

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)

23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Автомобили»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Полноприводный легковой автомобиль 2-го кл.

Модернизация рулевого управления. Эргономика рулевого колеса

Студент

М.А. Толмачев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

В.Н. Лата

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Г. Егоров

(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 _____ г.

Тольятти 2018

АННОТАЦИЯ

В данной бакалаврской работе разработано и спроектировано рулевое колесо с рулевым механизмом типа глобоидный червяк – двухгребневый ролик.

В конструкторской части проведены расчеты максимального усилия на рулевом колесе и расчеты на прочность деталей рулевого механизма.

В технологической части разработана технология сборки проектируемого рулевого колеса.

В разделе промышленная безопасность и экология проведены организационно – технические мероприятия по созданию безопасных условий труда на сборочном участке.

В экономической части проведен расчет затрат и рассчитана себестоимость изготовления новой конструкции рулевого колеса, рассчитана коммерческая эффективность проекта, а также на основе сравнения затрат на производство и полученной себестоимости изготовления, сделан вывод о целесообразности установки на автомобиль проектного рулевого колеса.

На основании проведенных расчетов сделан вывод.

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. Состояние вопроса	5
1.1 Рулевое управление. Назначение.....	5
1.2 Требования, предъявляемые к рулевому управлению	5
1.3 Конструкция рулевого управления. Классификация.....	6
1.4 Рулевое управление. Обзор и тенденции	6
1.5 Выбор и обоснование принятого варианта конструкции рулевого управления.	7
2. Защита интеллектуальной собственности (не предусмотрено)	7
3. Конструкторская часть.....	8
3.1. Тягово-динамический расчет автомобиля	8
3.2. Расчет элементов усилителя и рулевой колонки.	18
4. Технологическая часть.....	40
5. Безопасность и экологичность проекта.....	48
6. Экономическая часть	52
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	83
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	84
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	86

ВВЕДЕНИЕ

В наше время Российский рынок автомобилей больше всего наполнен легковыми автомобилями. На ряду с российскими производителями также много присутствуют зарубежные автомобили. Захват авторынка в России иностранными производителями автомобилей не позволяют пошлины на таможне. Но все таки много производителей находят путь выйти из положения, создавая заводы по производству и сборке автомобилей на территории Российской Федерации или в странах граничащих с Россией.

Для того чтобы успешно конкурировать на ВАЗе предпринимаются некоторые меры для увеличения конкурентоспособности выпускаемой ими продукции.

Одно из направлений работ - возможность более широкого оснащения продукции ВАЗа дополнительным оборудованием, в том числе и усилителями рулевого управления. Это относится и к автомобилю ВАЗ-21214 Niva Urban.

И из эргономических, и из экономических соображений следует оснастить автомобиль ВАЗ-21214 электроусилителем рулевого управления и эргономичным рулевым колесом.

1 Состояние вопроса

1.1 Рулевое управление. Назначение

Рулевое управление (далее РУ) нужно для того чтобы можно было изменять и поддерживать заданное водителем направление движения автомобиля, а также в РУ входят все детали и элементы начиная от рулевого колеса и до рычага рулевой тяги рулевой трапеции.[1]

РУ - это механизм, состоящий из совокупности узлов и деталей, которые осуществляют поворачивание передних или задних управляемых колес какого-либо автотранспорта. Самое распространенное РУ в классическом варианте включает в себя три основные части: механизм рулевой; привод рулевого механизма; усилитель рулевого механизма.

В последние годы инженерные разработки внесли серьезные изменения в конструкцию автомобиля, которые повысили совершенство автомобилей и также стали появляться большое количество совершенно новых конструкторских решений.

В автомобиле меняется направление его движения путём поворота управляемых, в основном передних, колес разными видами РУ.

Исходя из того какое движение используется на автодорогах в определенной стране бывает левое, например в России и США, или правое, например в Японии и Великобритании, РУ.

Для того чтобы автомобилем было легче управлять, в настоящее время почти на всех автомобилях используются разнообразные усилители РУ.

РУ без использования усилителя устанавливаются на самых малых классах легковых автомобилей и грузовых малой грузоподъемности. Но в последнее время для повышения комфортабельности и на такие автомобили также устанавливаются усилители РУ. При этом серьезно становится легче их управление, лучше манёвренность и выше безопасность, например, при пробое шины на высоких скоростях автомобиль с большей вероятностью можно удержать в нужном направлении. [3]

1.2 Требования, предъявляемые к рулевому управлению

Между поворотами рулевого колеса и желаемым изменением направления движения автомобиля прямая функциональная связь не существует, так как цепь «поворот руля — изменение угла передних колес — происхождение боковых сил — изменение направления движения» не постоянна, в следствие ограниченной жесткости частей РУ. В результате, во время поездки связь между углом поворота руля, и вызванной им сменой направления движения при случае меняется. [2]

1.3 Конструкция рулевого управления. Классификация

Реечный рулевой механизм простой по своей конструкции, соответственно имеет высокий КПД, а также высокую надежность.

Червячный рулевой механизм обладает сравнительно меньшей чувствительностью к ударным нагрузкам.

Особенностями винтового рулевого механизма являются соединения винта и гайки с помощью шариков, вследствие чего достигается меньшее трение и износ механизма. [3]

1.4 Рулевое управление. Обзор и тенденции

Не так давно появились два варианта механизмов рулевого управления с дискретными гидро-усилиями: зубчатая и "шаровая гайка сектора". Последние поставили на большие автомобили и автомобили высокого проходимости. А сегодня и на тяжелых машинах все чаще появляются легкие рулевые механизмы.

Система управления удобна практически во всех случаях, помогают управлять коробкой передач с переменной передачей: в центральной части стойки зубья разрезаются небольшими шагами, на концах-шаг больше. При малых углах поворота автомобиль не так остро реагирует и резко реагирует на вождение, что в свою очередь очень важно на высоких скоростях, однако, разворачивая, поворачивая рулевое колесо на месте становится меньше. Еще больше комфорта и безопасности принесли системы, которые меняют мощность прикладываемой водителем на рулевом колесе в зависимости от скорости.

В верхней части распределителя находится обратного действия. В

нем движется поршень, соединенный с катушкой. Это устройство работает эффективно и надежно, а гидравлический насос потребляет мощность двигателя и увеличивает расход топлива. Такое решение недопустимо для автомобилей с маломощными двигателями. Производители знают, что благодаря электрогидравлическому усилителю автомобиль может сэкономить около 0,2 л/100 км. Также известно, что инженерам гораздо легче выбрать характеристики, приспособить устройство к конкретной модели автомобиля. [7]

1.5 Выбор и обоснование принятого варианта конструкции рулевого управления.

В данном проекте предлагается использовать рулевое колесо с более эргономичными характеристиками. Чистая эргономика предлагает сейчас не круглое, а сплюснутое в верхней части многофункциональное рулевое колесо. Благодаря своим компактным размерам (364 мм в диаметре), рулевое колесо с тремя спицами, с эллипсоидным сечением обода и со специальными отливами надежно располагается в руках водителя, что в целом повышает активную безопасность автомобиля.

Рулевое колесо обеспечивает связь водителя с дорогой, а в идеальном случае и с наиболее часто используемыми системами автомобиля. Эта связь должна быть удобной и прозрачной. Чтобы каждый имел возможность занять за рулём наиболее удобное положение. [6]

Также вместе с этим на автомобиль ВАЗ-21214 предлагается установка усилителя рулевого управления на базе усилителя, предложенного А/О "Авиаагрегат" (г. Махачкала). Использование этого усилителя рулевого управления позволило снизить наибольшее усилие на рулевом колесе при повороте на месте. Значительное возрастание стоимости автомобиля компенсируется повышением комфорта управления автомобилем, снижением утомляемости водителя и вероятности совершения дорожно-транспортного происшествия, а также повышением престижа автомобилей ВАЗ на внутреннем и, особенно, на внешнем рынке. Следует заметить, что возрастание стоимости автомобиля, оснащенного электрическим усилителем рулевого управления, ниже соответствующего автомобиля с гидравлическим усилителем.

2 Защита интеллектуальной собственности (не предусмотрено)

3 Конструкторская часть

3.1. Тягово-динамический расчет автомобиля

3.1.1. Исходные данные

Кол-во приводных колес.....	$nk = 4$
Собст-й вес, кг.....	$m_0 = 1210$
Места в автомобиле.....	5
Макс-я ск-ть, м/с.....	$V_{max} = 38,89$
Макс-я част. вр-я дв-ля, рад/с.....	$\omega_{max} = 650$
Мин-я част. вр-я дв-ля, рад/с.....	$\omega_{min} = 105$
Коэфф-т аэродин-го сопр-я.....	$C_x = 0,56$
Величина макс-й преод-й подъем.....	$\alpha_{max} = 0,30$
Коэфф-т полезного действ. трансм.....	$\eta_{TP} = 0,92$
Площ. попер-го сеч-я, м ²	$H = 2,34$
Коэфф-т сопр-я кач-ю.....	$f_{ko} = 0,014$
Кол-во пер. в КПШ.....	5
Распр-е массы авто-ля, % :	
Передн. ось.....	45
Задн. ось.....	55
Плотн-ть возд, кг/м ³	$\rho = 1,293$
Плотн-ть топл, 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

$$G_A = G_0 + G_{II} + G_B,$$

где G_0 - собственный вес автомобиля;

G_n - вес пассажиров;

G_b - вес багажа;

$$G_0 = m_0 \cdot g = 1210 \cdot 9,807 = 11866 \text{ Н} \quad (3.1)$$

$$G_{II} = G_{II1} \cdot 5 = m_{II1} \cdot g \cdot 5 = 75 \cdot 9,807 \cdot 5 = 3678 \text{ Н} \quad (3.2)$$

$$G_B = G_{B1} \cdot 5 = m_{B1} \cdot g \cdot 5 = 10 \cdot 9,807 \cdot 5 = 490 \text{ Н} \quad (3.3)$$

$$G_A = 11866 + 3678 + 490 = 16034 \text{ Н} \quad (3.4)$$

$$G_1 = G_A \cdot 45 = 16034 \cdot 45 = 7216 \text{ Н} \quad (3.5)$$

$$G_2 = G_A \cdot 55 = 16034 \cdot 55 = 8819 \text{ Н} \quad (3.6)$$

б) Подбор шин 185/75 R16.

$$r_k = r_{CT} = (0.5 \cdot d + \kappa \cdot \lambda \cdot B) \cdot 10^{-3}, \quad (3.7)$$

где r_k – рад. кач-я кол.;

r_{CT} – стат-й рад. Кол.;

$B = 185$ – шир. Проф., мм;

$\kappa = 0,75$ – отн-е выс-ы проф. к шир. Проф.;

$d = 406,4$ – посад-й диам., мм;

$\lambda = 0,85$ – коэфф-т типа шин.

$$r_k = r_{CT} = (0,5 \cdot 406,4 + 0,75 \cdot 0,85 \cdot 185) \cdot 10^{-3} = 0,321 \text{ м}$$

3.1.3. Определение передаточного числа главной передачи

$$U_0 = \frac{r_k}{U_K} \cdot \frac{\omega_{MAX}}{V_{MAX}}, \quad (3.8)$$

где U_K - пер-е число высш. пер. в КПП, на которой обесп-я макс. скор-ть.

Пер. число высш. пер. КПП = 0,900.

$$U_0 = (0,321 \cdot 650) / (0,900 \cdot 38,89) = 5,964$$

3.1.4 Внешняя скоростная характеристика двигателя

$$N_v = \frac{1}{\eta_{TP}} \cdot \left(G_A \cdot \psi_v \cdot V_{MAX} + \frac{C_x \cdot \rho}{2} \cdot H \cdot V_{MAX}^3 \right), \quad (3.9)$$

где ψ_v - коэфф-т сопр-я дороги при макс. скор. а/м.

$$\psi_v = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V_{MAX}^2}{2000} \right) \quad (3.10)$$

$$\psi_v = 0,014 \cdot (1 + 38,89^2 / 2000) = 0,025$$

$$N_v = (16034 \cdot 0,025 \cdot 38,89 + 0,56 \cdot 1,293 \cdot 2,34 \cdot 38,89^3 / 2) / 0,92 = 70822 \text{ Вт}$$

$$N_{MAX} = \frac{N_v}{a \cdot \lambda + b \cdot \lambda^2 - c \cdot \lambda^3}, \quad (3.11)$$

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

$$N_{MAX} = 70822 / (1 \cdot 1,05 + 1 \cdot 1,05^2 - 1 \cdot 1,05^3) = 71187 \text{ Вт}$$

$$N_e = N_{MAX} \cdot \left[C_1 \frac{\omega_e}{\omega_N} + C_2 \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right] \quad (3.12)$$

где $C_1 = C_2 = 1$ – коэфф-ы характер-ие тип дв-ля.

$$Me = \frac{Ne}{\omega_e} \quad (3.13)$$

Таблица 3.1 – Внешняя скоростная характеристика

Обор. двс, об/мин	Угл. скорость, рад/с	Мощн. двс, кВт	М двс, Н*м
1003	105	13,8	131,2
1400	147	19,9	135,8
1800	188	26,3	139,3
2200	230	32,7	141,9
2600	272	39,0	143,3
3000	314	45,2	143,7
3400	356	50,9	143,1
3800	398	56,3	141,4
4200	440	61,0	138,6
4600	482	65,0	134,8
5000	524	68,1	130,0
5400	565	70,2	124,1
5800	607	71,1	117,1
6200	649	70,8	109,1
6207	650	70,8	109,0

n_e - обороты двигателя, об/мин;

$$n_e = \frac{30 \cdot \omega_e}{\pi} \quad (3.14)$$

3.1.5 Определение передаточных чисел коробки передач

$$1) U_1 \geq \frac{G_A \cdot \psi_{MAX} \cdot r_K}{M_{MAX} \cdot \eta_{TP} \cdot U_0}; \quad (3.15)$$

где ψ_{MAX} - коэфф-т сопр-я дороги при макс-й скор. а/м с учётом преод-го подъёма ($\psi_{MAX} = f_{V \max} + \alpha_{MAX} = \psi_V + \alpha_{MAX}$).

$$\psi_{MAX} = 0,025 + 0,30 = 0,325 \quad (3.16)$$

$$U_1 \geq 16034 \cdot 0,325 \cdot 0,321 / (143,7 \cdot 0,92 \cdot 5,964) = 2,119$$

$$2) U_1 \leq \frac{G_{сц} \cdot \varphi \cdot r_k}{M_{MAX} \cdot \eta_{TP} \cdot U_0}, \quad (3.17)$$

где $G_{сц}$ - сцепной вес а/м ($G_{сц} = G_1 \cdot m_1 = 7216 \cdot 0,9 = 6494$ Н, m_1 - коэфф-т перераспр-я нагрузки на пер. колёса), φ - коэфф-т сцепл-я ($\varphi = 0,8$).

$$U_1 \leq 6494 \cdot 0,8 \cdot 0,321 / (143,7 \cdot 0,92 \cdot 5,964) = 5,223$$

Примем значение первой передачи равным: $U_1 = 5,200$.

$$q = (U_1 / U_5)^{1/4} = (5,200 / 0,900)^{1/4} = 1,550 \quad (3.18)$$

$$U_2 = U_1 / q = 5,200 / 1,550 = 3,354; \quad (3.19)$$

$$U_3 = U_2 / q = 3,354 / 1,550 = 2,163; \quad (3.20)$$

$$U_4 = U_3 / q = 2,163 / 1,550 = 1,395; \quad (3.21)$$

$$U_5 = 0,900. \quad (3.22)$$

3.1.6 Скорость движения автомобиля на различных передачах

$$V_A = 0,377 \cdot \frac{n_e \cdot r_k}{U_{кп} \cdot U_0} \quad (3.23)$$

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
1003	1,1	1,7	2,6	4,1	6,3
1400	1,5	2,4	3,6	5,7	8,8
1800	2,0	3,0	4,7	7,3	11,3
2200	2,4	3,7	5,7	8,9	13,8
2600	2,8	4,4	6,8	10,5	16,3
3000	3,3	5,0	7,8	12,1	18,8
3400	3,7	5,7	8,9	13,7	21,3
3800	4,1	6,4	9,9	15,4	23,8
4200	4,6	7,1	10,9	17,0	26,3
4600	5,0	7,7	12,0	18,6	28,8
5000	5,4	8,4	13,0	20,2	31,3
5400	5,9	9,1	14,1	21,8	33,8
5800	6,3	9,8	15,1	23,4	36,3
6200	6,7	10,4	16,2	25,1	38,8
6207	6,7	10,4	16,2	25,1	38,9

3.1.7 Сила тяги на ведущих колёсах

$$F_T = \frac{M_E \cdot U_{к.п.} \cdot U_0 \cdot \eta_{TP}}{r_k} \quad (3.24)$$

Таблица 3.3 – Тяговый баланс

Обор. дв-ля, об/мин	Ф тяги на 1 пер, Н	Ф тяги на 2 пер, Н	Ф тяги на 3 пер, Н	Ф тяги на 4 пер, Н	Ф тяги на 5 пер, Н
1003	11656	7518	4849	3128	2017
1400	12063	7781	5019	3237	2088
1800	12380	7985	5151	3322	2143
2200	12604	8130	5244	3382	2181
2600	12734	8213	5298	3417	2204
3000	12770	8237	5313	3427	2210
3400	12713	8200	5289	3411	2200
3800	12563	8103	5226	3371	2174
4200	12318	7945	5125	3305	2132
4600	11981	7727	4984	3215	2074
5000	11549	7449	4805	3099	1999
5400	11024	7111	4586	2958	1908
5800	10406	6712	4329	2792	1801
6200	9694	6252	4033	2601	1678
6207	9680	6244	4027	2598	1675

3.1.8 Силы сопротивления движению

Сила сопротивления воздуху:

$$F_B = H \cdot \rho_B \cdot C_x \cdot \frac{V_A^2}{2}. \quad (3.25)$$

Сила сопротивления качению:

$$F_f = G_A \cdot f_k; \quad (3.26)$$

$$f_k = f_0 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot V_A^2). \quad (3.27)$$

Таблица 3.4 – Силы сопротивления движению

Скор-ть, м/с	Ф сопр. возд, Н	Ф сопр. кач-ю, Н	Σ Ф сопр. движ-ю, Н
0,0	0,0	224,0	224,0
5,0	21,0	227,0	248,0
10,0	85,0	236,0	320,0
15,0	191,0	250,0	440,0
20,0	339,0	269,0	608,0
25,0	529,0	295,0	824,0
30,0	762,0	325,0	1088,0
35,0	1038,0	362,0	1400,0
40,0	1355,0	404,0	1760,0
45,0	1716,0	452,0	2167,0
50,0	2118,0	505,0	2623,0
55,0	2563,0	564,0	3127,0
60,0	3050,0	629,0	3678,0

65,0	3579,0	699,0	4278,0
------	--------	-------	--------

3.1.9 Динамический фактор

$$D = \frac{F_T - F_B}{G_A}, \quad (3.28)$$

$$D_\varphi = \frac{G_{сц} \cdot \varphi}{G_A}, \quad (3.29)$$

Таблица 3.5 - Динамический фактор на передачах

Обор. двс, об/мин	Дин-й фактор на 1пер	Дин-й фактор на 2пер	Дин-й фактор на 3пер	Дин-й фактор на 4пер	Дин-й фактор на 5пер
1003	0,727	0,469	0,302	0,194	0,124
1400	0,752	0,485	0,312	0,200	0,126
1800	0,772	0,498	0,320	0,204	0,127
2200	0,786	0,506	0,325	0,207	0,126
2600	0,794	0,511	0,328	0,207	0,123
3000	0,796	0,512	0,328	0,206	0,119
3400	0,792	0,510	0,326	0,203	0,113
3800	0,783	0,503	0,321	0,198	0,106
4200	0,767	0,493	0,313	0,191	0,096
4600	0,746	0,479	0,303	0,182	0,085
5000	0,719	0,461	0,291	0,172	0,073
5400	0,686	0,439	0,276	0,159	0,059
5800	0,647	0,414	0,258	0,145	0,043
6200	0,602	0,384	0,238	0,129	0,025
6207	0,601	0,384	0,237	0,129	0,025

3.1.10 Ускорения автомобиля

$$j = \frac{(D - \Psi) \cdot g}{\delta_{BP}}, \quad (3.30)$$

где δ_{BP} - коэфф-т учета вращ-я масс,

Ψ - коэфф-т суммарного сопр-я дороги.

$$\Psi = f + i \quad (3.31)$$

i – вел. преод-го подъёма ($i = 0$).

$$\delta_{BP} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_{КП}^2), \quad (3.32)$$

где: δ_1 - коэфф-т учёта вращ-ся масс колёс; δ_2 - коэфф-т учёта вращ-ся масс дв-

ля: $\delta_1 = \delta_2 = 0,03$.

Таблица 3.6 – Коэффициент учета вращающихся масс

$U1$	$U2$	$U3$	$U4$	$U5$
------	------	------	------	------

<i>dBP</i>	1,841	1,367	1,170	1,088	1,054
------------	-------	-------	-------	-------	-------

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
1003	3,80	3,26	2,41	1,62	1,02
1400	3,93	3,38	2,50	1,68	1,04
1800	4,04	3,47	2,56	1,71	1,04
2200	4,11	3,53	2,61	1,73	1,03
2600	4,15	3,57	2,63	1,73	1,00
3000	4,17	3,57	2,63	1,72	0,96
3400	4,15	3,55	2,61	1,69	0,89
3800	4,09	3,51	2,57	1,64	0,82
4200	4,01	3,43	2,50	1,58	0,72
4600	3,90	3,33	2,42	1,49	0,61
5000	3,75	3,20	2,31	1,40	0,48
5400	3,58	3,05	2,18	1,28	0,34
5800	3,37	2,86	2,03	1,15	0,18
6200	3,13	2,65	1,86	1,00	0,00
6207	3,13	2,65	1,86	0,99	0,00

3.1.11 Величины обратные ускорениям автомобиля

Таблица 3.8 – Величины обратные ускорениям автомобиля

Обор двс, об/мин	Обр.ускор. на 1пер, с ² /м	Обр.ускор. на 2пер, с ² /м	Обр.ускор. на 3пер, с ² /м	Обр.ускор. на 4пер, с ² /м	Обр.ускор. на 5пер, с ² /м
1003	0,26	0,31	0,41	0,62	0,98
1400	0,25	0,30	0,40	0,60	0,96
1800	0,25	0,29	0,39	0,58	0,96
2200	0,24	0,28	0,38	0,58	0,97
2600	0,24	0,28	0,38	0,58	1,00
3000	0,24	0,28	0,38	0,58	1,05
3400	0,24	0,28	0,38	0,59	1,12
3800	0,24	0,29	0,39	0,61	1,23
4200	0,25	0,29	0,40	0,63	1,39
4600	0,26	0,30	0,41	0,67	1,64
5000	0,27	0,31	0,43	0,72	2,07
5400	0,28	0,33	0,46	0,78	2,94
5800	0,30	0,35	0,49	0,87	5,57
6200	0,32	0,38	0,54	1,00	311,23
6207	0,32	0,38	0,54	1,01	-

3.1.12 Время и путь разгона

$$\Delta t = \int_{V_i}^{V_{i+1}} \frac{1}{j} dV \approx \left(\frac{1}{j_{CP}} \right)_{i+1} \cdot (V_{i+1} - V_i). \quad (3.33)$$

$$\left(\frac{1}{j_{CP}}\right)_k = \frac{(1/j)_{k-1} + (1/j)_k}{2}, \quad (3.34)$$

где k – порядковый номер интервала.

$$\Delta t = \left(\frac{1}{j_{CP}}\right)_k \cdot (V_k - V_{k-1}) \quad (3.35)$$

$$t_1 = \Delta t_1, \quad t_2 = \Delta t_1 + \Delta t_2, \quad t_n = \sum_{k=1}^n \Delta t_k. \quad (3.36)$$

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
0-5,0	197,0	1,00
0-10,0	515,0	2,60
0-15,0	956,0	4,80
0-20,0	1551,0	7,80
0-25,0	2398,0	12,00
0-30,0	3539,0	17,70
0-35,0	5064,0	25,30
0-40,0	7072,0	35,40
0-45,0	9661,0	48,30

$$\Delta S = V_{CPk} \cdot \overbrace{t_k - t_{k-1}}^{\Delta t_k} = V_{CPk} \cdot \Delta t_k, \quad (3.37)$$

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

Путь разгона от скорости V_0

$$\text{до скорости } V_1: S_1 = \Delta S_1, \quad (3.38)$$

$$\text{до скорости } V_2: S_2 = \Delta S_1 + \Delta S_2, \quad (3.39)$$

$$\text{до скорости } V_n: S_n = \sum_{k=1}^m \Delta S_k \quad (3.40)$$

Результаты расчёта заносятся в таблицу:

Таблица 3.10 – Путь разгона автомобиля

Диап. скор, м/с	Площ, мм ²	Путь S, м
0-5	49	2
0-10	288	14
0-15	839	42
0-20	1880	94

0-25	3787	189
0-30	6924	346
0-35	11880	594
0-40	19409	970
0-45	30412	1521

3.1.13 Мощностной баланс

$$N_K = N_e \cdot \eta_{TP} = N_f + N_{II} + N_B + N_j, \quad (3.41)$$

N_f - мощность, затраченная на преодоление сопротивления качению;

N_B - мощность, затраченная на преодоление сопротивления воздуха;

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

N_j - мощность, затраченная на ускорение а/м ($N_j = 0$).

