (ССБТ), а именно:

ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.1.049-86 ССБТ. Вибрация. Методы измерения на рабочих местах самоходных колесных строительно-дорожных машин.

Вибрация характеризуется спектром частот и такими кинематическими параметрами, как выброскорость и виброускорение или их логарифмическими уровнями в децибелах.

Вибрацию классифицируют:

- по способу передачи человеку - локальная, передающаяся на руки работающего;
- общая, передающаяся через опорные поверхности тела в положении сидя (ягодицы) или стоя (подошвы ног);
- по характеру спектра - низкочастотная (с преобладанием максимальных уровней в октавных полосах 1-4 Гц и 8-16 Гц соответственно для общей и локальной вибрации); среднечастотная (8-16 Гц для общей вибрации, 31,5 и 63 Гц для локальной вибрации); высокочастотная (31,5 и 63 Гц для общей вибрации, 125-1000 Гц для локальной вибрации);

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист	23.05.01.2018.294 ПЗ	88
------	------	----------	---------	------	------	----------------------	----

- по направлению вибрационного воздействия в соответствии с направлением осей ортогональной системы координат;
- по временным характеристикам - постоянная вибрация, для которой величина виброскорости или виброускорения изменяется не более чем в 2 раза (на 6 дБ) за время наблюдения; непостоянная вибрация (колеблющаяся, переменная, импульсная), для которой величина виброскорости или виброускорения изменяется не менее чем в 2 раза (на 6 дБ) за время наблюдения не менее 10 мин.

Одним из конструктивных методов борьбы с вибонагруженностью является правильный подбор и расчет эластичных элементов подвески силового агрегата, трансмиссии, ходовой части, системы выхлопа. В качестве пассивного метода применяются шумоизоляционные и прокладочные материалы.

## 5.2 Расчет параметров вибрации силового агрегата

Различают параметры виброзоляции (ВИ) и вибропоглощения (ВП). Передача звуковой энергии от места ее возникновения до элементов, которые ее излучают, происходит через детали двигателя или агрегаты автомобиля с последующей передачей панелям кузова, которые колеблются под действием этой энергии и создают шум.

Средства, применяемые в автомобиле для снижения уровня звуковой вибрации, во-первых, препятствуют распространению энергии колебательного движения по конструкции (виброзоляция), во-вторых, поглощают энергию колебательного движения на пути ее распространения (вибропоглощение).

Колебательная энергия в звуковом диапазоне частот передается по элементам конструкции в виде упругих продольных, изгибных и сдвиговых (крутильных) волн. В диапазоне рабочих нагрузок деформация твердого тела прямо пропорциональна напряжению (линейность процесса деформации). Свойства волн и их характеристики при распространении по стержням,

						Lист
Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата		23.05.01.2018.294 ПЗ
						89

пластинам при различных способах закрепления (границы условия) описаны достаточно полно в литературных источниках. Остановимся лишь на определении механического сопротивления конструкции (импеданса), так как в автомобиле и его агрегатах очень широко распространено возбуждение конструкции силой, приложенной в точке или по линии поверхности. В такого рода задачах искомой величиной часто является колебательная мощность, передаваемая от источника возбуждения в конструкцию и распространяющаяся по ней в виде вибрации. Величина колебательной мощности, передаваемой на структуру, зависит от ее механического сопротивления по отношению к возбуждающему усилию.

В процессе разработки подвески силового агрегата (СА) проводят расчет на резонансные колебания. Методика расчета колебаний СА изложена в работе Тольского В.Е. «Колебания силового агрегата автомобиля» [6]. В первом приближении расчет проводится для оценки резонансных колебаний, при которых частота собственных крутильных колебаний может совпадать (или быть близка) с частотой вынужденных колебаний (частота опрокидывающего момента) СА. Для получения небольших амплитуд колебаний СА и достижения хорошей виброизоляции при малых оборотах двигателя (на холостом ходе) отношение частоты основной гармоники опрокидывающего момента к частоте собственных колебаний СА относительно продольной оси грузового автомобиля должно быть не менее 2,0 [6].

$$\frac{f_B}{f_\varphi} \leq 2, \quad (5.1)$$

где  $f_B$  – частота суммарного опрокидывающего момента двигателя, Гц;

$f_\varphi$  – частота собственных крутильных колебаний вокруг продольной оси СА, Гц.

Для рядного двигателя, имеющего равномерное чередование рабочих ходов, частота суммарного опрокидывающего момента определяется по формуле

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист
					23.05.2018.294 ПЗ 90

$$f_B = \frac{n \cdot i}{60 \cdot \tau}, \quad (5.2)$$

где  $n$  – частота вращения коленчатого вала двигателя, об/мин;

$i$  – число цилиндров двигателя;

$\tau$  – постоянная такта двигателя, для четырехтактного двигателя  $\tau = 2$ .

