

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра

«Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование кафедры)

23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему

Переднеприводный автомобиль 2-го класса.

Модернизация привода ведущих колес

Студент

Родионов И.В.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Лата В.Н.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

Краснопевцева И.В.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Москалюк А.Н.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Гудкова С.А.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Егоров А.Г.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

И. О. заведующего кафедрой

к.т.н., доцент А.В. Бобровский

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ »

20 18 г.

АННОТАЦИЯ

Название дипломного проекта: "Переднеприводный автомобиль 2-го класса. Модернизация привода ведущих колес».

Целью проекта является модернизация переднеприводного автомобиля 2-го класса.

В данном дипломном проекте разработаны и спроектированы приводы ведущих колес, для установки его на переднеприводный автомобиль 2-го класса

Были достигнуты следующие результаты:

- вместо внутренних шариковых карданных шарниров заменить на карданный шарнир типа «Трипод».
- при проектировании были проведены расчеты прочности и расчет тягово-динамических параметров автомобиля.

В технологической части разработана технология сборки приводных колес.

В экономической части расчет стоимости НИОКР обосновал целесообразность проведения данной работы. Исследована безопасность и экологичность объекта.

Дипломный проект состоит из пояснительной записки на 92 страницах печатного текста и графической части на 9 листах приложение с графикой, из них 7 листов формата А1 и 2 листа формата А0.

ABSTRACT

The title of our diploma paper is " Modernization of drive wheels for front-wheel-drive car of the 2nd class ".

The purpose of the work is to upgrade of the front-wheel drive of the second class car.

In this diploma project drive wheels were developed and designed. It was installed on the front-wheel drive car of the 2nd class.

The following results were achieved:

The internal ball with the "Tripod" type joint was replaced.

The calculations of strength, and the calculation of traction-dynamic parameters of the car were conducted.

The technology of Assembly of the drive wheels was developed in the technological part.

In the economic part the calculation of the cost of R & D justified the feasibility of this work.

The safety and environmental friendliness of the facility was investigated.

The diploma paper consists of an explanatory note on 92 pages of printed text, and the graphic part on 9 sheets of the application with graphics, 7 of them are sheets of A1 and 2 sheets of A0 format.

Student:

Rodionov I.V.

English Consultant:

PhD Gudkova S.A.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Состояние вопроса.....	6
1.1 Назначение и требования, предъявляемые к приводам.....	6
1.2 Обзор и анализ известных конструкций карданных передач.....	6
1.3 Описание конструкции приводов.....	6
1.4 Выбор и обоснование вносимых изменений в конструкцию приводов.....	8
2 Защита интеллектуальной собственности.....	8
3 Конструкторская часть.....	9
3.1 Тягово-динамический расчет автомобиля.....	9
3.1.1 Исходные данные.....	9
3.1.2 Подготовка исходных данных для тягового расчёта.....	9
3.1.3 Определение передаточного числа главной передачи.....	10
3.1.4 Внешняя скоростная характеристика двигателя.....	11
3.1.5 Определение передаточных чисел коробки передач.....	12
3.1.6 Скорость движения автомобиля на различных передачах.....	13
3.1.7 Сила тяги на ведущих колёсах.....	14
3.1.8 Сила сопротивления движению.....	15
3.1.9 Динамический фактор.....	16
3.1.10 Ускорение автомобиля.....	17
3.1.11 Величины обратные ускорениям автомобиля.....	19
3.1.12 Время и путь разгона.....	19
3.1.13 Мощностной баланс.....	21
3.1.14 Топливо-экономическая характеристика.....	23
3.2 Расчет деталей привода ведущих колес.....	25
3.2.1 Расчет правого вала привода передних колес. Проверочный расчет....	25
3.2.2 Расчет левого вала привода передних колес.....	28
3.2.3 Расчет крестовины трехшипового КШРУСа привода ведущих колес.....	32
3.2.3.1 Определение допустимого условия, действующего на игольчатый	

подшипник.....	33
3.2.4 Расчет шлицевого зацепления.....	35
3. Технологическая часть.....	38
3.1 Создание списка работ для сборки узла.....	38
3.2 Определение трудоемкости сборки.....	40
3.3 Определение типа производства.....	41
3.4 Составление маршрутной технологии.....	41
4 Безопасность и экологичность объекта.....	49
4.1 Анализ влияния применения модернизированных приводов колес на шум в салоне автомобиля.....	49
4.2 Рабочее место, оборудование и выполняемые операции.....	50
4.3 Безопасность в чрезвычайных и аварийных ситуациях.....	51
4.3.1 Мероприятия по предотвращению несчастных случаев и стихийных бедствий.....	51
4.3.2 Меры по нейтрализации разрушений.....	51
5 Экономическая эффективность проекта.....	53
5.1 Расчет себестоимости проектируемой конструкции приводов.....	54
5.2 Расчет точки безубыточности.....	60
5.3 Расчет коммерческой эффективности.....	63
5.4 Вывод и рекомендации.....	75
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	78
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	79
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	81
А ГРАФИК ДИНАМИКО-ТЯГОВОГО РАСЧЕТА.....	81
Б ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА.....	89

ВВЕДЕНИЕ

В условиях перехода экономики России на рельсы рынка необходимо всемерное ускорение научно – технического прогресса на основе интеграции науки и производства, повышения качества изделий, сокращение сроков разработки и внедрение новой техники. Поэтому для настоящего времени является особо актуальной проблема обеспечения высококачественных проектов, выполняемых в короткое время, необходимых для создания конкурентно – способных автомобилей.

Применение ЭВМ позволяет ускорить проектные расчеты, осуществить математическое моделирование работы системы или агрегата автомобиля, обеспечить оптимизацию их конструктивных параметров.

Конструирование автомобиля – это сложный процесс, включающий методы, разработанные в различных научных трудах. Правильное использование этих методов, внедрение САПР в практику конструирования облегчает дальнейшее повышение технического уровня создаваемой автомобильной техники.

Целью данного дипломного проекта является повышение ресурса и надежности конструкции привода к ведущим колесам.

1 Состояние вопроса

1.1 Назначение и классификация приводов

У переднеприводных автомашин фронтальные колеса в одно и тоже время считаются и ведущими. Для передачи на них вращающего момента используются приводы передних ведущих колес.

На 3 четверти разгруженная полуось содержит внешнюю опору меж ступицей колеса и опорой моста. В таком случае изгибающие факторы от реакций R_{zk} , R_k (P_t) и R_y воспринимаются в одно и тоже время и полуосью, и балкой моста сквозь подшипник. Доля сил, приходящихся на полуось, находится в зависимости от системы подшипника и его жесткости.

В общем случае движения на колесо действуют крутящий момент от тяговой или же тормозной сил T_k и T_t ; тяговая или же тормозная сила при торможении центральным тормозом R_k и P_t боковая сила R_y , образующаяся при поворотах или же заносах, и нормальная реакция R_{zk} . Одновременное появление максимальной продольной и поперечных сил в контакте колеса с дорогой не может быть, так как совместное воздействие ограничивается силой сцепления.[1]

1.2 Требования предъявляемые к конструкции приводов

Конструкция приводов к ведущим колесам должна отвечать следующим требованиям это: материалы деталей и их соединения должны обеспечивать приемлемую прочность и надежность от поломок и рассоединения, а также не должно быть повышенных вибраций.

1.3 Описание конструкции приводов с шарниром равных угловых скоростей (ШРУС)

Приводы колес состоят из валов, карданных шарниров равных угловых скоростей. Такой вид конструкции приводов даёт возможность равномерного вращения ведомых элементов ходовой части автомобиля. [4]

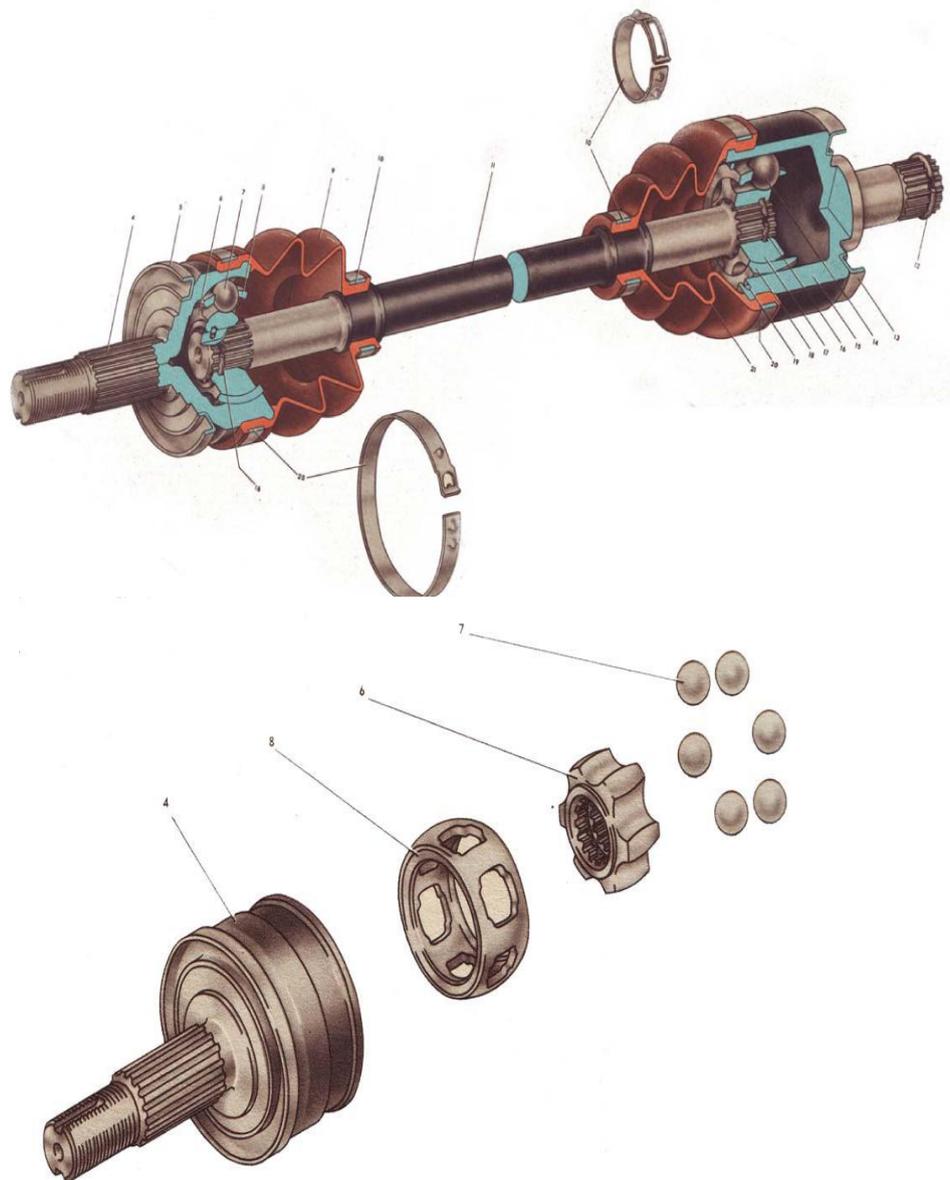


Рисунок 1.1 - Привод к ведущим и управляемым колесам легкового автомобиля с шарнирами равных угловых скоростей.

1.4 Выбор и обоснование вносимых изменений в конструкцию приводов

Основной задачей при разработке новой конструкции приводов является обеспечение надежной их работы. Поэтому был модернизирован шариковый карданный шарнир равных угловых скоростей, т.е. замена его на трехшипный карданный шарнир типа «Трипод».

В этом шарнире равенство угловых скоростей валов достигается благодаря изменению положения центра конца вала.

Данный тип привода имеет малые потери при осевом перемещении, так как это обеспечивается практически только качением, что определяет высокий КПД, и как следствие уменьшение шума, вибрации в конструкции карданных шарниров, тогда как в шариковом шарнире при осевых перемещениях шарики не перекатываются, а скользят, что снижает КПД шарнира. Также шарнир типа «Трипод» в какой то мере повышает активную безопасность автомобиля. В случае неисправности шарикового карданного шарнира при движении автомобиля, возможно заклинивание шарнира, тогда как в трехшипном шарнире даже в случае какой либо неисправности ролики останутся на шипах, что предотвращает возможность заклинивания шарнира (рисунок 1.8, 1.9).

2 Защита интеллектуальной собственности

Не предусмотрено в задании для выполнения дипломного проекта

3 Конструкторская часть

3.1 Тягово-динамический расчет автомобиля

3.1.1 Исходные данные

Количество колес ведущих.....	$n_k = 2$
Вес автомобиля, кг.....	$m_o = 1088$
Места в автомобиле.....	5
Высшая скорость а/м, м/с.....	$V_{max} = 48,61$
Наивысшая частота вращения ДВС, рад/с.....	$\omega_{max} = 580$
Низшая частота вращения ДВС, рад/с.....	$\omega_{min} = 95$
Аэродинамическое сопротивление.....	$C_x = 0,30$
Преодолеваемый подъем автомобилем.....	$\alpha_{max} = 0,28$
КПД трасмиссии.....	$\eta_{TP} = 0,92$
Площадь миделя, м ²	$H = 2,00$
Сопротивление качению.....	$f_{ko} = 0,012$
Количество скоростей в КП.....	5
Нагрузка на оси автомобиля, % :	
ось передняя.....	49
ось задняя.....	51
Параметр плотности воздуха, кг/м ³	$\rho = 1,293$
Параметр плотности топлива, кг/л.....	$\rho_t = 0,72$

[2]

3.1.2 Подготовка исходных данных для тягового расчёта

а) Определение полного веса и его распределение по осям:

$$G_A = G_o + G_n + G_b, \quad (3.1)$$

где G_o - собственный вес автомобиля;

G_n - вес пассажиров;

G_b - вес багажа;

$$G_0 = m_0 \cdot g = 1088 \cdot 9.807 = 10670\text{Н}$$

$$G_{\Pi} = G_{\Pi 1} \cdot 5 = m_{\Pi 1} \cdot g \cdot 5 = 75 \cdot 9,807 \cdot 5 = 3678\text{Н}$$

$$G_{\text{Б}} = G_{\text{Б}1} \cdot 5 = m_{\text{Б}1} \cdot g \cdot 5 = 10 \cdot 9,807 \cdot 5 = 490\text{Н}$$

$$G_{\text{А}} = 10670 + 3678 + 490 = 14838\text{Н}$$

$$G_1 = G_{\text{А}} \cdot 49 = 14838 \cdot 49 = 7271\text{Н}$$

$$G_2 = G_{\text{А}} \cdot 51 = 14838 \cdot 51 = 7567\text{Н}$$

б) Подбор шин 185/65 R14.

$$r_k = r_{CT} = (0.5 \cdot d + \kappa \cdot \lambda \cdot B) \cdot 10^{-3}, \quad (3.2)$$

где r_k – радиус качения колеса;

r_{CT} – статический радиус колеса;

$B = 185$ – ширина профиля, мм;

$\kappa = 0,65$ – отношение высоты профиля к ширине профиля;

$d = 355,6$ – посадочный диаметр, мм;

$\lambda = 0,85$ – коэффициент типа шины.

$$r_k = r_{CT} = (0,5 \cdot 355,6 + 0,65 \cdot 0,85 \cdot 185) \cdot 10^{-3} = 0,280\text{ м}$$

3.1.3 Определение передаточного числа главной передачи:

$$U_0 = \frac{r_k}{U_k} \cdot \frac{\omega_{MAX}}{V_{MAX}} \quad (3.3)$$

где U_k - передаточное число высшей передачи в коробке передач, на которой обеспечивается максимальная скорость.

Примем значение передаточное число высшей передачи КП равным 0,800.

$$U_0 = (0,280 \cdot 580) / (0,80 \cdot 48,61) = 4,176$$

3.1.4 Внешняя скоростная характеристика двигателя:

$$N_v = \frac{1}{\eta_{TP}} \cdot \left(G_A \cdot \psi_v \cdot V_{MAX} + \frac{C_x \cdot \rho}{2} \cdot H \cdot V_{MAX}^3 \right), \quad (3.4)$$

где ψ_v - коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля.

$$\psi_v = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V_{MAX}^2}{2000} \right) \quad (3.5)$$

$$\psi_v = 0,012 \cdot (1 + 48,61 \cdot 2^2 / 2000) = 0,026$$

$$N_v = (14838 \cdot 0,026 \cdot 48,61 + 0,3 \cdot 1,293 \cdot 2,00 \cdot 48,613^3 / 2) / 0,92 = 69715 \text{ Вт}$$

$$N_{MAX} = \frac{N_v}{a \cdot \lambda + b \cdot \lambda^2 - c \cdot \lambda^3} \quad (3.6)$$

Где a, b, c – эмпирические коэффициенты (для легковых автомобилей с карбюраторным двигателем $a, b, c = 1$), $\lambda = \omega_{MAX} / \omega_N$ (примем $\lambda = 1,05$).

$$N_{MAX} = 69715 / (1 \cdot 1,05 + 1 \cdot 1,05^2 - 1 \cdot 1,05^3) = 70074 \text{ Вт}$$

$$N_e = N_{MAX} \cdot \left[C_1 \frac{\omega_e}{\omega_N} + C_2 \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right] \quad (3.7)$$

где $C_1 = C_2 = 1$ - коэффициенты характеризующие тип двигателя.