Таблица 3.11 – Мощностной баланс

Обороты дв-ля, об/мин	Мощность на кол, кВт
1003	12,7
1400	18,3
1800	24,2
2200	30,1
2600	35,9
3000	41,5
3400	46,9
3800	51,8
4200	56,1
4600	59,8
5000	62,6
5400	64,6
5800	65,4
6200	65,2
6207	65,2

Таблица 3.12 – Мощность сопротивления движению

Скор., м/с	Мощность сопр. возд.	Мощность сопр. кач-я	Суммарная мощность сопр.
0	0,0	0,0	0,0
5	0,1	1,1	1,2
10	0,8	2,4	3,2
15	2,9	3,7	6,6
20	6,8	5,4	12,2
25	13,2	7,4	20,6
30	22,9	9,8	32,6
35	36,3	12,7	49,0
40	54,2	16,2	70,4

45	77,2	20,3	97,5
50	105,9	25,3	131,2
55	140,9	31,0	172,0
60	183,0	37,7	220,7
65	232,7	45,4	278,1

3.1.14 Топливоно-экономическая характеристика

$$Q_s = \frac{1.1 \cdot g_{e \min} K_H \cdot K_E (N_f + N_B)}{36000 \cdot V_a \cdot \rho_T \cdot \eta_{TP}} \quad (3.42)$$

где: $g_{e \min} = 290$ г/(кВт·ч) – мин. уд. расх. топл.

$$K_H = 1,152 \cdot H^2 - 1,728 \cdot H + 1,523 \quad (3.43)$$

$$K_E = 0,53 \cdot E^2 - 0,753 \cdot E + 1,227 \quad (3.44)$$

$$H = \frac{N_f + N_B}{N_T}; \quad E = \frac{w_e}{w_{eN}} \quad (3.45)$$

Таблица 3.13 – Путь расход топлива на высшей передачи

Обор. дв-ля, об/мин	Скорость, м/с	Знач.И	Знач.Е	Знач.К _И	Знач.К _Е	Знач.Q _s
1003	6,3	0,130	0,170	1,318	1,165	5,4
1400	8,8	0,143	0,237	1,300	1,128	5,9
1800	11,3	0,162	0,304	1,274	1,097	6,5
2200	13,8	0,186	0,372	1,241	1,070	7,2
2600	16,3	0,217	0,440	1,202	1,048	8,1
3000	18,8	0,255	0,507	1,157	1,031	9,0
3400	21,3	0,300	0,575	1,108	1,019	10,0
3800	23,8	0,353	0,643	1,056	1,012	11,0
4200	26,3	0,417	0,710	1,003	1,010	12,0
4600	28,8	0,493	0,778	0,951	1,012	13,2
5000	31,3	0,583	0,846	0,907	1,019	14,4
5400	33,8	0,693	0,913	0,879	1,031	16,0
5800	36,3	0,828	0,981	0,882	1,048	18,4

3.2. Расчет элементов усилителя и рулевой колонки.

3.2.1 Расчет момента на рулевом колесе при повороте на месте для рулевого управления ВАЗ-21214 без усилителя

3.2.1.1 Момент трения скольжения отпечатка шины по опорной поверхности:

$$M_{\varphi} = 2 \cdot 0,375 \cdot G_k \cdot \varphi \cdot \frac{(S_{ш})^{0,5}}{\eta_{пр}} = 2 \cdot 0,375 \cdot 3608 \cdot 0,8 \cdot \frac{(0,092)^{0,5}}{0,95} = 691,18 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.52)$$

где G_k - нагрузка на одно управляемое колесо; $G_k = 3608 \text{ Н}$ при конструктивной нагрузке и распределении нагрузки по осям 50/50 %;

φ - коэфф-т сцепления колес с дорогой; $\varphi = 0,8$ (асфальтовое покрытие);

$S_{ш}$ - площадь контактного отпечатка шины;

$$S_{ш} = B \cdot l = 0,185 \cdot 0,497 = 0,092 \text{ м}^2 \quad (3.53)$$

где B - ширина шины; $B = 0,205 \text{ м}$ для регламентируемых для Шевроле-Нива шин 185/75 R 16;

l - длина опорной поверхности шины;

$$l = 2 \cdot (r_{св}^2 - r_{ст}^2)^{0,5} = 2 \cdot (0,406^2 - 0,321^2)^{0,5} = 0,497 \text{ м} \quad (3.54)$$

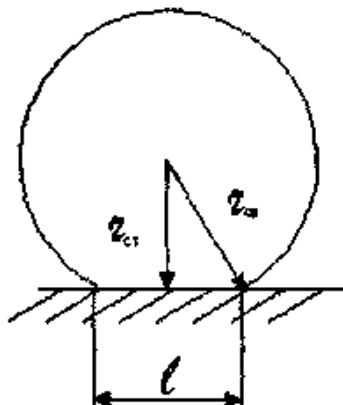


Рисунок 3.1 - К расчету усилия на рулевом колесе при повороте на месте.

где $r_{св}$ - свободный радиус шины; $r_{св} = 0,406 \text{ м}$ для шины 185/75 R 16;

$r_{ст}$ - статический радиус шины; $r_{ст} = 0,321 \text{ м}$ при конструктивной нагрузке;

$\eta_{пр}$ - КПД привода; $\eta_{пр} = 0,95$.

3.2.1.2 Момент сопротивления повороту колеса:

$$M_f = \left| 2 \cdot G_k \cdot f \cdot \frac{(r_u - r_{cm} \cdot (\gamma + \beta))}{\eta_{np}} \right| = \left| 2 \cdot 3608 \cdot 0,014 \cdot \frac{(0,065 - 0,321 \cdot (0 + 0,2356))}{0,95} \right| = 1,13 \text{ Нм} \quad (3.55)$$

где G_k - нагрузка на одно управляемое колесо; $G_k = 3608 \text{ Н}$ при конструктивной нагрузке и распределении нагрузки по осям 50/50 %;

f - коэффициент сопротивления качению; $f = 0,014$ для асфальтового покрытия;

r_u - длина цапфы колеса; $r_u = 0,065 \text{ м}$;

r_{cm} - статический радиус шины; $r_{cm} = 0,321 \text{ м}$ при конструктивной нагрузке;

γ - угол развала колеса; для ВА3-21214 $\gamma = 0^\circ \pm 30'$ принимаем $\gamma = 0^\circ$;

β - поперечный угол наклона шкворня; $\beta = 13^\circ 30' = 0,2356$ радиана;

η_{np} - КПД привода; $\eta_{np} = 0,95$.

3.2.1.3 Стабилизирующий момент от вертикальной нагрузки на колесах:

$$\begin{aligned} M_{cm} &= 2 \cdot G_k \cdot (a + r_{cm} \cdot \tan \beta) \cdot \left\{ \frac{1 + \tan^2 \xi}{1 + \tan^2 \xi + \tan^2 \beta} \right\}^{0,5} \cdot \sin \beta \cdot \sin \theta \cdot \cos \xi \cdot \eta_{np} = \\ &= 2 \cdot 3608 \cdot (-0,01 + 0,321 \cdot \tan 0,2356) \cdot \left\{ \frac{1 + \tan^2 0,026}{1 + \tan^2 0,026 + \tan^2 0,2356} \right\}^{0,5} \cdot \sin 0,2356 \cdot \\ &\cdot \sin 30^\circ \cdot \cos 0,026 \cdot 0,95 = 53,81 \text{ Нм} \end{aligned} \quad (3.56)$$

где G_k - нагрузка на одно управляемое колесо; $G_k = 3608 \text{ Н}$ при конструктивной нагрузке и распределении нагрузки по осям 45/50 %;

a - плечо обкатки; для ВА3-21214 $a = +0,02 \text{ м}$;

r_{cm} - статический радиус шины; $r_{cm} = 0,321 \text{ м}$ при конструктивной нагрузке;

β - поперечный угол наклона шкворня; $\beta = 0,242$ радиана;

ξ - продольный угол наклона оси шкворня; $\xi = 3^\circ 30' = 0,061$ радиан;

θ - средний угол поворота колес; принимаем $\theta = 30^\circ$;

η_{np} - КПД привода; $\eta_{np} = 0,95$.

3.2.1.4 Суммарный момент сопротивления повороту управляемых колес

$$M_c = M_\varphi + M_f + M_{cm} = 691,18 + 1,13 + 53,81 = 746,12 \text{ Н} \quad (3.57)$$

где M_φ - момент трения скольжения отпечатка шины по опорной поверхности на одно колесо; $M_\varphi = 691,18 \text{ Нм}$ по расчету (2.2.1);

M_f - момент сопротивления повороту колеса; $M_f = 1,13 \text{ Нм}$ по расчету (2.2.4);

M_{cm} - стабилизирующий момент от вертикальной нагрузки на колесах;

$M_{cm} = 53,81$ Нм по расчету (3.55);

M_{cm} - стабилизирующий момент от вертикальной нагрузки на колесах;

3.2.1.5 Момент на рулевом колесе

$$M_{pk} = \frac{M_c}{\eta_{py} \cdot u} = \frac{746,12}{0,85 \cdot 20} = 43,89 \text{ Нм} \quad (3.58)$$

где M_c - суммарный момент сопротивления повороту управляемых колес;

$M_c = 746,12$ Н по расчету (3.57);

η_{py} - КПД рулевого управления; $\eta_{py} = 0,85$;

u - передаточное число рулевого управления в целом; $u = 20$.

3.2.1.6 Усилие на рулевом колесе

$$P_{pk} = \frac{M_{pk}}{r_{pk}} = \frac{43,89}{0,19} = 231 \text{ Н} \quad (3.59)$$

где M_{pk} - момент на рулевом колесе; из формулы (3.2.7) $M_{pk} = 43,89$ Нм; r_{pk} - радиус рулевого колеса; для ВАЗ-21214 $r_{pk} = 0,19$ м.

На рисунке 3.2 представлено изменение величины момента на рулевом колесе в зависимости от угла поворота рулевого колеса для рулевого управления ВАЗ-21214 без усилителя и с электрическим усилителем, характеристика компенсации которого описана ниже.

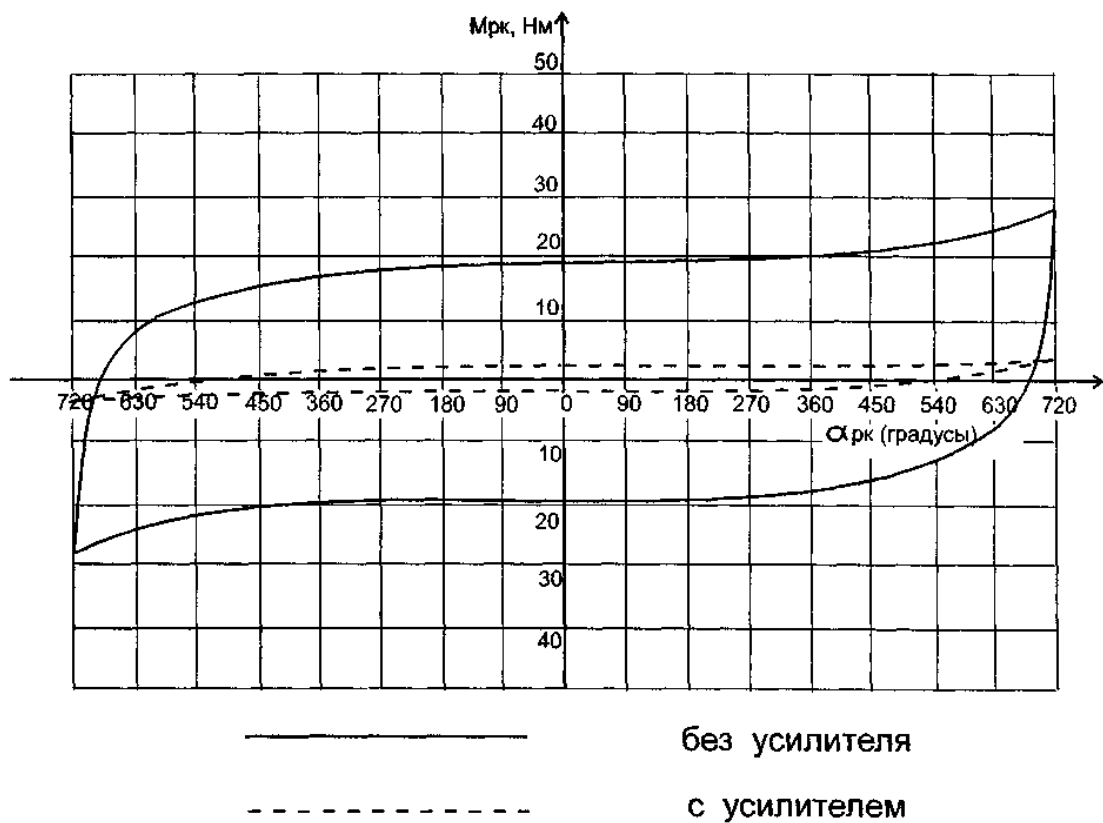


Рисунок 3.2 - Зависимость усилия на рулевом колесе ВАЗ-21214 (рулевой механизм с переменным передаточным числом) от угла поворота рулевого колеса

3.2.2 Расчет червячного редуктора

3.2.2.1 Выбор передаточного числа

Исходя из мощности электродвигателя (250 Вт) и величины требуемого момента компенсации (70 Нм) выбираем передаточное число редуктора $u = 24$. Для плавной передачи крутящего момента в переходных режимах принимаем число зубьев червячного колеса $Z_2 = 48$, тогда число витков червяка

$$Z_1 = \frac{Z_2}{u} = \frac{48}{24} = 2. \quad (3.60)$$

3.2.2.2 Выбор материалов червячного колеса и червяка

Редуктор должен работать продолжительное время (не менее 8500 часов по техническим требованиям (см. п.3.2.2.1), режим работы неравномерный. Исходя из этого, для червячного колеса принимаем оловянную бронзу Бр. ОФ 6,5-0,15

(ГОСТ 10025-78) с допустимым напряжением растяжения $\sigma_B = 370$ МПа, метод изготовления колеса - центробежное литье.

Для червяка выбираем сталь 40Х с закалкой ТВЧ до HRC = 50...55 и последующей шлифовкой.

3.2.2.3 Расчет межосевого расстояния редуктора из условия контактной прочности

$$A \geq \left(\frac{Z_2}{q} + 1 \right) \cdot \left\{ \left(169 \cdot \frac{q}{Z_2} \cdot \frac{1}{\sigma_{\text{к}}} \right)^2 \cdot M_2 \cdot K \right\}^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{48}{6} + 1 \right) \cdot \left\{ \left(169 \cdot \frac{6}{48} \cdot \frac{1}{290} \right)^2 \cdot 30000 \cdot 1.3 \right\}^{\frac{1}{3}} = 40.43 \text{ мм} \quad (3.61)$$

где Z_2 - число зубьев червячного колеса; $Z_2 = 48$;

q - относительная толщина червяка; в целях уменьшения габаритов редуктора принимаем $q = 6$;

$\sigma_{\text{к}}$ - допускаемые контактные напряжения для червячного колеса:

$$\sigma_{\text{к}} = C \cdot \sigma_B \cdot k_{\text{рн}} = 0,9 \cdot 370 \cdot 0,872 = 290 \text{ МПа}, \quad (3.62)$$

где C - эмпирический коэфф-т; по данным $C = 0,9$ для червяков с HRC > 45;

σ_B - допустимое напряжение растяжения материала колеса; для

Бр.ОФ6,5-0,15, $\sigma_B = 370$ МПа;

$k_{\text{рн}}$ - коэфф-т режима нагрузки;

$$k_{\text{рн}} = \left(\frac{10^6}{N_u} \right)^{\frac{1}{8}} = \left(\frac{10^6}{3 \cdot 10^6} \right)^{\frac{1}{8}} = 0,872, \quad (3.63)$$

где N_u - число циклов нагружения для редуктора за весь срок службы; по техническим требованиям срок службы усилителя 8500 часов = $3 \cdot 10^6$ секунд, предполагая один цикл включения в секунду, принимаем $N_u = 3 \cdot 10^6$;

M_2 - наибольший момент на червячном колесе; $M_2 = M_{\text{комн}} = 30 \text{ Нм} = 30000 \text{ Нмм}$;

K - коэфф-т нагрузки; для неравномерной нагрузки $K = 1,3$. Принимаем $A = 40,5$ без обращения к ГОСТ 2144-66, т.к. редуктор не является самостоятельным агрегатом.

3.2.2.4 Осевого модуль зацепления

$$m_s = 2 \cdot \frac{A}{(Z_2 + q)} = 2 \cdot \frac{40,5}{48 + 6} = 1,5, \quad (3.64)$$

где A - межосевое расстояние редуктора; принято $A=40,5$ мм; Z_2 - число зубьев червячного колеса; $Z_2 = 48$; q - относительная толщина червяка; $q = 6$.

По ГОСТ 2144-66 принимаем $m_s = 1,5$.

3.2.2.5 Основные геометрические размеры червяка

а) диаметр делительной окружности

$$d_{o1} = q \cdot m_s = 6 \cdot 1,5 = 9 \text{ мм} \quad (3.65)$$

где q - относительная толщина червяка; $q=6$; m_s - осевой модуль зацепления;

$$m_s = 1,5.$$

б) диаметр выступов

$$D_{el} = m_s \cdot (q+2) = 1,5 \cdot (6+2) = 12 \text{ мм}, \quad (3.66)$$

где m_s - осевой модуль зацепления; $m_s = 1,5$; q - относительная толщина червяка; $q = 6$.

в) диаметр по впадинам

$$D_{il} = D_{el} - 2 \cdot h \cdot m_s = 12 - 2 \cdot 1 \cdot 1,5 = 9 \text{ мм}, \quad (3.67)$$

г) длина нарезанной части

$$L = (11 + 0,06 \cdot Z_2) \cdot m_s = (11 + 0,06 \cdot 48) \cdot 1,5 = 16,7 \text{ мм}, \quad (3.68)$$

где Z_2 - число зубьев червячного колеса; $Z_2 = 48$;

m_s - осевой модуль зацепления; $m_s = 1,5$.

Принимаем зону под закалку $L_2 = 20$ мм, длину нарезанной части

$L_H = 40$ мм (с учетом технологии).

3.2.2.6 Основные геометрические размеры червячного колеса

а) диаметр делительной окружности

$$d_{o2} = Z_2 \cdot m_s = 48 \cdot 1,5 = 72 \text{ мм}, \quad (3.69)$$

где Z_2 - число зубьев червячного колеса; $Z_2 = 48$;

m_s - осевой модуль зацепления; $m_s = 1,5$.

б) диаметр выступов

$$D_{el} = m_s (Z_2 + 2) = 1,5 \cdot (48 + 2) = 75 \text{ мм}, \quad (3.70)$$

где m_s - осевой модуль зацепления; $m_s = 1,5$;

Z_2 - число зубьев червячного колеса; $Z_2 = 48$.

в) ширина зубчатого венца

$$0,75 \cdot D_{el} = 0,75 \cdot 75 = 56 \text{ мм} > b, \quad (3.71)$$

из условий компоновки принимаем $b = 10 \text{ мм}$.

3.2.2.7 Скорость скольжения

$$V_{ск} = \omega_1 \cdot \frac{d_{д1}}{2000 \cdot \cos \lambda_{д1}} = 336 \cdot \frac{9}{2000 \cdot \cos 26^{\circ} 56' 28''} = 1,7 \text{ м/с} \quad (3.72)$$

где ω_1 - скорость вращения червяка:

$$\omega_1 = \omega_{рк} \cdot u = 14 \cdot 24 = 336 \text{ рад/сек}, \quad (3.73)$$

где $\omega_{рк}$ - наибольшая скорость вращения рулевого колеса; принимаем

$$\omega_{рк} = 800 \text{ градусов/сек} = 14 \text{ рад/сек};$$

u - передаточное число редуктора; $u = 24$;

$d_{д1}$ - делительный диаметр червяка; $d_{д1} = 9 \text{ мм}$;

$\lambda_{д1}$ - угол подъема витков червяка; принимаем $\lambda_{д1} = 26^{\circ} 56' 28''$ для червяка с $Z_1=2$ и $q = 6$ по ГОСТ 2144-60.

3.2.2.8 Расчетный коэфф-т полезного действия (кпд) передачи

$$\eta = \underbrace{\eta_n^n}_{\eta_p} \cdot \eta_{зз} \cdot \eta_{ен} = (0,995)^2 \cdot 0,99 \cdot 0,98 \cdot 0,92 = 0,92, \quad (3.74)$$

где η_n - КПД одной пары подшипников; $\eta_n = 0,995$ для подшипников качения;

n - число пар подшипников; $n = 2$;

η_p - КПД с учетом потерь на перемешивание смазки; $\eta_p = 0,99$ для пластической смазки;

$\eta_{зз}$ - КПД с учетом потерь в зубчатом зацеплении; при хорошей приработке зубьев колеса к виткам червяка $\eta_{зз} = 0,98$;

$\eta_{ен}$ - КПД с учетом потерь в винтовой паре:

$$\eta_{ен} = \frac{\operatorname{tg} \lambda_{д1}}{\operatorname{tg}(\lambda_{д1} + \rho)} = \frac{\operatorname{tg} 26^{\circ} 56' 28''}{\operatorname{tg}(26^{\circ} 56' 28'' + 2^{\circ})} = 0,92, \quad (3.75)$$

где $\lambda_{д1}$ - угол подъема витков червяка; $\lambda_{д1} = 26^{\circ} 56' 28''$;

p - угол трения; по таблице 8.4 (2) для $V_{ск} = 1,7$ м/с $p = 2^\circ$.

3.2.2.9 Эквивалентное число зубьев колеса

$$Z_{\alpha 2} = Z_2 / \cos^3 \lambda_\alpha = 48 / \cos^3 26^\circ 56'28'' = 67,75, \quad (3.76)$$

где Z_2 - число зубьев червячного колеса; $Z_2 = 48$;

λ_α - угол подъема витков червяка; $\lambda_\alpha = 26^\circ 56'28''$.

Выбираем коэфф-т формы зуба $y_{\alpha 2} = 0,476$.