Для V-образного двигателя с углом развала  $90^0$ , имеющего неравномерное чередование рабочих ходов частота изменения опрокидывающего момента определяется по формуле

$$f_B = \frac{0,5 \cdot n \cdot i}{60 \cdot \tau}. \quad (5.3)$$

Расчетные параметры вынужденных колебаний двигателей приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Параметры вынужденных колебаний двигателей

Параметр	Двигатель ЯМЗ-653
Количество цилиндров	6
Расположение цилиндров	L-рядный
Число тактов	4
Обороты двигателя, об/мин	
Min	900
Max	2200
Частота изменения опрокидывающего момента при минимальных оборотах, Гц	45
Обороты двигателя при максимальном моменте (тяговый диапазон), об/мин	1300-1500
Частота изменения опрокидывающего момента при максимальном моменте, Гц	65-75

Частота собственных кривых колебаний определяется по формуле

$$f_{\phi} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{k_{\phi}}{I_x}}, \quad (5.4)$$

где  $k_{\phi}$  – эквивалентная угловая жесткость подвески вокруг продольной оси, Н·м/рад;

$I_x$  – момент инерции СА вокруг продольной оси, кг·м<sup>2</sup>.

$$k_{\phi} = \sum_{i=1}^N (k_{zi} \cdot y_i^2 + k_{yi} \cdot z_i^2), \quad (5.5)$$

где  $k_{zi}$  – жесткость опоры двигателя в вертикальном направлении, Н/м;

$k_{yi}$  – жесткость опоры двигателя в поперечном направлении, Н/м;

$y_i, z_i$  – координаты  $i$ -й опоры двигателя относительно центра масс, м.

Исходные данные и расчетные значения частот колебаний СА приведены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Исходные данные и расчетные значения частот колебаний СА

Параметр	Двигатель ЯМЗ-653
1	2
Вертикальная координата передней опоры $z_1$ , м	0,2
Вертикальная координата задней опоры $z_2$ , м	- 0,04
Поперечная координата передней опоры $y_1$ , м	0,45
Поперечная координата задней опоры $y_2$ , м	0,4
Жесткость передней опоры двигателя в вертикальном направлении $k_{z1}$ , Н/м	$312,5 \cdot 10^3$
Жесткость задней опоры двигателя в вертикальном направлении $k_{z2}$ , Н/м	$945 \cdot 10^3$

## Продолжение таблицы 5.5

1	2
Жесткость передней опоры двигателя в поперечном направлении $k_{y1}$ , Н/м	$1,0 \cdot 10^6$
Жесткость задней опоры двигателя в поперечном направлении $k_{y2}$ , Н/м	$1,0 \cdot 10^6$
Эквивалентная угловая жесткость подвески вокруг продольной оси $k_\phi$ , Н·м/рад	$257 \cdot 10^3$
Момент инерции СА вокруг продольной оси $I_x$ , кг·м <sup>2</sup>	130
Частота собственных крутильных колебаний $f_\phi$ , Гц	22,2

На основании данных таблиц 5.4 и 5.5 получим следующее решение относительно условия (5.1):  $f_b/f_\phi = 45/22,2 \approx 2$  – условие выполняется.

## Выводы по разделу пять

На основании анализа нормативных данных определены основные требования по уровню вредных выбросов, шуму и вибрации, предъявляемые к автомобилю «Урал». На основании расчета резонансных колебаний определены основные характеристики жесткости подвески. Условие вибробезопасности обеспечивается.

## **6 ГРАЖДАНСКАЯ ОБОРОНА**

Гражданская оборона – система мероприятий по подготовке и защите населения, материальных и культурных ценностей на территории Российской Федерации от разного рода опасностей.

При разработке седельного тягача «Урал» с колесной формулой 6x4 в современных условиях большое внимание уделяется вопросу использования их в составе подразделений гражданской обороны (ГО). Данный автомобиль может быть использован в составе подразделений ГО и ЧС при доставке грузов и техники к местам ремонтно-восстановительных работ при ликвидации последствий различных техногенных аварий и чрезвычайных ситуаций.

Чрезвычайная ситуация – это ситуация, т.е. явления, события, процессы, характеризующиеся внезапными и значительными отклонениями от нормальных условий жизнедеятельности и сопровождающиеся отрицательными социальными, экономическими, экологическими последствиями.

Чрезвычайные ситуации делятся на ситуации невоенного и военного характера. Чрезвычайные ситуации невоенного характера подразделяют:

- по сфере возникновения;
- по ведомственной принадлежности;
- по масштабам последствий.

Виды чрезвычайных ситуаций:

– Невоенного характера по сфере возникновения:

- а) техногенные (производственные аварии);
- б) природные (стихийные бедствия);
- в) экологические (экологические бедствия).

– По ведомственной принадлежности:

- а) в промышленности;
- б) в строительстве;

						Lист
Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата		23.05.01.2018.294 ПЗ
						94

- в) в жилищной и коммунальной сфере;
- г) в сельском и лесном хозяйстве;
- д) на транспорте.

– По масштабам последствий:

- а) частные (один станок, установка);
- б) объектовые (в пределах предприятия);
- в) местные (в пределах района, города);
- г) региональные;
- д) глобальные.