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e} \quad (3.8)$$

Таблица 3.1 - Внешняя скоростная характеристика

Обор. двс, об/мин	Угл. скорость, рад/с	Мощн. двс, кВт	М двс, Н*м
907	95	13,8	144,9
1300	136	20,5	150,4

Продолжение таблицы 3.1

1650	173	26,6	154,1
1650	173	26,6	154,1
2000	209	32,8	158,7
2350	246	38,9	163,2
2700	283	44,8	161,6
3050	319	50,4	157,8
3400	356	55,5	155,9
3750	393	60,1	152,9
4100	429	63,9	148,8
4450	466	66,9	143,6
4800	503	69,0	137,2
5150	539	70,0	129,8
5539	580	69,7	120,2

n_e - обороты двигателя, об/мин.

$$n_e = \frac{30 \cdot \omega_e}{\pi} \quad (3.9)$$

3.1.5 Определение передаточных чисел коробки передач:

$$U_1 \geq \frac{G_A \cdot \psi_{MAX} \cdot r_K}{M_{MAX} \cdot \eta_{TP} \cdot U_0} \quad (3.10)$$

Где ψ_{MAX} - коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля с учётом величины преодолеваемого подъёма ().

$$\psi_{MAX} = f_{V_{max}} + \alpha_{MAX} = \psi_V + \alpha_{MAX}$$

$$\psi_{MAX} = 0,026 + 0,28 = 0,306$$

$$U_1 \geq 14838 \cdot 0,306 \cdot 0,280 / (164,6 \cdot 0,92 \cdot 4,176) = 2,111$$

$$U_1 \leq \frac{G_{СИ} \cdot \varphi \cdot r_K}{M_{MAX} \cdot \eta_{TP} \cdot U_0} \quad (3.11)$$

Где $G_{сц}$ - сцепной вес автомобиля ($G_{сц} = G_1 \cdot m_1 = 7271 \cdot 0,9 = 6544$ Н),
 m_1 - коэффициент перераспределения нагрузки на передние колёса),
 φ - коэффициент сцепления ($\varphi = 0,8$).

$$U_1 \leq 6544 \cdot 0,8 \cdot 0,280 / (164,6 \cdot 0,92 \cdot 4,176) = 2,433$$

Примем значение первой передачи равным: $U_1 = 2,400$.

$$q = (U_1 / U_5)^{1/4} = (2,400 / 0,800)^{1/4} = 1,316 ;$$

$$U_2 = U_1 / q = 2,400 / 1,316 = 1,824 ;$$

$$U_3 = U_2 / q = 1,824 / 1,316 = 1,386 ;$$

$$U_4 = U_3 / q = 1,386 / 1,316 = 1,053 ;$$

$$U_5 = 0,800 .$$

3.1.6 Скорость движения автомобиля на различных передачах

$$V_A = 0,377 \cdot \frac{n_e \cdot r_k}{U_{кп} \cdot U_0} \quad (3.12)$$

Таблица 3.2 - Скорость автомобиля на различных передачах

Обор. двс, об/мин	Скор. на 1 пер, м/с	Скор. на 2 пер, м/с	Скор. на 3 пер, м/с	Скор. на 4 пер, м/с	Скор. на 5 пер, м/с
907	2,7	3,5	4,6	6,1	8,0
1300	3,8	5,0	6,6	8,7	11,4
1650	4,8	6,4	8,4	11,0	14,5
2000	5,9	7,7	10,1	13,3	17,6

Продолжение таблицы 3.2

2350	6,9	9,0	11,9	15,7	20,6
2700	7,9	10,4	13,7	18,0	23,7
3050	8,9	11,7	15,5	20,3	26,8
3400	9,9	13,1	17,2	22,7	29,8
3750	11,0	14,4	19,0	25,0	32,9
4100	12,0	15,8	20,8	27,3	36,0
4450	13,0	17,1	22,5	29,7	39,1
4800	14,0	18,5	24,3	32,0	42,1
5150	15,1	19,8	26,1	34,3	45,2
5539	16,2	21,3	28,1	36,9	48,6

3.1.7 Сила тяги на ведущих колёсах

$$F_T = \frac{M_E \cdot U_{к.п.} \cdot U_0 \cdot \eta_{TP}}{r_K} \quad (3.13)$$

Таблица 3.3 - Тяговый баланс

Обор. дв-ля, об/мин	F тяги на 1 пер, Н	F тяги на 2 пер, Н	F тяги на 3 пер, Н	F тяги на 4 пер, Н	F тяги на 5 пер, Н
907	4721	3587	2725	2071	1574
1300	4899	3723	2829	2149	1633
1650	5020	3815	2898	2202	1673
2000	5105	3879	2947	2239	1702
2350	5153	3915	2975	2261	1718
2700	5165	3924	2982	2266	1722
3050	5140	3905	2967	2255	1713
3400	5079	3859	2932	2228	1693

Продолжение таблицы 3.3

3750	4981	3785	2876	2185	1660
4100	4847	3683	2799	2127	1616
4450	4677	3554	2700	2052	1559
4800	4471	3397	2581	1961	1490
5150	4228	3212	2441	1855	1409
5539	3915	2975	2260	1718	1305

3.1.8 Силы сопротивления движению

Сила сопротивления воздуху

$$F_B = H \cdot \rho_B \cdot C_x \cdot \frac{V_A^2}{2}. \quad (3.14)$$

Сила сопротивления качению

$$F_f = G_A \cdot f_k; \quad (3.15)$$

$$f_k = f_0 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot V_A^2). \quad (3.16)$$

Таблица 3.4 - Силы сопротивления движению

Скор-ть, м/с	F сопр. возд, Н	F сопр. кач-ю, Н	Σ F сопр. движ-ю, Н
0	0	178	178
5	10	180	190
10	39	187	226
15	87	198	285
20	155	214	369
25	242	234	476

Продолжение таблицы 3.4

30	349	258	607
35	475	287	762
40	621	321	941
45	785	358	1144
50	970	401	1370
55	1173	447	1621
60	1396	499	1895
65	1639	554	2193

3.1.9 Динамический фактор

$$D = \frac{F_T - F_B}{G_A} \quad (3.17)$$

$$D_\varphi = \frac{G_{сц} \cdot \varphi}{G_A} \quad (3.18)$$

Таблица 3.5 - Динамический фактор на передачах

Обор. двс, об/мин	Дин-й фактор на 1 пер	Дин-й фактор на 2 пер	Дин-й фактор на 3 пер	Дин-й фактор на 4 пер	Дин-й фактор на 5 пер
907	0,318	0,241	0,183	0,139	0,104
1300	0,330	0,250	0,190	0,143	0,107
1650	0,338	0,256	0,194	0,145	0,107
2000	0,343	0,260	0,196	0,146	0,107
2350	0,346	0,262	0,197	0,146	0,105
2700	0,346	0,262	0,196	0,144	0,101
3050	0,344	0,260	0,194	0,141	0,097
3400	0,340	0,256	0,190	0,137	0,091
3750	0,333	0,250	0,184	0,131	0,084

Продолжение таблицы 3.5

4100	0,323	0,242	0,177	0,124	0,075
4450	0,311	0,232	0,169	0,115	0,065
4800	0,296	0,220	0,158	0,105	0,054
5150	0,279	0,206	0,147	0,094	0,042
5539	0,257	0,189	0,132	0,080	0,026

3.1.10 Ускорения автомобиля

$$j = \frac{(D - \Psi) \cdot g}{\delta_{BP}} \quad (3.19)$$

где δ_{BP} - коэффициент учета вращающихся масс,

Ψ - коэффициент суммарного сопротивления дороги.

$$\Psi = f + i \quad (3.20)$$

i – величина преодолеваемого подъёма ($i = 0$).

$$\delta_{BP} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_{КП}^2) \quad (3.21)$$

где: δ_1 - коэффициент учёта вращающихся масс колёс;

δ_2 - коэффициент учёта вращающихся масс двигателя: $\delta_1 = \delta_2 = 0,03$.

Таблица 3.6 - Коэффициент учета вращающихся масс

	$U1$	$U2$	$U3$	$U4$	$U5$
δ	1,203	1,130	1,088	1,063	1,049

Таблица 3.7 - Ускорение автомобиля на передачах

Обор двс, об/мин	Ускор. на 1 пер, м/с ²	Ускор. на 2 пер, м/с ²	Ускор. на 3 пер, м/с ²	Ускор. на 4 пер, м/с ²	Ускор. на 5 пер, м/с ²
907	2,49	1,99	1,54	1,17	0,86
1300	2,59	2,07	1,60	1,20	0,88

Продолжение таблицы 3.7

1650	2,66	2,12	1,63	1,22	0,88
2000	2,70	2,15	1,65	1,23	0,87
2350	2,72	2,16	1,66	1,22	0,84
2700	2,72	2,16	1,65	1,20	0,80
3050	2,71	2,14	1,63	1,17	0,75
3400	2,67	2,11	1,59	1,12	0,69
3750	2,61	2,05	1,54	1,06	0,61
4100	2,53	1,98	1,47	0,99	0,52
4450	2,43	1,89	1,39	0,90	0,41
4800	2,31	1,79	1,29	0,80	0,29
5150	2,17	1,67	1,18	0,69	0,16
5539	1,99	1,51	1,04	0,55	0,00

3.1.11 Величины обратные ускорениям автомобиля

Таблица 3.8 - Величины обратные ускорениям автомобиля

Обор двс, об/мин	Обр.ускор. на 1пер, с2/м	Обр.ускор. на 2пер, с2/м	Обр.ускор. на 3пер, с2/м	Обр.ускор. на 4пер, с2/м	Обр.ускор. на 5пер, с2/м
907	0,40	0,50	0,65	0,86	1,16
1300	0,39	0,48	0,63	0,83	1,14
1650	0,38	0,47	0,61	0,82	1,14
2000	0,37	0,47	0,60	0,81	1,15
2350	0,37	0,46	0,60	0,82	1,19
2700	0,37	0,46	0,61	0,83	1,24
3050	0,37	0,47	0,61	0,86	1,33
3400	0,37	0,47	0,63	0,89	1,46

Продолжение таблицы 3.8

3750	0,38	0,49	0,65	0,94	1,64
4100	0,40	0,50	0,68	1,01	1,94
4450	0,41	0,53	0,72	1,11	2,43
4800	0,43	0,56	0,78	1,24	3,41
5150	0,46	0,60	0,85	1,44	6,18
5539	0,50	0,66	0,96	1,81	-

3.1.12 Время и путь разгона

$$\Delta t = \int_{V_i}^{V_{i+1}} \frac{1}{j} dV \approx \left(\frac{1}{j_{CP}} \right)_{i+1} \cdot (V_{i+1} - V_i) \quad (3.22)$$

$$\left(\frac{1}{j_{CP}} \right)_\kappa = \frac{(1/j)_{\kappa-1} + (1/j)_\kappa}{2} \quad (3.23)$$

где κ – порядковый номер интервала.

$$\Delta t = \left(\frac{1}{j_{CP}} \right)_\kappa \cdot (V_\kappa - V_{\kappa-1}) \quad (3.24)$$

$$t_1 = \Delta t_1, t_2 = \Delta t_1 + \Delta t_2, t_n = \sum_{\kappa=1}^n \Delta t_\kappa. \quad (3.25)$$

где t_1 – время разгона от скорости V_0 до скорости V_1 ,

t_2 – время разгона до скорости V_2 .

Таблица 3.9 - Время разгона автомобиля

Диап. скор, м/с	Площ, мм ²	Вр. t, с
0-5	187	0,9
0-10	561	2,8

Продолжение таблицы 3.9

0-15	980	4,9
0-20	1532	7,7
0-25	2235	11,2
0-30	3159	15,8
0-35	4332	21,7
0-40	5820	29,1
0-45	7691	38,5

$$\Delta S = V_{CPk} \cdot (t_k - t_{k-1}) = V_{CPk} \cdot \Delta t_k \quad (3.26)$$

где $k = 1 \dots m$ – порядковый номер интервала, m выбирается произвольно ($m = n$).

Путь разгона от скорости V_o

до скорости V_1 : $S_1 = \Delta S_1$,

до скорости V_2 : $S_2 = \Delta S_1 + \Delta S_2$,

до скорости V_n : $S_n = \sum_{k=1}^m \Delta S_k$

Таблица 3.10 - Путь разгона автомобиля

Диап. скор, м/с	Площ, мм ²	ПутьS, м
0-5	47	2
0-10	327	16
0-15	851	43
0-20	1817	91
0-25	3399	170
0-30	5939	297

Продолжение таблицы 3.10

0-35	9751	488
0-40	15330	767
0-45	23283	1164

3.1.13 Мощностной баланс

$$N_K = N_e \cdot \eta_{TP} = N_f + N_{II} + N_B + N_j, \quad (3.27)$$

N_f - мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления качению;

N_B - мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления воздуха;

N_{II} - мощность, затрачиваемая на преодоление подъема ($N_{II} = 0$);

N_j - мощность, затрачиваемая на ускорение автомобиля ($N_i = 0$).

Таблица 3.11 - Мощностной баланс

Обор дв- ля, об/мин	Мощн. на кол, кВт
907	12,5
1300	18,6
1650	24,2
2000	29,9
2350	35,4
2700	40,8
3050	45,9
3400	50,5
3750	54,6

Продолжение таблицы 3.11

4100	58,1
4450	60,9
4800	62,8
5150	63,7
5539	63,4

Таблица 3.12 - Мощность сопротивления движению

Скор., м/с	Мощн. сопр. возд.	Мощн. сопр. кач-я	Сумм. мощн. сопр.
0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,9	0,9
10	0,4	1,9	2,3
15	1,3	3,0	4,3
20	3,1	4,3	7,4
25	6,1	5,8	11,9
30	10,5	7,7	18,2
35	16,6	10,0	26,7
40	24,8	12,8	37,6
45	35,3	16,1	51,5
50	48,5	20,0	68,5
55	64,5	24,6	89,1
60	83,8	29,9	113,7
65	106,5	36,0	142,5

$$Q_s = \frac{1.1 \cdot g_{e \min} K_{II} \cdot K_E (N_f + N_B)}{36000 \cdot V_a \cdot \rho_T \cdot \eta_{TP}} \quad (3.28)$$

где $g_{e \min} = 290$ г/(кВт·ч) – минимальный удельный расход топлива.

$$K_{II} = 1,152 \cdot II^2 - 1,728 \cdot II + 1,523 \quad (3.29)$$

$$K_E = 0,53 \cdot E^2 - 0,753 \cdot E + 1,227 \quad (3.30)$$

$$II = \frac{N_f + N_B}{N_T} \quad (3.31)$$

$$E = \frac{w_e}{w_{eN}} \quad (3.32)$$

Таблица 3.13 - Путевой расход топлива на высшей передаче

Обор. дв-ля, об/мин	Скорость, м/с	Знач.И	Знач.Е	Знач.К _И	Знач.К _Е	Знач. Q _S
907	8,0	0,132	0,172	1,314	1,163	4,3
1300	11,4	0,147	0,246	1,294	1,124	4,7
1650	14,5	0,166	0,313	1,268	1,093	5,2
2000	17,6	0,191	0,379	1,235	1,068	5,8
2350	20,6	0,222	0,446	1,196	1,047	6,5
2700	23,7	0,259	0,512	1,153	1,030	7,2
3050	26,8	0,303	0,578	1,105	1,019	7,9
3400	29,8	0,356	0,645	1,054	1,012	8,7
3750	32,9	0,418	0,711	1,002	1,010	9,5
4100	36,0	0,492	0,777	0,951	1,012	10,4
4450	39,1	0,581	0,844	0,908	1,019	11,3
4800	42,1	0,688	0,910	0,879	1,031	12,6
5150	45,2	0,818	0,976	0,880	1,047	14,4

3.2 Расчет деталей привода ведущих колес

3.2.1 Расчет правого вала привода передних колес. Проверочный расчет

Исходные данные:

$$T_{emax} = 163.2 \quad U_1 = 2.4 \quad U_{2n} = 4.1$$
$$M_{кр} = \frac{T_{emax} \cdot U_1 \cdot U_{2n}}{2} \quad (3.33)$$

$$M_{кр} = \frac{163.2 \cdot 2.4 \cdot 4.1}{2} = 802.94 \quad \text{Нм}$$

$$\rho = 0.015 \quad \text{м}$$

$$d = 0.03 \quad \text{м}$$

где ρ - радиус вала привода; d - диаметр вала привода;

$$\rho_{max} = \rho$$

$$\tau_{max} = \frac{M_{кр} \cdot \rho_{max}}{J_p} \quad (3.34)$$

где J_p - полярный момент инерции поперечного сечения вала;

Расчет полярного момента инерции поперечного сечения вала.

$$J_p = \frac{\pi \cdot d^4}{32} \quad (3.35)$$

$$J_p = \frac{3.14 \cdot 0.03^4}{32} = 7.95 \times 10^{-8} \quad \text{м}^4$$

Максимальное касательное напряжение будет равно:

$$\tau_{max} = \frac{802.94 \cdot 0.015}{7.95 \times 10^{-8}} = 1.51 \times 10^8 \text{ Нм}^2$$

Значение допустимого касательного напряжения для данного вала будет равным:

$$[\tau] = 2,3 \cdot 10^8 \text{ Нм}^2$$

Значение расчетного касательного напряжения меньше чем допустимое, следовательно условие выполняется:

$$\tau < [\tau]$$

Расчет полярного момента сопротивления.

$$W_{pmax} = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \tag{3.36}$$

$$W_{pmax} = \frac{3.14 \cdot 0.03^3}{32} = 2.65 \times 10^{-6} \text{ м}^3$$

Определяем допустимый момент сопротивления.

$$W_{\rho} = \frac{M_{кр}}{\tau_{\partial}} \tag{3.37}$$

$$W_{\rho} = \frac{802.94}{2.3 \cdot 10^8} = 3.49 \times 10^{-6} \text{ м}^3$$

$$W_{pmax} < [W_{\rho}]$$

Условие выполняется.