3.2.2.10 Расчетное напряжение изгиба в основании зуба колеса

$$\sigma_{-1u} = \frac{1,2 \cdot M_2 \cdot K \cdot \gamma}{y_{\alpha 2} \cdot m_s \cdot d_{\alpha 1} \cdot d_{\alpha 2}} = \frac{1,2 \cdot 30000 \cdot 1,3 \cdot 1,3}{0,476 \cdot 1,5 \cdot 9 \cdot 72} = 59,79 \text{ МПа}, \quad (3.77)$$

где M_2 - наибольший момент на червячном колесе;

$$M_2 = M_{комп} = 30 \text{ Нм} = 30000 \text{ Нмм};$$

K - коэфф-т нагрузки; для неравномерной нагрузки $K = 1,3$;

γ - коэффицент износа зубьев; принимаем $\gamma = 1,3$;

$y_{\alpha 2}$ - коэфф-т формы зуба; $y_{\alpha 2} = 0,476$;

m_s - осевой модуль зацепления; $m_s = 1,5$;

$d_{\alpha 1}$ - делительный диаметр червяка; $d_{\alpha 1} = 9$ мм;

$d_{\alpha 2}$ - делительный диаметр червячного колеса; $d_{\alpha 2} = 72$ мм.

3.2.2.11 Допустимое напряжение изгиба

$$[\sigma_{-1}]_и = 0,2 \cdot \sigma_B \cdot k_{рн} = 0,2 \cdot 370 \cdot 0,872 = 64,53 \text{ МПа}, \quad (3.78)$$

где σ_B - допустимое напряжение растяжения для червячного колеса;

$$\sigma_B = 370 \text{ МПа};$$

$k_{рн}$ - коэфф-т режима нагрузки; $k_{рн} = 0,872$.

Поскольку $[\sigma_{-1}]_и = 64,53 \text{ МПа} > \sigma_{-1} = 59,79 \text{ МПа}$, то условие прочности по изгибу зуба червячного колеса выполняется.

3.2.3.1 Расчет ведущего вала электрического усилителя рулевого управления на прочность и угол скручивания.

Проведем расчет верхнего вала рулевого управления на прочность и определим угол закручивания.

Расчетная схема представлена на рисунке 3.3 для упрощения расчетов вал разбит на девять участков.

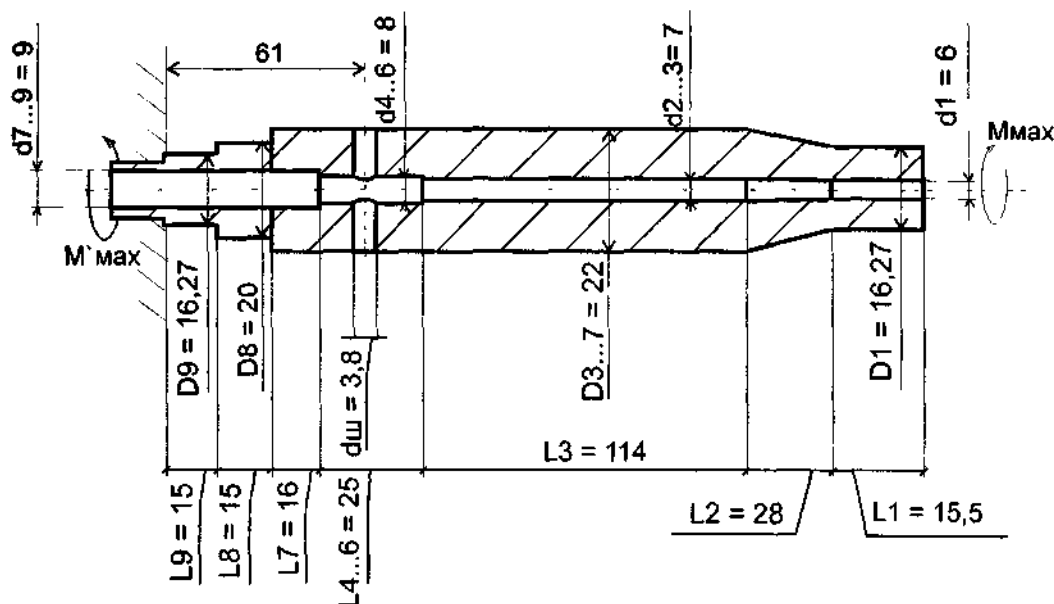


Рисунок 3.3 - Схема для расчета ведущего вала электроусилителя на кручение

Максимальный момент M_{\max} , нагружающий верхний вал рулевого управления, принимается равным 200 Нм.

Материал рулевого вала - сталь 40Х.

Наибольшее касательное напряжение скручивания на каждом участке:

$$\tau_{\max 1} = \frac{16 \cdot M_{\max} \cdot D_1}{3,14 \cdot (D_1^4 - d_1^4)} = \frac{16 \cdot 200 \text{ Нм} \cdot 0,0163 \text{ м}}{3,14 \cdot (0,0163^4 - 0,006^4)} = 240 \text{ МПа}, \quad (3.79)$$

$$\tau_{\max 2} = \frac{16 \cdot M_{\max} \cdot D_2}{3,14 \cdot (D_2^4 - d_2^4)} = \frac{16 \cdot 200 \text{ Нм} \cdot 0,01915 \text{ м}}{3,14 \cdot (0,01915^4 - 0,007^4)} = 148 \text{ МПа}, \quad (3.80)$$

$$\tau_{\max 3} = \frac{16 \cdot M_{\max} \cdot D_3}{3,14 \cdot (D_3^4 - d_3^4)} = \frac{16 \cdot 200 \text{ Нм} \cdot 0,022 \text{ м}}{3,14 \cdot (0,022^4 - 0,007^4)} = 96,6 \text{ МПа}, \quad (3.81)$$

$$\tau_{\max 4} = \frac{16 \cdot M_{\max} \cdot D_4}{3,14 \cdot (D_4^4 - d_4^4)} = \frac{16 \cdot 200 \text{ Нм} \cdot 0,022 \text{ м}}{3,14 \cdot (0,022^4 - 0,008^4)} = 97,4 \text{ МПа} \quad (3.82)$$

$$\tau_{\max 5} = \frac{M_{\max}}{3,14 \cdot \frac{D_5^3}{16} - b \cdot t \cdot \frac{(D_5 - t)^2}{D_5} - 3,14 \cdot \frac{d_3^3}{16}} =$$

$$= \frac{200}{3,14 \cdot \frac{0,022^3}{16} - 0,0038 \cdot 0,008 \cdot \frac{(0,022 - 0,008)^2}{0,022} - 3,14 \cdot \frac{0,008^3}{16}} = 116 \text{ МПа} \quad (3.83)$$

$$\tau_{\max 6} = \frac{16 \cdot M_{\max} \cdot D_7}{3,14 \cdot (D_6^4 - d_3^4)} = \frac{16 \cdot 200 \text{ Нм} \cdot 0,022 \text{ м}}{3,14 \cdot (0,022^4 - 0,009^4)} = 98,4 \text{ МПа} \quad (3.84)$$

$$\tau_{\max 7} = \frac{16 \cdot M_{\max} \cdot D_8}{3,14 \cdot (D_7^4 - d_4^4)} = \frac{16 \cdot 200 \text{ Нм} \cdot 0,02 \text{ м}}{3,14 \cdot (0,022^4 - 0,009^4)} = 98,4 \text{ МПа} \quad (3.85)$$

$$\tau_{\max 8} = \frac{16 \cdot M_{\max} \cdot D_8}{3,14 \cdot (D_8^4 - d_4^4)} = \frac{16 \cdot 200 \text{ Нм} \cdot 0,02 \text{ м}}{3,14 \cdot (0,02^4 - 0,009^4)} = 132,8 \text{ МПа} \quad (3.86)$$

$$\tau_{\max 9} = \frac{16 \cdot M_{\max} \cdot D_9}{3,14 \cdot (D_9^4 - d_4^4)} = \frac{16 \cdot 200 \text{ Нм} \cdot 0,01627 \text{ м}}{3,14 \cdot (0,01627^4 - 0,009^4)} = 261 \text{ МПа} \quad (3.87)$$

где M_{\max} - наибольший момент на рулевом валу; $M_{\max} = 200 \text{ Нм}$ при начале движения от бордюра;

$D_{1...9}$ - диаметры соответственного участка вала; $D_1 = 0,0163 \text{ м}$ (диаметр по впадинам зубьев), $D_2 = (D_1 + D_3)/2 = (0,0163 + 0,022)/2 = 0,01915 \text{ м}$, $D_3 = D_4 = D_5 = D_6 = D_7 = 0,022 \text{ м}$, $D_8 = 0,02 \text{ м}$, $D_9 = 0,0163 \text{ м}$ (по впадинам зубьев шлицев);

d_1, d_2, d_3, d_4 - внутренний диаметры участков рулевого вала;

$d_1 = 0,006 \text{ м}$ (после обжатия), $d_2 = d_3 = 0,007 \text{ м}$; $d_4 = d_5 = d_6 = 0,008 \text{ м}$,

$d_7 = d_8 = d_9 = 0,009 \text{ м}$.

Наибольшее напряжение - на девятом участке (по шлицам): $\tau_{\max 9} = 261 \text{ МПа}$.

Допускаемое нормальное напряжение:

$$\sigma_{\text{доп}} = \frac{\sigma_T}{n_T} = \frac{900 \text{ МПа}}{2,0} = 450 \text{ МПа} \quad (3.88)$$

где σ_T - напряжение текучести, $\sigma_T = 900 \text{ МПа}$ для стали 40Х (стр. 648 (9));

n_T - запас по напряжению текучести, принимается $n_T = 2,0$. Допускаемое напряжение текучести:

$$\sigma_{\text{доп}} = 0,6 \cdot \sigma_{\text{доп}} = 0,6 \cdot 450 \text{ МПа} = 270 \text{ МПа} \quad (3.89)$$

где $\sigma_{\text{доп}}$ - допустимое нормальное напряжение; $\sigma_{\text{доп}} = 450 \text{ МПа}$.

$\tau_{\max 1} = 261 \text{ МПа} < \sigma_{\text{доп}} = 270 \text{ МПа}$, следовательно, вал проходит по прочности.

Определим угол закручивания рулевого вала:

$$\varphi = M_{\max} \cdot \frac{L}{G \cdot J_p} \quad (3.90)$$

где G - модуль упругости второго рода; для Стали 30ХГСА

$G = 7,9 \cdot 10^4$ МПа (стр.165, табл. 10 (9));

J_p - полярный момент сечения вала:

$$J_p = 3,14 \cdot (D^4 - d^4) / 32, \quad (3.91)$$

где D_i - наружный диаметр i - участка вала, м;

d_j - внутренний диаметр вала, м. Подставляя формулу (3.2.33) в формулу (3.2.32), получаем

$$\begin{aligned} \varphi &= \frac{M_{\max} \cdot L_i \cdot 32}{G \cdot 3,14 \cdot (D_i^4 - d_j^4)} = \frac{200 \cdot L_i \cdot 32}{7,9 \cdot 10^4 \cdot 3,14 \cdot (D_i^4 - d_j^4)} = \frac{2,58 \cdot 10^{-8} \cdot L_i \cdot 180}{3,14 \cdot (D_i^4 - d_j^4)} = \\ &= \frac{1,48 \cdot 10^{-6} L_i}{D_i^4 - d_j^4} \end{aligned} \quad (3.92)$$

где L_i - длина i - участка вала; $L_1 = 0,0155$ м, $L_2 = 0,028$ м, $L_3 = 0,114$ м, $L_{4-6} = 0,025$ м; $L_7 = 0,016$ м, $L_8 = 0,015$ м, $L_9 = 0,015$ м;

D_i - наружный диаметр вала; $D_1 = 0,0163$ м, $D_2 = 0,01915$ м, $D_3 = D_4 = D_5 = D_6 = D_7 = 0,022$ м, $D_8 = 0,02$ м, $D_9 = 0,0163$ м (по впадинам зубьев шлицев);

d_j - внутренний диаметр вала; $d_1 = 0,006$ м (после обжатия), $d_2 = d_3 = 0,007$ м; $d_4 = d_5 = d_6 = 0,008$ м, $d_7 = d_8 = d_9 = 0,009$ м:

$$\varphi_1 = \frac{1,48 \cdot 10^{-6} \cdot 0,0155}{(0,0163)^4 - (0,006)^4} = 0,331 \text{ градуса} \quad (3.93)$$

$$\varphi_2 = \frac{1,48 \cdot 10^{-6} \cdot 0,028}{0,01915^4 - 0,007^4} = 0,314 \text{ градуса}; \quad (3.94)$$

$$\varphi_3 = \frac{1,48 \cdot 10^{-6} \cdot 0,114}{0,022^4 - 0,007^4} = 0,728 \text{ градуса}; \quad (3.95)$$

$$\varphi_{4-6} = \frac{1,48 \cdot 10^{-6} \cdot 0,025}{0,022^4 - 0,008^4} = 0,161 \text{ градуса}; \quad (3.96)$$

$$\varphi_7 = \frac{1,48 \cdot 10^{-6}}{0,022^4 - 0,009^4} = 0,104 \text{ градуса}; \quad (3.97)$$

$$\varphi_8 = \frac{1,48 \cdot 10^{-6} \cdot 0,015}{0,02^4 - 0,009^4} = 0,145 \text{ градуса}; \quad (3.98)$$

$$\varphi_9 = \frac{1,48 \cdot 10^{-6} \cdot 0,015}{0,0163^4 - 0,009^4} = 0,347 \text{ градуса}. \quad (3.99)$$

Суммарный максимальный угол закручивания вала:

$$\varphi_{\Sigma} = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_4 + \varphi_5 + \varphi_6 + \varphi_7 + \varphi_8 + \varphi_9 = 0.331 + 0.314 + 0.728 + 0.161 + 0.104 + 0.145 + 0.147 = 2.13 \text{ градуса} < [\varphi] = 3 \text{ градуса} \quad (3.100)$$

где $[\varphi]$ - допустимый угол закручивания вала, $[\varphi] = 3$ градуса

3.2.3.2 Проверка шлицев ведущего вала электрического усилителя рулевого управления на прочность.

Треугольные шлицы проверяют на смятие (см. Рисунок 3.4)

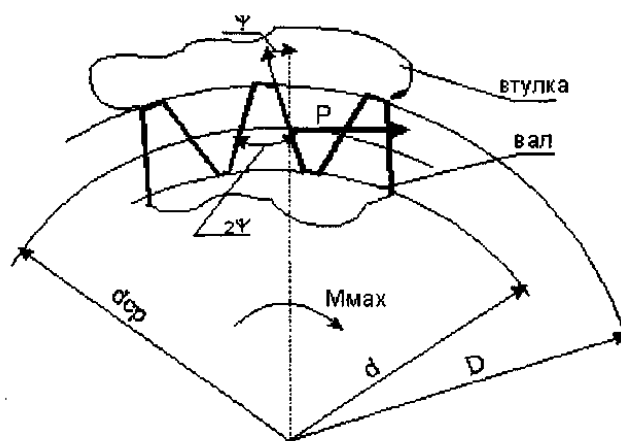


Рисунок 3.4 - Схема к расчету шлицев вала рулевого управления на смятие.

Принимаем, что по боковым поверхностям нагрузка распределена равномерно, из-за неточности изготовления по шагу в зацеплении участвуют 0,75 общего числа зубьев.

Средний диаметр шлицевого соединения:

$$d_{cp} = (D + d) / 2 = (17,43 + 16,27) / 2 = 16,85 \text{ мм}, \quad (3.101)$$

где D - диаметр по вершинам шлицев; $D = 17,43$ мм по чертежу (см. графическую часть);

d - диаметр по впадинам шлицев; $d = 16,27$ мм по чертежу (см. графическую часть),

а) Расчет шлицев на заднем конце вала (под рулевое колесо).

Усилие, передаваемое одним зубом:

$$P = \frac{2 \cdot M_{max}}{0.75 \cdot z \cdot d_{cp}} = \frac{2 \cdot 200}{0.75 \cdot 36 \cdot 0.01685} = 879 \text{ Н} \quad (3.102)$$

где M_{max} - максимальный момент, прикладываемый водителем к валу;

$M_{max} = 200$ Н из требований к рулевой колонке с усилителем;

z - число шлицев; $z = 36$;

d_{cp} - средний диаметр; $d_{cp} = 16,85 \text{ мм} = 0,01685 \text{ м}$.

Площадь смятия:

$$F_{см} = \frac{1 \cdot (D - d)}{2 \cdot \cos \psi} = \frac{12 \cdot (17,43 - 16,27)}{2 \cdot \sin 40} = 9,8 \text{ мм}^2 \quad (3.103)$$

где l - длина шлицев; $l = 12 \text{ мм}$;

D - диаметр шлицев по вершинам; $D = 17,43 \text{ мм}$;

d - диаметр шлицев по впадинам; $d = 16,27 \text{ мм}$

ψ - половина угла при вершине шлица; $\psi = 40$ градусов.

Напряжение смятия:

$$\sigma_{см} = \frac{P}{F_{см}} = \frac{879}{9} = 97,8 \text{ МПа} \quad (3.104)$$

где P - усилие, передаваемое одним зубом; $P = 879 \text{ Н}$ по расчету (3.2.37);

$F_{см}$ - площадь смятия; $F_{см} = 9 \text{ мм}^2$ по расчету (3.2.38).

Предельно допустимое напряжение смятия:

$$\bar{\sigma}_{см} = 2 \cdot \bar{\sigma} = 2 \cdot 100 = 200 \text{ МПа} \quad (3.105)$$

где $\bar{\sigma}$ - предельно допустимое напряжение сжатия; $\bar{\sigma} = 100 \text{ МПа}$ для стали легированной (таб. 18 стр. 183 (9)).

$\sigma_{см} = 97,8 \text{ МПа} < \bar{\sigma}_{см} = 200 \text{ МПа}$, таким образом, условие прочности на смятие для шлицев под рулевое колесо ведущего вала электрического усилителя рулевого управления выполняется,

б) Расчет шлицев на переднем конце вала (под втулку).

Усилие, передаваемое одним зубом:

$$P = \frac{2 \cdot M_{\max}}{0,75 \cdot z \cdot d_{cp}} = \frac{2 \cdot 170}{0,75 \cdot 36 \cdot 0,01685} = 747 \text{ Н} \quad (3.106)$$

где M_{\max} - максимальный момент, передаваемый шлицевым соединением на втулку; $M_{\max} = 170 \text{ Нм}$ при $M_{\max} = 200 \text{ Нм}$ и моменте на скручивание торсионного вала $M_{к\max} = 30 \text{ Нм}$ (торсион скручен до предела, M_{\max} передается с ведущего вала на ведомый через втулку на шлицах);

z - число шлицев; $z = 36$;

d_{cp} - средний диаметр; $d_{cp} = 16,85 \text{ мм} = 0,01685 \text{ м}$.

Площадь смятия:

$$F_{см} = l \cdot (D - d) / (2 \cdot \cos \psi) = 8 \cdot (17,43 - 16,27) / (2 \cdot \sin 40) = 7,2 \text{ мм}^2, \quad (3.107)$$

где l - рабочая длина шлицев; $l = 8$ мм по чертежу (см. графическую часть);

D -диаметр шлицев по вершинам; $D = 17,43$ мм;

d - диаметр шлицев по впадинам; $d = 16,27$ мм;

ψ - половина угла при вершине шлица; $\psi = 40$ градусов.

Напряжение смятия:

$$\sigma_{см} = \frac{P}{F_{см}} = \frac{747}{7,2} = 104 \text{ МПа}, \quad (3.108)$$

где P - усилие, передаваемое одним зубом; $P = 747$ Н по расчету (3.2.41);

$F_{см}$ - площадь смятия; $F_{см} = 7,2 \text{ мм}^2$ по расчету (3.2.42).

Предельно допустимое напряжение смятия:

$$\sigma_{см}^{\bar{}} = 2 \cdot \sigma_{сж}^{\bar{}} = 2 \cdot 100 = 200 \text{ МПа}, \quad (3.109)$$

где $\sigma_{сж}^{\bar{}}$ - предельно допустимое напряжение сжатия; $\sigma_{сж}^{\bar{}} = 100$ МПа для стали легированной;

$\sigma_{см} = 104 \text{ МПа} < \sigma_{см}^{\bar{}} = 200 \text{ МПа}$, таким образом, условие прочности на смятие для шлицев под втулку ведущего вала электрического усилителя рулевого управления выполняется.

3.2.3.3 Расчет требуемой жесткости пружин устройства регулировки рулевой колонки по углу наклона

Жесткость пружин устройства регулировки рулевой колонки по углу наклона должна быть такой, чтобы при расстопоривании стопорного устройства в верхнем положении колонка не упала в нижнее положение без воздействия на нее водителя.

Определим момент от веса рулевой колонки, стремящийся опустить колонку:

$$M_{вес} = G_{э} \cdot h_1 + G_k \cdot h_2 + G_{рк} \cdot h_3 = 68,67 \cdot 0,097 + 9,81 \cdot 0,176 + 11,77 \cdot 0,286 = 11,75 \text{ Нм}, \quad (3.110)$$

где $G_{э}$, G_k и $G_{рк}$ - вес соответственно электрического усилителя в сборе, кожуха рулевого управления с замком зажигания в сборе и рулевого колеса:

$$G_3 = m_3 \cdot g = 7 \cdot 9,81 = 68,67 \text{ Н}, \quad (3.111)$$

$$G_k = m_k \cdot g = 1 \cdot 9,81 = 9,81 \text{ Н}, \quad (3.112)$$

$$G_{pk} = m_{pk} \cdot g = 1,2 \cdot 9,81 = 11,77 \text{ Н}, \quad (3.113)$$

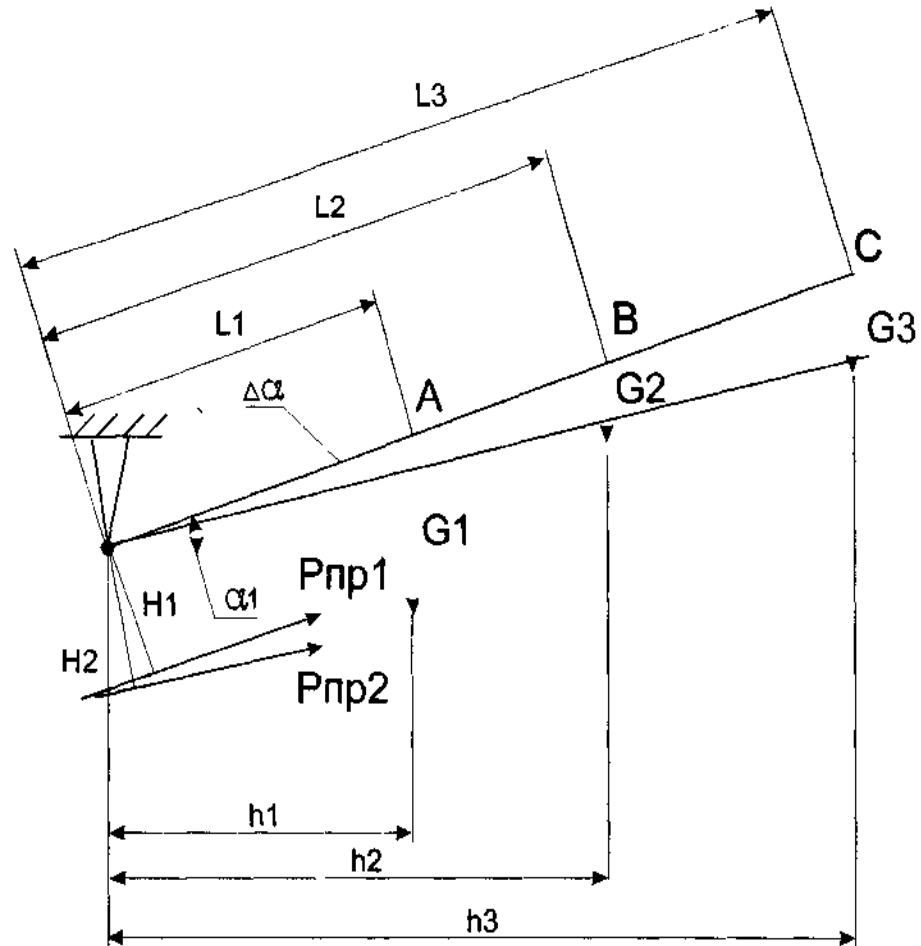


Рисунок 3.5 - К расчету жесткости пружин устройства регулировки рулевой колонки по углу наклона.