Цельнометаллическая кабина седельного тягача расположена довольно высоко от поверхности земли, предохраняет водителя и пассажиров от воздействия радиационного облучения и проникновения радиационной пыли в кабину автомобиля. Проектируемый автомобиль снабжён двигателем большой мощности. Это позволяет использовать его в качестве дизель-генератора при проведении различных спасательных работ, где нет электропитания.

При использовании автомобиля в системе гражданской обороны он должен доукомплектовываться специальными моющими установками для проведения дезактивации, аптечкой для оказания первой медицинской помощи, а также герметичным бачком для хранения запаса питьевой воды.

## **Вывод по разделу шесть**

Таким образом, разрабатываемый седельный тягач «Урал» с колесной формулой 6x4, при необходимости, может быть использован для ликвидации последствий любого из вышеперечисленных видов чрезвычайных ситуаций.

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2018.294 ПЗ	Лист 95
------	------	----------	---------	------	----------------------	------------

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате выполнения дипломной работы разработан седельный тягач с колесной формулой 6x4, на котором проведена установка двигателя большой мощности ЯМЗ-653 для обеспечения необходимых тяговых характеристик.

Проведенный анализ существующих элементов подвесок силовых агрегатов показал, что проектируемая подвеска является наиболее подходящим решением для установки на силовой агрегат ЯМЗ-653 с коробкой передач ZF. Обоснована необходимость применения дополнительной опоры коробки передач, для которой рассчитаны основные конструктивные параметры.

Экономический анализ показал, что чистый дисконтированный доход положительный, индекс доходности превышает 1, срок окупаемости в пределах горизонта и составляет 1 год 1 мес.

На основании вышеизложенного можно заключить, что предлагаемая установка нового силового агрегата является технически и экономически обоснованной.

						23.05.01.2018.294 ПЗ	Лист 96
Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата			

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гаспарянц, Г.А. Конструкция, основы теории и расчета автомобиля / Г.А. Гаспарянц. – М.: Машиностроение, 1984. – 351 с.
2. Лукин, П.П. Конструирование и расчет автомобиля / П.П. Лукин, Г.А. Гаспарянц, В.Ф. Родионов. – М.: Машиностроение, 1984. – 376 с.
3. Писаренко, Г.С. Справочник по сопротивлению материалов / Г.С. Писаренко, А.П. Яковлев, В.В. Матвеев. – Киев: Изд-во Наукова думка, 1975. – 704 с.
4. Раймпель, Й. Шасси автомобиля. Элементы подвески / Й. Раймпель, пер. с нем. А.Л. Карпухина. – М.: Машиностроение, 1987. – 288 с.
5. Ротенберг, Р.В. Подвеска автомобиля. Колебания и плавность хода / Р.В. Ротенберг. – М.: Машиностроение, 1972. – 392 с.
6. Тольский, В.Е. «Колебания силового агрегата автомобиля»
7. Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов / В.И. Феодосьев. М., Наука, 1974. – 560 с.
8. Хейфец, А.Л. Инженерная компьютерная графика. AutoCAD: опыт преподавания и широта взгляда / А.Л. Хейфец. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. – 427 с.
9. Чекмарёв, А.А. Справочник по машиностроительному черчению / А.А. Чекмарёв, В.К. Осипов. – М.: Высшая школа, 2000. – 352 с.
10. Динамика системы дорога – шина – автомобиль – водитель / под ред. А.А. Хачатурова. – М.: Машиностроение, 1976. – 535 с.
11. Общемашиностроительные нормативы режимов резания: в 2 т. / А.Д. Локтев, И.Ф. Гущин, В.А. Батуев и др. – М.: Машиностроение, 1991. – Т.1. – 640 с.
12. Обработка металлов резанием. Справочник технолога / под ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.
13. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. / под ред. В.И. Ануриева. – М.: Машиностроение, 2003. – Т.2. – 920 с.

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист	23.05.01.2018.294 ПЗ	97

14. 3D-технология построения чертежа. AutoCAD: учебное пособие / А.Л. Хейфец, А.Н. Логиновский, И.В. Буторина, Е.П. Дубовикова; под ред. А.Л. Хейфеца. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 245 с.
15. ЕСКД. Общие правила выполнения чертежей: Сб. стандартов. – М.: Изд-во стандартов, 1988.
16. СТО ЮУрГУ 04-2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / составители: Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56 с.
17. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
18. ГОСТ 12.1.049-86 ССБТ. Вибрация. Методы измерения на рабочих местах самоходных колесных строительно-дорожных машин.
19. ГОСТ Р 52231-2004. Внешний шум автомобилей в эксплуатации. Допустимые уровни и методы измерений.
20. ГОСТ Р 51616-2000. Автомобильные транспортные средства. Шум внутренний. Допустимые уровни и методы испытаний.
21. Правила ЕЭК ООН № 96-02. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения двигателей с воспламенением от сжатия для установки на сельскохозяйственных тракторах и внедорожной технике в отношении выброса загрязняющих веществ этими двигателями.

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лист
					23.05.01.2018.294 ПЗ 98