Определение перемещений при кручении вала.

Угол относительного поворота концевых сечений этого участка определяется по формуле:

$$\phi = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{M_{кр} \cdot l}{G \cdot J_p} \quad (3.38)$$

где G - модуль сдвига; l - длина вала;

$$G = 78 \cdot 10^9 \frac{H}{m^2}$$

$$l = 0.403 \text{ м}$$

$$\phi = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{802.94 \cdot 0.403}{(78 \cdot 10^9) \cdot (7.95 \times 10^{-8})} = 2.99$$

Расчет на жесткость.

Для нормальной работы вала и связанных с ним деталей он должен иметь достаточную жесткость, т.е. наибольший относительный угол закручивания бруса не должен превышать допустимого.

Условие жесткости вала:

$$\Theta_{max} \leq [\theta]$$

$$\Theta_{max} = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{M_{кр}}{G \cdot J_p} \quad (3.39)$$

$$\Theta_{max} = \frac{180}{3.14} \cdot \frac{802.94}{(78 \cdot 10^9) \cdot (7.95 \times 10^{-8})} = 7.42 \quad \text{град/м}$$

$$[\theta] = (2,5...8) \text{ град/м}$$

Условие жесткости вала выполняется.

3.2.2 Расчет левого вала привода передних колес.

Проверочный расчет. Исходные данные:

$$M_{кр} = 802.94 \quad \text{Нм}$$

$$\rho = 0.039 \quad \text{м}$$

$$d = 0.042 \quad \text{м}$$

$$d_0 = 0.036 \quad \text{м}$$

где ρ - расстояние от оси вала до исследуемой точки; d - диаметр вала привода;

d_0 - внутренний диаметр вала;

Расчет касательных напряжений.

Наибольшей величины касательные напряжения достигают в крайних точках сечения, наиболее удаленных от оси вала.

$$\rho_{max} = \rho$$

$$\tau_{max} = \frac{M_{кр} \cdot \rho_{max}}{J_p} \quad (3.40)$$

где: J_p - полярный момент инерции поперечного сечения вала;

Расчет полярного момента инерции поперечного сечения вала.

$$J_p = \frac{\pi \cdot d^4 \cdot (1 - c^4)}{32} \quad (3.41)$$

где $c = \frac{d_0}{d} = \frac{0.036}{0.042} = 0.86$

$$J_p = \frac{3.14 \cdot 0.042^4 \cdot (1 - 0.86^4)}{32} = 1.38 \times 10^{-7} \text{ м}^4$$

Максимальное касательное напряжение будет равно:

$$\tau_{max} = \frac{M_{кр} \cdot \rho_{max}}{J_p} \quad (3.42)$$

$$\tau_{max} = \frac{802.94 \cdot 0.039}{1.38 \times 10^{-7}} = 2.27 \times 10^8 \text{ Нм}^2$$

Значение допустимого касательного напряжения для данного вала будет равным:

$$[\tau] = 2,3 \cdot 10^8 \text{ Нм}^2$$

Значение расчетного касательного напряжения меньше чем допустимое, следовательно условие выполняется:

$$\tau < [\tau]$$

Расчет полярного момента сопротивления.

$$W_{pmax} = \frac{\pi \cdot d^3 \cdot (1 - c^4)}{32} \quad (3.43)$$

$$W_{pmax} = \frac{3.14 \cdot 0.042^3 \cdot (1 - 0.86^4)}{32} = 3.29 \times 10^{-6} \text{ м}^3$$

Определяем допустимый момент сопротивления.

$$W\rho = \frac{M_{кр}}{\tau_{\partial}} \quad (3.44)$$

$$W\rho = \frac{802.94}{2.3 \cdot 10^8} = 3.49 \times 10^{-6} \text{ м}^3$$

$$W\rho_{max} < [W\rho]$$

Условие выполняется.

Определение перемещений при кручении вала.

Угол относительного поворота концевых сечений этого участка определяется по формуле:

$$\phi = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{M_{кр} \cdot l}{G \cdot J\rho} \quad (3.45)$$

где: G - модуль сдвига; l - длина вала;

$$G = 78 \cdot 10^9 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

$$l = 0.415 \text{ м}$$

$$\phi = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{802.94 \cdot 0.415}{(78 \cdot 10^9) \cdot (1.38 \times 10^{-7})} = 1.77$$

Расчет на жесткость.

Для нормальной работы вала и связанных с ним деталей он должен иметь достаточную жесткость, т.е. наибольший относительный угол закручивания бруса не должен превышать допустимого.

Условие жесткости вала:

$$\Theta_{max} \leq [\theta]$$

$$\Theta_{max} = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{M_{кр}}{G \cdot J_p} \quad (3.46)$$

$$\Theta_{max} = \frac{180}{3.14} \cdot \frac{802.94}{(78 \cdot 10^9) \cdot (1.38 \times 10^{-7})}$$
$$\Theta_{max} = 4.28 \text{ град/м}$$

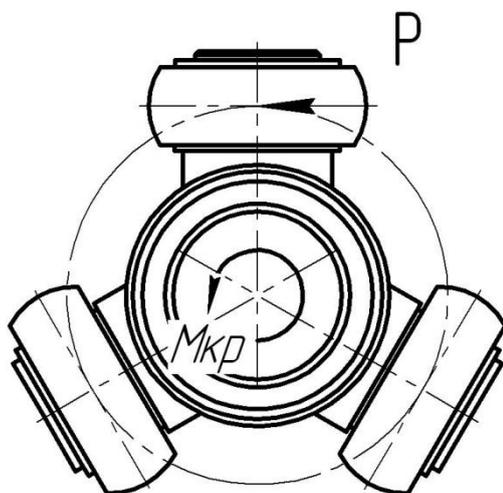
$$[\theta] = (2.5 \dots 8) \text{ град/м}$$

Условие жесткости вала выполняется.

$$\Theta_{max} = 4.28 \text{ град/м}$$

3.2.3 Расчет крестовины трехшипового КШРУСа привода ведущих колес

На шип карданного шарнира действует сила P .



Величина силы P определяется по формуле:

$$P = \frac{M_{кр}}{2R} = \frac{163,2}{2 \cdot 2,5} = 2594 \text{ кгс} \quad (3.47)$$

где R - расстояние от оси обоймы до середины шипа, $R = 2,5$ см.

Сила P действует на шип, вызывая его смятие, изгиб и срез.

Напряжение смятия не должно превышать 800 кгс/см^2 ,

напряжение изгиба - 3500 кгс/см^2 ,

напряжение среза - 1700 кгс/см^2 .

Напряжение смятия определяется по формуле:

$$\sigma_{смятия} = \frac{P}{l \cdot d} = \frac{2594}{1,6 \cdot 2,5} = 648 \text{ кгс/см}^2 \quad (3.48)$$

где d - диаметр шипа, $d = 1,6 \text{ см}$

l - длина шипа, $l = 1,25 \text{ см}$

Напряжение изгиба:

$$\sigma_{\text{изгиба}} = \frac{P \cdot l}{W \cdot 2} = \frac{2594 \cdot 1,25}{0,8 \cdot 2} = 2027 \text{ кгс/см}^2 \quad (3.49)$$

для шипа:

$$W = \frac{\pi r^3}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,8^3}{4} = 0,8 \text{ кгс/см}^2 \quad (3.50)$$

Напряжение среза:

$$\tau = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 2594}{3,14 \cdot 1,6^2} = 1290 \text{ кгс/см}^2 \quad (3.51)$$

3.2.3.1 Определение допустимого усилия, действующего на игольчатый подшипник

$$P_{\text{д}} = 780 \frac{ldk}{\sqrt[3]{n_{\text{п}}}} \quad (3.52)$$

Допустимое усилие определяется по формуле:

где i - число роликов или игловок; l - рабочая длина ролика, см; d - диаметр ролика, см;

$$n_{II} = \frac{n_{M \max}}{I_1} \cdot \operatorname{tg} \gamma \quad (3.53)$$

где n_{II} - число оборотов шипа в минуту,

γ - может достигать $16-18^\circ$, примем $\gamma = 17^\circ$;

k - поправочный коэффициент, учитывающий твердость.

При твердости поверхностей качения шипа обоймы корпуса подшипника и самих роликов, составляющих по Роквеллу HRC=59-60, $k=1$.

где $i=40$ шт.

$M_{кр}=163,2$ кгм

$l=10$ мм

при $n=3700$ об/мин

$d=1,4$ мм

$\gamma=17^\circ$

$k=1$

$I_1=7,44$

$$n_{II} = \frac{n}{i_1} \cdot \operatorname{tg} \gamma = \frac{3700 \cdot 0,3057}{7,44} = 152 \text{ об / мин.} \quad (3.54)$$

Тогда P_D будет равно

$$P_D = 780 \cdot \frac{40 \cdot 1,4 \cdot 1}{\sqrt[3]{152}} = 1700 \text{ кгс} \quad (3.55)$$

$$P_D < P$$

3.2.4 Расчет шлицевого зацепления

Боковые поверхности зубьев шлицевых соединений работают на смятие, а основание их на изгиб и срез.

Для применяемых соотношений элементов шлицевых соединений основным является расчет на смятие:

$$M_{кр} = 163.2$$

$$\sigma_{см} := \frac{10^3 \cdot M_{кр}}{\phi \cdot F \cdot l \cdot r_{ср}} \quad (3.56)$$

где

$T_{max пр}$ - наибольший допустимый вращающий момент, передаваемый соединением, Н.м.

ϕ - коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузок по рабочим поверхностям зубьев; $\phi = (0,7 - 0,8)$;

Принимаем $\phi = 0,75$.

F - площадь всех боковых поверхностей зубьев с одной стороны на 1 мм длины, мм²/мм.

$$F := z \cdot \left[\frac{D_B - d_a}{2} - (f + r) \right] \quad (3.57)$$

где z - число зубьев;

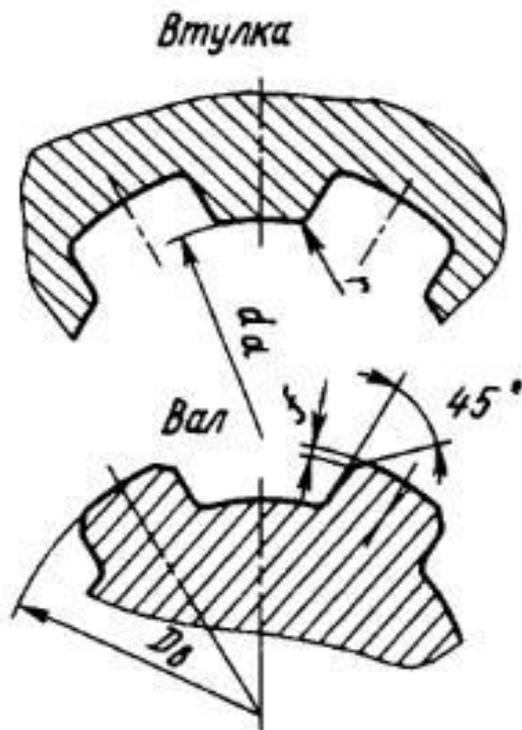
D_B - наружный диаметр зубьев вала, мм;

d_a - диаметр отверстия шлицевой втулки, мм;

f - размер фаски шлицев, мм;

r - размер закругления, мм;

l - рабочая длина зуба, мм;



$$r_{cp} := \frac{D_B + d_a}{4} \quad (3.58)$$

$$D_B := 25 \quad d_a := 20$$

$$r_{cp} := \frac{D_B + d_a}{4} \quad (3.59)$$

$$r_{cp} = 11.25 \quad z := 14 \quad f := 0.5 \quad r := 1$$

$$F := z \cdot \left[\frac{D_B - d_a}{2} - (f + r) \right] \quad (3.60)$$

где $F = 14$; $l := 25$; $\phi := 0.75$

$$\sigma_{\text{сМ}} := \frac{10^3 \cdot M_{\text{кр}}}{\phi \cdot F \cdot l \cdot r_{\text{ср}}} \quad (3.61)$$

$$\sigma_{\text{сМ}} = 55.74 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\text{сМ}} \leq [\sigma_{\text{сМ}}]$$

$$[\sigma_{\text{сМ}}] = 100 \text{ МПа};$$

Условие выполняется.

4 Технологическая часть

Технология сборки привода передних колес.

4.1 Создание списка работ для сборки узла

Таблица 4.1

№	Названия главных и дополнительных стадий процесса сборки.	Вр, минуты.
1. Стадия по сборке внешнего КШРУСа		
1	Оглядеть деталь-корпуса внимательно с каждой стороны	0,07
2	Произвести установку деталь-корпуса в специальную установку для сборки	0,05
3	Произвести смазывание элемента деталь-корпуса	0,11
4	Оглядеть деталь-обойму внимательно с каждой стороны	0,06
5	Произвести смазывание элемента деталь-обоймы	0,11
6	Оглядеть сепаратор-шариковый	0,06
7	Произвести смазывание элемента сепаратор-шариковый	0,09
8	Произвести вставку деталь-обоймы в сепаратор-шариковый	0,05
9	Произвести вставку сепаратор-шариковый в собранном состоянии с обоймой в деталь-корпуса	0,05
10	Запрессовка- шариков в сепаратор-шариковый	0,17
11	Произвести заполнение шарнира смазкой	0,11
12	Перенести шарнир в собранном состоянии на главную линию сборки	0,01

Продолжение таблицы 4.1

Итого:		0,940
2. Стадия по сборке КШРУСа внутренней стороны привода		
1	Оглядеть деталь-корпус внимательно с каждой стороны	0,07
2	Произвести установку деталь-корпуса в специальную установку для сборки	0,05
3	Произвести смазывание элемента деталь-корпус	0,11
4	Оглядеть деталь-обойму	0,06
5	Произвести смазывание элемента деталь-обойма	0,09
6	Оглядеть сепаратор-шариковый	0,08
7	Произвести смазывание элемента сепаратор-шариковый	0,09
8	Произвести вставку деталь-обойма в сепаратор-шариковый	0,05
9	Произвести вставку сепаратор-шариковый в собранном состоянии с обоймой в деталь-корпуса	0,05
10	Произвести вставку шарик в сепаратор-шариковый	0,17
11	Произвести установку фиксатора	0,05
12	Произвести заполнение шарнира смазкой	0,09
13	Перенести шарнир в собранном состоянии на главную линию сборки	0,03
Итого:		0,980
3. Общая сборка привода		
1	Оглядеть вал	0,09

Продолжение таблицы 4.1

2	Произвести установку вала в специальную установку для сборки	0,06
3	Произвести смазывание элемента канавку вала машинным маслом	0,08
4	Оглядеть стопорное кольцо	0,01
5	Произвести установку стопорное кольцо в канавку вала	0,05
6	Оглядеть технологическое кольцо	0,01
7	Произвести установку технологическое кольцо	0,05
8	Произвести установку чехла защитного внешнего КШРУСа	0,03
9	Произвести установку чехла защитного для КШРУСа с внутренней стороны	0,03
10	Произвести установку хомута внешнего шарнира	0,05
11	Произвести установку хомута шарнира с внутренней стороны	0,05
12	Произвести установку наружный шарнир	0,08
13	Произвести установку хомут внешнего шарнира	0,05
14	Произвести установку внутренний шарнир	0,10
15	Произвести установку хомута шарнира с внутренней стороны	0,03
Итого:		0,740
Всего $\sum t_{оп}$:		2,700

4.2 Определение трудоемкости сборки

$$t_o^{об} = \sum t_o = 2,70 \text{ мин}$$

$$t_{ш}^{об} = t_o^{об} + t_o^{об} * (\alpha + \beta/100)$$

$$\alpha = 3,0\%$$

$$\beta = 5,0\%$$

$$t_{ш}^{об} = 2,9160 \text{ мин.}$$

4.3 Определение типа производства

Тип производства–массовое.

Определение такта выпускаемого изд-я:

$$T_{вып} = (F_{Дг} 60) / Nг$$

где $F_{Дг} = 4015$ – действ-ый год-й объем раб-го вр. сбор-го обор-я в 1 см.