где m_3 - масса электрического усилителя в сборе; $m_3 = 7$ кг;

m_k - масса кожуха рулевой колонки с замком зажигания; $m_k = 1$ кг;

m_{pk} - масса рулевого колеса; $m_{pk} = 1,2$ кг

g - ускорение свободного падения; $g = 9,81$ Н;

h_1 , h_2 и h_3 - плечи действия весов соответственно электрического усилителя в сборе, кожуха рулевой колонки с замком зажигания и рулевого колеса:

$$h_1 = L_1 \cos \alpha_1 = 0,11 \cos 28,5 = 0,097 \text{ м}, \quad (3.114)$$

$$h_2 = L_2 \cdot \cos \alpha_1 = 0,20 \cdot \cos 28,5 = 0,176 \text{ м}, \quad (3.115)$$

$$h_3 = L_3 \cdot \cos \alpha_1 = 0,325 \cdot \cos 28,5 = 0,286 \text{ м}, \quad (3.116)$$

где L_1 , L_2 и L_3 - расстояния от оси поворота рулевой колонки до центра тяжести соответственно электрического усилителя в сборе, кожуха рулевой колонки с замком зажигания и рулевого колеса; $L_1 = 0,11 \text{ м}$, $L_2 = 0,20$, $L_3 = 0,325 \text{ м}$ выбираем по чертежу (см. графическую часть);

α_1 - угол наклона оси электроусилителя относительно горизонтали в верхнем положении рулевой колонки; $\alpha_1 = 28,5^\circ$ по чертежу (см. графическую часть).

Массы элементов и положение их центров масс взяты приблизительно.

Момент действия веса рулевой колонки $M_{в\text{ес}} = 11,75 \text{ Нм}$ должен быть уравновешен действием двух пружин, жесткость которых требуется определить.

По чертежу (см. графическую часть) определяем плечо действия силы упругости пружин в верхнем и нижнем положении рулевой колонки: $H_1 = 0,070$, $H_2 = 0,076 \text{ м}$. Определим силу, с которой каждая пружина должна сопротивляться падению рулевой колонки под действием веса:

$$F_n = \frac{M_{в\text{ес}}}{2 \cdot H} = \frac{11,75}{2 \cdot 0,072} = 81,6 \text{ Н}, \quad (3.117)$$

где $M_{в\text{ес}}$ - момент действия веса рулевой колонки; $M_{в\text{ес}} = 11,75 \text{ Нм}$ по расчету;

H - плечо действия силы упругости пружины; принимаем, что пружины останавливают падение рулевой колонки при деформации 2мм (полная величина деформации пружины при переводе рулевой колонки из верхнего положения в нижнее составляет 5мм), при этом плечо действия сил упругости пружин составит $H = 0,072 \text{ м}$.

Жесткость пружин (при линейной характеристике):

$$C = \frac{F_n}{\delta} = \frac{81,6}{0,002} = 40800 \text{ Н / м} = 40,8 \text{ кН / м}, \quad (3.118)$$

где F_n - сила упругости пружин; $F_n = 81,6 \text{ Н}$ по расчету (3.2.48);

δ - величина деформации пружины; $\delta = 0,002 \text{ м}$.

Принимаем жесткость пружин 40 кН/м.

Усилие, которое должен приложить водитель к рулевому колесу, чтобы опустить рулевую колонку в нижнее состояние:

$$F_{pk} = 2 \cdot \delta_n \cdot C \cdot \frac{H}{L_3} = 2 \cdot 0,003 \cdot 40000 \cdot \frac{0,076}{0,286} = 63,8 \cong 64H, \quad (3.119)$$

где δ_n - величина, на которую нужно деформировать пружину, чтобы опустить рулевую колонку из положения равновесия в нижнее положение; $\delta_n = 0,003$ м (т.к. полная деформация 0,005м, начальная деформация 0,002м);

C - жесткость пружин; приняли $C = 40\ 000$ Н/м;

H - плечо действия силы упругости пружин в нижнем положении; $H = 0,076$ м;

L_3 - плечо действия силы от водителя; $L_3 = 0,286$ м.

Жесткость пружины 2123-3403061, используемой в рулевой колонке ШЕВРОЛЕ-НИВА без усилителя, составляет 9,3 кН/м, что меньше требуемой 40кН. Следовательно, использовать пружину 2123-3403061 в рулевой колонке с электрическим усилителем рулевого управления при выбранной компоновочной схеме нельзя, требуется изготовление оригинальной.

3.2.3.4 Нагрузки и напряжения сжатия во втулке распорной оси поворота рулевой колонки.

Сила, воздействующая на втулку при работе усилителя (Рисунок 3.6)

$$R = \frac{M_p}{L} = \frac{30}{0,14} = 214,3H, \quad (3.120)$$

где M_p - наибольший реактивный момент при работе усилителя;

$M_p = 30$ Нм;

L - плечо момента; $L = 0,14$ м по Рисунок 3.6

Удельное давление во втулке (предполагаем, что нагрузка распределена по поверхности втулки равномерно):

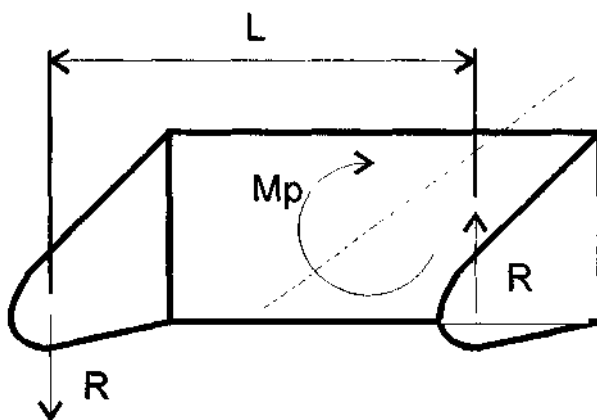


Рисунок 3.6 - К расчету нагрузок на втулке распорной оси поворота рулевой колонки

$$P_y = \frac{R}{S} = \frac{214,3}{0,00004} = 5,35 \text{ МПа}, \quad (3.121)$$

где R - сила, действующая на втулку; $R=214,3$ Н по расчету;

S - площадь втулки, на которую оказывается давление;

$$S = d \cdot l = 0,016 \cdot 0,0025 = 0,00004 \text{ м}^2, \quad (3.122)$$

где d - диаметр внутренней поверхности втулки; $d = 0,016$ м;

l - ширина втулки, подвергающаяся смятию; $l = 0,0025$ м.

Для втулки колонки ШЕВРОЛЕ-НИВА, изготовленной из угленаполненного полиамида ПА66 допустимое напряжение сжатия $\sigma_{\text{сж}} = 70$ МПа (таб.18(9)), следовательно, обеспечивается запас прочности

$$K = \frac{\sigma_{\text{сж}}}{P_y} = \frac{70}{5,35} = 13. \quad (3.123)$$

Вывод: допускается использование втулки распорной 2123-3403179 в проектируемой рулевой колонке с электрическим усилителем рулевого управления.

3.2.3.5 Расчет усилия затяжки стопорного устройства

Максимальное вертикальное усилие в узле стопорения:

$$F_{\max} = F_1 \cdot \frac{L_1}{L_2} = 200 \cdot \frac{0,354}{0,162} = 437 \text{ Н}, \quad (3.124)$$

где F_1 - наибольшее вертикальное усилие, приложенное к рулевому колесу;

$F_1=200$ Н, что принято на основании опыта специалистами ВАЗа; L_1 -плечо действия силы F_1 ; $L_1= 0,354$ м по Рисунок 3.7; L_2 -плечо действия силы F_{\max} ; $L_2=0,162$ м по Рисунок 3,7.

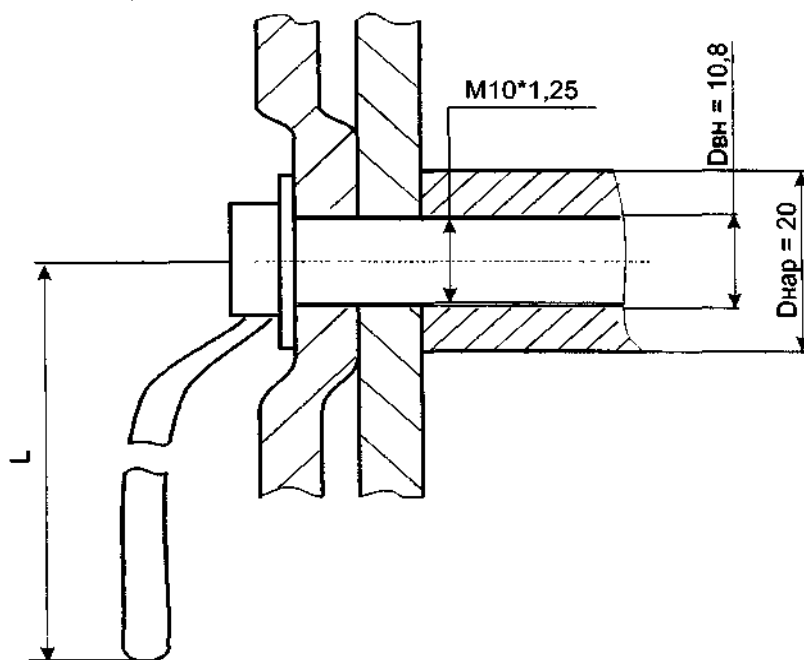


Рисунок 3.7 - Схема к расчету узла стопорения и регулировки положения рулевой колонки

Требуемая величина осевого сжатия:

$$P_{сж} = \frac{F_{\max}}{f \cdot n} = \frac{437}{0,08 \cdot 4} = 1365,6 \text{ Н}, \quad (3.125)$$

где F_{\max} - максимальное требуемое вертикальное усилие в стопорном устройстве; $F_{\max} = 437$ Н по расчету;

f - коэфф-т трения металла по металлу; $f = 0,08...0,1$; n - число пар трения; $n = 4$ без учета взаимного трения кронштейнов.

Момент затяжки:

$$M_{зам} = P_{сж} \cdot \frac{0,161 \cdot P + 0,583 \cdot \mu_{общ} \cdot d_2 + 0,25 \cdot \mu_{общ} \cdot (D_{нар} - D_{вн})}{1000} =$$

$$= 1365,6 \cdot \frac{0,161 \cdot 1,25 + 0,583 \cdot 0,17 \cdot 9,188 + 0,25 \cdot 0,17 \cdot (20 - 10,8)}{1000} = 2,05 \text{ Нм} \quad (3.126)$$

где $P_{сж}$ - требуемая величина осевого сжатия; $P_{сж} = 1365,6 \text{ Н}$ по расчету (3.2.56);

P - шаг резьбы; $P = 1,25 \text{ мм}$ для используемой резьбы;

$\mu_{общ}$ - коэфф-т, учитывающий попадание смазки в резьбу; принимаем

$$\mu_{общ} = 0,17;$$

d_2 - средний диаметр резьбы; для резьбы М10·1,25 $d_2 = 9,188 \text{ мм}$;

$D_{нар}$ - наружный диаметр поверхности трения (втулки и шайбы);

$$D_{нар} = 20 \text{ мм (см. Рисунок 3.8);}$$

$D_{вн}$ - внутренний диаметр поверхности трения (диаметр отверстия под винт);

$$D_{вн} = 10,8 \text{ мм (см. Рисунок 3.8).}$$

Усилие на рукоятке:

$$P_p = \frac{M_{зам}}{L} = \frac{2,05}{0,11} = 18,64 \text{ Н}, \quad (3.127)$$

где $M_{зам}$ - момент затяжки; $M_{зам} = 2,05 \text{ Нм}$ по расчету;

L - длина рукоятки стопорного устройства; $L = 0,11 \text{ м}$ (рукоятка стопорного устройства рулевой колонки 2123-3403041).

3.2.3.6 Расчет винтов крепления кронштейна к корпусу усилителя

Вследствие возникновения реактивного момента при работе усилителя он будет стремиться провернуться в сторону противоположную вращению рулевого вала. При этом будут значительно нагружаться винты, соединяющие кронштейн крепления рулевой колонки в сборе с каркасом кузова и корпус усилителя рулевого управления. Винты будут подвергаться воздействию поперечной силы, вызывающей возникновение напряжений среза. Подбираем требуемый диаметр винтов. Максимальный реактивный момент $M_p = 30 \text{ Нм}$.

r_i - расстояние от оси выходного вала усилителя до оси винта (см. Рисунок 3.8).

$$r_1 = (x_1^2 + y_1^2)^{0,5} = (52^2 + 20^2)^{0,5} = 55,7 \text{ мм} = 0,0557 \text{ м}, \quad (3.128)$$

$$r_2 = (x_2^2 + y_2^2)^{0,5} = (30^2 + 22^2)^{0,5} = 37,20 \text{ мм} = 0,0372 \text{ м}, \quad (3.129)$$

$$r_3 = (x^2 + y_3^2)^{0,5} = (32^2 + 18^2)^{0,5} = 36,72 \text{ мм} = 0,0367 \text{ м}, \quad (3.130)$$

где x и y - координаты оси винта (смотри Рисунок 3.8).

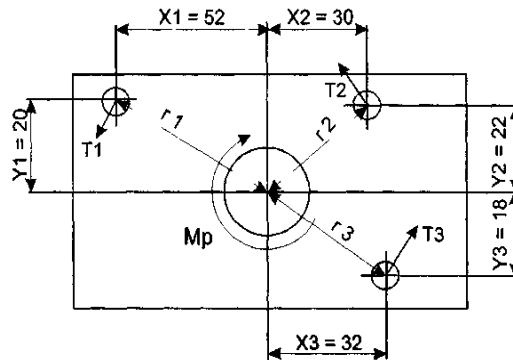


Рисунок 3.8 - Расчетная схема для определения размеров винтов

Наиболее нагружен винт 3, подбираем размер винтов из условия нагруженности всех трех винтов поперечной силой:

$$T = T_3 = M_p / r_3 = 30 \text{ Нм} / 0,0367 \text{ м} = 817,4 \text{ Н}, \quad (3.131)$$

где M_p - наибольший реактивный момент при работе усилителя;

$$M_p = 30 \text{ Нм};$$

r_3 - расстояние от оси выходного вала усилителя до оси винта 3;
 $r_{i3}=0,0367\text{м}$.

Допускаемое напряжение растяжения:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{[n_m]} = \frac{785 \text{ МПа}}{7,5} = 104,67 \text{ МПа}, \quad (3.132)$$

где σ_T - предел текучести для стали 35Х, $\sigma_T = 785 \text{ МПа}$;

$[n_m]$ - коэфф-т прочности; $[n_m] = 7,5$ из условия, что болты изготовлены из стали, нагрузка на болты переменная, наружный диаметр резьбы находится в интервале 6-16 мм.

Необходимое усилие затяжки винтов:

$$V = \frac{T \cdot k}{f \cdot i \cdot z} = \frac{817,4 \text{ Н} \cdot 1,5}{0,15 \cdot 1 \cdot 3} = 2724 \text{ Н} = 2,72 \text{ кН}, \quad (3.133)$$

где T - поперечное усилие, действующее на каждый винт; $T = 817,4\text{Н}$;

k - коэфф-т запаса по сдвигу деталей; $k = 1,5$;

f - коэфф-т трения, $f = 0,15$;

i - число стыков; $i = 1$;

z - число винтов; $z = 3$.

Расчетное усилие затяжки винта

$$V_{расч} = 1,3 \cdot V = 1,3 \cdot 2,72 кН = 3,54 кН . \quad (3.134)$$

Внутренний диаметр резьбы:

$$d \geq \frac{4 \cdot V_{расч}}{(\pi \cdot \sigma_{сп})^{0,5}} \frac{4 \cdot 3540 Н}{(3,14 \cdot 104,67 МПа)^{0,5}} \geq 6,56 мм . \quad (3.135)$$

Принимаем по ГОСТ 9150-59 резьбу М8.

3.2.3.7. Подбор материала для штифтов соединения вал - торсионный вал

Материал подбирается из условия прочности на срез:

$$\sigma_{сп} \geq \tau_{сп}$$

где $\sigma_{сп}$ - предельно допустимое напряжение среза:

$$\sigma_{сп} = 0,3 \cdot \sigma_T , \quad (3.136)$$

где $\tau_{сп}$ - напряжение текучести материала штифта;

$\tau_{сп}$ - напряжение среза в штифте:

$$\tau_{сп} = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot M}{D \cdot \pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 30}{0,008 \cdot 3,14 \cdot 0,004^2} = 298415518 Па = 300 МПа , \quad (3.137)$$

где M - наибольший крутящий момент, передаваемый шпонкой;

$M = 30$ Нм;

D - диаметр торсиона; $D = 0,008$ м (см. Рисунок 3.9);

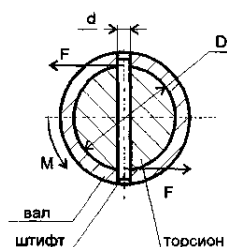
d - диаметр штифта; из конструктивных соображений принят

$d = 0,004$ м.

Из формулы следует: $\sigma_T = \frac{\sigma_{сп}}{0,3} . \quad (3.138)$

Принимая $\sigma_{сп} = \tau_{сп} = 300$ МПа, где $\tau_{сп}$ - напряжение среза;

$\tau_{сп} = 300$ МПа по формуле; получаем $\sigma_T = \frac{\sigma_{сп}}{0,3} = \frac{300}{0,3} = 1000 МПа . \quad (3.139)$



Выбираем возможные материалы для штифтов: стали 40ХН, 12ХН3А или 20ХН3А, ГОСТ 4543-71

Рисунок 3.9 - К расчету штифтов на срез

4 Технологическая часть

Технология сборки рулевого механизма с электрическим усилителем рулевого управления

4.1 Анализ конструкции редуктора

Редуктор электрического усилителя рулевого управления представляет собой червячную передачу, червячное колесо которой закреплено на ведомом вале усилителя. Червяк конструктивно представляет собой вал, являющийся ротором электродвигателя усилителя, и потому входит в состав сборочной единицы Электродвигатель усилителя в сборе. Ведомый вал усилителя связан с ведущим валом торсионным валом, находящимся в осевых отверстиях валов и соединенным с ними штифтами. Валы заключены в корпус, состоящий из передней и задней частей, соединенных тремя болтами М8. Передняя часть корпуса спереди закрывается передним кронштейном усилителя, приворачиваемого к корпусу тремя болтами М8. Задняя часть корпуса сзади закрывается задней крышкой, сваркой соединенной с трубой ведущего вала усилителя. Ведущий вал усилителя вращается на двух подшипниках качения, один из которых закреплен в задней части корпуса, другой - в трубе ведущего вала. Ведомый вал вращается на двух подшипниках качения, закрепленных в передней части корпуса. [17]

В целях облегчения сборки и обеспечения более высокой точности сборки элементы усилителя разбиты на следующие сборочные единицы:

1. вал ведущий усилителя рулевого управления в сборе. В него входят вал ведущий; втулка вала ведущего, установленная в передней части вала на шлицах и закрепленная от смещения в осевом направлении стопорным кольцом; пакет колец, охватывающих втулку и соединенных с ней штифтами; торсионный вал, входящий в осевое отверстие в передней части ведущего вала и закрепленный в нем штифтом, посаженным с

натягом; подшипник качения, внутренняя обойма которого с натягом

посажена на ведущий вал;

2. вал ведомый усилителя рулевого управления в сборе. В него входят вал ведомый; колесо червячное, посаженное на вал с натягом и с помощью штифтов; два подшипника качения с разных сторон колеса, внутренняя обойма которых посажена на вал с натягом; пакет колец на заднем конце вала, соединенный с валом штифтами; регулировочная прокладка между задним подшипником (внутренней обоймой) и колесом; гайка на переднем конце вала, поджимающая внутреннюю обойму переднего подшипника;
3. корпус с датчиком в сборе. В него входят корпус; датчик момента в сборе, закрепленный в корпусе пружинным кольцом и стопорным кольцом; разъем электрический с крышкой и проводкой от датчика момента; задняя крышка корпуса с трубой в сборе, присоединенная к корпусу тремя болтами;
4. корпус в сборе. В его состав входят корпус (передняя часть) и элементы крепления обмотки электродвигателя и датчика положения.

Кроме сборочных единиц, в Редуктор электрического усилителя рулевого управления входят передний кронштейн усилителя, три болта М8 с пружинными шайбами, подшипник вала рулевого управления в сборе (с резиновой втулкой). [11]

4.2 Составление перечня сборочных работ.

Таблица 4.1 – Перечень сборочных работ

№ и наименование технологических переходов	Время, мин.
Узловая сборка вала редуктора в сборе	
1. Осмотреть вторичный вал редуктора со всех сторон	0,09
2. установить вторичный вал редуктора	0,10
3. осмотреть червячное колесо с венцом в сборе	0,19
4. запрессовать червячное колесо с венцом в сборе на вторичный вал редуктора	0,13
5. осмотреть подшипник	0,07
6. запрессовать подшипник на вторичный вал редуктора	0,13

Продолжение таблицы 4.1

7. установить вторичный вал редуктора в корпус датчика до упора подшипника в заднюю крышку корпуса датчика	0,10
8. установить вторичный вал редуктора с датчиком в корпусе в приспособление	0,10
9. осмотреть первичный вал редуктора со всех сторон	0,19
10. установить первичный вал редуктора в корпус датчика	0,12
11. осмотреть штифт первичного вала	0,07
12. запрессовать штифт в паз первичного вала	0,11
13. извлечь вал редуктора в сборе с датчиком и корпусом датчика	0,10
14. осмотреть кольцо 10	0,07
15. запрессовать кольцо 10 на первичный вал редуктора до упора	0,03
16. осмотреть кольцо 9	0,10
17. установить кольцо 9 до плотного прилегания в конусной поверхности паза Б	0,13
18. переместить вал редуктора в сборе на следующую позицию	0,02
ИТОГО:	1,85
Общая сборка корпуса электроусилителя с электродвигателем в сборе	
1. осмотреть корпус со всех сторон	0,19
2. установить корпус на первичный вал редуктора до соприкосновения с корпусом датчика	0,10
3. закрепить корпус на корпусе датчика 3 болтами М8х20 с шайбами моментом заворачивания $M_{3ном}=17,6$ Нм	0,52
4. осмотреть и запрессовать подшипник с опорным кольцом на вторичный вал	0,2
5. осмотреть и установить крышку корпуса заднюю	0,1

Продолжение таблицы 4.1

6. закрепить 4 болтами М6х14 с шайбами моментом 17,6Нм	0,08
7. осмотреть гайку с нейлоновым кольцом рулевой колонки	0,04
8. установить гайку с нейлоновым кольцом на первичный вал и затянуть моментом 17,6Нм	0,10
9. осмотреть рычаг угловой регулировки рулевой колонки	0,07
10. осмотреть кронштейн крепления кожухов рулевой колонки	0,07
11. установить рычаг угловой регулировки рулевой колонки и кронштейн крепления кожухов рулевой колонки на первичный вал редуктора, закрепить при помощи штифта	0,17
12. осмотреть передний кронштейн в сборе и осмотреть со всех сторон	0,09
13. установить передний кронштейн в сборе на корпус	0,10
14. закрепить передний кронштейн в сборе 3 болтами М8х20 с шайбами , момент затяжки 17,6Нм	0,18
15. осмотреть задний кронштейн в сборе со всех сторон	0,09
16. установить задний кронштейн в сборе на первичный вал редуктора	0,10
17. взять и осмотреть 2 пружины	0,14
18. установить пружины	0,1
19. переместить корпус электроусилителя с электродвигателем в сборе на следующую позицию техпроцесса	0,04
ИТОГО:	2,48
ИТОГО: $t_{он}^{общ}$	4,33

4.3 Определение трудоемкости сборки.