$Nг = 100000,0$ – год-й объем выпуска изделий.

$$T_{вып} = (4015,0 \cdot 60) / 100000,0 = 2,4090$$

4.4 Составление маршрутной технологии

Таблица 4.2 Составление маршрутной технологии

№номер стадии	Стадия- операция	Список стадий сборочного процесса	Техническое оснащение объекта для сборки узла	Вр, минуты
1. Сборка внешнего шарнира				

05		1. Произвести установку детали корпуса в специальную установку для сборки	Специальную установку для сборки Грузонесущий	
05		2. Произвести установку детали корпуса в специальную установку для сборки	Специальное установочно-зажное специальную установку для сборки Грузонесущий	
		3. Произвести смазывание элемента детали-обоймы 4. Произвести вставку детали обоймы в сепаратора шариковый 5. Произвести вставку сепаратора-шариковый с обоймой в деталь-корпуса 6. Снять детали-корпуса 7. Перенести детали-корпуса на следующую стадию	подвесной конвейер ЦПК-80Р	

		<p>8.Произвести установку детали-корпуса в специальную установку для сборки</p> <p>9.Запрессовка- шарика в детали корпуса</p> <p>10.Снять детали корпуса</p>	<p>Специальный пневматический пресс</p> <p>Специальное установочно-зажное специальную установку для сборки</p> <p>Грузонесущий подвесной конвейер ЦПК-80Р</p>	0,94
		<p>11.Перенести деталь корпуса на следующую стадию</p>		

		12.Произвести установку детали корпуса в специальную установку для сборки	Специальное автоматическое устройство для заполнения	
2. Сборка шарнира с внутренней стороны				
05		1. Произвести установку детали-корпуса в специальную установку для сборки 2. Произвести смазывание элемента детали-обоймы 3. Произвести вставку детали-обоймы в сепаратор-шариковый Произвести вставку сепаратора шарнира смазкой	Специальное установочно-зажное специальную установку для сборки Грузонесущий подвесной конвейер ЦПК-80Р	

		<p>4. шариковый с обоймой в деталь-корпус</p> <p>5. Снять деталь-корпус</p> <p>6. Перенести деталь-корпус на следующую позицию</p>		
		<p>7. Произвести установку деталей корпуса в специальную установку для сборки</p> <p>8. Запрессовка- шариков в деталей корпуса</p> <p>9. Снять деталь-корпус</p>	<p>Специальный пневматический пресс</p> <p>Специальную установку для сборки</p> <p>Грузонесущий подвесной конвейер ЦПК-80Р</p>	0,92
		<p>10. Перенести детали корпуса на следующую позицию</p>		

		11.Произвести установку детали корпуса в специальную установку для сборки	специальная установка для сборки Грузонесущий подвесной конвейер ЦПК-80Р	
		12.Произвести установку фиксатора		
		13.Снять детали корпуса		
		14. Перенести детали корпуса на следующую позицию		
		15.Произвести установку деталей корпуса в специальную установку для сборки	Специальное автоматическое устройство для заполнения шарнира смазкой	
		16.Произвести заполнение шарнир смазкой Шрус-4	Специальное установочно-зажное	
		17.Снять детали-корпуса	специальную установку для сборки	
3. Общая сборка привода				

		<p>1. Смазка канавки вала машинным маслом</p> <p>2. Произвести установку стопорное кольцо в канавку вала</p> <p>3. Произвести установку технологическое кольцо</p> <p>4. Снять вал</p> <p>5. Перенести вал на следующую позицию</p>	ЦПК-80Р	
		<p>6. Смазка канавки вала машинным маслом</p> <p>7. Произвести установку стопорного кольца в канавку вала</p> <p>8. Произвести установку технологического кольца</p> <p>9. Снять вал</p> <p>10. Перенести вал на следующую позицию</p>	ЦПК-80Р	

		<p>12.Произвести установку вала в специальную установку для сборки</p> <p>13.Произвести установку наружного шарнира</p> <p>14.Выпустить "избыток" воздуха из чехла</p> <p>15.Произвести установку хомута внешнего шарнира</p> <p>16.Произвести установку внутреннего шарнира</p> <p>17.Выпустить "избыток" воздуха из чехла</p>	<p>специальная установка для сборки Грузонесущий подвесной конвейер ЦПК-80Р Молоток слесарный стальной по ГОСТ 2310-77</p> <p>Отправка Отправка 67.7853.9537.</p>	
		<p>18.Произвести установку хомуты шарнира с внутренней стороны</p> <p>19.Снять вал</p>		

5 Безопасность и экологичность объекта

5.1 Анализ влияния применения модернизированных приводов ведущих колес на шум в салоне автомобиля

Виброакустическую характеристику автомобиля в основном составляют вибрация и шум, возникающие в результате работы различных агрегатов и узлов автомобиля, они являются основными показателями, которые характеризуют комфортабельность, качество, надёжность и конкурентоспособность автомобилей как на мировом рынке так и на внутреннем, поэтому одной из целей данной бакалаврской работы является снижение вибрации и шума.

Среди всех агрегатов и узлов являющихся источниками вибраций и шума, выделяются конечно главным образом коробка переключения передач и двигатель автомобиля, но также влияет на шум и вибрацию автомобиля приводные валы, крестовины и шарниры равных угловых скоростей присутствующие в конструкции автомобилей.

Шум приводов ведущих колес может оказывать существенное влияние на образование как внешнего так и внутреннего шума автомобиля, при этом чем более малошумен автомобиль, тем более выделяется шум работы приводных валов и других элементов трансмиссии.

Сильное влияние на механический шум оказывает нагрузка, при увеличении частоты вращения на каждые 1000 об/мин коленчатого вала двигателя шум возрастает на 5 дБА.

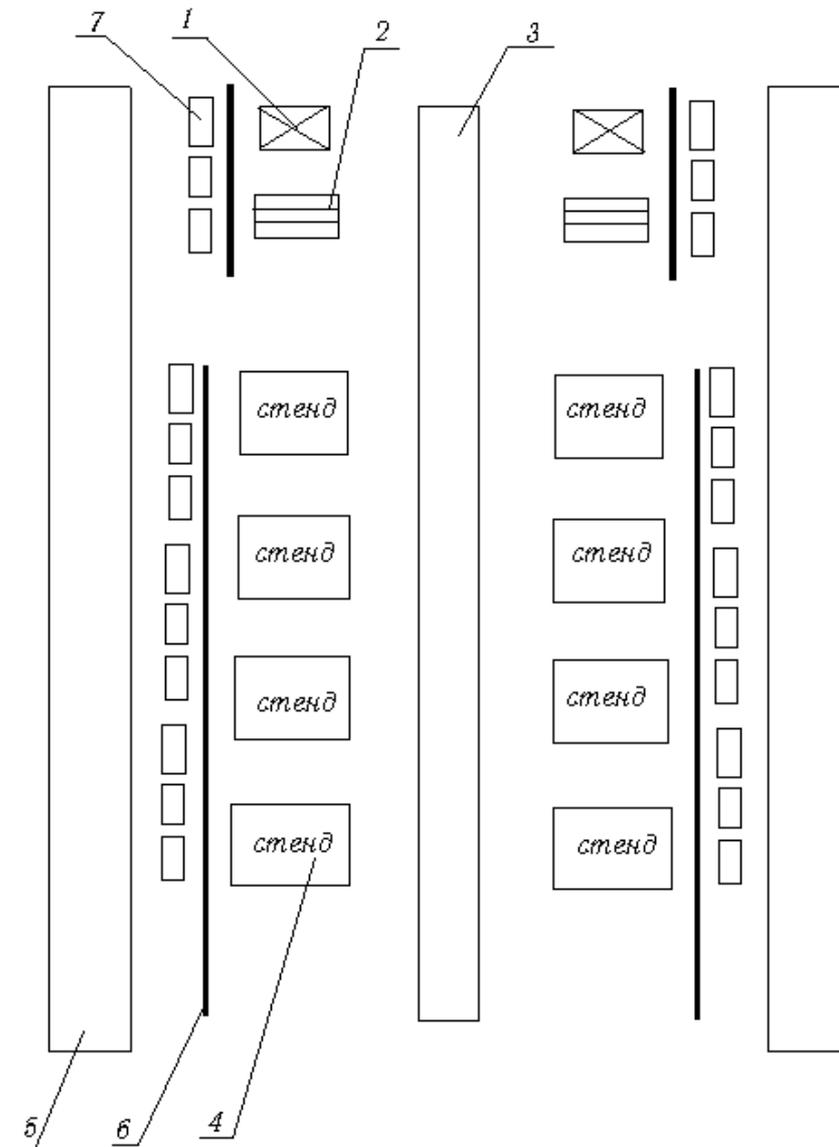
Приводы ведущих колес служат для передачи крутящего момента от двигателя на ведущие колеса посредством зубчатых зацеплений и шариковых сепараторов. При использовании защитных гофрированных чехлов карданных шарниров равных угловых скоростей, уменьшается вероятность повреждения защитных резиновых чехлов, что может привести к повреждению шарниров, а значит уменьшаются вибрации автомобиля следовательно и снижается шум издаваемый шарнирами, т.е. повышается комфортабельность езды.

5.2 Рабочее место, оборудование и выполняемые операции

Монтаж привода передних колес планируется разместить на площадях АО "АВТОВАЗ" Тольятти. Система монтажа представляет собой линию конвейера с ленточным транспортером и монтажными стойками. План монтажной площадки представлен на рисунке. 5.1

Таблица 5.1 – Список технического оснащения для сборочного объекта

Номер поз. на схеме объекта	Названия технического оснащения	Стадии исполняемые с использованием технического
1.	Пресовая установка с пневмо-приводом	1. Запрессовка шариков в деталь-корпус шарнира
2.	Зажимное механическое устройство	1. Установка датали-обоймы и сепаратора-шарикового в деталь-корпус КШРУСа.
4.	Специальный стол-установка для сборки приводных валов для ведущих-передних колес, установка для загрузки смазки в КШРУС. Отвертка-плоская. Отвертка-крестовая. Кувалда слесарная стальная по ГОСТ 2311-67. Щипцы установки хомута.	1.Загрузка смазки. 2.Установка стопорного кольца. 3. Установка чехла-КШРУСа. 4.Установка КШРУСов на вал. 5.Выпуск избыточного воздуха из чехлов-КШРУСов. 6.Монтаж для хомута.



1. Пресовая установка с пневмо-приводом
2. Зажимное механическое устройство
3. Линия сборки конвейерно-ленточного типа
4. Специальный стол-установка для сборки
5. Дорога для доставки боксов для запчастей
6. Отгораживающий забор
7. Боксы для запчастей

Рисунок 5.1 - Схема объекта для сборки привода ведущих-передних колес

а/м.

5.3 Безопасность в чрезвычайных и аварийных ситуациях

5.3.1 Мероприятия по предотвращению несчастных случаев и стихийных бедствий

- а) сигнал тревоги пожара.
- б) сигнал тревоги о стихиях.

Необходимость заранее проинформированности о предстоящей катастрофе и доставлены в безопасное место. Все электрические устройства должны быть отключены в этом случае.

5.3.2 Меры по нейтрализации разрушений

- а) нейтрализация местных пожаров должна начинаться работниками с использованием удобных пожарных средств, сразу после обнаружения пожаров должна быть пожарная охрана и эвакуация незаселенных в пожарной службе работников.
- б) устранение завалов и последствий наводнений должно осуществляться службами МЧС с возможным соединением добровольных помощников и коммунальных служб.

Стандартные требования – в приложении Б.

6 Экономическая эффективность проекта

В связи с все увеличивающейся конкуренцией на мировом рынке автомобилей необходимо всемерное ускорение научно – технического прогресса на основе интеграции науки и производства, повышения качества изделий, сокращение сроков разработки и внедрение новой техники.

Основной задачей при разработке новой конструкции приводов является обеспечение надежной их работы. Поэтому был модернизирован шариковый карданный шарнир равных угловых скоростей, т.е. замена его на трехшиповый карданный шарнир типа «Трипод».

Сущность модернизации заключается в следующем:

В данной работе бакалавра разработаны и спроектированы приводы ведущих колес, для установки его на автомобиль 2-го класса, а именно предлагается вместо внутренних шариковых карданных шарниров заменить на трехшиповый карданный шарнир типа «Трипод», который имеет ряд преимуществ:

- Меньшее количество деталей в конструкции шарнира;
- Более высокий КПД, и как следствие больший ресурс шарнира;
- Более высокая технологичность конструкции;

6.1 Расчет себестоимости проектируемой конструкции приводов

Таблица 6.1

Наименование	Обозначение	Ед. изм.	Значение
Выпуск изделий в год	Vг.	Шт.	10000
Страховой взнос в структуры ФОМС, ПФР, ФСС	Есц.	%	30
Расходы общие заводские	Ео.зав.	%	215
Коммерческие расходы	Ек.	%	5
Содержательные и эксплуатационные расходы на оборудование	Еоб.	%	194
Транспортные заготовительные расходы	Кт.зр.	%	1,45
Цеховые расходы	Ецх	%	183
Расходы на оснащение и инструменты	Еинс.	%	3
Рентабельность плана накопительного	Крнт.	%	30
Доплаты и выплаты не связанные с производством	Квп.	%	12
Премии и доплаты связанные с производством	Кпрм.	%	23
Возвратные отходы производства	Квт	%	1
Часовой тариф – 3 разряд	Ср3	руб.	66,71
Часовой тариф – 4 разряд	Ср4	руб.	72,24
Часовой тариф – 6 разряд	Ср6	руб.	93,81
Образующие капитал инвестиции	Ки	%	18,90

Расходы на "Сырье и материалы" производится по формуле:

$$M = C_{M_i} \cdot Q_{M_i} \cdot \left(1 + \frac{K_{mзр}}{100} - \frac{K_{гом}}{100} \right) \quad (5.1)$$

где C_m – опт-я цена мат-ла i -го вида,руб.;

Q_m – норм. расхс мат-ла i -го вида,кг.,м.;

$K_{т.зр}$ – коэфф-т трансп.-загот-ых расх-в,%;

K_v – коэфф-т возвр-х отх.,%;

Таблица 6.2 - Расчет затрат на сырье и материалы

Наименование материала	Ед.изм.	Цена за ед.руб.	Норма расхода	Сумма руб.
Сталь 50 ГОСТ Т050-88	кг	77,14	1,5	115,71
Круг 25-4-ГОСТ 1051-73 40-Т-Б-ГОСТ 1050-88	кг	45,87	1,8	82,566
Сталь 30ХМ ТУ 14-1-2252-90	кг	49,15	0,7	34,405
Труба 40вн.33,6 ТУ 14-3-747-78	кг	79,82	1,2	95,78
Итого				328,47
Ктз		1,45		4,76
Квт		1		3,28
Всего				336,51

$$M = 336.51$$

Расходы "Покупные изделия и полуфабрикаты" производится по формуле:

$$P_u = C_i \cdot n_i \cdot \left(1 + \frac{K_{мзр}}{100} \right) \quad (5.2)$$

где C_i - оптовая цена покупных изделий и полуфабрикатов i -го вида,руб.;

n_i - количество покупных изделий и полуфабрикатов i -го вида, шт.;

Таблица 6.3 - Расчет затрат на покупные изделия

Наименование изделия	Цена, руб.	Кол-во, шт.	Сумма, руб.
Гофра-чехол	123,2	2	246,40
Гофра-чехол	125	1	125,00
Внутренний гофра-чехол	95	1	95,00
Стопорное кольцо	3	2	6,00
Наружный хомут чехла	7	2	14,00
Стопорное кольцо зубчатого колеса	7,7	2	
Внутренний хомут	5	2	10,00
Итого			496,40
Ктз		1,45	7,20
Всего			503,60

$$P_{и} = 503.60$$

Расходы "Основная заработная плата производственных рабочих" производится по формуле:

$$Z_o = Z_T \cdot \left(1 + \frac{K_{прем.}}{100} \right) \quad (5.3)$$

где Z_T – тариф. зараб. плата, руб., которая рассчит-ся по формуле

$$Z_m = C_{p.i} \cdot T_i \quad (5.4)$$

где $C_{p.i}$ - часовая тарифная ставка, руб.;

T_i - трудоёмкость выполнения операции, час.;

$K_{прм}$ – коэфф-т прем. и доп., связ-х с раб-й на произв., %.

Таблица 6.4 - Расчет затрат на выполнение операций

Виды операций	Разряд	Трудоемк.	Тарифн. Ставка, руб.	Зар.Пл. осн.
---------------	--------	-----------	----------------------	--------------

Сборка шарниров	3	0,107	66,71	7,14
Сборка вала привода с шарнирами	4	0,068	72,24	4,91
Контрольная-испыт-ая	6	0,166	93,81	15,57
Итого				27,62
Прем. доплаты			23	6,35
Осн. з/п				33,98

$$3o = 33.98$$

Расходы "Дополнительная заработная плата производственных рабочих" выполняется по формуле:

$$K_{вп} = 0.12 \quad (5.5)$$

$$Зд = Зо \cdot K_{вп}$$

$$Зд = 33.98 \cdot 0.12 = 4.08$$

где $K_{вп}$ – коэфф-т доплат или выплат не связанных с работой на производстве, %.

Расходы "Страховые взносы в ПФР, ФОМС, ФСС" выполняется по формуле:

$$E_{с.н} = 0.30 \quad (5.6)$$

$$C_{с.н} = (Зо + Зд) \cdot E_{с.н}$$

$$C_{с.н} = (33.98 + 4.08) \cdot 0.30 = 11.42$$

где $E_{с.н}$ - коэфф-т отчислений в страховые взносы в ПФР, ФОМС, ФСС, %;

Расходы "Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования" выполняется по формуле:

$$E_{об} = 1.94 \quad (5.7)$$

$$C_{с.об} = Зо \cdot E_{об}$$

$$C_{с.об} = 33.98 \cdot 1.94 = 65.92$$

где $E_{об}$ - коэфф-т расх. на сод-е и экспл-ю обор-я, %;

Расходы "Цеховые расходы" выполняется по формуле:

$$E_{цх} = 1.83 \quad (5.8)$$

$$C_{цх} = 30 \cdot E_{цх}$$

$$C_{цх} = 33.98 \cdot 1.83 = 62.18$$

где $E_{цх}$ - коэфф-т цех-х расх., %;

Расходы "Расходы на инструмент и оснастку" выполняется по формуле:

$$E_{инс} = 0.03$$

$$C_{инс} = 30 \cdot E_{инс} \quad (5.9)$$

$$C_{инс} = 33.98 \cdot 0.03 = 1.02$$

где $E_{инс}$ - коэфф-т расходов на инструмент и оснастку, %; Расчет цеховой себестоимости выполняется по формуле:

$$C_{ц.с.с.} = M + Пи + 30 + C_{соц.н} + Здоп + C_{сод.обор} + C_{цех} + C_{инстр}$$

$$C_{ц.с.с.} = 336.51 + 503.6 + 33.98 + 11.42 + 4.08 + 65.92 + 62.18 + 1.02 = 1018.71$$

Расходы "Общезаводские расходы" выполняется по формуле: (5.10)

$$E_{о.зав} = 2.15$$

$$C_{о.зав} = 30 \cdot E_{о.зав} \quad (5.11)$$

$$C_{о.зав} = 33.98 \cdot 2.15 = 73.06$$

где $E_{о.зав}$ - коэфф-т общезаводских расходов, %;

Расчет общезаводской себестоимости выполняется по формуле:

$$C_{o.zav.c.c.} = C_{o.zav} + C_{ц.с.с.}$$

$$C_{o.zav.c.c.} = 73.06 + 1018.71 = 1091.77 \quad (5.12)$$

Расходы "Коммерческие расходы" выполняется по формуле:

$$E_k = 0.05$$

$$C_k = C_{o.zav.c.c.} \cdot E_k \quad (5.13)$$

$$C_k = 1091.77 \cdot 0.05 = 54.59$$

где E_k - коэфф-т коммерческих расходов, %;

Расчет полной себестоимости выполняется по формуле:

$$C_{no.pr.} = C_{o.zav.c.c.} + C_k$$

$$C_{no.pr.} = 1091.77 + 54.59 = 1146.35 \quad (5.14)$$

Расчет отпускной цены для проектируемой конструкции выполняется по формуле:

$$C_{no.б.} = 1086.17$$

$$K_{рнт} = 0.3$$

$$C_{от.б.} = C_{no.б.} \cdot (1 + K_{рнт}) \quad (5.15)$$

$$C_{от.б.} = 1412.02$$

$$C_{от.пр.} = C_{от.б.}$$

где $K_{рнт}$ - коэфф-т рент-ти и плановых накоплений, %;

Таблица 6.5 - Сравнение себестоимостей стандартной и проектной конструкций

Названия критериев	Обозн-е	Расх. на е.из.(станд.)	Расх. на е.из.(пр-т)
Стоим-ть осн-х мат-в	М	325,40	336,51
Стоим-ть компл-х изд-й	Пи	475,76	503,60
Осн.зар.п. пр.раб.	Зо	31,50	33,98
Доп.зар.плата пр.раб.	Зд	3,78	4,08
Страх-е взносы в ПФР, ФОМС, ФСС	Сс.н.	10,58	11,42
Расх. на содерж.и экспл-ю оборуд-я	Сс.обор	61,11	65,92
Цех. Расх-ы	Сцх	57,65	62,18
Расх-ы на INSTR. и осн-ку	Синс	0,95	1,02
Цех-ая себест-ть	Сц.с.с.	966,72	1018,71
Общезав-ие расх.	Со.зав	67,73	73,06
Общезав-ая себест-ть	Со.зав.с.с.	1034,45	1091,77
Коммер-ие расх-ы	Ск	51,72	54,59
Полн. Себест-ть	Спол	1086,17	1146,35
Отп-ая ц.	Цот	1412,02	1412,02

$$Ц_{от.пр.} = 1412.02$$

6.2.Расчет точки безубыточности

Определение переменных затрат на единицу

изделия:

(5.16)

$$З_{перуд} = М + Пи + Зо + Зд + С_{с.н}$$

$$З_{перуд} = 336.51 + 503.6 + 33.98 + 4.08 + 11.42 = 889.58$$

на годовую программу выпуска изделия:

$$V_2 = 100000$$

$$З_{пер} = З_{перуд} \cdot V_2 \quad (5.17)$$

$$З_{пер} = 889.58 \cdot 100000 = 88958488$$

Определение постоянных затрат на единицу изделия:

Амортизационные отчисления,руб. :

$$НА = 13$$

$$А_{м.у} = \frac{(C_{с.об} + C_{инстр}) \cdot НА}{100} \quad (5.18)$$

$$А_{м.у} = \frac{(65.92 + 1.02) \cdot 13}{100} = 8.7$$

здесь $Н_A$ - доля амортизационных отчислений,%;

$$Z_{\text{посуд}} = \frac{(C_{\text{с.обр}} + C_{\text{инс.тр}}) \cdot (100 - \text{НА})}{100} + C_{\text{цх}} + C_{\text{о.зав}} + C_{\text{к}} + \text{Ам.у} \quad (5.19)$$

$$Z_{\text{посуд}} = \frac{(65.92 + 1.02) \cdot (100 - 13)}{100} + 62.18 + 73.06 + 54.59 + 8.7 = 256.77$$

на годовую программу выпуска:

$$Z_{\text{пос}} = Z_{\text{посуд}} \cdot V_{\text{г}} \quad (5.20)$$

$$Z_{\text{пос}} = 256.77 \cdot 100000 = 25676929.4$$

Расчет полной себестоимости годовой программы выпуска изделия:

$$C_{\text{пол.г}} = C_{\text{пол.пр.}} \cdot V_{\text{г}} \quad (5.21)$$

$$C_{\text{пол.г}} = 1146.35 \cdot 100000 = 114635417.4$$

Расчет выручки от реализации изделия:

$$V_{\text{ыр}} = C_{\text{от.пр.}} \cdot V_{\text{г}} \quad (5.22)$$

$$V_{\text{ыр}} = 1412.02 \cdot 100000 = 141202100$$

Расчет маржинального дохода:

$$D_{\text{мрж}} = V_{\text{ыр}} - Z_{\text{пер}} \quad (5.23)$$

$$D_{\text{мрж}} = 141202100 - 88958488 = 52243612$$

Расчет критического объема продаж:

$$A_{крт} = \frac{Z_{пос} - Z_{перуд}}{Ц_{от.пр.}}$$

$$A_{крт} = \frac{25676929.4}{1412.02 - 889.58} = 49148.46 \sim 49150$$

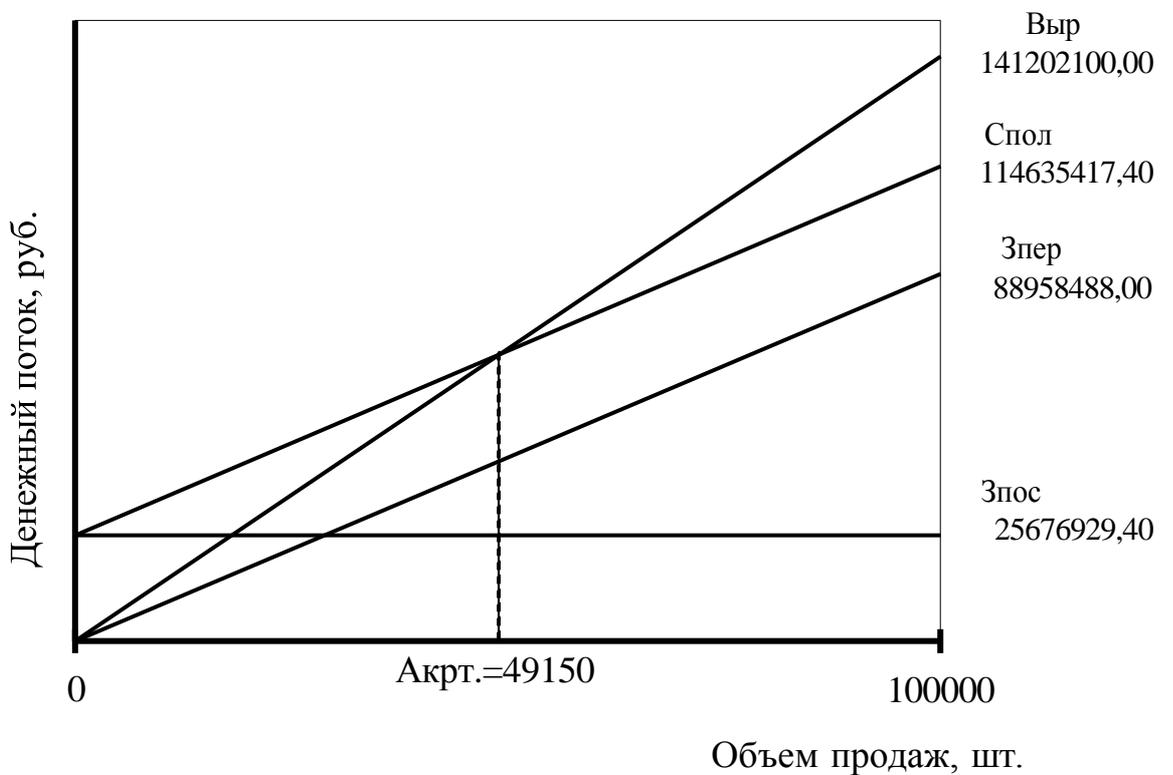


Рисунок 6.1 - График точки безубыточности

6.3 Расчет коммерческой эффективности

$$A_{крт} = 49150$$

$$V_{\Sigma} = 100000$$

$$V_{МК} = V_{\Sigma}$$

$$n = 6$$

$$\Delta = \frac{V_{МК} - A_{крт}}{n - 1}$$

$$\Delta = 10170$$

Объем продаж по годам:

$$Ц_{от} = Ц_{от.пр.}$$

$$Ц_{от} = 1412.02$$

$$V_{np1} = A_{крт} + \Delta \quad (5.24)$$

$$V_{np1} = 49150 + 10170 = 48388 \quad (5.25)$$

$$V_{np2} = A_{крт} + 2\Delta \quad V_{np2} = 69490 \quad (5.26)$$

$$V_{np3} = A_{крт} + 3\Delta \quad V_{np3} = 79660$$

$$V_{np4} = A_{крт} + 4\Delta \quad V_{np4} = 89830 \quad (5.27)$$

$$V_{np5} = A_{крт} + 5\Delta \quad V_{np5} = 100000 \quad (5.28)$$

Выр по годам:

$$Выр_1 = Цот \cdot Vnp_1 \quad (5.29)$$

$$Выр_1 = 1412.02 \cdot 59320 = 83761085.72$$

$$Выр_2 = Цот \cdot Vnp_2 \quad Выр_2 = 98121339.29 \quad (5.30)$$

$$Выр_3 = Цот \cdot Vnp_3 \quad Выр_3 = 112481592.86 \quad (5.31)$$

$$Выр_4 = Цот \cdot Vnp_4 \quad Выр_4 = 126841846.43$$

$$Выр_5 = Цот \cdot Vnp_5 \quad Выр_5 = 141202100.00 \quad (5.32)$$

$$(5.33)$$

для базового варианта:

$$M = 325.40 \quad Пу = 475.76 \quad 3o = 31.50 \quad 3\partial = 3.78 \quad C_c = 10.58$$

$$Зперудб = M + Пу + 3o + 3\partial + C_c \quad Зперудб = 847.02 \quad (5.34)$$

$$Зперб1 = Зперудб \cdot Vnp_1 \quad (5.35)$$

$$Зперб1 = 847.02 \cdot 59320 = 50245226.40 \quad Зперб2 = 58859419.80 \quad (5.36)$$

$$Зперб2 = Зперудб \cdot Vnp_2$$

$$Зперб3 = Зперудб \cdot Vnp_3 \quad Зперб3 = 67473613.20 \quad (5.37)$$

$$Зперб4 = Зперудб \cdot Vnp_4 \quad Зперб4 = 76087806.60 \quad (5.38)$$

$$Зперб5 = Зперудб \cdot Vnp_5 \quad Зперб5 = 84702000.00 \quad (5.39)$$

для проектного варианта:

$$Z_{перудпр} = Z_{перуд}$$

$$Z_{перудпр} = 889.58$$

$$Z_{перпр1} = Z_{перудпр} \cdot V_{пр1} \quad (5.40)$$

$$Z_{перпр1} = 889.58 \cdot 59320 = 52770175.08$$

$$Z_{перпр2} = Z_{перудпр} \cdot V_{пр2} \quad Z_{перпр2} = 61817253.31 \quad (5.41)$$

$$Z_{перпр3} = Z_{перудпр} \cdot V_{пр3} \quad Z_{перпр3} = 70864331.54 \quad (5.42)$$

$$Z_{перпр4} = Z_{перудпр} \cdot V_{пр4} \quad Z_{перпр4} = 79911409.77$$

$$Z_{перпр5} = Z_{перудпр} \cdot V_{пр5} \quad Z_{перпр5} = 88958488.00 \quad (5.43)$$

$$(5.44)$$

Постоянные затраты для базового варианта.

$$C_{с.об.} = 61.11 \quad C_{цех.} = 57.65 \quad C_{инс.} = 0.95 \quad C_{к.} = 51.72$$

$$C_{об.з.} = 67.73$$

$$Z_{посудб} = C_{с.об.} + C_{инс.} + C_{цех.} + C_{об.з.} + C_{к.}$$

$$Z_{посудб} = 239.16$$

$$Z_{посб} = Z_{посудб} \cdot V_2 \quad (5.45)$$

$$Z_{посб} = 239.16 \cdot 100000 = 23916000$$

Постоянные затраты для проектного варианта.

$$Z_{поспр} = Z_{пос} = 25676929.4$$

$$A_{м.у} = 8.7$$

$$A_{м.} = A_{м.у} \cdot V_2$$

$$A_{м.} = 8.7 \cdot 100000 = 870227.8 \quad (5.46)$$

Полная себестоимость по годам.

для проектного варианта:

$$З_{полпр1} = З_{поспр} + З_{перпр1} \quad (5.47)$$

$$З_{полпр1} = 25676929.4 + 52770175.08 = 78447104.48$$

$$З_{полпр2} = З_{поспр} + З_{перпр2} \quad З_{полпр2} = 87494182.71 \quad (5.48)$$

$$З_{полпр3} = З_{поспр} + З_{перпр3} \quad (5.49)$$

$$З_{полпр3} = 96541260.94 \quad (5.50)$$

$$З_{полпр4} = З_{поспр} + З_{перпр4} \quad З_{полпр4} = 105588339.17$$

$$З_{полпр5} = З_{поспр} + З_{перпр5} \quad З_{полпр5} = 114635417.4 \quad (5.51)$$

для базового варианта:

$$З_{полб1} = З_{посб} + З_{перб1} \quad (5.52)$$

$$З_{полб1} = 23916000 + 50245226.4 = 74161226.4 \quad (5.53)$$

$$З_{полб2} = З_{посб} + З_{перб2} \quad З_{полб2} = 82775419.8 \quad (5.54)$$

$$З_{полб3} = З_{посб} + З_{перб3} \quad З_{полб3} = 91389613.2$$

$$З_{полб3} = З_{посб} + З_{перб3} \quad (5.55)$$

$$З_{полб4} = З_{посб} + З_{перб4} \quad З_{полб4} = 100003806.6$$

$$З_{полб5} = З_{посб} + З_{перб5} \quad З_{полб5} = 108618000$$

$$(5.56)$$

Налогооблагаемая прибыль по годам

для проектного варианта:

$$\text{Проб.}_{\text{пр.1}} = \text{Выр}_1 - \text{Зполпр}_1 \quad (5.57)$$

$$\text{Проб.}_{\text{пр.1}} = 83761085.72 - 78447104.48 = 5313981.24 \quad (5.58)$$

$$\text{Проб.}_{\text{пр.2}} = \text{Выр}_2 - \text{Зполпр}_2 \quad \text{Проб.}_{\text{пр.2}} = 10627156.58$$

$$\text{Проб.}_{\text{пр.3}} = \text{Выр}_3 - \text{Зполпр}_3 \quad \text{Проб.}_{\text{пр.3}} = 15940331.92 \quad (5.59)$$

$$\text{Проб.}_{\text{пр.4}} = \text{Выр}_4 - \text{Зполпр}_4 \quad \text{Проб.}_{\text{пр.4}} = 21253507.26 \quad (5.60)$$

$$\text{Проб.}_{\text{пр.5}} = \text{Выр}_5 - \text{Зполпр}_5 \quad \text{Проб.}_{\text{пр.5}} = 26566682.6 \quad (5.61)$$

для базового варианта:

$$\text{Проб.}_{\text{б.1}} = \text{Выр}_1 - \text{Зполб}_1 \quad (5.62)$$

$$\text{Проб.}_{\text{б.1}} = 83761085.72 - 74161226.4 = 9599859.32$$

$$\text{Проб.}_{\text{б.2}} = \text{Выр}_2 - \text{Зполб}_2 \quad \text{Проб.}_{\text{б.2}} = 15345919.49 \quad (5.63)$$

$$\text{Проб.}_{\text{б.3}} = \text{Выр}_3 - \text{Зполб}_3 \quad \text{Проб.}_{\text{б.3}} = 21091979.66 \quad (5.66)$$

$$\text{Проб.}_{\text{б.4}} = \text{Выр}_4 - \text{Зполб}_4 \quad \text{Проб.}_{\text{б.4}} = 26838039.83 \quad (5.67)$$

$$\text{Проб.}_{\text{б.5}} = \text{Выр}_5 - \text{Зполб}_5 \quad \text{Проб.}_{\text{б.5}} = 32584100 \quad (5.68)$$

Налог на прибыль - 20% от налогооблагаемой прибыли по годам.