Общее оперативное время на все виды работ

$$t_{оп}^{общ} = \sum t_{оп} = 4.33_{мин} \quad (4.1)$$

Суммарная трудоемкость сборки изделия

$$t_{шт}^{общ} = t_{оп}^{общ} + t_{оп}^{общ} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta}{100} \right) = 4.33 + 4.33 \cdot 0.075 = 4.65_{мин} \quad (4.2)$$

α – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах

$\alpha = 2-3\%$, принимаем $\alpha = 2,5\%$

β – часть опер-го вр. для отд. в проц-х $\beta = 4- 6 \%$, прин. $\beta = 5 \%$

4.4 Выбор организационной формы сборки

В нашем случае предполагается массовое производство

Такт выпуска изделий

$$T_{в} = \frac{F_{д} \cdot 60m}{N} = \frac{4080 \cdot 60}{120000} = 2.04_{мин} \quad (4.3)$$

N-годовой объем выпуска = 120000 шт в год

$F_{д}$ - действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену.

Для оборудованных стендов и двух смен принимаем $F_{д}=4015ч$

4.5 Составление маршрутной технологии и проектирование сборочных операций

Таблица 4.2 – Маршрутная технология

№	Название операции	№ и наименование технологических переходов	Используемое оборудование и инструмент	
005	Сборка вала редуктора в сборе	1. установить вторичный вал редуктора	Стенд сборочный, приспособление для запрессовки	2.04
		2. запрессовать червячное колесо с венцом в сборе на вторичный вал редуктора		
		3. запрессовать подшипник на вторичный вал редуктора		
		4. установить вторичный вал редуктора в корпус датчика до упора подшипника в заднюю крышку корпуса датчика		
		5. установить вторичный вал редуктора с датчиком в корпусе в приспособление		
		6. установить первичный вал редуктора в корпус датчика		
		7. запрессовать штифт в паз первичного вала		
		8. извлечь вал редуктора в сборе с датчиком и корпусом датчика		
		9. запрессовать кольцо 10 на первичный вал редуктора до упора		

Продолжение таблицы 4.2

		10. установить кольцо 9 до плотного прилегания в конусной поверхности паза Б		
		11. переместить вал редуктора в сборе на следующую позицию		
010	сборка корпуса электроусилителя с электродвигателем в сборе	1. установить корпус на первичный вал редуктора до соприкосновения с корпусом датчика	<p>Стол, слесарный, приспособление зажимное, гайковерт динамометрический с пневмоприводом</p>	2.02
		2. закрепить корпус на корпусе датчика		
		3 болтами М8х20 с шайбами моментом заворачивания $M_3^{ном}=17,6$ Нм		
		3. запрессовать подшипник с опорным кольцом на вторичный вал		
		4. установить крышку корпуса заднюю		
		5. закрепить 4 болтами М6х14 с шайбами моментом 17,6Нм		
		6. установить гайку с нейлоновым кольцом на первичный вал и затянуть моментом 17,6Нм		
		7. установить рычаг угловой регулировки рулевой колонки и кронштейн крепления кожухов рулевой колонки на первичный вал редуктора, закрепить при помощи штифта		
		8. осмотреть передний кронштейн в сборе и осмотреть со всех сторон		
		9. установить передний кронштейн в сборе на корпус		

Продолжение таблицы 4.2

		10. закрепить передний кронштейн в сборе 3 болтами М8х20 с шайбами , момент затяжки 17,6Нм		
		11. установить задний кронштейн в сборе на первичный вал редуктора		
		12. установить пружины		
		13. переместить корпус электроусилителя с электродвигателем в сборе на следующую позицию техпроцесса		

5 Безопасность и экологичность объекта

5.1 Анализ эргономических и безопасностных параметров разработанной конструкции рулевого колеса.

Как известно одним из основных узлов отвечающих за безопасность автомобиля, является рулевое управление, поскольку в случае его неисправности, может произойти авария с летальным исходом.

Для повышения безопасности движения определяющим фактором является психологическое состояние водителя, связанное с его реакцией на приближение опасности. При приложении большого управляющего воздействия длительное время увеличивается и время реакции водителя. Огромное влияние на утомляемость водителя оказывает конструкция рулевого управления и рулевого колеса, как важнейший фактор взаимодействия водителя с дорогой.

В данном проекте предлагается использовать рулевое колесо с более эргономичными характеристиками.

Благодаря своим компактным размерам (365 мм в диаметре), рулевое колесо с тремя спицами, с эллипсоидным сечением обода и со специальными отливками надежно располагается в руках водителя, что в целом повышает активную безопасность автомобиля.

Рулевое колесо обеспечивает связь водителя с дорогой, а в идеальном случае и с наиболее часто используемыми системами автомобиля. Эта связь должна быть удобной и прозрачной. Чтобы каждый имел возможность занять за рулём наиболее удобное положение.

На ОАО «АвтоВАЗ» в испытательном корпусе периодически проводят краш-тест автомобиля, отвечающий всем требованиям правил ЕЭК ООН №12-03 суть которого заключается в следующем: «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении защиты водителя от удара о систему рулевого управления». На автомобиле ВАЗ-21214 применяется травмобезопасная рулевая колонка с использованием карданной передачи, которая при столкновении автомобиля, т.е. при ДТП, складывается, защищая при этом водителя от удара о рулевое

колесо. Поэтому рулевое управление на данном автомобиле, при прохождении краш-теста, отвечает правилам ЕЭК ООН №94 - фронтальный удар в деформируемое препятствие с 40 % перекрытием. Также проводятся испытания на управляемость и устойчивость автомобиля, используя методики испытаний по ГОСТ Р 52302-2004.

Механизм РУ должен быть сконструирован, изготовлен и установлен таким образом, чтобы при нормальных условиях эксплуатации ТС или состава ТС выдерживал возникающие нагрузки.

Измерение усилия на рулевом колесе на ТС с неисправным механизмом рулевого управления осуществляется соответственно приведенному ранее измерению усилия на руле.

Расположение рулевого колеса в кабине автомобиля, остается неизменным, как и в стандартном автомобиле ВАЗ-2121, что означает сохранение соответствия требованиям правила ЕЭК ООН №121 «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении расположения и идентификации ручных органов управления».

В модернизированном рулевом колесе в его центре будет расположен стандартный заказной сменный модуль подушки безопасности, который отвечает требованиям правила ЕЭК ООН №114 «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения».

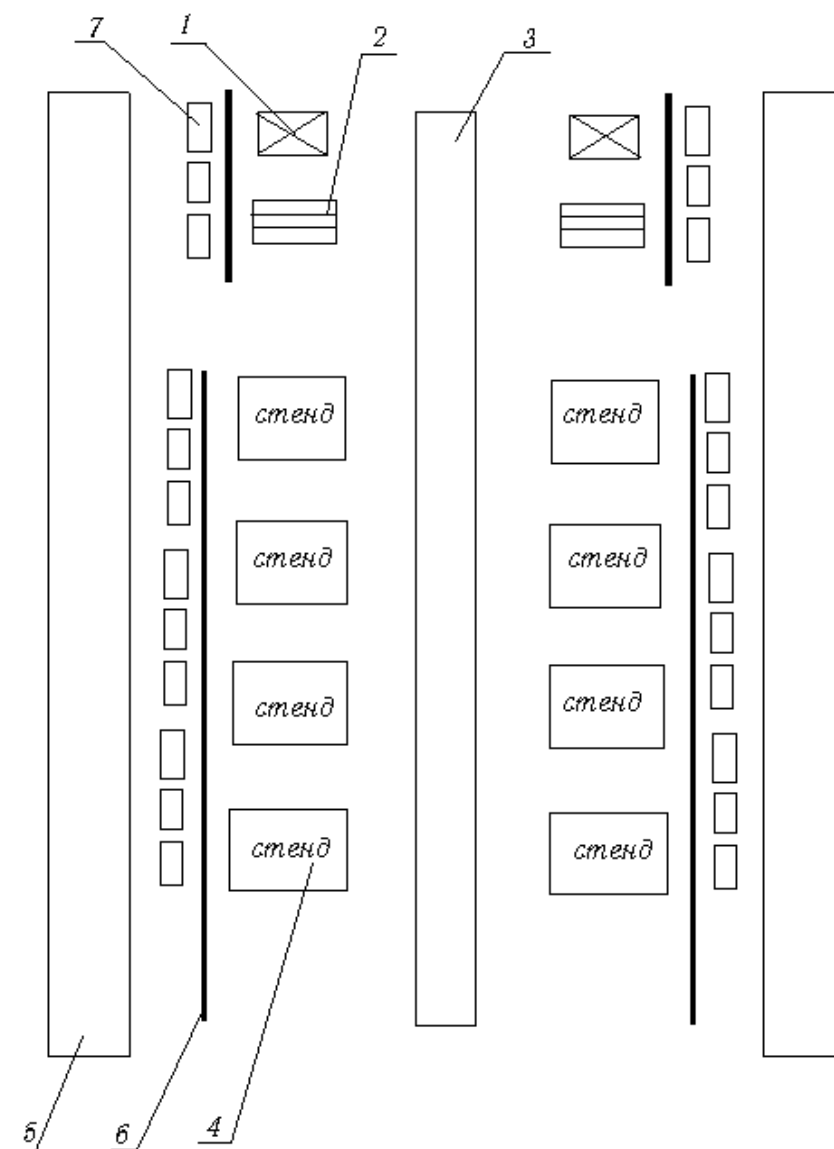
Таким образом данная модернизация отвечает всем требованиям и правилам, также позволяет повысить активную и пассивную безопасность, управляемость и устойчивость автомобиля.

5.2 Рабочее место, оборудование и выполняемые операции

Сборку электроусилителя рулевого управления планируется расположить на площадях АО "АвтоВАЗ" г.Тольятти.

Таблица 5.1 - Спецификация оборудования, инструментов для
производственного участка

Номер поз. На схеме объекта	Названия технического оснащения	Действия исполняемые с использованием технического оснащения.
1.	Пресс гидравлический	<ol style="list-style-type: none"> 1. Запрессовка подшипника роликового в картер. 2. Запрессовка подшипника шарикового в картер.
2.	Верстак	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установка втулки опорной в картер рулевого механизма.
4.	Сборочный стенд для сборки рулевого механизма, Пневматический гайковерт модели ЦП-3112А Ключ для гайки упора рейки 67.7812.9537 Отвертка крестовая Ключ рожковый на 19	<ol style="list-style-type: none"> 1. сборка рулевого механизма с электроусилителем. 2.Заворачивание болтов крепления крышки шестерни к картеру, корпуса электроусилителя к картеру. 3. Заворачивание гайки упора рейки



1. Пресс гидравлический
2. Верстак
3. Конвейер ленточный
4. Сборочный стенд
5. Дорога поставки контейнера с деталями
6. Отражающий брус
7. Боксы с деталями

Рисунок 5.1 - План участка по сборке электрического усилителя
рулевого управления

5.3 Безопасность объекта при аварийных и чрезвычайных ситуациях

Все основные положения данного раздела в приложении Б.

6 Экономическая эффективность проекта

Для успешной конкуренции ВАЗа на внутреннем и на мировом рынке проводится ряд мероприятий для повышения конкурентоспособности продукции предприятия.

Целью проекта является уменьшение усилия на рулевом колесе автомобиля ВАЗ-21214. Использование усилителя рулевого управления позволило снизить наибольшее усилие на рулевом колесе при повороте на месте. Следует заметить, что себестоимость автомобиля, оснащенного электрическим усилителем рулевого управления, ниже себестоимости соответствующего автомобиля с гидравлическим усилителем; кроме того, электрический усилитель имеет еще ряд преимуществ, например, меньшие габариты и возможность изменения момента компенсации от большего количества факторов.

Модернизация осуществляется для перспективного автомобиля, который конкурировал бы на мировом рынке на равных с другими автомобилями зарубежных производителей, поэтому данный автомобиль в любом случае будет комплектоваться усилителем рулевого управления, в следствии чего за базовый вариант будет взят автомобиль с гидроусилителем.

В данном проекте разработан и спроектирован рулевой механизм типа глобоидный червяк – ролик, с электроусилителем.

6.1 Расчет себестоимости проектной конструкции.

Таблица 6.1 - Базовая калькуляция и исходные данные для расчета получены на ОАО «АвтоВАЗ», департамент развития, финансовый отдел, январь 2018г.

Название показателя	Обозн-е	Е.изм ер.	Знач-е
Год-я прогр. вып-а изд.	Vг.	Шт.	120000,0
Страх-е внесения в ПФР, ФОМС, ФСС	Ес.	%	30,0
Коэфф-т общезаводских расходов.	Еозав.	%	215,0
Коэфф-т комм-х (внепроизв-ых) расх-в	Ек.	%	5,0
Коэфф. расх. на содерж-е и	Еоб.	%	194,0
Коэфф-ы трансп. - загот-ых расх-в	Кт.зр.	%	1,450
Коэфф-т цех-х расх-в	Ецх	%	183,0
Коэфф-т расх-в на инст-т и осн-ку	Еинс.	%	3,0
Коэфф-т рент-ти и план-х накопл-й	Крнт.	%	30,0
Коэфф-т допл. или выпл. не связ-х с раб-й на произв-ве	Квп.	%	12,0
Коэфф-т прем. и допл. за раб. на произв-ве	Кпрм.	%	23,0
Коэфф-т возвр-х отх.	Квт	%	1,0
Час-я тарифн. став. 3-го разр.	Ср3	руб.	66,710
Час-я тарифн. став 4-го разр.	Ср4	руб.	72,240
Час-я тарифн. став. 6-го разр.	Ср6	руб.	93,810
Коэфф-т капиталообр. инвест-й	Ки	%	0,0650

Расходы на "Сырье и материалы" производится по формуле:

$$M = \underset{M_i, n_i, \left(1 + \frac{K_{mзр}}{100} - \frac{K_в}{100}\right)}{C_{M_i} \cdot Q_{M_i}} \cdot \left(1 + \frac{K_{mзр}}{100} - \frac{K_в}{100}\right) \quad (6.1)$$

где C_{M_i} – опт-я цена мат-ла i -го вида, руб.;

Q_{M_i} – норм. расхс мат-ла i -го вида, кг., м.;

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

$K_в$ – 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 12ХНЗА ГОСТ 4543-71	кг	52,41	2,2	115,302
Сталь ШХ4 ГОСТ 801-78	кг	68,2	1,5	102,3
Итого:				217,60
Ктз		1,45		3,16
Квот		1		2,18
Всего				222,93

Таблица 6.3 – Расчет затрат на электроэнергию и газ.

Наименование материала	Ед.изм.	Цена за ед.,руб.	Норма расхода	Сумма ,руб.
Электроэнергия	Квт.ч	2,582	1,6	4,13
Газ	м3	1,35	0,6	0,81
Итого:				4,94
Ктз		1,45		0,07
Квот		1		0,05
Всего				5,06

$$M = 222.93 + 5.06 = 227.99$$

Расходы "Покупные изделия и полуфабрикаты" производится по формуле [8]:

$$P_u = \underset{n_i, n_i, \left(1 + \frac{K_{mзр}}{100}\right)}{C_i \cdot n_i} \cdot \left(1 + \frac{K_{mзр}}{100}\right) \quad (6.2)$$

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 6.4 – Расчет затрат на покупные изделия

Наименование изделия	Цена,руб.	Кол-во,шт.	Сумма, руб.
Кнопки управления	24	6	144,00
Сигнальные кнопки	59	2	118,00
Подшипник	78	2	156,00
Сальник	45	2	90,00
Модуль подушки безопасности	2226,46	1	2226,46
Комплект метизов	521,54	1	521,54
Винты крепления ступицы	4	3	12,00
Итого			3268,00
Ктз		1,45	47,39
Всего			3315,39

$$Pi = 3315.39$$

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

$$Z_o = Z_T \cdot \left(1 + \frac{K_{нр.м.}}{100} \right) \quad (6.3)$$

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

$$Z_T = C_p \cdot t \quad (6.4)$$

где C_p - 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 6.5 – Расчет затрат на выполнение операций

Виды операций	Разряд	Трудоемк.	Тарифн. Ставка,руб.	Зар.Пл. осн.
Заготовительный	3	0,178	66,71	11,87438
Токарные	4	0,187	72,24	13,50888
Сварочные	4	0,134	72,24	9,68016
Сборочные	4	0,235	72,24	16,98
Контрольно-испытательная	6	0,244	93,81	22,89
Итого				74,93
Премияльные доплаты			23	17,23
Основная з/п				92,16

$$Z_o = 92.16$$

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

$$K_{вп} = 0.12$$

$$З_{доп.} = З_О \cdot K_{вып.} \quad (6.5)$$

$$З_д = 92.16 \cdot 0.12 = 11.02 \quad (6.6)$$

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

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

$$E_{с.н} = 0.3$$

$$C_{с.н} = (З_о + З_д) \cdot E_{с.н} \quad (6.7)$$

$$C_{с.н} = (92.16 + 11.02) \cdot 0.3 = 30.97 \quad (6.8)$$

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

Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования выполняется по формуле:

$$E_{об} = 1.94$$

$$C_{с.об} = З_о \cdot E_{обор} \quad (6.9)$$

$$C_{с.об} = 92.16 \cdot 1.94 = 178.79$$

где $E_{об}$ - коэфф-т расходов на содержание и эксплуатацию оборудования, %;

Расходы Цеховые расходы выполняется по формуле:

$$E_{цх} = 1.83$$

$$C_{цх} = 30 \cdot E_{цх} \quad (6.10)$$

$$C_{цх} = 92.16 \cdot 1.83 = 168.65$$

где $E_{цх}$ – коэфф-т цех-х расх-в,%; [8]

Расходы Расходы на инструмент и оснастку выполняется по формуле:

$$E_{инс} = 0.03$$

$$C_{инс} = 30 \cdot E_{инс} \quad (6.11)$$

$$C_{инс} = 92.16 \cdot 0.03 = 2.76 \quad (6.12)$$

где $E_{инс}$ – коэфф-т расх-в на INSTR-т и оснастку,%; [8]

Расчет цеховой себестоимости выполняется по формуле:

$$C_{ц.с.с.} = M + ПИ + 30 + C_{с.н} + 3\delta + C_{с.об} + C_{цх} + C_{инс} \quad (6.13)$$

$$C_{ц.с.с.} = 227.99 + 3315.39 + 92.16 + 30.97 + 11.06 + 178.79 + 168.65 + 2.76 = 4027.77$$

Расходы Общезаводские расходы выполняется по формуле:

$$E_{o.zav} = 2.15$$

$$C_{o.zav} = 30 \cdot E_{o.zav} \quad (6.14)$$

$$C_{o.zav} = 92.16 \cdot 2.15 = 198.14$$

где $E_{o.zav}$ - коэфф-т общезаводских расходов,%; [8]

Расчет общезаводской себестоимости выполняется по формуле:

$$C_{o.zav.c.c.} = C_{o.zav} + C_{ц.с.с.} \quad (6.15)$$

$$C_{o.zav.c.c.} = 198.14 + 4027.77 = 4225.92$$

Расходы Коммерческие расходы выполняется по формуле: [8]

$$E_k = 0.05$$

$$C_k = C_{o.zav.c.c.} \cdot E_{ком} \quad (6.16)$$

$$C_k = 4225.92 \cdot 0.05 = 211.3$$

где E_k - коэфф-т коммерческих расходов,%;

Расчет полной себестоимости выполняется по формуле: [8]

$$C_{п.пр.} = C_{o.zav.c.c.} + C_{ком} \quad (6.17)$$

$$C_{п.пр.} = 4225.92 + 211.3 = 4437.21$$

Расчет отпускной цены для проектируемой конструкции выполняется по формуле:

$$K_{рнт} = 0.3$$

$$C_{п.пр.} = 4437.21$$

$$Цот_{.пр.} = C_{пол.пр.} \cdot (1 + K_{рент}) \quad Цот_{.пр.} = 5768.38 \quad (6.18)$$

где $K_{рнт}$ – коэфф-т рент-ти и план-х накопл-й, %; [8]

Таблица 6.5 – Сравнение себестоимостей стандартной и проектной констр-ии.