для проектного варианта:

$$H_{n1} = \text{Проб.}_{np.1} \cdot 0.20 \quad (5.67)$$

$$H_{n1} = 5313981.24 \cdot 0.20 = 1062796.25 \quad (5.68)$$

$$H_{n2} = \text{Проб.}_{np.2} \cdot 0.20 \quad (5.69)$$

$$H_{n2} = 2125431.32$$

$$H_{n3} = \text{Проб.}_{np.3} \cdot 0.20 \quad (5.69)$$

$$H_{n3} = 3188066.38$$

$$H_{n4} = \text{Проб.}_{np.4} \cdot 0.20 \quad (5.70)$$

$$H_{n4} = 4250701.45$$

$$H_{n5} = \text{Проб.}_{np.5} \cdot 0.20 \quad (5.71)$$

$$H_{n5} = 5313336.52$$

для базового варианта:

$$H_1 = \text{Проб.}_{б.1} \cdot 0.20 \quad (5.72)$$

$$H_1 = 9599859.32 \cdot 0.20 = 1919971.86$$

$$H_2 = \text{Проб.}_{б.2} \cdot 0.20 \quad (5.73)$$

$$H_2 = 3069183.9$$

$$H_3 = \text{Проб.}_{б.3} \cdot 0.20 \quad (5.74)$$

$$H_3 = 4218395.93$$

$$H_4 = \text{Проб.}_{б.4} \cdot 0.20 \quad (5.75)$$

$$H_4 = 5367607.97$$

$$H_5 = \text{Проб.}_{б.5} \cdot 0.20 \quad (5.76)$$

$$H_5 = 6516820$$

Прибыль чистая по годам.
для проектного варианта:

$$Prч_{np.1} = Проб_{np.1} - Hn1$$

$$Prч_{np.1} = 5313981.24 - 1062796.25 = 4251184.99 \quad (5.77)$$

$$Prч_{np.2} = Проб_{np.2} - Hn2 \quad Prч_{np.2} = 8501725.26 \quad (5.78)$$

$$Прч_{np.3} = Проб._{np.3} - Нn3 \quad Прч_{np.3} = 12752265.54 \quad (5.79)$$

$$Прч_{np.4} = Проб._{np.4} - Нn4 \quad Прч_{np.4} = 17002805.81 \quad (5.80)$$

$$Прч_{np.5} = Проб._{np.5} - Нn5 \quad Прч_{np.5} = 21253346.08 \quad (5.81)$$

для базового варианта:

$$Прч_{б.1} = Проб._{б.1} - Н1 \quad (5.82)$$

$$Прч_{б.1} = 9599859.32 - 1919971.86 = 7679887.46 \quad (5.83)$$

$$Прч_{б.2} = Проб._{б.2} - Н2 \quad Прч_{б.2} = 12276735.59 \quad (5.84)$$

$$Прч_{б.3} = Проб._{б.3} - Н3 \quad Прч_{б.3} = 16873583.73 \quad (5.85)$$

$$Прч_{б.4} = Проб._{б.4} - Н4 \quad Прч_{б.4} = 21470431.86 \quad (5.86)$$

$$Прч_{б.5} = Проб._{б.5} - Н5 \quad Прч_{б.5} = 26067280$$

Расчет общественного эффекта.

Экономии от повышения долговечности проектируемого узла.

$$Цом.б. = 1412.02 \quad D1 = 200000 \quad D2 = 300000$$

$$Пр_{o.д.} = Цом.б. \cdot \frac{D2}{D1} - Цом.нр. \quad (5.87)$$

$$Пр_{o.д.} = 1412.02 \cdot \frac{300000}{200000} - 1412.02 = 706.01$$

где D1 - долговечность базовой конструкции,(циклы)

D2 - долговечность новой конструкции,(циклы)

Следовательно текущий чистый доход (накопление сальдо) по годам составит:

$$Ч1 = Прч_{np.1} - Прч_{б.1} + A_{м.} + (Про.д. \cdot Vnp_1) \quad (5.88)$$

$$Ч1 = 4251184.99 - 7679887.46 + 870227.8 + (706.01 \cdot 59320) = 39322068.19$$

$$Ч2 = Прч_{np.2} - Прч_{б.2} + A_{м.} + (Про.д. \cdot Vnp_2) \quad (5.89)$$

$$Ч2 = 46155887.12 \quad (5.90)$$

$$Ч3 = Прч_{np.3} - Прч_{б.3} + A_{м.} + (Про.д. \cdot Vnp_3)$$

$$Ч3 = 52989706.04$$

$$Ч4 = Прч_{np.4} - Прч_{б.4} + A_{м.} + (Про.д. \cdot Vnp_4) \quad (5.91)$$

$$Ч4 = 59823524.96$$

$$Ч5 = Прч_{np.5} - Прч_{б.5} + A_{м.} + (Про.д. \cdot Vnp_5) \quad (5.92)$$

$$Ч5 = 66657343.88$$

Дисконтирование денежного потока.

$$E_{cm} = 10 \quad (5.93)$$

$$\alpha_{ti} = \frac{1}{(1 + E_{cmi})^t}$$

где E_{cmi} - процентная ставка на капитал;

t - год приведения затрат и результатов;

$$\alpha_1 = 0.909 \quad \alpha_2 = 0.826 \quad \alpha_3 = 0.753 \quad \alpha_4 = 0.683 \quad \alpha_5 = 0.621$$

Далее рассчитывается чистый дисконтированный поток реальных денег по формуле:

$$ДСП1 = Ч1 \cdot \alpha_1$$

$$ДСП1 = 39322068.19 \cdot 0.909 = 35743759.99 \quad (5.94)$$

$$ДСП2 = Ч2 \cdot \alpha_2 \quad (5.95)$$

$$ДСП2 = 38124762.76$$

$$ДСП3 = Ч3 \cdot \alpha_3$$

$$ДСП3 = 39901248.65 \quad (5.96)$$

$$ДСП4 = Ч4 \cdot \alpha_4$$

$$ДСП4 = 40859467.55 \quad (5.97)$$

$$ДСП5 = Ч5 \cdot \alpha_5$$

$$ДСП5 = 41394210.55 \quad (5.98)$$

Суммарный ЧДД за расчетный период рассчитывается по формуле:

$$\Sigma ДСП = ДСП1 + ДСП2 + ДСП3 + ДСП4 + ДСП5 \quad (5.99)$$

$$\Sigma ДСП = 35743759.99 + 38124762.76 + 39901248.65 + 40859467.55 + 41394210.55 = 196023449.49$$

Расчет потребности в капиталобразующих инвестициях составляет:

$$\Sigma C_{пол.пр.} = З_{полпр1} + З_{полпр2} + З_{полпр3} + З_{полпр4} + З_{полпр5} \quad (5.100)$$

$$\Sigma C_{пол.пр.} = 482706304.7 \quad (5.101)$$

$$K_{и.} = 0.189$$

$$I = K_{и.} \cdot \Sigma C_{пол.пр.} \quad (5.102)$$

$$I = 91231491.59$$

Чистый дисконтированный доход.

$$ЧДД = \Sigma ДСП - I \quad (5.103)$$

$$ЧДД = 104791957.9$$

Индекс доходности.

$$ID = \frac{ЧДД}{I} \quad ID = 1.15 \quad (5.104)$$

Срок окупаемости проекта.

$$Ток = \frac{I}{ЧДД} \quad Ток = 0.87 \quad (5.105)$$

График зависимости налогооблагаемой прибыли от объема продаж

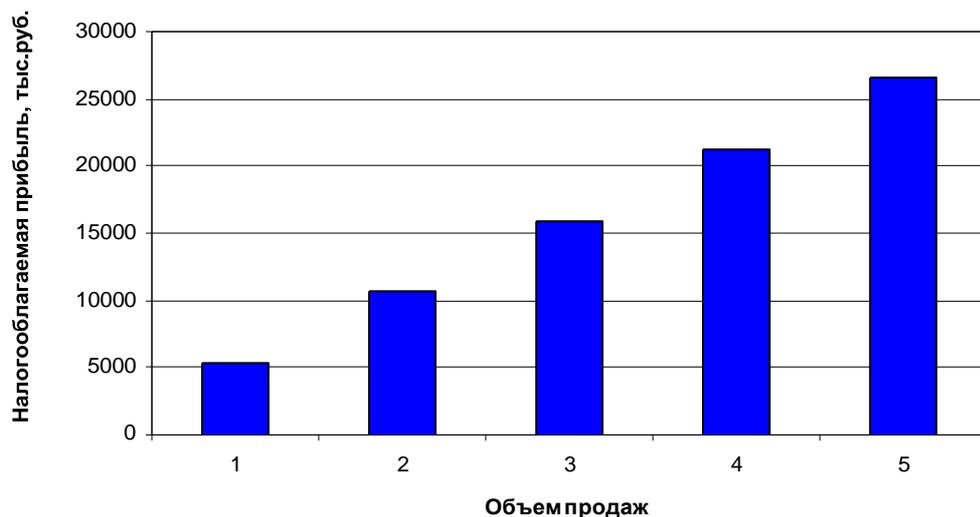


Рисунок 6.2 - График зависимости налогооблагаемой прибыли от объема продаж

6.4 Выводы и рекомендации

В результате проведения совокупности конструкторско - технологических мероприятий увеличился ресурс работы шарниров приводов приблизительно в 1,5 раза при одновременном положительном экономическом эффекте $ID=1,15$.

При расчете экономических показателей по внедрению проектируемой конструкции приводов для автомобиля ВАЗ-2170 в производство было определено, что себестоимость проектного варианта выше по отношению к себестоимости базового проекта, но в результате увеличения ресурса проектируемой конструкции шарниров приводов ожидается увеличение продаж, что является положительным экономическим показателем. Для этого произведен расчет на общественную эффективность проекта и была вычислена ожидаемая прибыль от внедрения проекта в производство.

Чистый дисконтированный доход от внедрения проекта в производство составляет 104791957,9 руб. Срок окупаемости данного проекта равен 0,87 года, что говорит о минимальном риске проекта. По полученным данным можно говорить о его применении в новых конструкциях автомобилей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте модернизирован шариковый карданный шарнир равных угловых скоростей, т.е. замена его на трехшиповый карданный шарнир типа «Трипод». В этом шарнире равенство угловых скоростей валов достигается благодаря изменению положения центра конца вала. Данный тип привода имеет малые потери при осевом перемещении, так как это обеспечивается практически только качением, что определяет высокий КПД, и как следствие уменьшение шума, вибрации в конструкции карданных шарниров, тогда как в шариковом шарнире при осевых перемещениях шарики не перекатываются, а скользят, что снижает КПД шарнира.

Исходя из вышесказанного, конструкторско-технологическое решение применяемое в проекте ведет к увеличению ресурса и надежности карданного шарнира, а значит и к повышению технических параметров автомобиля в целом, т.е. к повышению потребительских качеств и конкурентно способности автомобиля.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Васильев, Б.С. Автомобильный справочник / Б.С. Васильев, - М. : Машиностроение, 2004. - 704 с: ил. - Библиогр. : с. 696. – Прил. : с. 483-695.
2. Черепанов, Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля: учеб. Пособие / Л. А. Черепанов; ТолПИ. - Тольятти: ТолПИ, 2001.-40 с: ил. - Библиогр. : с. 39.
3. Кисуленко, Б.В. Краткий автомобильный справочник. Легковые автомобили. / Б.В. Кисуленко, – М. : Автополис-плюс, 2005. - 482 с.
4. Лукин, П.П. Конструирование и расчёт автомобиля / П.П. Лукин;. – М. : Машиностроение, 1984. -376 с.
5. Анурьев, В.И. Справочник технолога машиностроителя / В.И. Анурьев;. – М. : Машиностроение, 1980. – 688 с.
6. «Методические указания к выполнению дипломных проектов технического направления» Тольятти 1988. - 35 с.
7. Горина, Л.Н. « Обеспечение безопасности труда на производстве / Л.Н. Горина;. - Тольятти 2002. – 34 с.
8. Капрова, В.Г. « Методические указания по технико-экономическому обоснованию дипломного проекта конструкторского и исследовательского направлений для студентов специальности 150100 – “Авто-мобиле- и тракторостроение”.» / В.Г.Капрова;. Тольятти: ТГУ. 2003. – 50 с.
9. Куклин, Н.Г. Детали машин / Н.Г. Куклин;. – М. : Высшая школа, 1973. - 384с.
10. «Краткий автомобильный справочник» - М. : Транспорт, 1984. – 250 с.
11. Гришкевич, А.И. «Конструкция, конструирование и расчет автомобиля» / А.И. Гришкевич;. - М. : Высшая школа, 1987.–377 с.
12. Малкин, В.С. «Конструкция и расчет автомобиля» / В.С. Малкин; - КуАИ, 1978. – 195 с.
13. Лысов, М.И. «Машиностроение» / М.И. Лысов;. - М. : Машиностроение, 1972.–233 с.
14. Осепчугов, В.В.; «Автомобиль: анализ конструкций, элементы расчета» / В.В. Осепчугов; А.К. Фрумкин; - М. : Машиностроение, 1989.-304с.

15. Писаренко, Г.С. «Справочник по сопротивлению материалов» / Г.С. Писаренко; - Киев: Наукова думка, 1988.-736с.
16. «Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти», № 39,2003; Информационный фонд НТЦ "Система".
17. Раскин, А.М., Основы расчета и указания к курсовому проектированию агрегатов шасси автомобиля / А.М. Раскин; А.Ф. Яшин; - Саратов: Ротапринт, 1975.-68с.
18. Родионов, В. Ф., Легковые автомобили / В.Ф. Родионов; Б.М. Фиттерман; - М. : Машиностроение, 1971.-376с.
19. Фчеркан, Н. С. Детали машин. Справочник. Т.3. / Н.С. Фчеркан; - М. : Машиностроение, 1969. – 355с.
20. Чайковский, И.П. Рулевые управления автомобилей / И.П. Чайковский; П.А. Саломатин; - М. : Машиностроение, 1987.-176с.
21. Daniel Stapleton. How to Plan and Build a Fast Road Car / 2004.
22. Sergio M. Savaresi, Charles Poussot-Vassal, Cristiano Spelta, Olivier Sename, Luc Dugard. Gear box Control Design for Vehicles / 2010.
23. Colin Campbell. Automobile Gear box / 2012.
24. Calculation the torque moment of the clutch elastic and safety roller. Part 2012. Volume XI (XXI). P. 36 – 38.
25. Dainius, L., Research on Probability for Failures in VW Cars During Warranty and Post-Warranty Periods / Mokslas: Lietuvos Ateitis, 2014. – 2 p.
26. Catalin, A., Method for the multi-criteria optimization of car wheel mechanisms / A. Catalin, V. Totu Ingeniería e Investigación, 2016. – 1 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Графики тягово-динамического расчета

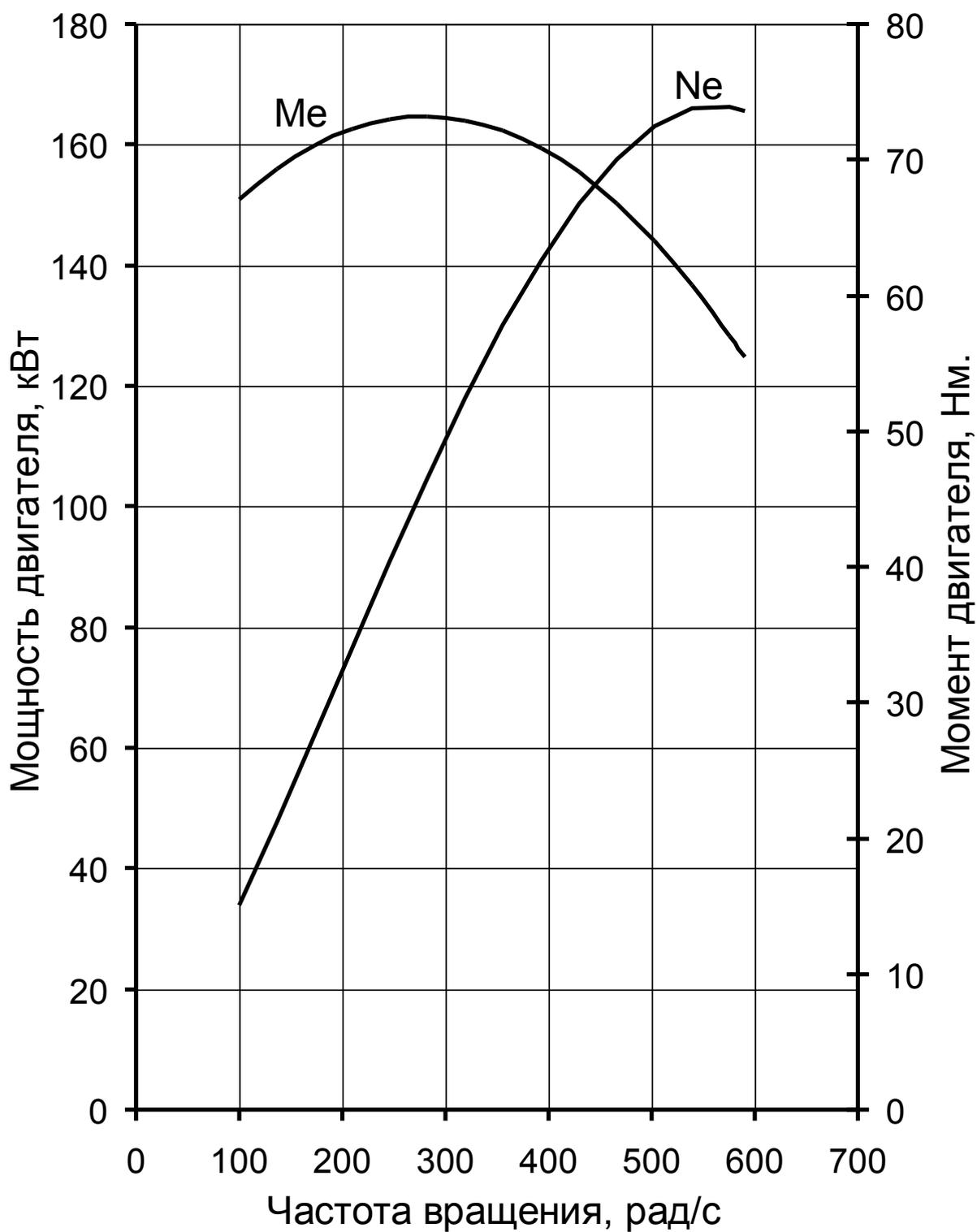


Рисунок А.1 - Внешняя скоростная характеристика

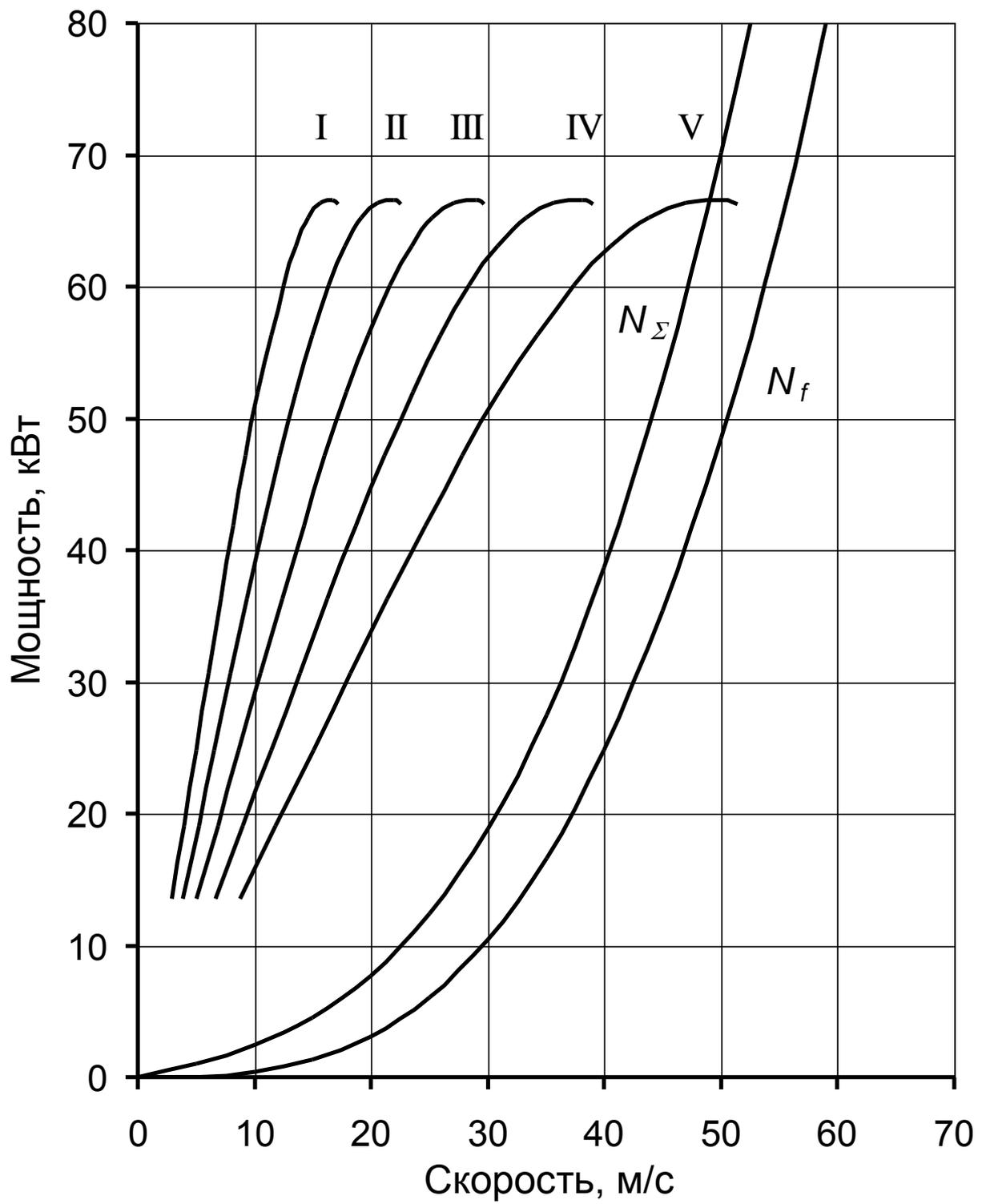


Рисунок А.2 – Баланс мощностей

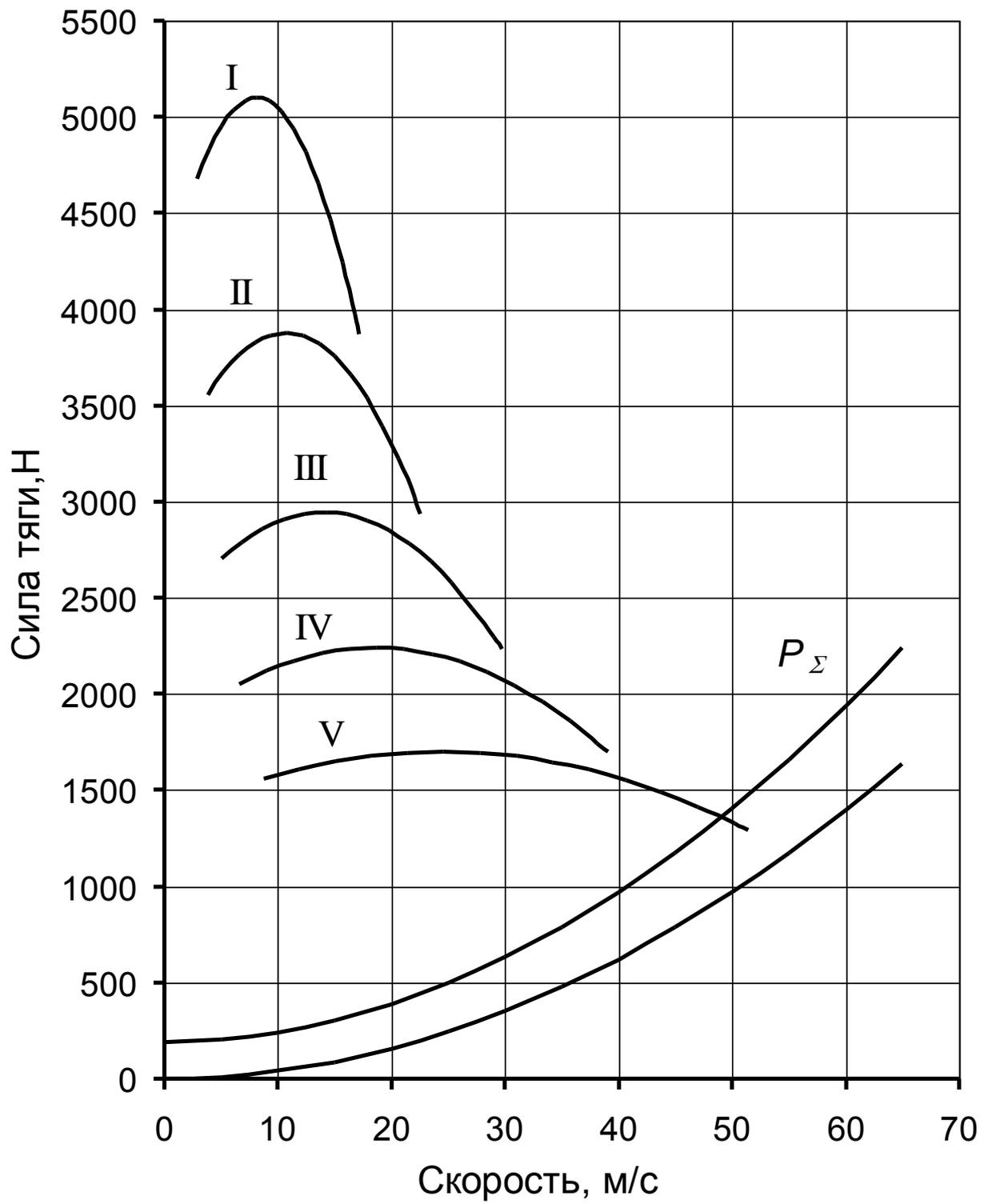


Рисунок А.3 – Тяговый баланс

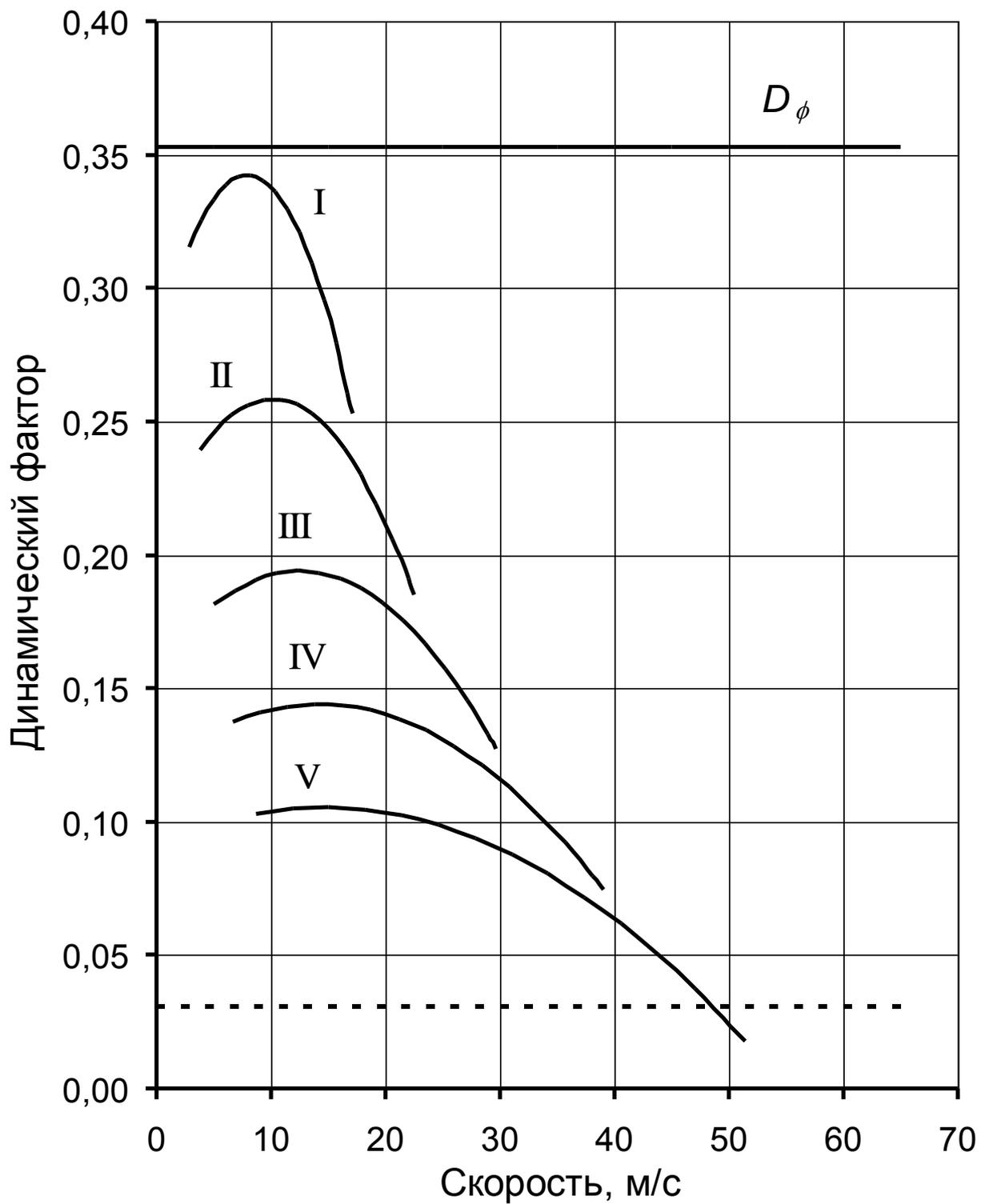


Рисунок А.4 – Динамический баланс

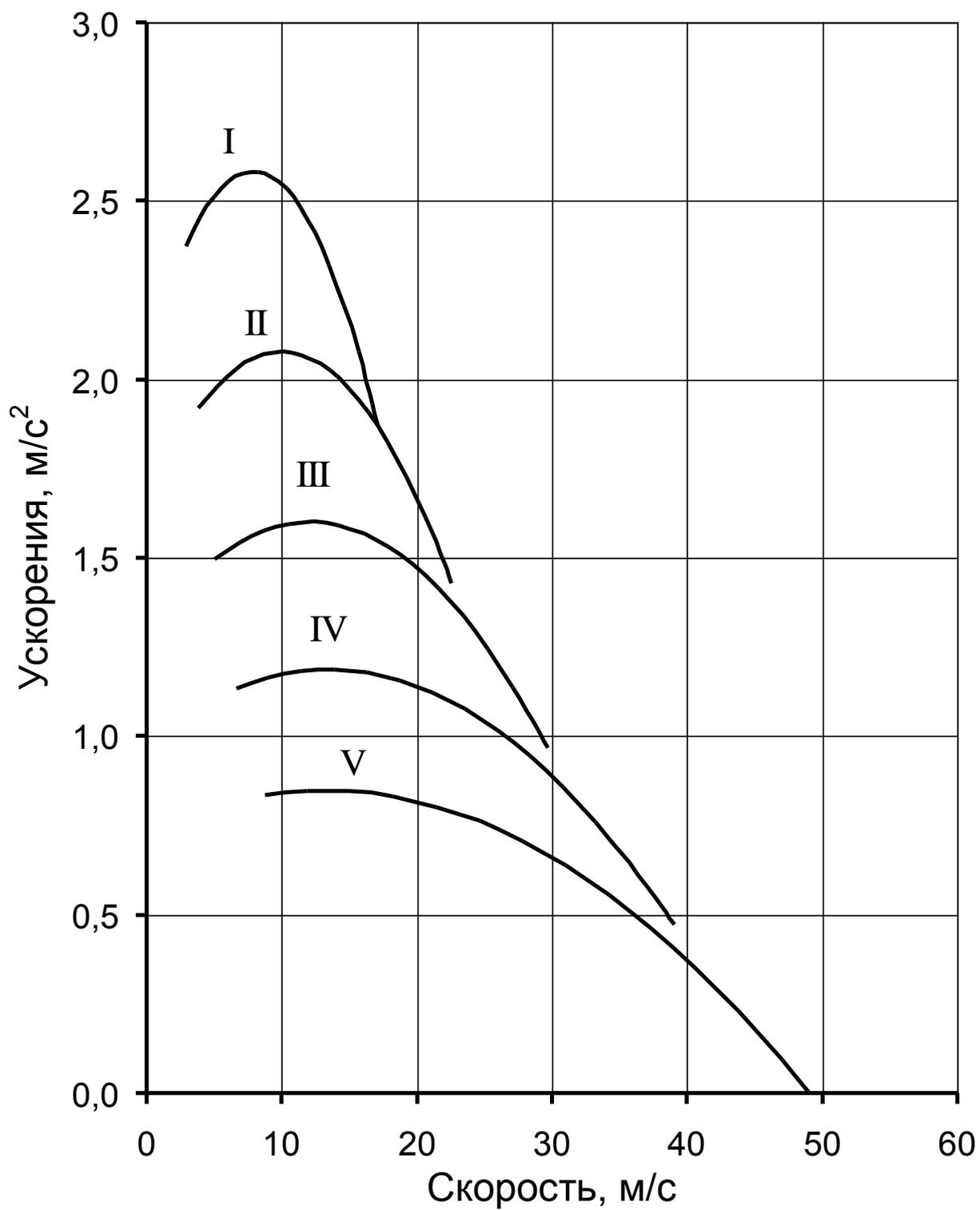


Рисунок А.5 – Ускорение на передачах

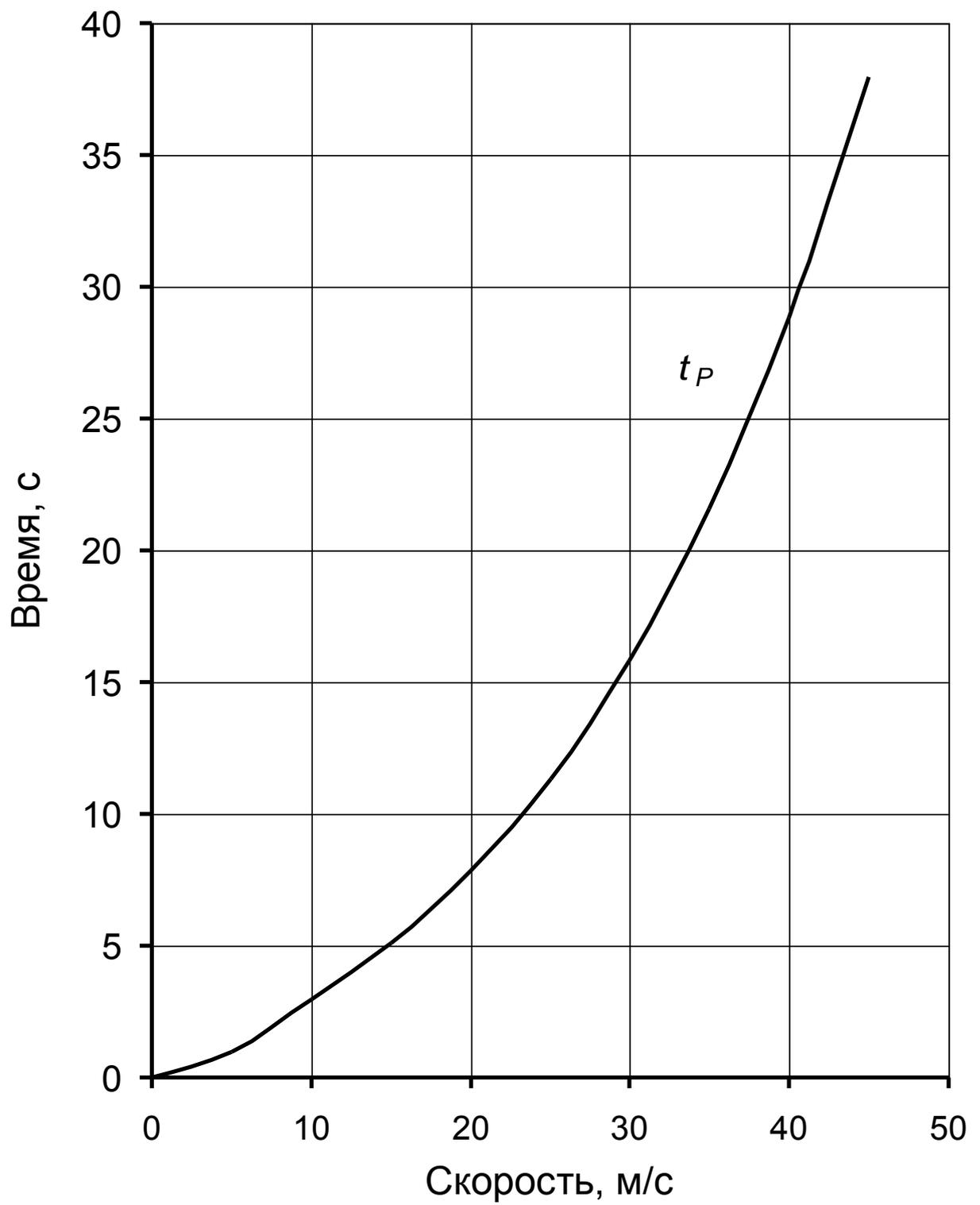


Рисунок А.6 – Время разгона

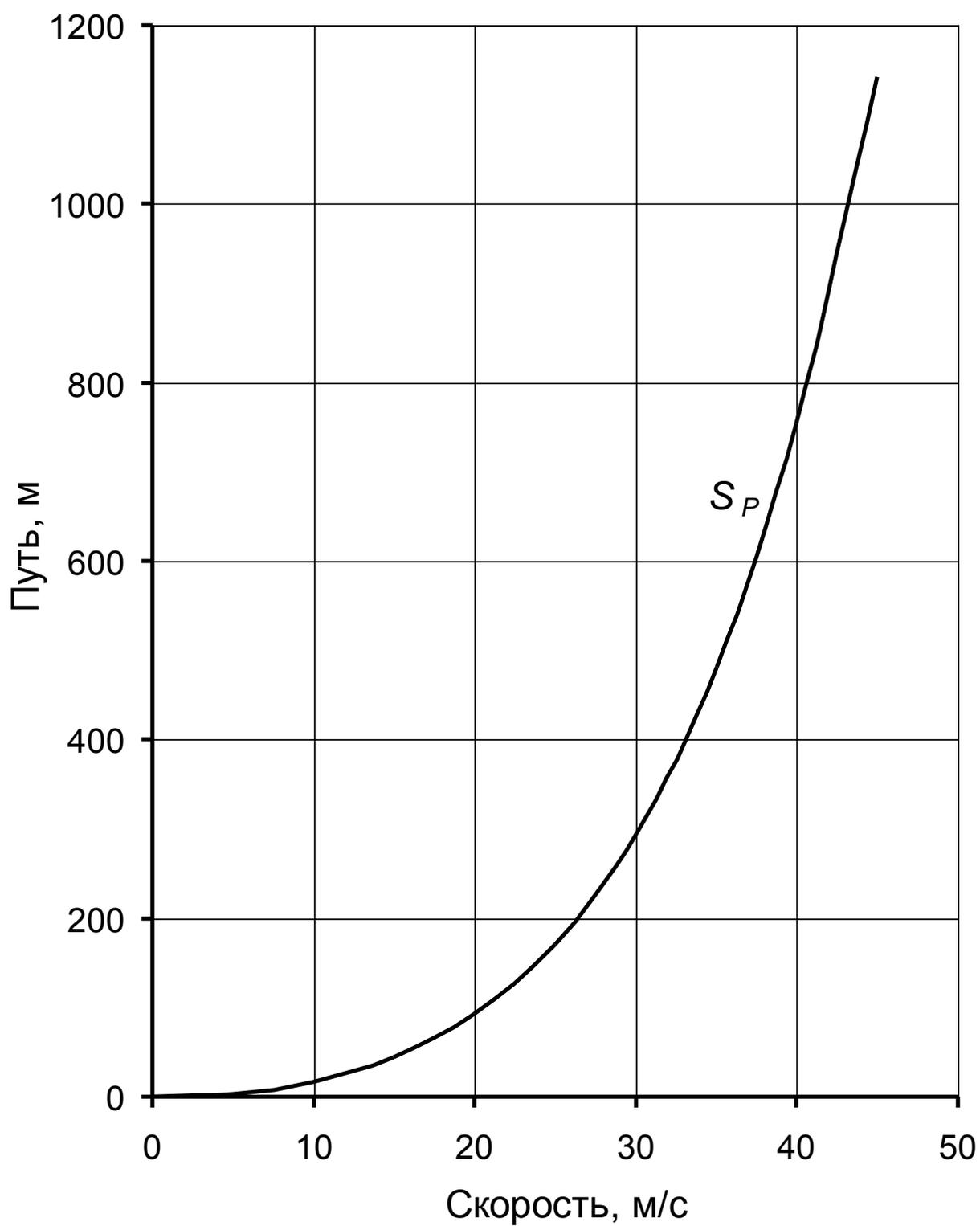


Рисунок А.7 – Путь разгона

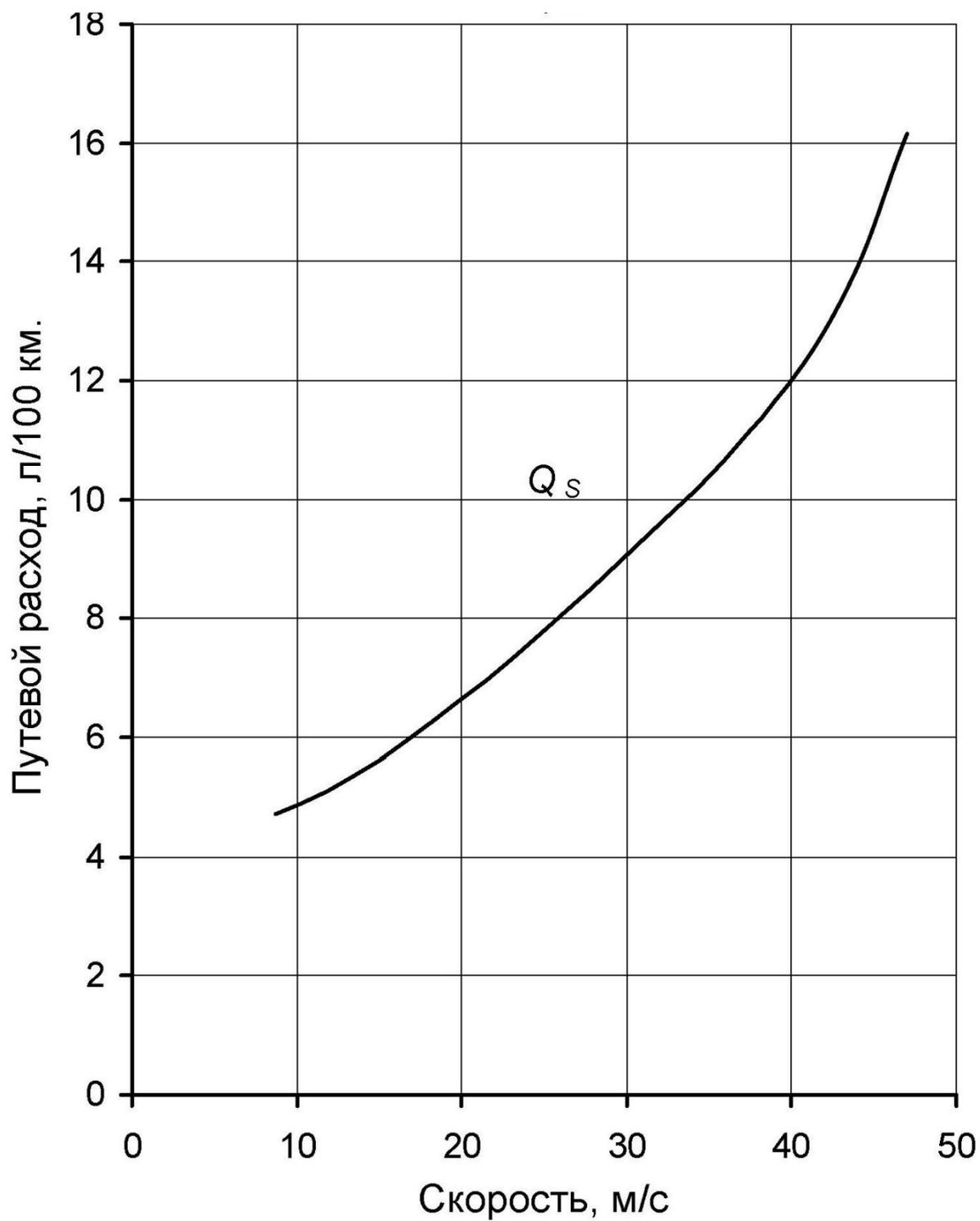


Рисунок А.8 – Путевой расход топлива

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА

14 «В целях обеспечения соблюдения требований охраны труда, осуществления контроля за их выполнением в каждой организации, осуществляющей производственную деятельность, с численностью более 100 работников создается служба охраны труда или вводится должность специалиста по охране труда, имеющего соответствующую подготовку или опыт работы в этой области.

В организации с численностью 100 работников и менее решение о создании службы охраны труда или введении должности специалиста по охране труда принимается работодателем с учетом специфики деятельности данной организации.

При отсутствии в организации службы охраны труда (специалиста по охране труда) работодатель заключает договор со специалистами или с организациями, оказывающими услуги в области охраны труда.

Структура службы охраны труда в организации и численность работников службы охраны труда определяются работодателем с учетом рекомендаций федерального органа исполнительной власти по труду (статья 217 Трудового кодекса Российской Федерации).»[16]

15 «Лица, виновные в нарушении требований охраны труда, несут ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации.»[16]

16 «Настоящие санитарные правила и нормы (далее - Санитарные правила) предназначены для предотвращения неблагоприятного воздействия микроклимата рабочих мест, производственных помещений на самочувствие, функциональное состояние, работоспособность и здоровье человека.»[16]

17 «Настоящие Санитарные правила распространяются на показатели микроклимата на рабочих местах всех видов производственных помещений и являются обязательными для всех предприятий и организаций. Ссылки на

обязательность соблюдения требований настоящих Санитарных правил должны быть включены в нормативно-технические документы: стандарты, строительные нормы и правила, технические условия и иные нормативные и технические документы, регламентирующие эксплуатационные характеристики производственных объектов, технологического, инженерного и санитарно-технического оборудования, обуславливающих обеспечение гигиенических нормативов микроклимата.»[16]

18 «В соответствии со статьями [9](#) и [34](#) Закона РСФСР "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»[16] в организациях должен осуществляться производственный контроль за соблюдением требований Санитарных правил и проведением профилактических мероприятий, направленных на предупреждение возникновения заболеваний работающих в производственных помещениях, а также контроль за соблюдением условий труда и отдыха и выполнением мер коллективной и индивидуальной защиты работающих от неблагоприятного воздействия микроклимата. «[16]

19 «Руководители предприятий, организаций и учреждений вне зависимости от форм собственности и подчиненности в порядке обеспечения производственного контроля обязаны привести рабочие места в соответствие с требованиями к микроклимату, предусмотренными настоящими Санитарными правилами. «[16]

20 «Государственный санитарно-эпидемиологический надзор и контроль за выполнением настоящих Санитарных правил осуществляется органами и учреждениями Государственной санитарно - эпидемиологической службы Российской Федерации, а ведомственный санитарно-эпидемиологический надзор и контроль - органами и учреждениями санитарно-эпидемиологического профиля соответствующих министерств и ведомств. «[16]

21 «Государственный санитарно-эпидемиологический надзор за строительством новых и реконструкцией действующих производственных помещений осуществляется на этапах разработки проекта и введения объектов в эксплуатацию с учетом характера технологического процесса и соответствия