Названия критериев	Обозн-е	Расх. на е.из.(станд.)	Расх. на е.из.(пр-т)
Стоим-ть осн-х мат-в	М	198,70	227,99
Стоим-ть компл-х изд-й	Пи	3201,10	3315,39
Осн.зар.п. пр.раб.	Зо	91,40	92,16
Доп.зар.плата пр.раб.	Зд	10,97	11,06
Страх-е взносы в ПФР, ФОМС, ФСС	Сс.н.	30,71	30,97
Расх. на содерж.и экспл-ю оборуд-я	Сс.обор	177,32	178,79
Цех. Расх-ы	Сцх	167,26	168,65
Расх-ы на INSTR. и осн-ку	Синс	2,74	2,76
Цех-ая себест-ть	Сц.с.с.	3880,20	4027,77
Общезав-ие расх.	Со.зав	196,51	198,14
Общезав-ая себест-ть	Со.зав.с.с.	4076,71	4225,92
Коммер-ие расх-ы	Ск	203,84	211,30
Полн. Себест-ть	Спол	4280,54	4437,21
Отп-ая ц.	Цот	5768,38	5768,38

6.2 .Расчет точки безубыточности

Определение переменных затрат на единицу изделия:

$$З_{перуд} = M + Пu + Зo + Зd + C_{с.н} \quad (6.19)$$

$$З_{перуд} = 227.99 + 3315.39 + 92.16 + 11.06 + 30.97 = 3677.56$$

на годовую программу выпуска изделия:

$$З_{пер} = З_{перуд} \cdot V_2 \quad V_{год} = 120000 \quad (6.20)$$

$$З_{пер} = 3677.56 \cdot 120000 = 441307795.2$$

Определение постоянных затрат на единицу изделия:

Амортизационные отчисления,руб. :

$$HA = 13$$

$$A_{м.у} = \frac{(C_{с.об} + C_{инс}) \cdot HA}{100} \quad (6.21)$$

$$A_{м.у} = ((178.79 + 2.76) \cdot 13) / 100 = 23.6$$

здесь H_A - доля амортизационных отчислений,%;

$$З_{пос.у} = \frac{(C_{с.об} + C_{инс}) \cdot (100 - HA)}{100} + C_{цх} + C_{о.зав} \dots + C_K + A_{м.у} \quad (6.22)$$

$$З_{пос.у} = ((178.79 + 2.76) \cdot (100 - 13)) / 100 + 168.65 + 198.14 + 211.3 + 23.6 = 759.65$$

на годовую программу выпуска:

$$Z_{no.} = Z_{noc.y} \cdot V_2 \quad (6.23)$$

$$Z_{no.} = 759.65 \cdot 120000 = 91157741.76$$

Расчет полной себестоимости годовой программы выпуска изделия:

$$C_{пол.г.} = C_{пол.пр.} \cdot V_2 \quad (6.24)$$

$$C_{пол.г.} = 4437.21 \cdot 120000 = 532465536.96$$

Расчет выручки от реализации изделия:

$$Выр = Ц_{от.пр.} \cdot V_2 \quad (6.25)$$

$$Выр = 5768.38 \cdot 120000 = 692205198.05$$

Расчет маржинального дохода:

$$Дмрж = Выр - Z_{пер} \quad (6.26)$$

$$Дмрж = 692205198.05 - 441307795.2 = 250897402.85$$

Расчет критического объема продаж:

$$A_{крит.} = \frac{Z_{no.}}{Ц_{от.пр.} - Z_{перуд}} \quad (6.27)$$

$$A_{крит.} = 91157741.76 / (5768.38 - 3677.56) = 43599.21 \sim 43600$$

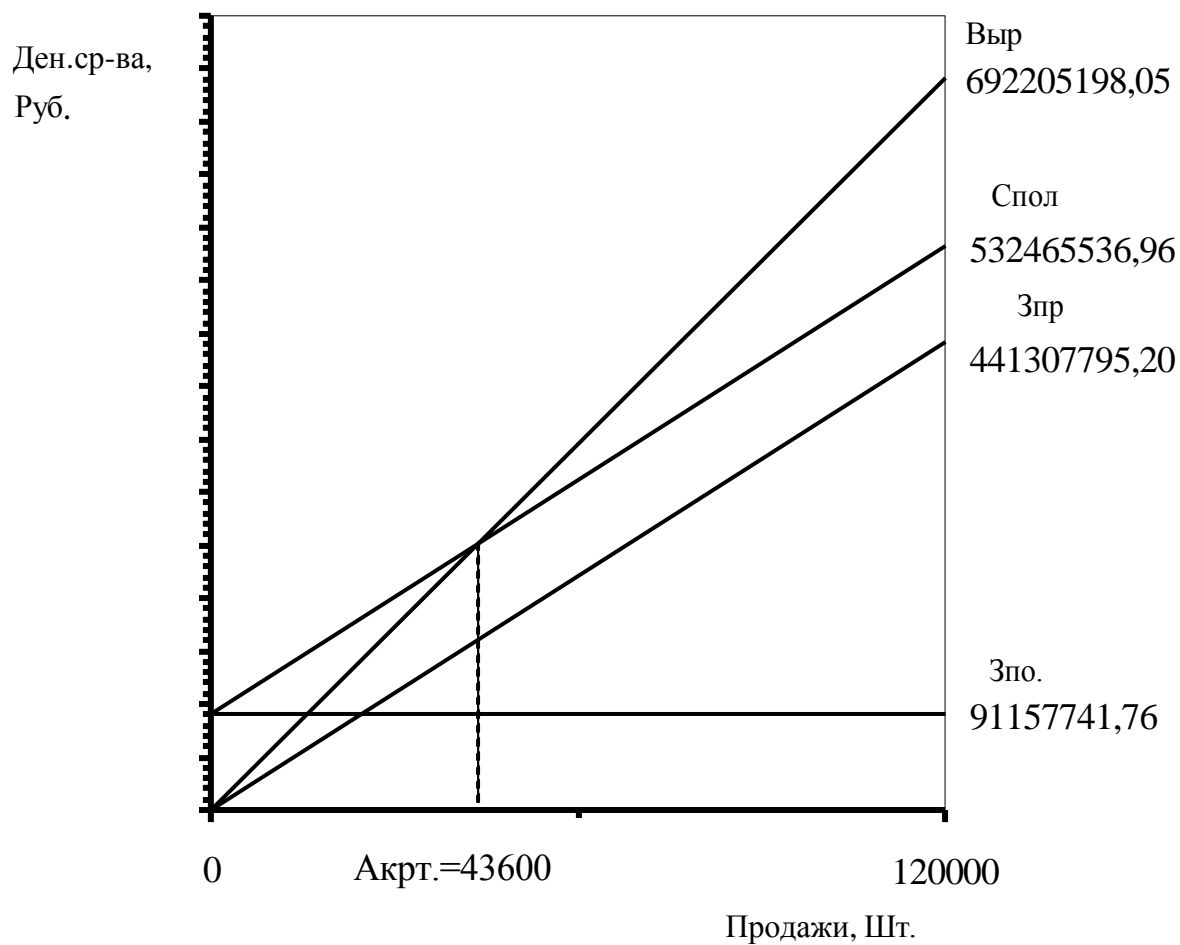


Рисунок 6.1 - График точки безубыточности.

6.3 Расчет коммерческой эффективности

Срок эксплуатации нового изделия определяем в 5 лет.

Следовательно, объем продукции увеличивается равномерно

с каждым годом нарастающим итогом на:

$$\begin{aligned} A_{крт} &= 43600 & V_2 &= 120000 & V_{МК} &= V_2 & n &= 6 \\ \Delta &= \frac{V_{МАК} - A_{КРИТ}}{n - 1} & & & & & & (6.28) \\ \Delta &= 15280 & & & & & & \end{aligned}$$

Для определения чистого дохода необходима рассчитать следующие показатели:

Объем продаж по годам:

$$Ц_{от} = Ц_{от.пр.}$$

$$Ц_{от} = 5768.38$$

$$V_{прод1} = A_{крт} + \Delta \quad (6.29)$$

$$V_{пр1} = 43600 + 15280 = 58880 \quad (6.30)$$

$$V_{пр2} = A_{крт} + 2\Delta \quad (6.31)$$

$$V_{пр2} = 74160$$

$$V_{пр3} = A_{крт} + 3\Delta \quad (6.32)$$

$$V_{пр3} = 89440$$

$$V_{пр4} = A_{крт} + 4\Delta \quad (6.33)$$

$$V_{пр4} = 104720$$

$$V_{пр5} = A_{крт} + 5\Delta \quad (6.34)$$

$$V_{пр5} = 120000$$

Выр по годам:

$$Выр_1 = Цот \cdot Vnp_1 \quad (6.35)$$

$$Выр_1 = 5768.38 \cdot 58880 = 339642017.18 \quad (6.36)$$

$$Выр_2 = Цот \cdot Vnp_2 \quad (6.37)$$

$$Выр_3 = Цот \cdot Vnp_3 \quad Выр_2 = 427782812.39 \quad (6.38)$$

$$Выр_4 = Цот \cdot Vnp_4 \quad Выр_3 = 515923607.61 \quad (6.39)$$

$$Выр_5 = Цот \cdot Vnp_5 \quad Выр_4 = 604064402.83 \quad (6.40)$$

$$Выр_5 = 692205198.05$$

Переменные затраты по годам(определяется для базового и проектного вариантов.

для базового варианта:

$$M = 198.7 \quad Пу = 3201.1 \quad Зо = 91.40 \quad З\delta = 10.97 \quad C_c = 30.71$$

$$Зперудб = M + Пу + Зо + З\delta + C_c \quad (6.41)$$

$$Зперудб = 3532.88$$

$$Зперб1 = Зперудб \cdot Vnp_1 \quad (6.42)$$

$$Z_{нерб1} = 3532.88 \cdot 58880 = 208015974.40 \quad (6.43)$$

$$Z_{нерб2} = Z_{нерудб} \cdot V_{np2} \quad (6.44)$$

$$Z_{нерб2} = 261998380.80$$

$$Z_{нерб3} = Z_{нерудб} \cdot V_{np3} \quad (6.45)$$

$$Z_{нерб3} = 315980787.20$$

$$Z_{нерб4} = Z_{нерудб} \cdot V_{np4} \quad (6.46)$$

$$Z_{нерб4} = 369963193.60$$

$$Z_{нерб5} = Z_{нерудб} \cdot V_{np5} \quad (6.47)$$

$$Z_{нерб5} = 423945600.00$$

для проектного варианта:

$$Z_{нерудпр} = Z_{неруд} \quad (6.48)$$

$$Z_{нерудпр} = 3677.56$$

$$Z_{нерпр1} = Z_{нерудпр} \cdot V_{np1} \quad (6.49)$$

$$Z_{нерпр1} = 3677.56 \cdot 58880 = 216535024.84 \quad (6.50)$$

$$Z_{нерпр2} = Z_{нерудпр} \cdot V_{np2} \quad (6.51)$$

$$Z_{нерпр2} = 272728217.43$$

$$Z_{нерпр3} = Z_{нерудпр} \cdot V_{np3} \quad (6.52)$$

$$Z_{нерпр3} = 328921410.02$$

$$Z_{нерпр4} = Z_{нерудпр} \cdot V_{np4} \quad (6.53)$$

$$Z_{нерпр4} = 385114602.61$$

$$Z_{нерпр5} = Z_{нерудпр} \cdot V_{np5} \quad (6.54)$$

$$Z_{нерпр5} = 441307795.20$$

Постоянные затраты для базового варианта.

$$C_{с.об.} = 177.32 \quad C_{цх.} = 167.26 \quad C_{инс.} = 2.74$$

$$C_{об.зав.} = 196.51 \quad C_{к.} = 203.84$$

$$Зно.уб = C_{с.об.} + C_{инс.} + C_{цх.} + C_{об.зав.} + C_{к.} \quad (6.55)$$

$$Зно.б = Знос.уб \cdot V_{год} \quad Знос.уб = 747.67$$

$$Зно.б = 747.67 \cdot 120000 = 89720400 \quad (6.56)$$

Постоянные затраты для проектного варианта.

$$Зно.пр = Зно.$$

$$Зно.пр = 91157741.76 \quad (6.57)$$

Амортизация (определяется для проектного варианта).

$$A_{м.у} = 23.6$$

$$A_{м.} = A_{м.у} \cdot V_2 \quad (6.58)$$

$$A_{м.} = 23.6 \cdot 120000 = 2832261.12 \quad (6.59)$$

Полная себестоимость по годам.

для проектного варианта:

$$Зн.пр1 = Зно.пр + Зперпр1 \quad (6.60)$$

$$Зн.пр1 = 91157741.76 + 216535024.84 = 307692766.6 \quad (6.61)$$

$$Зн.пр2 = Зно.пр + Зперпр2 \quad (6.62)$$

$$Зн.пр2 = 363885959.19$$

$$Зн.пр3 = Зно.пр + Зперпр3 \quad (6.63)$$

$$Зн.пр3 = 420079151.78$$

$$Зн.пр4 = Зно.пр + Зперпр4 \quad (6.64)$$

$$Зн.пр4 = 476272344.37$$

$$Зн.пр5 = Зно.пр + Зперпр5 \quad (6.65)$$

$$Зн.пр5 = 532465536.96$$

для базового варианта:

$$Зн.б1 = Зно.б + Зперб1 \quad (6.66)$$

$$Зн.б1 = 89720400 + 208015974.4 = 297736374.4 \quad (6.67)$$

$$Зн.б2 = Зно.б + Зперб2 \quad (6.68)$$

$$Зн.б2 = 351718780.8$$

$$Зн.б3 = Зно.б + Зперб3 \quad (6.69)$$

$$Зн.б3 = 405701187.2 \quad (6.70)$$

$$Зн.б4 = Зно.б + Зперб4 \quad (6.71)$$

$$Зн.б4 = 459683593.6$$

$$Зн.б5 = Зно.б + Зперб5 \quad (6.72)$$

$$Зн.б5 = 513666000$$

Налогооблагаемая прибыль по годам

для проектного варианта:

$$\text{Проб.}_{\text{пр.1}} = \text{Выр}_1 - \text{Зн.}_{\text{пр1}} \quad (6.73)$$

$$\text{Проб.}_{\text{пр.1}} = 339642017.18 - 307692766.6 = 31949250.57$$

$$\text{Проб.}_{\text{пр.2}} = \text{Выр}_2 - \text{Зн.}_{\text{пр2}} \quad (6.74)$$

$$\text{Проб.}_{\text{пр.2}} = 63896853.2$$

$$\text{Проб.}_{\text{пр.3}} = \text{Выр}_3 - \text{Зн.}_{\text{пр3}} \quad (6.75)$$

$$\text{Проб.}_{\text{пр.3}} = 95844455.83$$

$$\text{Проб.}_{\text{пр.4}} = \text{Выр}_4 - \text{Зн.}_{\text{пр4}} \quad (6.76)$$

$$\text{Проб.}_{\text{пр.4}} = 127792058.46$$

$$\text{Проб.}_{\text{пр.5}} = \text{Выр}_5 - \text{Зн.}_{\text{пр5}} \quad (6.77)$$

$$\text{Проб.}_{\text{пр.5}} = 159739661.09$$

для базового варианта:

$$\text{Проб.}_{\text{б.1}} = \text{Выр}_1 - \text{Зн.}_{\text{б1}} \quad (6.78)$$

$$\text{Проб.}_{\text{б.1}} = 339642017.18 - 297736374.4 = 41905642.78$$

$$\text{Проб.}_{\text{б.2}} = \text{Выр}_2 - \text{Зн.}_{\text{б2}} \quad (6.79)$$

$$\text{Проб.}_{\text{б.2}} = 76064031.59$$

$$\text{Проб.}_{\text{б.3}} = \text{Выр}_3 - \text{Зн.}_{\text{б3}} \quad (6.80)$$

$$\text{Проб.}_{\text{б.3}} = 110222420.41$$

$$\text{Проб.}_{\text{б.4}} = \text{Выр}_4 - \text{Зн.}_{\text{б4}} \quad (6.81)$$

$$\text{Проб.}_{\text{б.4}} = 144380809.23$$

$$\text{Проб.}_{\text{б.5}} = \text{Выр}_5 - \text{Зн.}_{\text{б5}} \quad (6.82)$$

$$\text{Проб.}_{\text{б.5}} = 178539198.05$$

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

для проектного варианта:

$$H_{n1} = \text{Проб.}_{np.1} \cdot 0.20 \quad (6.83)$$

$$H_{n1} = 31949250.57 \cdot 0.20 = 6389850.11$$

$$H_{n2} = \text{Проб.}_{np.2} \cdot 0.20 \quad (6.84)$$

$$H_{n2} = 12779370.64$$

$$H_{n3} = \text{Проб.}_{np.3} \cdot 0.20 \quad (6.85)$$

$$H_{n3} = 19168891.17$$

$$H_{n4} = \text{Проб.}_{np.4} \cdot 0.20 \quad (6.86)$$

$$H_{n4} = 25558411.69$$

$$H_{n5} = \text{Проб.}_{np.5} \cdot 0.20 \quad (6.87)$$

$$H_{n5} = 31947932.22$$

для базового варианта:

$$H_{б1} = \text{Проб.}_{б.1} \cdot 0.20 \quad (6.88)$$

$$H_{б1} = 41905642.78 \cdot 0.20 = 8381128.56$$

$$H_{б2} = \text{Проб.}_{б.2} \cdot 0.20 \quad (6.89)$$

$$H_{б3} = \text{Проб.}_{б.3} \cdot 0.20 \quad (6.90)$$

$$H_{б2} = 15212806.32$$

$$H_{б4} = \text{Проб.}_{б.4} \cdot 0.20 \quad (6.91)$$

$$H_{б3} = 22044484.08$$

$$H_{б5} = \text{Проб.}_{б.5} \cdot 0.20 \quad (6.92)$$

$$H_{б4} = 28876161.85$$

$$H_{б5} = 35707839.61$$

Прибыль чистая по годам.

для проектного варианта:

$$Прчпр_1 = Проб.пр.1 - Нн1 \quad (6.93)$$

$$Прчпр_1 = 31949250.57 - 6389850.11 = 25559400.46$$

$$Прчпр_2 = Проб.пр.2 - Нн2 \quad (6.94)$$

$$Прчпр_2 = 51117482.56$$
$$Прчпр_3 = Проб.пр.3 - Нн3 \quad (6.95)$$

$$Прчпр_3 = 76675564.66$$
$$Прчпр_4 = Проб.пр.4 - Нн4 \quad (6.96)$$

$$Прчпр_4 = 102233646.77$$
$$Прчпр_5 = Проб.пр.5 - Нн5 \quad (6.97)$$

$$Прчпр_5 = 127791728.87$$

для базового варианта:

$$Прчб_1 = Проб.б.1 - Нб1 \quad (6.98)$$

$$Прчб_1 = 41905642.78 - 8381128.56 = 33524514.22$$

$$Прчб_2 = Проб.б.2 - Нб2 \quad (6.99)$$
$$Прчб_2 = 60851225.27$$

$$Прчб_3 = Проб.б.3 - Нб3 \quad (6.100)$$
$$Прчб_3 = 88177936.33$$

$$Прчб_4 = Проб.б.4 - Нб4 \quad (6.101)$$
$$Прчб_4 = 115504647.38$$

$$Прчб_5 = Проб.б.5 - Нб5 \quad (6.102)$$
$$Прчб_5 = 142831358.44$$

Расчет общественного эффекта

Расчет экономии от снижения аварийности.

Среднестатистический автомобиль проезжает в год 20 тыс.км. Исходя и годовой программы выпуска, получаем:

$$L_i = L_{cp} \cdot V_{np_i}$$

где L_{cp} - величина пробега среднестатистического автомобиля до списания, км;

L_i - величина пробега реализованных в i - м году автомобилей, км;

V_{np_i} - объем реализации автомобилей в i - м году, шт;

$$L_{cp} = 20000$$

$$L_1 = L_{cp} \cdot V_{np_1} \tag{6.103}$$

$$L_1 = 20000 \cdot 58880 = 1177600000 \tag{6.104}$$

$$L_2 = L_{cp} \cdot V_{np_2} \quad L_2 = 1483200000 \tag{6.105}$$

$$L_3 = L_{cp} \cdot V_{np_3} \quad L_3 = 1788800000 \tag{6.106}$$

$$L_4 = L_{cp} \cdot V_{np_4} \quad L_4 = 2094400000 \tag{6.107}$$

$$L_5 = L_{cp} \cdot V_{np_5} \quad L_5 = 2400000000 \tag{6.108}$$

Среднестатистический водитель попадает в дорожно-транспортное происшествие (ДТП) с ранением одного из пассажиров через 380000 км (ДТПр), со смертельным исходом для одного из участников - через 1400000 км.(ДТПс). Следовательно:

$$\text{Ч}_{pi} = \frac{L_i}{\text{ДТПр}} \quad \begin{array}{l} \text{ДТПр} = 380000 \\ \text{ДТПс} = 1400000 \end{array} \tag{6.109}$$

где Ч_{pi} - возможное количество человек получающих ранения в результате ДТП, чел;

$$\chi_{p1} = \frac{L_1}{\text{ДТП}_p} \quad (6.110)$$

$$\chi_{p1} = \frac{1177600000}{380000} = 3098.95 \quad (6.111)$$

$$\chi_{p2} = \frac{L_2}{\text{ДТП}_p} \quad \chi_{p2} = 3903.16 \quad (6.112)$$

$$\chi_{p3} = \frac{L_3}{\text{ДТП}_p} \quad \chi_{p3} = 4707.37 \quad (6.113)$$

$$\chi_{p4} = \frac{L_4}{\text{ДТП}_p} \quad \chi_{p4} = 5511.58 \quad (6.114)$$

$$\chi_{p5} = \frac{L_5}{\text{ДТП}_p} \quad \chi_{p5} = 6315.79 \quad (6.115)$$

$$\chi_{ci} = \frac{L_i}{\text{ДТП}_c} \quad (6.116)$$

где χ_{ci} - возможное количество человек погибших в результате ДТП, чел;

$$\chi_{c1} = \frac{L_1}{\text{ДТП}_c} \quad (6.117)$$

$$\chi_{c1} = \frac{1177600000}{1400000} = 841.14 \quad (6.118)$$

$$\chi_{c2} = \frac{L_2}{\text{ДТП}_c} \quad \chi_{c2} = 1059.43 \quad (6.119)$$

$$\chi_{с3} = \frac{L_3}{ДТПс} \quad \chi_{с3} = 1277.71 \quad (6.120)$$

$$\chi_{с4} = \frac{L_4}{ДТПс} \quad \chi_{с4} = 1496 \quad (6.121)$$

$$\chi_{с5} = \frac{L_5}{ДТПс} \quad \chi_{с5} = 1714.29 \quad (6.122)$$

Расчет возможных травм и смертей из-за неисправного исследуемого механизма базового автомобиля

$$\chi_{рм.i} = \chi_{рi} \cdot K_{ст}, \text{ чел} \quad (6.123)$$

где $K_{ст}$ - доля статистических травм людей попавших в ДТП

$$K_{ст} = 0.85$$

$$\chi_{рм1} = \chi_{р1} \cdot K_{ст} \quad (6.123)$$

$$\chi_{рм1} = 3098.95 \cdot 0.85 = 2634.11$$

$$\chi_{рм2} = \chi_{р2} \cdot K_{ст} \quad \chi_{рм2} = 3317.68 \quad (6.124)$$

$$\chi_{рм3} = \chi_{р3} \cdot K_{ст} \quad \chi_{рм3} = 4001.26 \quad (6.125)$$

$$\chi_{рм4} = \chi_{р4} \cdot K_{ст} \quad \chi_{рм4} = 4684.84 \quad (6.126)$$

$$\chi_{рм5} = \chi_{р5} \cdot K_{ст} \quad \chi_{рм5} = 5368.42 \quad (6.127)$$

$$\chi_{смi} = \chi_{си} \cdot K_{сс}$$

где $K_{сс}$ - доля статистических смертей людей попавших в ДТП из-за неисправного исследуемого механизма базового автомобиля

$$K_{сс} = 0.75$$

$$Ч_{см1} = Ч_{с1} \cdot K_{сс} \quad (6.128)$$

$$Ч_{см1} = 841.14 \cdot 0.75 = 630.86$$

$$Ч_{см2} = Ч_{с2} \cdot K_{сс} \quad Ч_{см2} = 794.57 \quad (6.129)$$

$$Ч_{см3} = Ч_{с3} \cdot K_{сс} \quad Ч_{см3} = 958.29 \quad (6.130)$$

$$Ч_{см4} = Ч_{с4} \cdot K_{сс} \quad Ч_{см4} = 1122 \quad (6.131)$$

$$Ч_{см5} = Ч_{с5} \cdot K_{сс} \quad Ч_{см5} = 1285.71 \quad (6.132)$$

Расчет потери Национального дохода в результате гибели одного человека.

$$\Delta Нд = \frac{Пр}{Ч_{т.н.}} \cdot (L_2 - L_1) \quad (6.133)$$

где $\Delta Нд$ – потери национального дохода в результате гибели одного человека

$Пр$ – прибыль, полученная во всех отраслях экономики, млн.руб.;

$Ч_{т.н.}$ – количество трудоспособного населения, млн.чел.;

L_1 – средний возраст водителей, попадающих в ДТП;

L_2 – пенсионный возраст.

$$Пр = 85.44 \cdot 10^8 \quad L_1 = 35 \quad (6.134)$$

$$Ч_{тн} = 75000000 \qquad L_2 = 60 \qquad (6.135)$$

$$\Delta H\partial = \frac{Pr}{Ч_{тн}} \cdot (L_2 - L_1) \qquad (6.136)$$

$$\Delta H\partial = 2848$$

Для дальнейшего расчёта проведём классификацию ранений по степени тяжести:

Легкие ранения – повреждения, вызывающие заболевания длительностью до 28 дней;

Тяжелые ранения – телесные повреждения, вызывающие заболевания длительностью свыше 8 дней или утратой трудоспособности более чем на 35 %;

Смертельные – повреждения, вызывающие смерть на месте ДТП или не позднее 7 суток после ДТП.

Для расчета общественного эффекта необходимо оценить процент снижения пострадавших в ДТП после внедрение нового механизма.

Расчет общественного эффекта сводим в таблицу.

Число пострадавших и число смертей до мероприятия заполняем исходя из выше приведенного расчета.

Число пострадавших после мероприятия исходя из статистических данных снижается на 80 %, число смертельных случаев на 90 %.