инженерного и санитарно-технического оборудования требованиям настоящих Санитарных правил и Строительных норм и правил "Отопление, вентиляция и кондиционирование»[16]

22 «Проектная документация на строительство и реконструкцию производственных помещений должна быть согласована с органами и учреждениями Госсанэпидслужбы России. «[16]

23 «Ввод в эксплуатацию производственных помещений в целях оценки соответствия гигиенических параметров микроклимата требованиям настоящих Санитарных правил должен осуществляться при обязательном участии представителей Государственного санитарно - эпидемиологического надзора Российской Федерации. «[16]

24 «[Положение](#) о Государственной санитарно - эпидемиологической службе Российской Федерации и Положение о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании, утвержденные Постановлением Правительства Российской Федерации от 5 июня 1994 г. N 625.» [16]

25 «Руководство "Общие требования к построению, изложению и оформлению санитарно-гигиенических и эпидемиологических нормативных и методических документов" от 9 февраля 1994 г. Р1.1.004-94.» [16]

«Термины и определения» [16]

26 «Производственные помещения - замкнутые пространства в специально предназначенных зданиях и сооружениях, в которых постоянно (по сменам) или периодически (в течение рабочего дня) осуществляется трудовая деятельность людей. » [16]

27 «Рабочее место - участок помещения, на котором в течение рабочей смены или части ее осуществляется трудовая деятельность. Рабочим местом может являться несколько участков производственного помещения. Если эти участки расположены по всему помещению, то рабочим местом считается вся площадь помещения. » [16]

28 «Холодный период года - период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха, равной +10° С и ниже. » [16]

29 «Теплый период года - период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха выше +10° С. » [16]

30 «Среднесуточная температура наружного воздуха - средняя величина температуры наружного воздуха, измеренная в определенные часы суток через одинаковые интервалы времени. Она принимается по данным метеорологической службы. » [16]

31 «Тепловая нагрузка среды (ТНС) - сочетанное действие на организм человека параметров микроклимата (температура, влажность, скорость движения воздуха, тепловое облучение), выраженное одночисловым показателем в °С. » [16]

«Общие требования и показатели микроклимата»

32 «Санитарные правила устанавливают гигиенические требования к показателям микроклимата рабочих мест производственных помещений с учетом интенсивности энерготрат работающих, времени выполнения работы, периодов года и содержат требования к методам измерения и контроля микроклиматических условий. » [16]

33 «Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

34 «Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

Учитывается температура поверхностей ограждающих конструкций (стены, потолок, пол), устройств (экраны и т.п.), а также технологического оборудования или ограждающих его устройств. » [16]

«Оптимальные условия микроклимата»

35 «Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.» [16]

36 «Оптимальные величины показателей микроклимата необходимо соблюдать на рабочих местах производственных помещений, на которых выполняются работы операторского типа, связанные с нервно - эмоциональным напряжением (в кабинах, на пультах и постах управления технологическими процессами, в залах вычислительной техники и др.). Перечень других рабочих мест и видов работ, при которых должны обеспечиваться оптимальные величины микроклимата, определяется Санитарными правилами по отдельным отраслям промышленности и другими документами, согласованными с органами Государственного санитарно-эпидемиологического надзора в установленном порядке.» [16]

37 «Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года.» [16]

38 «Перепады температуры воздуха по высоте и по горизонтали, а также изменения температуры воздуха в течение смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах не должны превышать 2° С и выходить за пределы величин.» [16]