Таблица 6.6 - 1-й год

Повреждения	Соотношение тяжести ран	Число пострадавших		Уменьшение числа пострадавших	Коэффициент тяжести последствий	Потери, приведенные на одного пострадавшего, руб.	Экономия по группам ранений, руб
		До мероприятия	После мероприятия				
Ранения	100%	2634	527	2107			
Легкие	71%	1870	374	1496	0,028	6586	275895
Тяжелые	29%	764	153	611	0,56	6586	2253790
Смертельные		630	63	567	1	6586	3734262
Итого:							6263947

$$Э_{дтп1} = 6263947$$

Таблица 6.7 - 2-й год

Повреждения	Соотношение тяжести ран	Число пострадавших		Уменьшение числа пострадавших	Коэффициент тяжести последствий	Потери, приведенные на одного пострадавшего, руб.	Экономия по группам ранений, руб
		До мероприятия	После мероприятия				
Ранения	100%	3317	663	2654			
Легкие	71%	2355	471	1884	0,028	6586	347435
Тяжелые	29%	962	192	770	0,56	6586	2838201
Смертельные		794	79	715	1	6586	4706356
Итого:							7891992

$$Э_{дтп2} = 7891992$$

Таблица 6.8 - 3-й год

Повреждения	Соотношение тяжести ран	Число пострадавших		Уменьшение числа пострадавших	Коэффициент тяжести последствий	Потери, приведенные на одного пострадавшего, руб.	Экономия по группам ранений, руб
		До мероприятия	После мероприятия				
Ранения	100%	4001	800	3201			
Легкие	71%	2841	568	2273	0,028	6586	419079,72
Тяжелые	29%	1160	232	928	0,56	6586	3423468,13
Смертельные		958	96	862	1	6586	5678449,2
Итого:							9520997

$$\mathcal{E}_{\text{дтп}3} = 9520997$$

Таблица 6.9 - 4-й год

Повреждения	Соотношение тяжести ран	Число пострадавших		Уменьшение числа пострадавших	Коэффициент тяжести последствий	Потери, приведенные на одного пострадавшего, тыс.	Экономия по группам ранений, тыс.руб
		До мероприятия	После мероприятия				
Ранения	100%	4684	937	3747			
Легкие	71%	3326	665	2661	0,028	6586	490619,7
Тяжелые	29%	1358	272	1087	0,56	6586	4007879
Смертельные		1122	112	1010	1	6586	6650543
Итого:							11149042

$$\mathcal{E}_{\text{дтп}4} = 11149042$$

Таблица 6.10 - 5-й год

Повреждения	Соотношение тяжести ран	Число пострадавших		Уменьшение числа пострадавших	Коэффициент тяжести последствий	Потери, приведенные на одного пострадавшего, руб.	Экономия по группам ранений, руб
		До мероприятия	После мероприятия				
Ранения	100%	5368	1074	4294			
Легкие	71%	3811	762	3049	0,028	6586	562264,4
Тяжелые	29%	1557	311	1245	0,56	6586	4593146
Смертельные		1285	129	1157	1	6586	7616709
Итого:							12772119

$$\mathcal{E}_{\text{дтп}5} = 12772119$$

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

$$\mathcal{ЧД1} = \text{Прчпр}_1 - \text{Прчб}_1 + A_{\text{м.}} + \mathcal{E}_{\text{дтп}1} \quad (6.137)$$

$$\mathcal{ЧД1} = 25559400.46 - 33524514.22 + 2832261.12 + 6263947 = 1131094.36$$

$$\mathcal{ЧД2} = \text{Прчпр}_2 - \text{Прчб}_2 + A_{\text{м.}} + \mathcal{E}_{\text{дтп}2} \quad (6.138)$$

$$\mathcal{ЧД2} = 990510.41$$

$$\mathcal{ЧД3} = \text{Прчпр}_3 - \text{Прчб}_3 + A_{\text{м.}} + \mathcal{E}_{\text{дтп}3} \quad (6.139)$$

$$\mathcal{ЧД3} = 850886.45$$

$$\mathcal{ЧД4} = \text{Прчпр}_4 - \text{Прчб}_4 + A_{\text{м.}} + \mathcal{E}_{\text{дтп}4} \quad (6.140)$$

$$\mathcal{ЧД4} = 710302.5$$

$$\mathcal{ЧД5} = \text{Прчпр}_5 - \text{Прчб}_5 + A_{\text{м.}} + \mathcal{E}_{\text{дтп}5} \quad (6.141)$$

$$\mathcal{ЧД5} = 564750.55$$

Дисконтирование денежного потока.

$$E_{cm} = 10$$

$$\alpha_{ti} = \frac{1}{(1 + E_{cmi})^t} \quad (6.142)$$

где E_{cmi} - проц-я 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:

$$ЧПД1 = ЧД1 \cdot \alpha_1 \quad (6.143)$$

$$ЧПД1 = 1131094.36 \cdot 0.909 = 1028164.77$$

$$ЧПД2 = ЧД2 \cdot \alpha_2 \quad (6.144)$$

$$ЧПД2 = 818161.59$$

$$ЧПД3 = ЧД3 \cdot \alpha_3 \quad (6.145)$$

$$ЧПД3 = 640717.5$$

$$ЧПД4 = ЧД4 \cdot \alpha_4 \quad (6.146)$$

$$ЧПД4 = 485136.61$$

$$ЧПД5 = ЧД5 \cdot \alpha_5 \quad (6.147)$$

$$ЧПД5 = 350710.09$$

Суммарный ЧДД за расчетный период рассчитывается по формуле:

$$\Sigma \text{ЧПД} = \text{ЧПД}_1 + \text{ЧПД}_2 + \text{ЧПД}_3 + \text{ЧПД}_4 + \text{ЧПД}_5 \quad (6.148)$$

$$\Sigma \text{ЧПД} = 3322890.57$$

Расчет потребности в капиталобразующих инвестициях составляет:

$$\Sigma C_{\text{пол.пр.}} = Z_{n.\text{пр}1} + Z_{n.\text{пр}2} + Z_{n.\text{пр}3} + Z_{n.\text{пр}4} + Z_{n.\text{пр}5} \quad (6.149)$$

$$\Sigma C_{\text{пол.пр.}} = 307692766.6 + 363885959.19 + 514923364.71 + 476272344.37 \dots \\ + 532465536.96$$

$$\Sigma C_{\text{пол.пр.}} = 2100395758.91$$

$$K_{u.} = 0.00065$$

$$I = K_{u.} \cdot \Sigma C_{\text{пол.пр.}} \quad (6.150)$$

$$I = 0.00065 \cdot 2100395758.91 = 1365257.24$$

Чистый дисконтированный доход.

$$\text{ЧДД} = \Sigma \text{ЧПД} - I \quad (6.151)$$

$$\text{ЧДД} = 3322890.57 - 2625494.7 = 697395.87$$

Индекс доходности.

$$ID = \frac{\text{ЧДД}}{I} \quad (6.152)$$

$$ID = \frac{697395.87}{2625494.7} = 1.43$$

Срок окупаемости проекта.

$$T_{ок} = \frac{I}{ЧДД} \quad (6.153)$$

$$T_{ок} = \frac{2625494.7}{697396.87} = 0.7$$

Облагаемый
доход, т. руб.

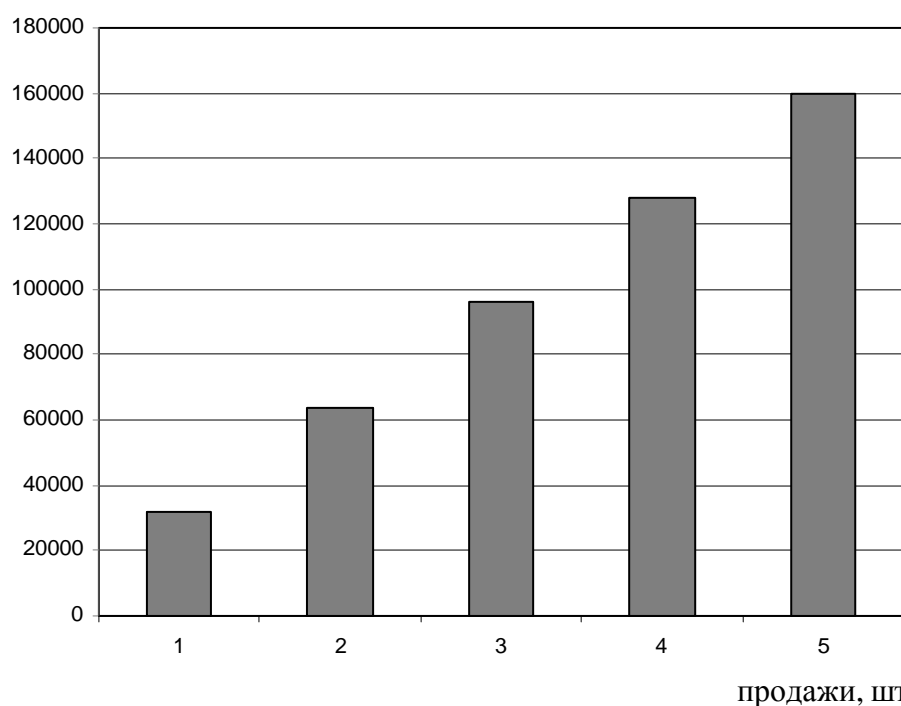


Рисунок 6.2 - График облагаемого дохода от продаж

6.4 Выводы и рекомендации.

В данном экономическом отделе проекта рассчитанные показатели разработанного нового дизайна рулевого колеса показали, что его стоимость выше базовой структуры, но благодаря улучшенной эргономике рулевого колеса повышается удобство и безопасность автомобиля и в результате снижения аварийности. Поэтому расчет общественного эффекта-сбережения был сделан с снижения бедствия, из которого можно сделать вывод о целесообразности проектирования конструкции рулевого колеса, поскольку этот проект имеет положительный экономический эффект.

Точка безубыточности продаж равна объему 43600 штук, то есть. в этом объеме продаж компания покрывает свои расходы, а при плановом выпуске 120000 штук. компания имеет чистый дисконтированный доход (с учетом инвестиционных инвестиций)

1957633.32 рублей.

Из всех рассматриваемых коэффициентов приемлемым для принятия решения инвестиционного характера является абсолютный показатель ПДД.

Поскольку чистый эффект (чистый дисконтированный доход SDA) является положительным, проект является эффективным.

Индекс доходности составляет $1,43 > 1$, что характеризует этот проект как немного рискованный и прибыльный.

Вложенные инвестиции окупятся менее чем за год.

Анализируя результаты расчетов показателей эффективности внедрения разработанной конструкции рулевого колеса, можно сделать вывод о целесообразности его реализации в производстве.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом проведенной работы является модернизация рулевого управления полноприводного автомобиля 2-го класса. Особенностью проекта является минимальное изменение конструкции рулевого управления. В данном проекте предлагается использование рулевого колеса с улучшенной геометрией и эргономикой. А также изменение конструкции рулевого управления с применением электроусилителя рулевого управления.

Техническое решение применяемое в данном проекте позволяет уменьшить усилие на рулевом колесе и позволяет водителю надежнее управлять автомобилем как при обычной езде, так и в чрезвычайных ситуациях, которые могут происходить на автомобильных дорогах. В целом все это повышает безопасность автомобиля и покупательскую способность.

Предложения

Дальнейшие работы следует вести в более подробной и многовариантной (под конкретные группы потребителей) разработке требований к характеристикам компенсации и стабилизации управляемых колес, обеспечиваемым электрическим усилителем рулевого управления с возможностью перепрограммирования блока управления. Требуется решение и размещение блока управления и электрических разъемов усилителя. Развитие микроэлектроники уже позволяет разместить блок управления на корпусе электрического усилителя; в связи с этим рекомендуется передавать сигналы с датчиков усилителя на блок управления и питание с блока управления на электродвигатель усилителя без проводов (блок управления оснащается разъемом, жестко подключающимся к разъему усилителя). Эти работы повысят потребительские качества рулевого управления, надежность его работы и компактность, возможно снижение стоимости электрического усилителя. Следует заметить, что электрический усилитель рулевого управления потребует нового генератора большей мощности и аккумуляторной батареи большей емкости.

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 тягового расчета

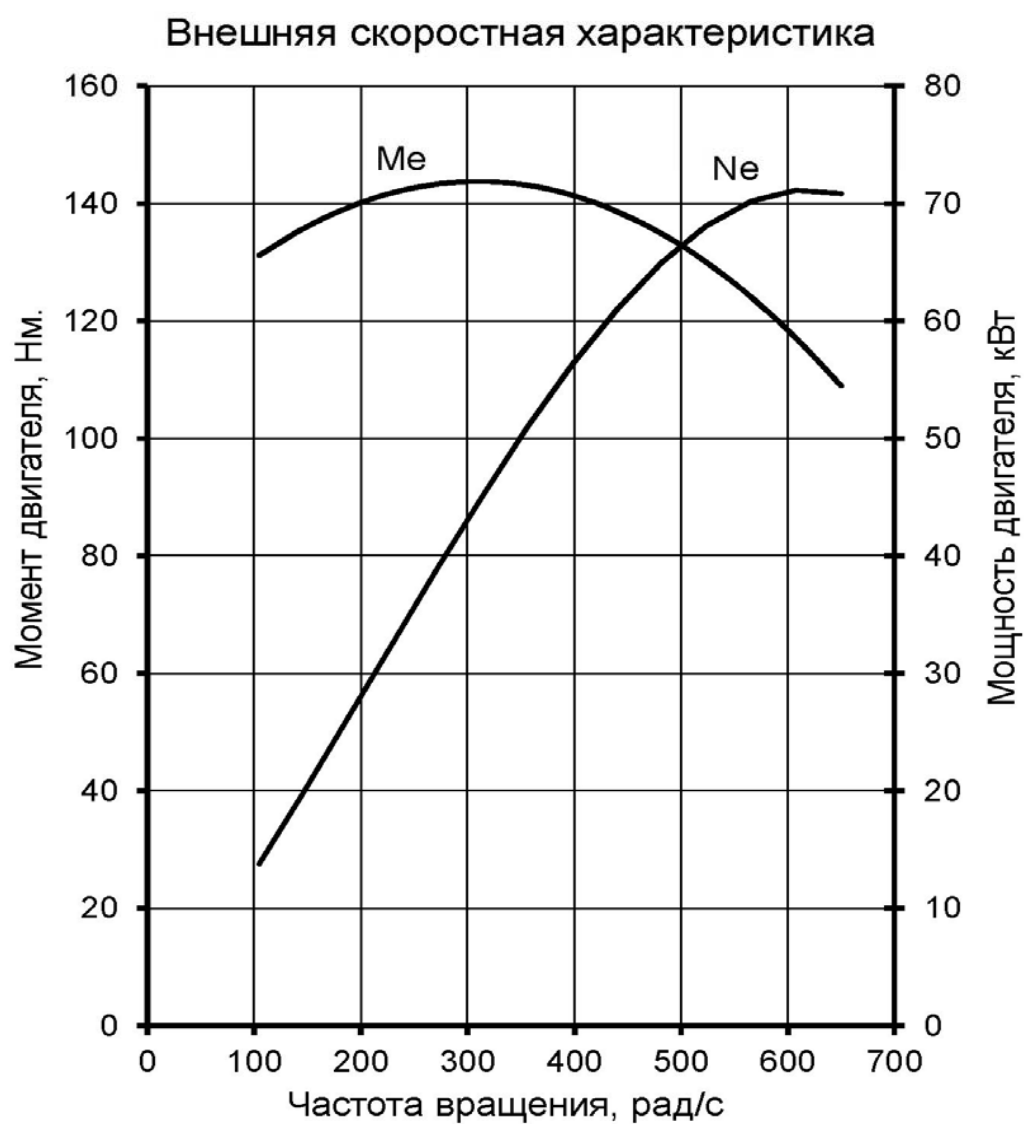


Рисунок А.1 - Внешняя скоростная характеристика

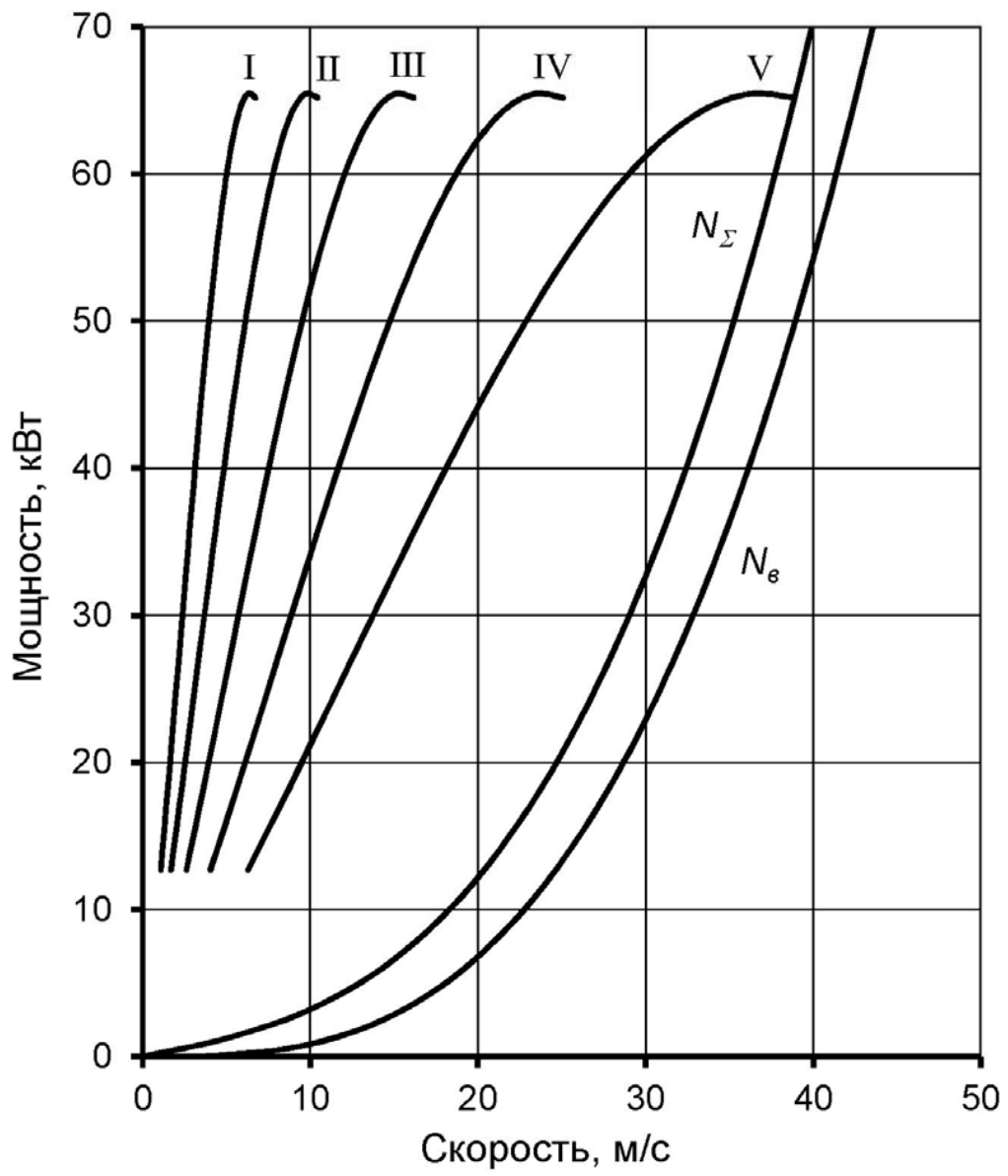


Рисунок А.2 – Баланс мощностей

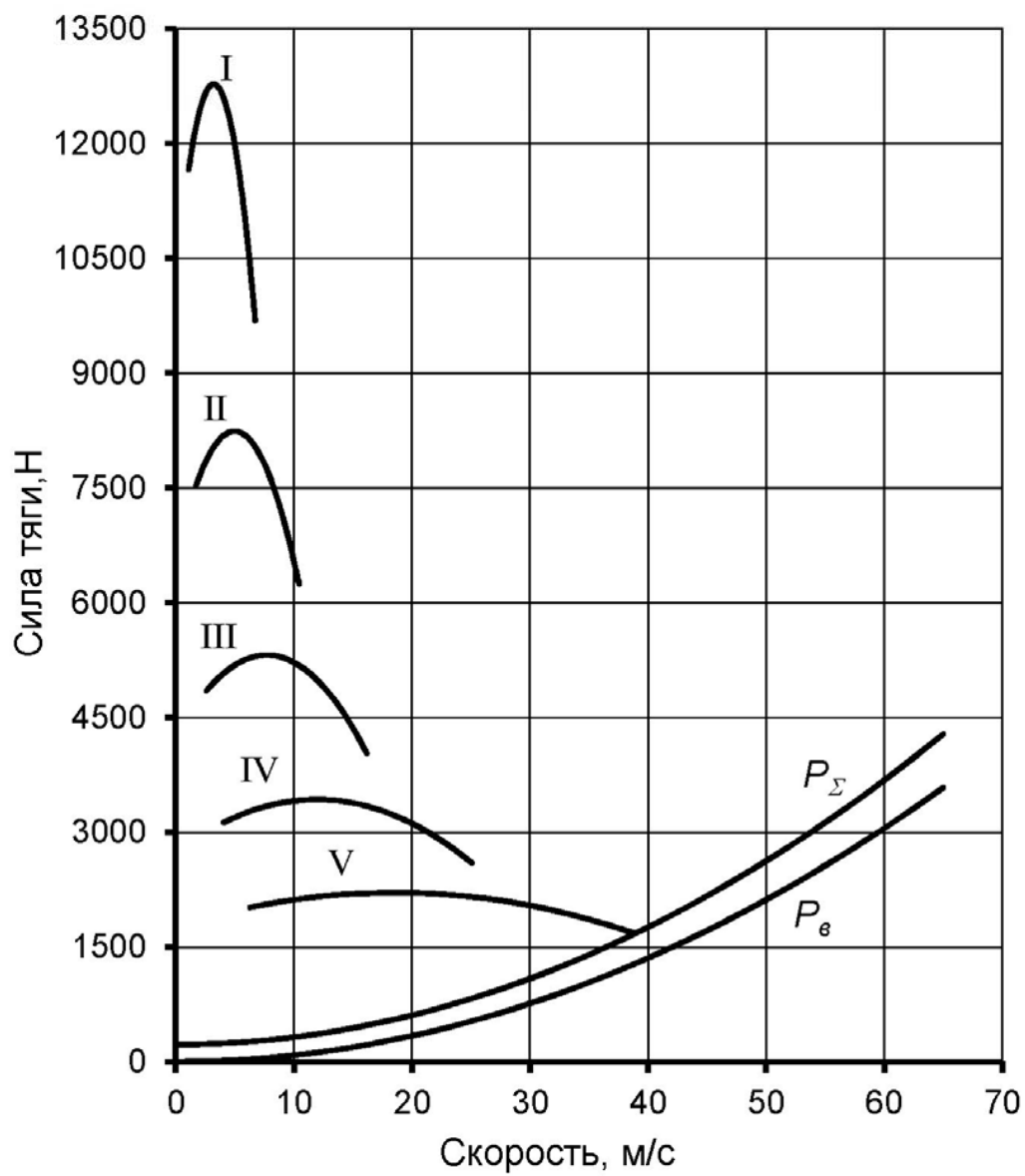


Рисунок А.3 – Тяговый баланс

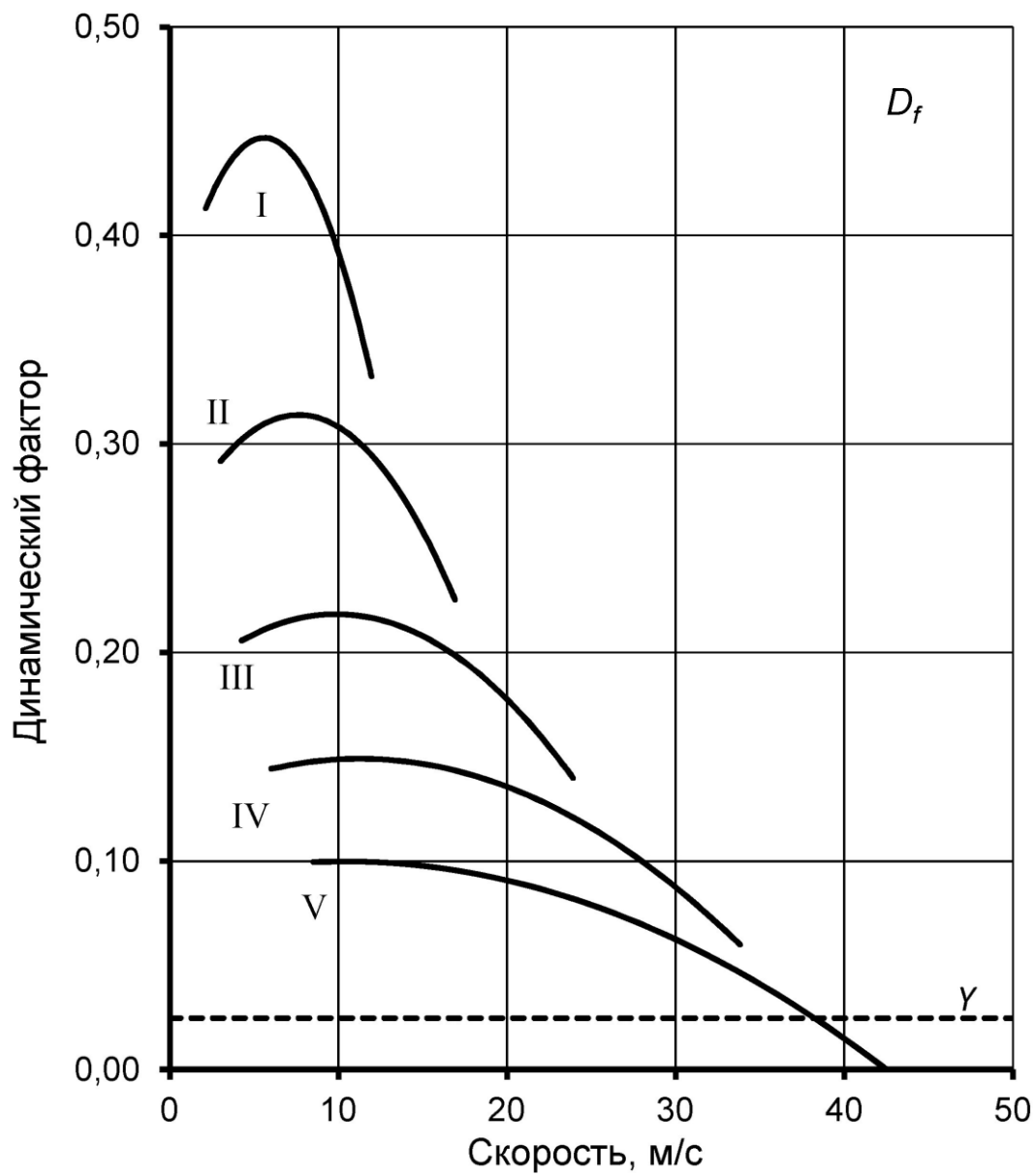


Рисунок А.4 – Динамический баланс

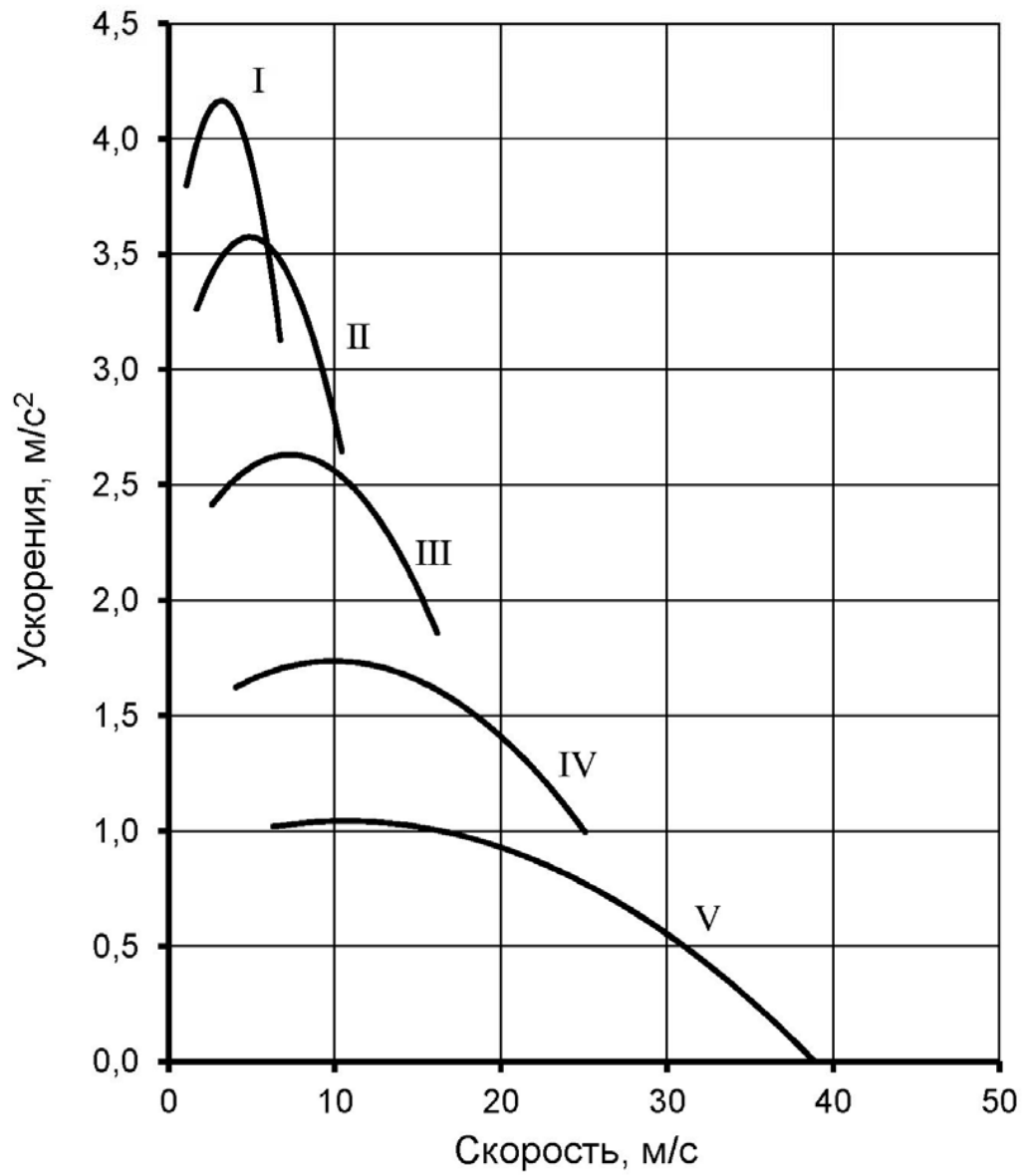


Рисунок А.5 – Ускорение на передачах

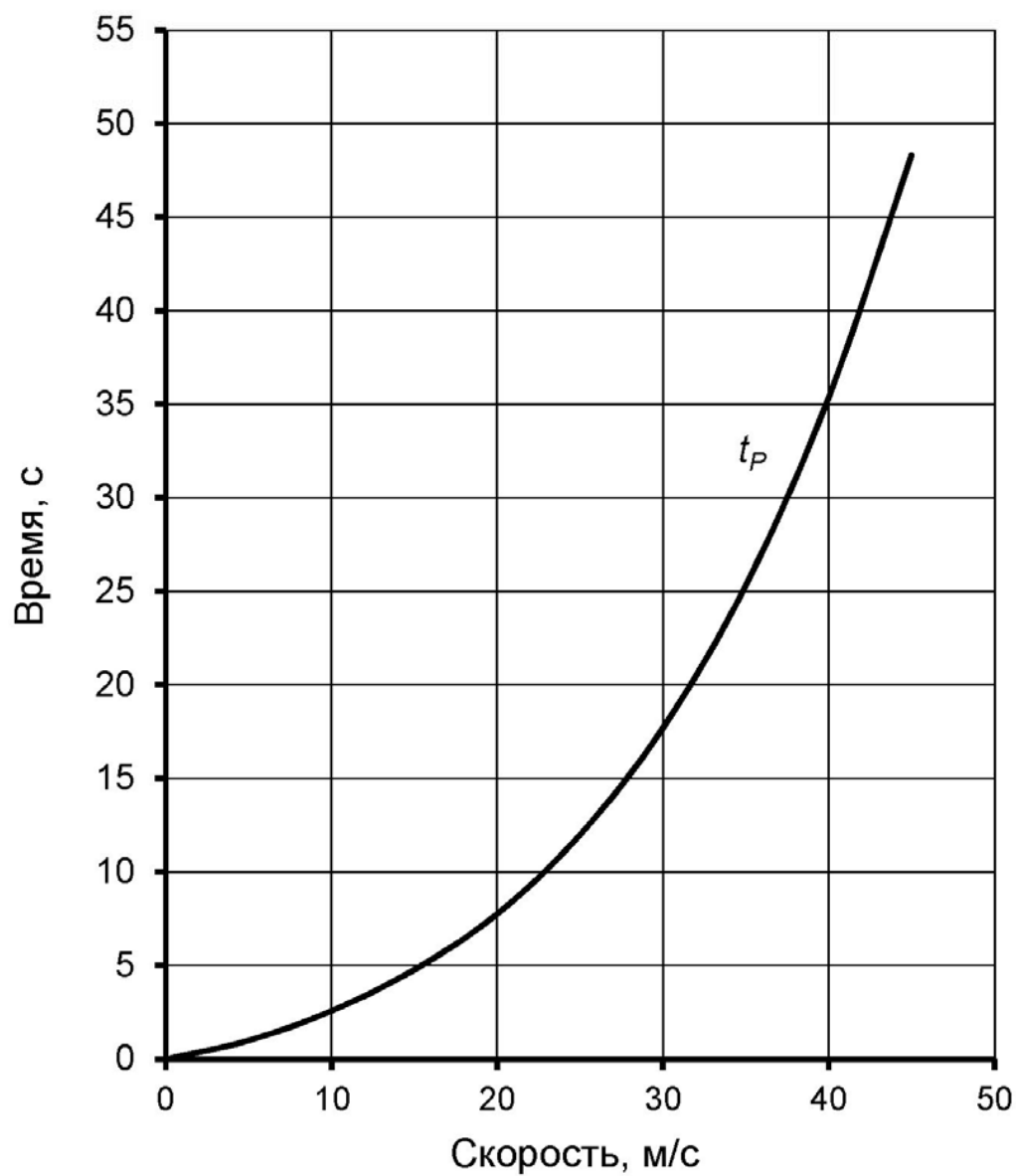


Рисунок А.6 – Время разгона

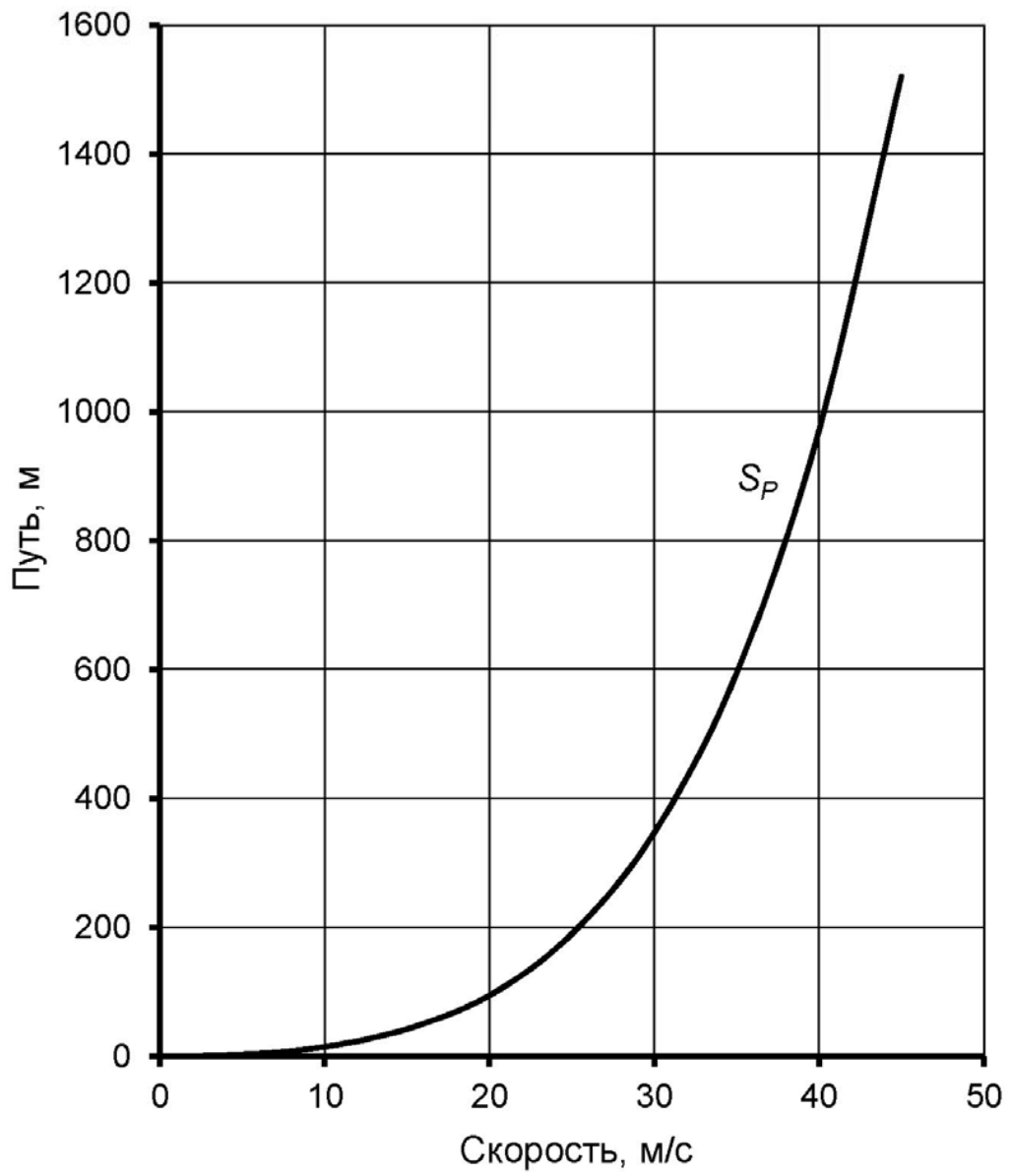


Рисунок А.7 – Путь разгона

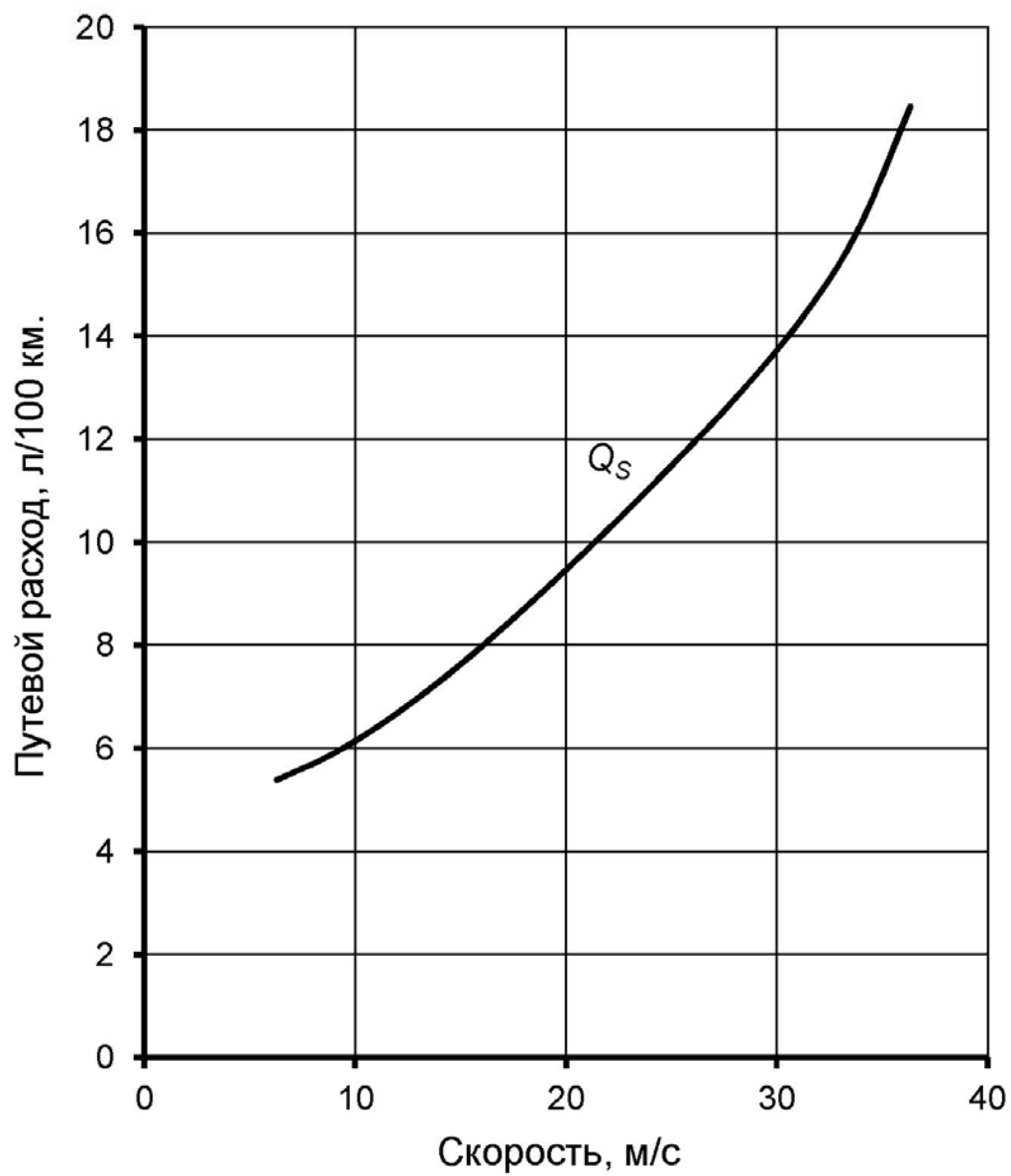


Рисунок А.8 – Путевой расход топлива

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Общие требования по охране труда

1 «Настоящие Правила устанавливают основные государственные нормативные требования охраны труда и обязательны для исполнения всеми работодателями (юридическими или физическими лицами) независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности при осуществлении ими любых видов деятельности в» автомобильной «промышленности (эксплуатации объектов, конструировании машин, механизмов и другого оборудования, разработке технологических процессов, организации производства и труда).»[16]

2 Требования охраны труда, содержащиеся в производственно-отраслевых нормативных документах организаций»[16] автомобильной «промышленности, не должны противоречить положениям настоящих Правил, норм технологического проектирования, типовых инструкций по охране труда, инструкций заводов-изготовителей по эксплуатации производственного оборудования и технических средств, нормативных документов федеральных органов исполнительной власти.»[16]

3 «В соответствии со статьей 212 Трудового кодекса Российской Федерации работодатель обязан обеспечить разработку и утверждение с учетом мнения выборного профсоюзного или иного уполномоченного работниками органа инструкций по охране труда для работников в дополнение (на основе) настоящих Правил.»[16]

4 «При осуществлении производственной деятельности, разработке новых технологических процессов и видов оборудования автомобильной промышленности должны быть предусмотрены меры, исключающие или уменьшающие до допустимых пределов воздействие на работников следующих возможных опасных и вредных производственных факторов:

а) физические факторы:

- движущиеся транспортные средства, машины, механизмы;
- подвижные части производственного оборудования;
- передвигающиеся изделия, заготовки, материалы;
- повышенные запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;

- повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования;
- повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
- повышенная или пониженная влажность воздуха;
- повышенная подвижность воздуха;
- повышенный уровень шума на рабочих местах;
- повышенный уровень вибрационной нагрузки на оператора;
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- повышенный уровень статического электричества;
- отсутствие или недостаток естественного освещения;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли (пола);

б) химические факторы:

- токсическое и раздражающее воздействие химических веществ, моющих и дезинфицирующих средств на органы дыхания, кожные покровы и слизистые оболочки человека;

в) психофизиологические факторы:

- физические перегрузки;
- нервно-психические перегрузки (монотонность труда).»[16]

5 «Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны организаций»[16] автомобильной промышленности не должно превышать предельно допустимые концентрации, установленные соответствующими нормативными документами, утвержденными в установленном порядке.

6 «Температура, влажность и скорость движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений, уровни звукового давления (шума) и вибрационной нагрузки на рабочих местах, обеспечение безопасных условий труда работников, использующих видеодисплейные терминалы и персональные электронно-вычислительные машины, а также освещенность производственных помещений, сооружений и площадок организаций»[16] автомобильной промышленности должны удовлетворять требованиям соответствующих

нормативных документов, утвержденных в установленном порядке.»[16]

7 Работники должны проходить обязательные предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) медицинские осмотры в соответствии с приказом «Министерства здравоохранения Российской Федерации от 10 декабря 1996 г. N 405 «[16]О проведении предварительных и периодических медицинских осмотров работников" (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 31 декабря 1996 г., регистрационный N 1224).»[16]

8 «В соответствии со статьей 76 Трудового кодекса Российской Федерации работодатель обязан отстранить от работы (не допускать к работе) работника, не прошедшего в установленном порядке обязательный предварительный или периодический медицинский осмотр.»[16]

9 «Работника, нуждающегося в соответствии с медицинским заключением в предоставлении другой работы, работодатель обязан с его согласия перевести на другую имеющуюся работу, не противопоказанную ему по состоянию здоровья (статья 72 Трудового кодекса Российской Федерации).»[16]

10 В организациях не допускается применение труда женщин и лиц в возрасте до восемнадцати лет на работах, определенных постановлением Правительства Российской Федерации от 25 февраля 2000 г. N 162 "Об утверждении перечня тяжелых работ и работ с вредными или опасными условиями труда, при выполнении которых запрещается применение труда женщин" и постановлением Правительства Российской Федерации от 25 февраля 2000 г. N 163 "Об утверждении перечня тяжелых работ и работ с вредными или опасными условиями труда, при выполнении которых запрещается применение труда лиц моложе восемнадцати лет»[16] соответственно.

11 «При организации труда женщин и подростков должны соблюдаться установленные для них постановлением Совета Министров - Правительства Российской Федерации от 6 февраля 1993 г. N 105 «[16]О новых нормах предельно допустимых нагрузок для женщин при подъеме и перемещении тяжестей вручную»[16] и постановлением Министерства труда и социального развития Российской Федерации от 7 апреля 1999 г. N 7 "Об утверждении норм

предельно допустимых нагрузок для лиц моложе восемнадцати лет при подъеме и перемещении тяжестей вручную»[16] (зарегистрировано Министерством юстиции Российской Федерации 1 июля 1999 г., регистрационный N 1817) нормы предельно допустимых нагрузок при подъеме и перемещении тяжестей вручную.»[16]

12 «Все работники, занятые в производственных процессах»[16] автомобильной «промышленности, включая руководителей и специалистов производств, обязаны проходить обучение, инструктажи, проверку знаний по охране труда в соответствии с Порядком обучения по охране труда и проверки знания требований охраны труда работников организаций, утвержденным постановлением Министерства труда и социального развития Российской Федерации и Министерства образования Российской Федерации "от 13 января 2003 г. N 1/29 (зарегистрировано Министерством юстиции Российской Федерации 12 февраля 2003 г., регистрационный N 4209).

Обучение и проверку знаний работников, обслуживающих опасные производственные объекты, необходимо проводить в соответствии с требованиями Положения о порядке подготовки и аттестации работников организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты, подконтрольные Госгортехнадзору России (РД 04-265-99), утвержденного постановлением Федерального горного и промышленного надзора России от 11 января 1999 г. N 2 (зарегистрировано Министерством юстиции Российской Федерации 12 февраля 1999 г., регистрационный N 1706).»[16]

13 «Обслуживание электроустановок на производственных объектах организации должен осуществлять специально подготовленный электротехнический персонал.»[16]

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 $+10^{\circ}\text{C}$ и ниже. » [16]

29 «Теплый период года - период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха выше $+10^{\circ}\text{C}$. » [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 $^{\circ}\text{C}$. » [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]